

Organizadores:
Clebson Santos Cândido
Marcos André Silva Araújo

Engenharia Sem Fronteiras

2020


Pascal
Editora

1º
Volume

**CLEBSON SANTOS CÂNDIDO
MARCOS ANDRÉ SILVA ARAÚJO
(Organizadores)**

ENGENHARIA SEM FRONTEIRAS

VOLUME 1

**EDITORA PASCAL
2020**

2020 - Copyright© da Editora Pascal

Editor Chefe: Prof. Dr. Patrício Moreira de Araújo Filho

Edição e Diagramação: Prof. M.Sc. Eduardo Mendonça Pinheiro

Edição de Arte: Marcos Clyver dos Santos Oliveira

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Dr. Will Ribamar Mendes Almeida

Dr. Raimundo Luna Neres

Dr. Saulo José Figueredo Mendes

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C623eng

Engenharia sem fronteiras / Clebson Santos Cândido e Marcos André Silva Araújo (Org.). — São Luís: Editora Pascal, 2020.

385 f.; il. – (Engenharia sem fronteiras; v. 1)

Formato: PDF

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-80751-18-1

D.O.I.: 10.29327/512389

1. Engenharias. 2. Tecnologia. 3. Avanços da Ciência. I. Título.

CDU: 62

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2020

www.editorapascal.com.br

contato@editorapascal.com.br

APRESENTAÇÃO

Ao iniciar esse trabalho, peguei-me pensando o quanto as engenharias superaram os obstáculos através da história, as Pirâmides no Egito, o Coliseu, Kansai International Airport no Japão, Estação Espacial Internacional, Gotthard Base Tunnel na Suíça ou Large Hadron Collider na Suíça (grande colisor Hádrons) e ainda Channel Tunnel que vai da França e Inglaterra, um Eurotúnel que atravessa o canal da Mancha, são só alguns exemplos que só si retornaram possíveis, através de homens que se propuseram a dedicasse com todas as suas forças ao objetivos que por eles foram determinados. Porém, vale ressaltar que as engenharias estão intrinsicamente ligado a criação, olhando pela perspectiva Criacionista, onde Deus, o Grande Arquiteto tornou-se automaticamente um grande engenheiro, já que todas as coisas foram feita por ele mesmo, através de palavras, há executou-ás.

Em uma das célebres frases de San Isaac Newton, o mesmo demonstra como o conhecimento pode levá-nos a possibilidades infinitas através do conhecimento “o que sabemos é uma gota e o que não sabemos é um oceano, mas, o que é um oceano se não infinitas gotas?”.

O propósito dessa coletânea é levar você leitor, a um mundo de infinitas descobertas, que deslumbre até mesmo os mais aventureiros e sonhadores. Portanto, sejam todos bem vindo ao Engenharia Sem Fronteiras, onde você poderá usar esta singela obra como ponte para o conhecimento, alcançando os objetivos traçados para uma vida cheia de desafios, onde só as engenharias podem proporcionar.

Organizadores

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 8

ARGAMASSA: CLASSIFICAÇÕES E APLICAÇÕES

Arthur Silva Soares

Samia Raquel Feitosa Carvalho

Marcos André Silva Araújo

CAPÍTULO 2..... 37

TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO PARA A DELIMITAÇÃO MANUAL DE SUB-BACIA A PARTIR DO SOFTWARE SPRING

Ingrid Nicolly Oliveira Lyra

Leticia Coelho Madeira

Mariana Nunes de Oliveira

Eduardo Mendonça Pinheiro

CAPÍTULO 3..... 48

DINÂMICA DO FÓSFORO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

Clebson Santos Cândido

Joelber Costa Oliveira

CAPÍTULO 4..... 68

PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS METÁLICAS E MÉTODOS PARA COMBATÊ-LAS

Eduardo Witalo Maia De Souza

Marcos André Silva Araújo

Wellington Santos Araújo

CAPÍTULO 5..... 86

ASPECTOS SOBRE A QUALIDADE DO AR NA ZONA INDUSTRIAL DE SÃO LUÍS – MA

Naara Suzany da Silva Reis

Mariana dos Santos Nascimento

Ana Clara Pinho Rabelo

James Werllen de Jesus Azevedo

CAPÍTULO 6..... 108

AS RELAÇÕES ENTRE O CRESCIMENTO URBANO DESORDENADO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS ÀS MARGENS DO RIO DAS BICAS NO BAIRRO CORO-ADINHO, SÃO LUÍS – MA

Ingrid Nicolly Oliveira Lyra

Glauce Danielle Gonçalves dos Santos

Mariana Nunes de Oliveira

Adriano Nunes Pereira

Eduardo Pinheiro Mendonça

CAPÍTULO 7..... 124

COMO A INSTABILIDADE DA INFRAESTRUTURA DO CORTE 01 – KM 229+000 DA FERROVIA NORTE SUL PODE IMPACTAR AMBIENTALMENTE A COMUNIDADE QUE A CIRCULA?

Jacyara Araújo Costa

Marcos André Silva Araújo

CAPÍTULO 8..... 148

UMA VISÃO PROJETIZADA PARA UM SETOR DE SUPRIMENTOS DELEGADO A UM PROJETO

Roberto Silva de Queiroz

CAPÍTULO 9..... 166

PAVIMENTOS FLEXÍVEIS: O ESTUDO DO REVESTIMENTO AREIA ASFALTO USINADO A QUENTE E AS PATOLOGIAS CAUSADAS PELA MÁ APLICAÇÃO DESSE REVESTIMENTO

Isabella Fernanda Gouveia Santos

Marcos André Silva Araújo

Clebson Santos Cândido

CAPÍTULO 10..... 200

AS RELAÇÕES ENTRE O CRESCIMENTO URBANO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS SOBRE AS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Adriano Nunes Pereira

CAPÍTULO 11..... 216

A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO E A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS PARA EVITAR DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Fernanda Saraiva Barbosa
Marcos André Silva Araújo
Jurandir Amorim Moraes Filho
Jacyara Araújo Costa

CAPÍTULO 12..... 234

UTILIZAÇÃO DE CINZAS VOLANTES COMO AGLOMERANTE NA CONFEÇÃO DE BLOQUETES, MEIOS-FIOS E BANCOS DE CONCRETO

Allen Gabriel Pereira Nogueira
Clebson Santos Cândido
Marcos André Silva Araújo
Jurandir Amorim Moraes Filho

CAPÍTULO 13..... 286

UTILIZAÇÃO DE CINZA VOLANTE COMO SUBSTITUTO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND NA CONFEÇÃO DE BLOQUETES

Filipe Alexandrino Farias de Brito
Clebson Santos Cândido
Jurandir Amorim Moraes Filho
Marcos André Silva Araújo

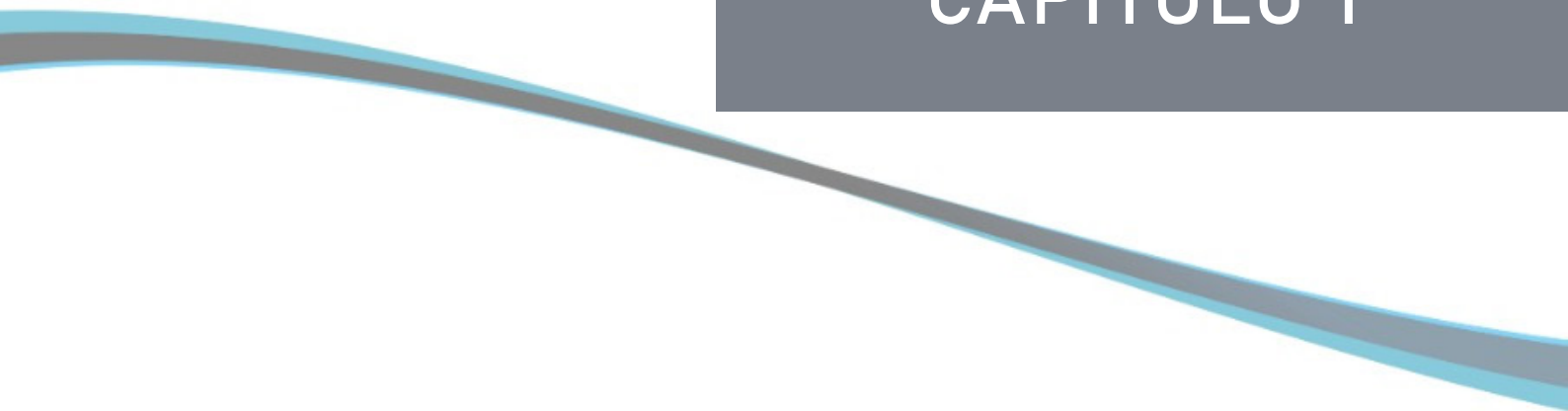
CAPÍTULO 14..... 320

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE MARMORARIA PARA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL

André Fernandes Lima
Welane Patrícia Nunes Do Nascimento
Marcos André Silva Araújo

Autores 378

Organizadores 384



CAPÍTULO 1

ARGAMASSA: CLASSIFICAÇÕES E APLICAÇÕES

Arthur Silva Soares

Samia Raquel Feitosa Carvalho

Marcos André Silva Araújo

RESUMO

Nos dias atuais tornou-se muito comum a conscientização a respeito da busca por conhecimento técnico prévio para se adquirir um determinado produto ou serviço. Como membro desse corpo social na qual vivemos e profissionais da área podemos contribuir na divulgação de cada vez mais informações que aproxime a sociedade dos conhecimentos técnicos básicos relativos a materiais de construção. Assim neste seguimento com o objetivo de disseminar e contribuir com este ideal benéfico em prol da sociedade, foi desenvolvido este trabalho de revisão bibliográfica se dando por início na busca por estudo de matérias da construção civil com números de classificações variadas sendo que a argamassa atendeu esse requisito, na maioria das vezes empregada de forma incorreta, não esperando seu tempo de cura, espera ou trabalhabilidade ou muitas das vezes aplicações de argamassas com determinada especificação sendo aplicado para fins na qual não foi destinada. Para estudo das classificações e funções das argamassas foram realizadas pesquisas bibliográficas, em sites e trabalhos acadêmicos correlatos ao assunto, para estudo assegure a validação da qualidade e desempenho da mesma foram realizadas pesquisas de procedimento nas Normas Regulamentadoras brasileiras quer sejam eles de confecção ou de desempenho para a argamassa endurecida. Através dos estudos das funções e classificações principais, Argamassas para rejuntamento nas alvenarias, Argamassas para revestimentos e Argamassa para pisos, é possível observar que para cada aplicação a argamassa precisa ter características específicas de trabalhabilidade, resistência mecânica e aderência. A aplicações destes conhecimentos somados à execução do processo normativos relacionados a argamassa propiciará um produto final de argamassa de acordo com os requisitos de qualidade e atendendo aos níveis de exigências esperados.

Palavras-chave: Argamassa; Classificações; Funções; Desempenho



ABSTRACT

Nowadays, awareness about the search for prior technical knowledge to acquire a particular product or service has become very common. As a member of this social body in which we live and professionals in the field we can contribute in the dissemination of more and more information that brings society closer to basic technical knowledge regarding construction materials. Thus in this follow-up with the aim of disseminating and contributing to this beneficial ideal in favor of society, this work of bibliographical revision was developed, starting with the search for study of civil construction materials with different numbers of classifications and the mortar attended this Requirement, most often misused, not waiting for its cure time, wait or workability or many times applications of mortars with a certain specification being applied for purposes in which it was not intended. In order to study the classifications and functions of the mortars, bibliographical researches were carried out, in websites and academic works related to the subject, to study the validation of the quality and performance of the same were done research of procedure in the Brazilian Regulatory Norms, whether they are confection or performance for the hardened mortar. Through the studies of the main functions and classifications, mortars for grouting in masonry, mortars for coatings and mortar for floors, it is possible to observe that for each application the mortar needs to have specific characteristics of workability, mechanical strength and adhesion. The applications of this knowledge added to the execution of the normative process related to the mortar will provide a final product of mortar according to the quality requirements and meeting the levels of expected requirements.

Keywords: Mortar; Classifications; Functions; Performance



1. INTRODUÇÃO

As argamassas são materiais, produtos, utilizados na Construção Civil que possui características aglutinantes, ligantes sendo elas resultado da mistura de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo e água, podendo ser adicionados aditivos com a finalidade de determinar certas propriedades.

Na indústria da Construção Civil, a argamassa é um material indispensável para construção e tem ostentado grandes contribuições a respeito do seu destino, um leque de aplicações pode ser destacado, dentre elas a fabricação de blocos, revestimentos de paredes, pavimentações de residências, reparos e preenchimentos de juntas, formação de substratos entre outros.

O seu emprego pode ser facilmente justificado pelo conjunto de características e benefícios que ela apresenta como a capacidade de ser moldado, baixo peso específico se comparado ao concreto, é de fácil fabricação não exigindo assim dispor de grandes tecnologias, e a capacidade de revestir e unir blocos dando formas as paredes e revestimentos.

Mas vale observar que devido as suas inúmeras aplicações, aliado a facilidade de fabricação e o aquecimento do setor, este material tem sido empregado de forma incorreta, não obedecendo às devidas especificações técnicas normativas no processo de fabricação, etapas de aplicações e respeito aos tempos de esperas e curas, isso por que se é negligenciado estudos aprofundados acerca do mesmo, ocasionando as manifestações patológicas em resposta aos erros citados.

Nessas circunstâncias, o objetivo geral deste trabalho monográfico, é promover uma abordagem dos diversos tipos de argamassas e suas aplicações e avaliar seu desempenho os diversos requisitos, abordando os materiais que as compões e o papel de cada no alcance das características do produto, sem deixar de lado o respeito às normas regulamentadoras referentes as argamassas que buscam a padronização de métodos de moldagem e aplicações afim de que a mesma possas atingir os mais elevados níveis de exigências esperados.

1.1 PROBLEMA

De que forma o não conhecimento adequado das argamassas somado a negligência às especificações e procedimentos normativos, podem influenciar no mau desempenho dos substratos e camadas colantes, ocasionando o aparecimento de manifestações patológicas?



1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar os diversos tipos de argamassas suas classificações quanto à natureza dos materiais que as compõem e suas aplicações no que tange ao revestimento, assentamento e assentamento de revestimento, relacionando-os aos procedimentos normativos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a composição das argamassas e adições;
- Abordar as classificações das Argamassas quanto a natureza dos materiais que as compõem;
- Relacionar os tipos das argamassas às suas aplicações e composições demonstrando métodos normativos relacionados.

1.3 JUSTIFICATIVA

Apesar das pesquisas acerca de soluções que visem o melhor desempenho das edificações, o encorajamento para a aplicação dessas tecnologias principalmente em empreendimentos de baixo padrão é minorado, isso porque seus empregos na maioria das vezes são encarados como custo, apesar de avanços importantes como a implementação da NBR 15.575, que visa estabelecer parâmetros admissíveis de desempenho para as edificações.

Soluções como a adição nas argamassas que venham suprir as necessidades de desempenho das edificações pautado no atendimento às normas, torna-se um elo entre o enquadramento dos parâmetros técnicos e o alcance de níveis aceitáveis de exigências.

A abordagem dos materiais que compõe as argamassas o conhecimento das diversas possibilidades e variedades no mercado acerca do assunto é de fundamental importância para uma correta aplicação das mesmas a ponto de que o produto final possua as características mínimas exigidas como capacidade de resistência a tração capacidade de impermeabilização e plasticidade entre outras.



1.4 METODOLOGIA

A metodologia aplicada se deu através de experimento de laboratórios, pesquisas bibliográficas, sites de internet, normas regulamentadoras e artigos. Com as pesquisas bibliográficas buscou-se lograr conhecimentos mais aprofundados acerca dos materiais envolvidos nos experimentos como, composição, classificação, processo de extração e fabricação. As obras de Falcão Bauer e Petrucci (2003) referentes a materiais de construção sendo o último, autor com vasta experiência em laboratório, e as normas regulamentadoras referentes a ensaios de materiais, são referenciais para o desenvolvimento desse trabalho.

Os testes de laboratório visam a análise do comportamento dos materiais e suas reações em função de fatores externos, como esforços, temperatura e relações de absorção de água.

2. MATERIAIS

O estudo dos materiais que compõem a argamassa de revestimento é de fundamental importância para a análise de suas propriedades, comportamentos e aplicações, serão abordados os aglomerantes, mais especificamente a cal e o cimento, o agregado miúdo, areia, e as características da adição, o polímero Poliuretano PU, apresentando suas composições e benefícios e aditivo plastificante.

2.1 ADIÇÕES

As adições nas argamassas visam incorporar a elas características específicas dependendo da exigência do comportamento e particularidades de cada fase ou parte da obra, soluções como melhorar o desempenho da argamassa ao bloqueio térmico depende de ações conjuntas com as espuma de poliuretano e para a melhoria da trabalhabilidade das argamassa se faz necessário adições de líquidos plastificantes, esses dois são exemplos de aditivos que influênciam no comportamento das argamassas.

2.1.1 Poliuretano PU

O Poliuretano representado pela sigla PU, é um polímero artificial resultado da reação de polimerização do álcool com sua cadeia carbônica modificada, ou seja, mais de um grupo OH (poliol), com um isocianato, sua estrutura atual é resultado de estudos iniciados no século XIX, quando foram realizadas experiências entre um



composto hidróxido e um isocianato, e posteriormente aprimorado em 1937 pelo químico Dr. Otton Bayer (HOWARD, 2002), em laboratórios na Alemanha dando partida para produção industrial de Poliuretano.

O Polioli trata-se de um álcool que possui em sua cadeia, grupos de hidroxila onde o mesmo é o principal responsável pelas propriedades do PU, dentre essas, o excelente desempenho ao isolamento térmico, o isocianato apesar de exercer menor influência, sua escolha determina a estabilidade do polímero quando exposto a luz e propriedades mecânicas como maciez, flexibilidade e elasticidades (OERTEL, 1993).

Os aditivos podem ser adicionados na composição básica do PU ampliando ainda mais as características do produto, trazendo especificidades próprias ao material como mudança de cor, peso específico, capacidade de resistência à combustão.

A espuma de PU que é o foco do estudo, é resultado da reação química formadora do Poliuretano (Poliol e isocianato) adicionado a compostos químicos voláteis como a Acetona C_3H_6O ou o Cloreto de Metileno CH_2Cl_2 , porém, o grande responsável pela principal característica de isolamento térmico da espuma de PU, é a adição de Fluorcarboneto, substância química que resulta da forte ligação entre Flúor e Carbono sendo esses compostos cada vez mais aprimorados, concedendo às espumas desempenhar resultados mais eficientes (HOWARD, 2002).

A produção deste polímero representou um viés alternativo na Segunda Guerra Mundial para fabricação de fibras, sedas, espumas, revestimentos, entre outros, visando a substituição da borracha, hoje a aplicação deste, se dá em inúmeros segmentos, isso porque suas diversas propriedades possibilitam variadas aplicações, dentre elas, as tintas, colas, móveis, colchões, revestimentos de tubos, pneus, assentos de automóveis e mais uma infinidade de aplicações para a indústria (PLASTIPERENE, 201).

Mais de 75% desse composto é fabricado na forma de espuma, esta, na maioria dos casos é utilizada para enchimento de móveis, ou nos interiores de vedações de madeira, metais e alvenarias com fins de impedir a transferência de calor e ruídos. Essas aplicações fazem com que a espuma de PU se torne para a maioria das pessoas um material desconhecido, não fazendo relação de sua utilização com o dia a dia (EXPLICATORIUM, 201).

Segundo dados do Ministério de Minas Energia, em 2014 através de relatórios (chamada pública de seleção), a produção mundial de Poliuretanos em 2011 foi de aproximadamente catorze milhões de toneladas, envolvendo quarenta bilhões de dólares no que diz respeito a vendas, tal número foi resultado da alta demanda e consequentemente a alta produção industrial nos anos entre 2005 e 2011 (BAYAN & COMPANI, 2014).



Em 2012, o consumo brasileiro de poliuretano representou cerca de 4%, em volume, de consumo mundial. Estima-se que o Brasil consumiu 563 mil toneladas, equivalente a 1,4 bilhões de dólares em vendas, naquele ano. O crescimento do mercado brasileiro de PU entre 2008 e 2012 foi de 6% ao ano. Esse crescimento, mesmo durante o período de crise mundial, deveu-se não somente a resiliência das principais indústrias consumidoras locais, mas também a programas de estímulo do governo às indústrias (por exemplo, a indústria automotiva e de eletrodomésticos) (BAYN & COMPANI, 2014).

Com base nesses dados, tornasse possível dimensionar a importância desse polímero para a indústria e para o nosso dia a dia, hoje ele é considerado uma das melhores soluções no que tange ao isolamento térmico e acústico, que seja soluções residenciais, entre paredes de alvenaria ou até mesmo interiores de eletrodomésticos, sua versatilidade de uso e melhorias de tecnologia do PU aumentou cada vez mais seu universo de aplicações, comprovando continuamente sua eficácia.

2.1.2 Aditivo Plastificante

O aditivo plastificante tem como principal objetivo tornar a argamassa mais plástica, ou seja, apresentar a capacidade de se deformar e adquirir diferentes formas sem quebrar, isso é fundamental para melhoria da trabalhabilidade da argamassa (PETRUCCI, 2003), o aumento de coesão e melhoria da consistência proporcionada pela adição deste material possibilita a redução de apresentação de fissuras causadas pela retração natural das argamassas.

A aplicação deste aditivo reduz o consumo (proporção) de Cal nas argamassas, pois o mesmo ao ser inserido em sua composição apresenta características similares as argamassas mistas, mas vale lembrar que esse produto industrializado não pode conter cloretos, pois este reage com o aglomerante ocasionando patologias.

2.2 AGLOMERANTES

Os aglomerantes em sua grande maioria pulveroso, que possui propriedades ligantes e de endurecimento, que tem como função unir os grãos dos agregados. Quando misturado com água forma uma pasta que entram na composição das argamassas e concretos (BAUER, 1997).

Segundo a NBR 11172 (ABNT 1990) os aglomerantes podem ser classificados em aéreo ou hidráulicos, dependendo de qual tipo será sua reação química, os aglomerantes que reagem com o C_2 (gás carbônico) presente na atmosfera são classificados aéreos, estes quando submetido a ação da água após seu endurecimento não apresenta resistência de forma satisfatória já ao aglomerantes hidráulicos sua pasta reage com a H_2O (água) em sua maioria resiste melhor aos esforços



e a presença de água se comparado aos aéreos.

Os principais aglomerantes são o Cimentos Portland, a Cal e o Gesso, sendo o último mais empregado em revestimento de paredes forro e decorações.

2.2.1 Cimento

A NBR 11172 (ABNT 1990) descreve o cimento Portland como um aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland sendo geralmente feita a adição de uma ou mais forma de sulfato de cálcio.

O cimento é um material bastante utilizado na construção civil, seu emprego se dá desde a fundação até a fase de acabamento da obra, isso explica seu alto consumo, a sua composição e sua classificação de aglomerante hidráulica lhe conferem ótimo desempenho quando submetidos a esforço de compressão, quando o mesmo compõe os concretos e argamassas.

Sua composição básica é o clínquer mais o gesso podendo ser adicionado escórias siderúrgicas, material pozzolânico e/ou calcário, o clínquer é resultante da moagem e calcinação de rochas de calcário e argila possuindo maior percentual na composição do cimento CP I.

O cimento natural pode ser um produto heterogêneo, dada a irregularidade própria das rochas de origem. Para maior perfeição do aglomerante, generalizou-se a prática de misturar intimamente, em proporções rigorosas calcários e argilosos previamente moídos. Nessas condições, ter-se-á a mistura de mais de uma matéria-prima em estado pulverulento (PETRUCCI, 2003).

O clínquer está presente em todas as composições do cimento Portland, a proporção desses materiais definiu o tipo de cimento e conseqüentemente onde deverão ser aplicadas, suas características variam desde a resistência a sulfatos, tempo de curas e diferentes idades para se atingir maiores resistências.

2.2.2 Cal

A cal é um aglomerante aéreo resultante da calcinação e trituração da pedra de calcário em altas temperaturas, cuja reação da pasta se dá com o CO_2 presente na atmosfera. Há varias evidências que comprovam que sua utilização contribuiu para construção de templos, muralhas e fundações nos tempos antigos, confirmam que a Cal foi uma das primeiras soluções de material ligante utilizada pelo homem para unir pedras blocos tijolos etc.



Hoje a construção vem intensificando o uso da Cal na última década, nas maiores das vezes utilizada nas argamassas juntamente com o aglomerante cimento, formado uma argamassa classificada como mista, por utilizar mais de um aglomerante em sua composição.

As resistências mecânicas das argamassas de cal são muito baixas e independem do traço; a compressão, aos 28 dias de idade, os valores oscilam entre 5 e 15 Kgf/cm² podendo-se tomar como valor médio a resistência de 10 Kgf/cm² (PETRUCCI, 2003).

O papel da Cal nas argamassas é de torna-la mais leve, ou seja, diminuir o seu peso específico, tornando a pasta mais macia e plástica, melhorando assim a sua trabalhabilidade isso por que ela retém por mais tempo a água de amassamento. Ela é utilizada em proporção menor ao do cimento quando em argamassas compostas, por não apresentar resistência aos esforços mecânicos esperados após seu endurecimento.

2.2.3 Cal Virgem

Um dos primeiros passos do processo de fabricação da Cal é a calcinação do calcário (CaCO₃) tal processo pode também ser chamado de decarbonização pois essa primeira reação química gerada através da queima irá propiciar a liberação de gás carbono (CO₂). $\text{CaCO}_3 + \text{Calor} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

Após a liberação do gás carbono é obtido como produto da reação a CaO óxido de cálcio, também conhecida como Cal viva. Vale lembrar que a Cal aérea pode ser utilizada para compor as argamassas, mas não garante boa hidratação sua hidratação será consequência da utilização água de amassamento, havendo necessidade de deixa-la descansar, a aplicação precoce deste, ocasiona trincas fissuras e rachaduras em função de sua não completa hidratação (PETRUCCI, 2003).

2.2.4 Cal Hidratada

O segundo processo da fabricação da cal é sua hidratação, tal procedimento consiste em adicionar água à Cal viva, formando hidróxidos (OH)₂ ocasionando um reação química exotérmica, esse procedimento pode ser realizado nos canteiros de obra ou na indústria, sendo o último mais apropriado pois garante que 100% das moléculas de cal reage com a água resultando em uma ideal hidratação da cal. $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{Calor}$.

Após a hidratação é obtido como produto o Hidróxido de Cálcio (Ca (OH)₂) ou Cal hidratada, esta está pronta para uso geralmente comercializada em pacotes de



20 Kg.

Por fim ao adicionar a água de amassamento e posteriormente a aplicação do produto ocorrerá a carbonatação ou recarbonização, ou seja, a pasta de cal irá reagir com o gás carbono (CO_2) presente na atmosfera retornando a sua composição inicial (CaCO_3).

2.3 AGREGADO

São materiais provenientes da degradação de rochas por ação física ou química, são adicionadas as argamassas e concretos visando incorporar ao mesmo volume aumentando seu rendimento e consequentemente contribuindo para diminuir o custo das argamassas e concreto.

Uma característica fundamental dada a estes é conferir as argamassas e concretos a trabalhabilidade, a exemplo da areia ela diminui a capacidade da pasta formada pelo aglomerante de se aglutinar permitindo com que ocorra uma boa interação entre as ferramentas de aplicação utilizadas pelos profissionais de construção e o material, ou seja, facilita a prepara e aplicação dos concretos e argamassas.

O perfil do agregado se dá pelo teste de peneiramento, este ensaio preconizado pela norma NBR 7217 (ABNT 1987) ela permite traçar o mapa granulométrico do material elaborando a relação dos diâmetros dos grãos e quantidade de massa relativa a eles, o desenho granulométrico dos agregados permite sua identificação definindo suas classificações e aplicações.

2.3.1 Areia

É um agregado miúdo cujos grãos têm diâmetros limites entre 0,075 e 4,8 mm utilizado nos concretos e argamassas. Sua extração em parte se pela aspersão de água nos leitos dos rios locais conhecidos como jazidas de cava, por esse motivo o principal controle tecnológico deste agregado é a extração do teor de umidade, principalmente em períodos chuvosos, pois a relação entre a água de amassamento e cimento define a resistência das argamassas e concretos. Para a utilização da areia na confecção das argamassas, esta deve estar limpa livre de resíduos, óleos ou raízes.



2.4 ARGAMASSA

A NBR 13281 (ABNT, 2001) define argamassa como a mistura homogênea de agregado miúdo, aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

Segundo Pacievitch em meados do século XVII uma das primeiras composições de argamassas pode ser evidenciada na construção da grande muralha da China, quando a dinastia chinesa pretendia se proteger dos povos nômades do norte. Foram utilizados calcário, matéria prima do atual aglomerante Cal, para assentamento das pedras e granitos na construção da muralha que possui dimensões de 7 metros largura e alturas variadas de 7, 8 e até 10 metros em alguns pontos.

A argamassa exerce um papel indispensável nas construções por estarem presentes na maioria das fases da obra, logo após a sua confecção e mistura homogênea de seus componentes ele permite ser moldado, em camadas de diferentes espessuras, enchimentos, e posteriormente adentrando nas fases de pega até o endurecimento, obtendo um aspecto monolítico e enriquecido.

Graças a sua propriedade de endurecimento e adquirir resistência ao longo da idade de moldagem, na construção civil ela é aplicada para assentamento e revestimento de blocos cerâmicos e blocos de concreto, (reboco) atendendo a NBR 7200, chapisco, contrapiso, revestimento de teto, regularização de tetos e fachadas etc.

Vale lembrar que seu preparo correto e a qualidade associado ao controle tecnológico dos aglomerantes e agregados que a forma influência diretamente na qualidade da argamassa, sem deixar de observar na quantidade de água de amassamento que depende de sua aplicação e resistência. O traço correto é um importante aliado para que a mesma possa adquirir suas propriedades desejadas, ele trata-se da proporção entre aglomerante e agregado definindo as diferentes aplicações.



3. ENSAIOS DE LABORATÓRIO REALIZADOS EM ARGAMASSAS

Os ensaios de laboratórios preconizados por normas, visa a identificação dos comportamentos dos materiais objetivando a elaboração de estudos, análises e conclusões pautados nos resultados observados.

3.1 MOLDAGENS E CURA DE CORPOS DE PROVA

Este teste é baseado pela NBR 5738 (ABNT 2003) Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos, o mesmo define procedimentos para correta confecção dos corpos de prova, como características gerais dos moldes estipulando dimensões ou relações de dimensões padrões, as características e aspecto da haste de adensamento, ou seja, de todo os aspectos físicos que irão fazer parte da elaboração do CP.

Os cilindros devem ter altura igual ao dobro do diâmetro. O diâmetro deve ser de 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm ou 45 cm. As medidas diametraais têm tolerância de 1% e a altura, 2%. Os planos das bordas circulares extremas do molde devem ser perpendiculares ao eixo longitudinal do molde. (ABNT, NBR 5738).

O teste de compressão é fundamentado pela NBR 5739 (ABNT 2007) Ensaio de Compressão de corpo de prova cilíndrico, seu principal objetivo é extrair a capacidade máxima que o material tende a resistir ao esforço mecânico de compressão aplicado através da máquina de ensaio.

Verifica-se recomendações da norma 5738, a respeito da composição do material que compõe as formas e facilidade de remoção do corpo de prova sem que o mesmo não seja danificado.

A quantidade de corpos de provas a ser confeccionados dependerá da aplicação, e de quantas idades diferentes se quer romper, ou de quantos ensaios diferentes se pretende executar, para atendimento de determinada aplicação.

Uma das possibilidades diametral estipulado em norma para os corpos de provas cilíndricos de acordo com a norma NBR 5738 (ABNT 2003) são corpos de prova com diâmetro de 10 cm por 20 cm de altura, a abertura lateral em toda extensão da fôrma tem a finalidade de facilitar a retirada do corpo de prova.

A figura abaixo representa a resistência obtida de um corpo de prova com relação a sua altura/diâmetro $h/d = 2$.



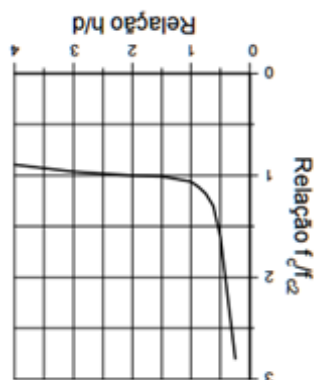


Fig. 1 - Variação da resistência à compressão com as dimensões do corpo de prova
 Fonte: Estruturas de concreto: a resistência à compressão e critérios de ruptura para o concreto

A haste de adensamento é uma aparelhagem utilizada com superfície lisa com 60 cm de comprimento e 3 cm de diâmetro para adensamento da argamassa nas fôrmas.

Com o auxílio de uma colher de pedreiro 9" (nove polegadas) a argamassa é inserida nas fôrmas do CP's em duas camadas a primeira camada adensada através do bastão aplicando-se 25 golpes de forma circular atingindo a profundidade do corpo de prova, após o processo preenche-se a segunda camada até atingir a altura total da fôrma, aplicando-se novamente 25 golpes afim de garantir o adensamento da argamassa na fôrmas dos corpos de prova.



Figura 2: Moldagem de corpos de prova
 Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Após a moldagem de todos os copos de prova ainda em estado fresco, são destinados a local específico para permanecer por 24hs para secagem e posteriormente de forma como estabelece a norma, o local deve apresentar temperatura branda (ambiente).

O processo de cura dos CPs já moldados deverá ser através da submersão em tanques permanecendo por 48 hs.

Seu emprego é de fundamental importância para os concretos haja vista este tem como principal características resistir a esse esforço já para as argamassa sua

importância se dá para estabelecer parâmetros mínimos exigidos.

3.2 DETERMINAÇÃO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA

A NBR 9778 (ABNT 2005) determina a absorção de água, índices de vazios e massa específica, e a NBR 9779 (ABNT 2012) determina a absorção de água por capilaridade. Estes testes citados buscam analisar o comportamento das argamassas e concretos, no que diz respeito a interação com água estabelecendo a sua capacidade de absorção em função da massa, definindo os índices de vazios e eficiência que o fluido tem de subir por paredes de tubos finos destes materiais, observando o quanto de massa a amostra ir incorporar após a sua imersão estabelecida em intervalos de tempo pré estabelecidos.

Para o exame de artefatos ou peças endurecidas, o ensaio deve ser constituído por três amostras, obtidas de testemunhos extraídos, devendo apresentar, cada uma delas, no mínimo 200 cm³, no caso de argamassas; 2500 cm³, no caso de concretos preparados com agregados de até 50 mm de dimensão máxima; e 10000 cm³, no caso de concretos preparados com agregado de dimensão máxima superior a 50 mm. (ABNT, NBR 9778).

Em todos os ensaios se faz necessário a utilização de testemunhos visando garantir o fiel resultado dos testes aplicados, logo, para a mesma verificação de determinado comportamento da amostra os ensaios são realizados por mais de uma vez em corpos de provas diferentes tendo em vista a extração das médias ou análises entre eles para validar seus resultados.

Após a moldagem e cura do corpo de prova no tanque de saturação, os CPs deverão ser levados para estufa em temperatura de 105° objetivando perder toda água adquirida no processo de cura, após sua estabilização de massa, completada a secagem as amostras deverão ser mergulhada novamente tanque saturação a (23 + 2)°C, agora com o objetivo de observar pela pesagem o quanto de massa o corpo de prova ir adquirir através da absorção de água em intervalos de 24, 48 e 72h.





Figura 3: Pesagem de corpo de prova
Fonte: Elaborado pelo autor, 2016

Posterior a etapa de saturação a $(23 + 2)^{\circ}\text{C}$, é buscado a massa das amostras após a fervura, a água em recipiente cheio deverá ser levada a ebulição progressivamente com o auxílio de registros, os CPs deverão ser colocados na água quente após 15 min onde os mesmos permanecerão por 5h pela ação da água quente, passado as 5h foi retirado os registros deixando a água resfriar até atingir a temperatura de $(23 + 2)^{\circ}\text{C}$ a ação deve durar 8 h, as amostras deverá estar enxutas para seu resultado não interferir na pesagem da balança digital com resolução de 0,1g.

3.3 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DE MASSA E VOLUME DE AR INCORPORADO

Este ensaio prescreve o modelo para a determinação de densidade e do teor de ar incorporado em argamassa de assentamento e revestimento Norma 13 278, as aparelhagens utilizada conforme a norma são, balança digital, espátula de 0,153 m de comprimento por 0,13 m de largura, régua para arrasamento, haste de socamento metálico não absorvente, recipiente cilíndrico e utensílio para colocação de argamassa no recipiente.

A norma ABNT, NBR 13278) estabelece que deve ser introduzido a argamassa ainda em estado fresco, após se atestar seu índice de consistência, no recipiente cilíndrico de forma suave com auxílio de uma concha metálica, em três camadas aproximadamente iguais, em cada camada deverá ser aplicado 20 golpes com auxílio da espátula na posição vertical ao longo do perímetro do recipiente deve-se haver uma cuidado para o utensílio não atingir com força o fundo do recipiente.

O processo de adensamento deverá atingir cada camada de forma isolada logo após sua introdução no recipiente atingindo somente a superfície da camada imediatamente inferior após o processo realizado na última camada aplicou-se cinco

golpes com a haste de socamento metálico ao redor da parede do recipiente em intervalos regularmente distribuídos.

A mistura da argamassa é realizada de forma mecânica através de betoneira obedecendo tal sequência:

A quantidade de água deve ser determinada com variação máxima de 3%, em relação a quantidade nominal em valor absoluto. Está de água compreendida, além da adicionada à devida e humidade dos agregados e a utilizada para dissolução dos aditivos (ABNT, NBR 7212).

A confecção de argamassa confeccionada em loco segue os seguintes passos normativos:

- Coloca-se a água limpa no equipamento em seguida foi acrescentada uma porção cimento para poder facilitar a homogeneização dos materiais.
- Adiciona-se em seguida toda a massa de cimento determinada pelo traço na betoneira onde a mesma permaneceu em movimento por alguns minutos;
- Adiciona-se em seguida a areia com a betoneira em movimento por três minutos;
- Por fim adiciona-se a toda água estipulada em traço com a betoneira em movimento;
- Acompanha-se rigorosamente a homogeneização da argamassa.

3.4 ENSAIO DE ABATIMENTO SLUP TESTE

Esse teste visa analisar a relação água/cimento e é preconizado pela Norma (NBR NM 67, 1998) a razão desses componentes (água/cimento) define a consistência das argamassas e concretos visando para as argamassas garantir a trabalhabilidade, para realização da operação são utilizados os seguintes aparelhagem descritas por normas, haste de socamento metálica, forma tronco-cônica com 305 mm de altura, base de 203 mm, diâmetro superior de 102 mm e placa de metal, a seguinte cronologia normativa .(NBR NM 67, 1998) de procedimentos deverá ser obedecida visando a fidelidade de resultados.

1. Limpeza e umedecimento das aparelhagens.
2. O molde deverá ser voltado a placa umedecida com abertura maior posicionada para baixo.



3. Fixa-se o cone na placa com os pés através das aletas.

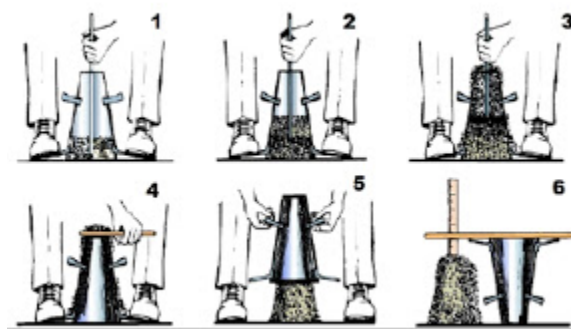


Figura 4 – Sequência de do teste de abatimento
Fonte: site docplayer

4. Deverá ser preenchido a primeira camada do molde com volume de argamassa correspondente a um terço do volume total do cone.
5. Com a haste de metal, aplica-se 25 golpes na primeira camada de forma circular para garantir o adensamento.
6. Preencha-se a segunda camada do molde com volume de argamassa correspondente a dois terços do volume total do cone.
7. Aplica-se 25 golpes na segunda camada com a haste de adensamento
8. Preencheu-se a terceira camada do molde com volume de argamassa correspondente a todo volume do cone.
9. Aplica-se novamente 25 golpes na terceira camada com a haste de adensamento para adensamento completo da argamassa no cone.
10. Há a necessidade da retirada do excesso de argamassa (arrasamento) resultado do enchimento da última camada.



Figura: 5 Teste de abatimento
Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

11. Retira-se o cone e o mesmo foi posicionado de forma invertida ao lado da argamassa moldada, projetou-se uma régua sobre o mesmo para se verificar o abatimento distância entre forma tronco-cônica e a argamassa moldada.

4. CLASSIFICAÇÕES DAS ARGAMASSAS

Segundo o autor Petrucci as classificações das argamassas são inúmeras, sendo determinante para sua qualificação a sua aplicação ou também em função do tipo do aglomerante que a compõe, ainda podendo ser quanto aos números de elementos que a forma ou ainda quanto ao traço, ou seja, a dosagem na qual a mesma irar ser preparada, podendo ser subdividida em:

- Argamassas para rejuntamento nas alvenarias.
- Argamassas para revestimentos
- Argamassa para pisos.
- Argamassas para injeções
- Argamassas refratárias

4.1 ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

As argamassas para rejuntamento nas alvenarias como intitula o autor Petrucci mais designada como argamassa de assentamento tem o objetivo de unir blocos cerâmicos, blocos de concreto ou até pedras de mão (pedra bruta) essa se trata de um dos principais papéis da argamassa a ligação de componentes de



vedação ou estruturais, indispensáveis para elevações de paredes construção de baldrame e muros de arrimos.

Componente/Situação	Deformação até o surgimento da primeira fissura (mm)
Bloco cerâmico assentamento e revestimento com argamassa mista.	1,59
Bloco de concreto assentado e revestido com argamassa mista.	1,11
Bloco de concreto autoclavado assentado com argamassa industrializada, sem revestimento.	3,51

Tabela 2: Capacidade de acomodação de deformações de paredes

Fonte: Seminário tecnologia e gestão na produção de edifícios: vedações verticais (1998)

Quando confeccionada no canteiro de obras a argamassa de assentamento deve ser especial, com adição de aditivos visando torna-la mais plástica, para facilitar o assentamento melhorando assim sua trabalhabilidade o que é fundamental para execução das técnicas construtivas por partes dos profissionais, (BAUER 2005).

Vale lembrar que os traços (proporção aglomerante-agregado) podem variar de acordo com as dimensões dos blocos e seu posicionamento, abaixo a tabela relaciona as aplicações aos traços;

APLICAÇÕES		TRAÇOS			
Grupo	Subdivisão	Cimento Portland	Cal hidratada	Areia	Categoria da areia
Alvenaria de tijolos maciços	um tijolo - 20 a 22 cm	1	1,5	6	Areia comum
	meio tijolo - 10 a 11 cm	1	2	8	Areia lavada
	1/4 de tijolo - 5 a 6 cm (cutilo)	1	2	8	Areia lavada

Alvenaria de tijolos laminados (maciços ou 21 furos)	um tijolo - 20 a 22 cm	1	1	6	Areia lavada
	meio tijolo - 10 a 11 cm	1	1	5	Areia lavada
Alvenaria de tijolos 6 durros	uma vez	1	1,5	6	Areia comum
	uma vez	1	2	8	Areia lavada
Alvenaria de tijolos 8 furos	uma vez	1	1,5	6	Areia comum
	uma vez	1	2	8	Areia lavada
Alvenaria de blocos de concreto para vedação	espessura 20 cm	1	0,5	8	Areia lavada
	espessura 15 cm	1	0,5	8	Areia lavada
	espessura 10 cm	1	0,5	6	Areia lavada
Alvenaria de blocos de concreto autoportantes	espessura 20 cm	1	0,25	6	Areia lavada
	espessura 15 cm	1	0,25	3	Areia lavada

Quadro 1: Traços de argamassa segundo suas aplicações

Fonte: Tabela para composição de preços para orçamento – Editora Pini 2000

4.2 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

Segundo a NBR 13479 (ABNT 1996) argamassa de revestimento deve apresentar textura uniforme, sem imperfeições tais como: cavidades, fissuras, manchas e eflorescência. A norma citada também estabelece que o projeto possa prever e especificar níveis aceitáveis de tolerância admitidas quanto as características apresentadas pelo revestimento de argamassa.

Um bom processo construtivo, aliado a conhecimento e experiência do profissional que irar aplicar, munido de ferramentas apropriadas garante ao revestimento de argamassa superfície plana apresentando bom aspecto, aprumado ou nivelado atendendo as exigências do ambiente.

Quanto as suas funções, ela tem a finalidade de proteger as alvenarias conta o intemperismo e ação de agentes, isolando contra passagem de gases e outros;



Auxiliar no isolamento termo acústico em conjunto com a as vedações; Regularizar as superfícies dos pisos, elementos de vedações e tetos; Serve de camada intermediais (substrato) entre as vedações e revestimentos cerâmicos ou pinturas garantido a vedação adquirir maiores resistências (PETRUCCI, 2003).

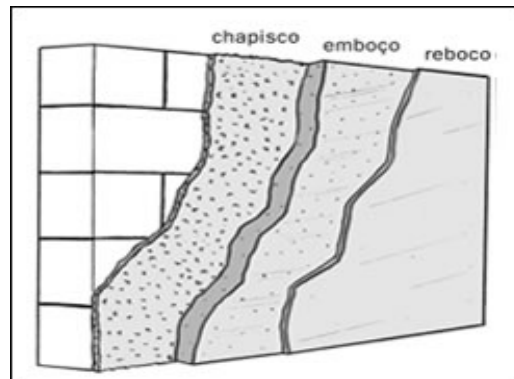


Figura 05: Camada de revestimento
Fonte: site comunidade da construção

Essa função da argamassa dá origem as camadas de revestimento nas quais são o chapisco, emboço e reboco cada uma com determinada atribuição específica.

4.2.1 Chapisco

O chapisco é uma camada de argamassa fina aplicada diretamente no substrato com o objetivo de ancorar a camada seguinte, o reboco, em função disso precisa ter elevada resistência mecânica, essa resistência mecânica se dá pela dosagem onde a proporção chega a ser 1:3 (uma para três) para cada porção do aglomerante três porções de agregado miúdo, (BAUER 2005).

O chapisco consiste em uma camada de preparação da base e possui função de uniformizar a superfície e melhorar a aderência do revestimento (CARASEK, 2007).

Se faz indispensável a aplicação deste em superfícies lisas como a de pilares, vigas, com intuito de melhorar a aderência do substrato de forma a regularizar para recebimentos das camadas de revestimentos seguintes.

Segundo Maciel, Barros e Sabbatini (1998) o chapisco pode ainda ser classificado segundo suas características:

- Chapisco tradicional – argamassa de cimento areia e água, que em função da dosagem e método de aplicação resulta em uma película áspera, aderente e de alta resistência.
- Chapisco industrializado – argamassa com características próximas a da argamassa colante, fazendo necessário somente a adição de água para seu preparo no momento do preparo, o instrumento a ser utilizado para sua

aplicação é desempenadeira dentada o que confere através deste processo elevada produtividade.

- Chapisco rolado – esse é composto por cimento areia água e adições acrílicas, a adição dá a característica de plasticidade à mesma, sua aplicação se dá através de rolos de textura obtendo elevada produtividade, em função de seu custo seu processo de aplicação deve ser controlado.

A argamassa de chapisco deve ser aplicada com uma consistência fluida, assegurando maior facilidade de penetração da pasta de cimento da base a ser revestida e melhorando a aderência da interface revestimento-base (ABNT, NBR 7200).

Destas classificações mencionadas o primeiro apresenta menor custo, mas seu método tradicional de aplicação comparado aos demais, não lhe confere grande produtividade apresentando maiores desperdícios.

4.2.2 Emboço

Segundo a Norma (NBR 13529/95) o emboço trata-se da camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, proporcionando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo, ou que se constitua no acabamento final.

Para BAUER muito se tem confundido entre, o emboço e reboco haja vista ambos têm a função de cobrir a camada de chapisco apresentando superfície plana e regular a ponto de receber outra camada de revestimento de fino acabamento (reboco).

Com base nos autores o emboço se diferencia do reboco no acabamento que apresenta, o primeiro apesar de corrigir as imperfeições de planicidade pode apresentar algumas imperfeições enquanto o reboco apresenta melhor acabamento visual.

4.2.3 Reboco

O emboço é a última camada de argamassa a ser aplicada sendo está sobre a camada de emboço.

O reboco é uma camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, proporcionando uma superfície de boa aparência que possibilite a aplicação do revestimento decorativo ou o que se compõe o acabamento final, Caresek (2007).



A Norma (NBR 7200/98) estabelece que para definição do plano de revestimento, devem ser atendidas as espessuras constantes no projeto de revestimento e estar de acordo com as exigências estabelecidas na NBR 13749 (ABNT, 1996), a mesma estabelece os intervalos de espessuras dos revestimentos argamassados especificando em milímetros os valores máximos e mínimos conforme de onde será sua aplicação.

REVESTIMENTO	ESPESSURA (MM)
Parede interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede externa	$20 \leq e \leq 30$
Teto interno e externo	$e \leq 20$

Tabela 3 – Espessuras admissíveis de revestimentos internos e externos
Fonte: NBR 13749 (ABNT, 1996).

A camada de reboco é muito fina sendo somente o suficiente para constituir uma camada contínua e uniforme sobre o emboço, com espessura máxima de 5mm ela é a camada de acabamento das argamassas, (1984 apud SILVA, 2006).

Normativamente a execução do reboco pode apresentar acabamento de superfícies diferentes podendo ser desempenado ou sarrafeado sendo elas as principais (NBR 7200/98).

Estando em área totalmente preenchida e tendo a argamassa adquirida a consistência adequada, faz-se a retirada do excesso da argamassa e a regularização da superfície pela passagem da régua. Em seguida, preenchem-se as depressões mediante novos lançamentos de argamassa nos pontos necessários, repetindo-se a operação de sarrafeamento até conseguir uma superfície plana e homogênea (ABNT, NBR 7200).

Este processo onde o reboco é sarrafeado consiste na obtenção da planicidade do revestimento de argamassa com a utilização da régua e as repetições de operações de preenchimento até a apresentação adequada da superfície.

Segundo a Norma (NBR 7200/98) o reboco desempenado trata-se do alisamento da superfície sarrafeada através da passagem da desempenadeira (desempoladeira).

4.3 ARGAMASSA DE PISOS

Segundo a Norma (13756/96) O contrapiso (ou piso morto) é uma camada de regularização de argamassa que deve ser executado diretamente sobre a base após um período de sete dias após a conclusão da camada imediatamente inferior.

A camada de contrapiso deve compreender uma espessura entre 15 a 25 mm e deve ser executado com antecedência mínima de sete dias para a aplicação do revestimento cerâmico.



A camada da base ou imediatamente inferior deve estar isenta de tudo que possa prejudicar a aderência da argamassa do contrapiso.

4.4 ARGAMASSA INDUSTRIALIZADA

As argamassas industriais visam o atendimento as mais elevadas exigências se comparado às argamassas tradicionais, suas aplicações são específicas sendo elas fabricadas para o atendimento de determinado serviço.

Sendo as mais tradicionais as argamassas colantes industrializada para o assentamento de placas cerâmicas, as argamassas de rejuntamento e as argamassas poliméricas.

Segundo a Norma (14081/2004) as argamassas colantes são produtos industriais no estado fresco, composto de cimento Portland, agregados minerais e aditivos químicos que ao ser adicionado de água forma uma pasta aderente viscosa e plástica.

As argamassas colantes industriais são classificadas e conceituadas pela norma ABNT (14081/2004) da seguinte forma em ACI, ACII, ACIII e tipo E:

- A argamassa colante ACI tem a capacidade de resistência às solicitações mecânicas e térmicas, típicos de revestimentos internos, com exceções de saunas churrasqueiras e estufas.
- A argamassa colante ACII tem a capacidade de resistência às solicitações mecânicas e térmicas, típicos de revestimentos internos e externos, resistente também a ciclos de variações termoigrométricas e a ação do vento.
- A argamassa colante ACIII apresenta aderência superior em relação os tipos I e II.
- Argamassa colante tipo E: Trata-se da argamassa colante industrializada dos tipos I, II, III, com o tempo estendido em abeto.

E possível verificar que à medida que se eleva o nível de exigência em função do intemperismo ou agentes externos, a necessidade de se avaliar o tipo de argamassa a ser empregada para o assentamento de placas

As argamassas colantes devem atender os requisitos normativos da tabela abaixo.



Propriedades	Métodos de ensaio	Unidade	Argamassa colante industrializada			
			ACI	ACII	ACIII	E
Tempo em aberto	ABNT NBR 14083	min	≥ 15	≥20	≥ 20	Argamassa do tipo I, II ou III, com tempo estendido em no mínimo 10 min do especificado nesta tabela.
Resistência de aderência a tração aos 28 dias em - Cura normal -Cura submersa -Cura em estufa	ABNT NBR 14083	MPa	≥ 0,5	≥0,5	≥1,0	
		MPa	≥ 0,5	≥0,5	≥1,0	
		MPa	≥ 0,5	≥0,5	≥1,0	
		-				
(Deslizamento 1)	ABNT NBR 14083	mm				
O ensaio de deslizamento não é necessário para argamassa utilizada em aplicações com revestimento horizontal						

Tabela 4 — Requisitos de argamassa colante
Fonte: Norma (14081/2004)

4.5 CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO TIPO DE AGLOMERANTE

O tipo de aglomerante a ser utilizado para elaboração da argamassa define mais uma classificação.

Para o autor (SABBATINI, 1986), as argamassas podem ser classificadas em seca, plástica e fluida, essa classificação está diretamente ligada com o tipo de aglomerante e a quantidade de água de amassamento que envolve os grãos, ou seja a pasta formada pelo aglomerante e água influencia diretamente em sua trabalhabilidade, tornando uma massa mais fácil de ser separada ou o inverso pode se tornar uma argamassa áspera.

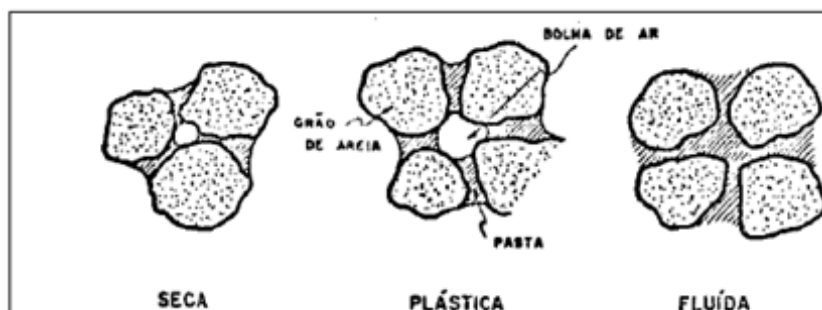


Figura 6- Classificação da argamassa quanto sua consistência.
Fonte: Sabatini, 1986

Segundo PETRUCCI 2003, quanto ao tipo de aglomerante utilizado as argamassas podem ser classificar em Aéreas, Hidráulicas e Mistas.

- Aéreas, de cal aérea e gesso.

- Hidráulicas, de cal hidráulica ou cimento.
- Mistas, com um aglomerante aéreo e um hidráulico, geralmente cal aérea e cimento.

Como já foi citado no capítulo um, as argamassas aéreas possuem resistência abaixo, restringindo suas aplicações, não podendo ser exclusiva de assentamento ou revestimento haja vista seu valor médio de resistência é somente de 10Kgf/cm².

As argamassas de cal aérea não devem secar de maneira muito rápida, porque a reação de hidróxido de cálcio com o anídrico carbônico do ar necessita da presença de água. A reação de recarbonatação, acima referida, processa-se muito lentamente devido à baixa quantidade do CO₂ no ar. (PETRUCCI, 2003).

Há a necessidade de cuidados na secagem da argamassa com cal, esta, acontecendo de forma muito rápida pode ocasionar o aparecimento de manifestações patológicas como trincas, fissuras e rachaduras.

Segundo o número de elementos ativos são classificadas em:

- Simples, quando possuem apenas um elemento ativo.
- Compostas, quando possuem mais de um elemento ativo.
- Segundo o número de elementos ativos são classificadas em:
 - Pobres ou magras, quando o volume de aglomerante é insuficiente para encher os vazios entre os grãos de agregado.
 - Cheias, quando os vazios acima referidos são preenchidos exatamente pela pasta.
 - Ricas ou gordas, quando há um excesso de pasta.

Mediante as classificações e aplicações das argamassas podemos contemplar que a escolha do tipo de argamassa, está estritamente condicionada as exigências da construção, de forma que a mesma atenda os parâmetros de resistências, impermeabilidade, porosidade entre outros.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As proporções analisadas nos diferentes traços em tabela, influencia diretamente para a deformação até o surgimento da primeira fissura, podemos concluir que a medida em que uma argamassa que apresenta maior proporção de agregado ou se a mesma é confeccionada em loco está apresenta menor capacidade para conter as deformações até o surgimento da primeira fissura.

As argamassas industriais apresentam qualidade e desempenho superior se comparado as argamassas tradicionais, mas o não atendimento as especificações técnicas normativas e do fabricante sua durabilidade e minorada prejudicando sua eficiência.

Conclui-se que por meio do estudo foi possível constatar que apesar de as argamassas possuam composições básica padrão, areia cimento e aditivos, se torna indispensável o atendimento rigoroso as metodologias normativas inerentes a argamassas, o atendimento as especificações técnicas, o conhecimento das funções e a corretas aplicações das argamassas para que a mesma desempenhe seu papel atendendo aos requisitos de qualidade, melhorando assim a eficiência das construções.

REFERÊNCIAS

AITCIN, P.-C., NEVILLE, A. M., ACKER, P. Integrated view of shrinkage deformation. **Concreto Internacional**, pp. 35-41, sep., 1997.

ARAÚJO, José Milton de. **Estruturas de concreto: a resistência à compressão e critérios de ruptura para o concreto** / José Milton de Araújo. - Rio Grande: Dunas, 2001, Número 1

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro: 2007;

_____. **NBR 5738: Concreto-Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro: 2008;

_____. **NBR 9779: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da;**

_____. **NBR 15.575: Edificações Habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro.

_____. **NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2001;

_____. **NBR 13479: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – especificações**. Rio de Janeiro, 1996;

_____. **NBR 11172: Aglomerantes de origem mineral**. Rio de Janeiro, 1990;

_____. **NBR 7217: Determinação da Composição Granulométrica**. Rio de Janeiro, 1987;

_____. **NBR 9778: Argamassa e concretos endurecidos**. Rio de Janeiro, 2005;

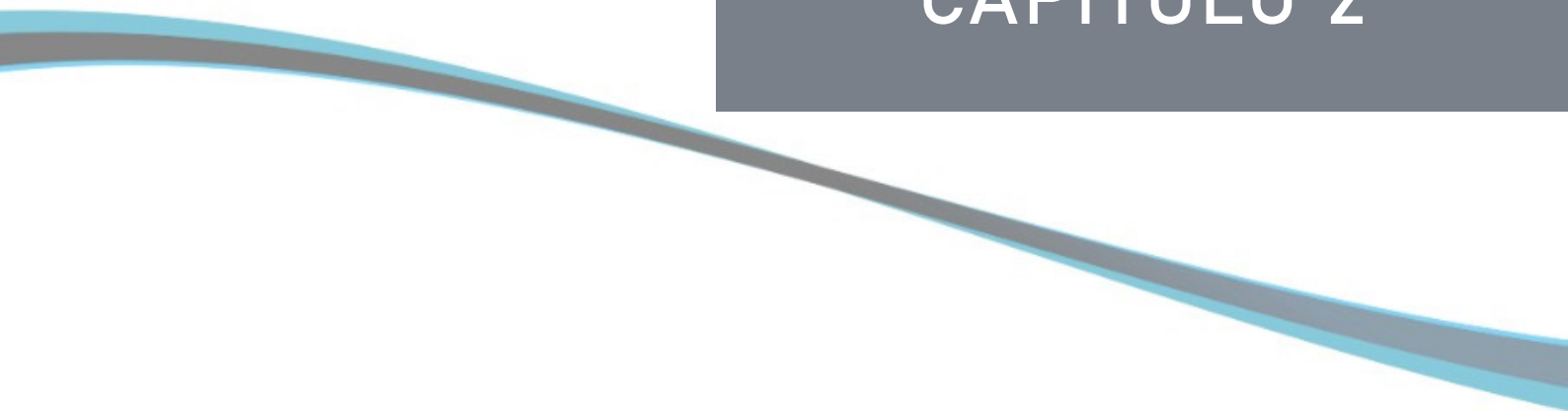
_____. **NBR 7212: Execução de concreto dosado em central**. Rio de Janeiro, 1984;

_____. **NBR 13479 Materiais compostos de uso aero espacial**, 1995;



- _____. **NBR 13749 Revestimento de paredes e tetos**, 1996;
- _____. **NBR 7200 Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas**, 1998;
- _____. **NBR 14081 Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas**, 2004;
- BAIN & COMPANY. **Potencial de Diversificação da Indústria Química Brasileira**. 2014. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/produtos/download/aep_fep/chamada_publica_FEPprospec0311_Quimicos_Relat4_Poliuretanos_e_intermediarios_v51.pdf>. Acesso em: 15 de setembro de 2016;
- BAUER, E. (Ed.) **Revestimento de argamassa**: características e peculiaridades. Brasília: LEM- UnB; SINDUSCON, 2005.
- CARASEK, H. Argamassas. In: ISAIA, G. C. (Ed). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 1. ed. São Paulo: Arte Interativa, 2007. Cap. 26.
- EXPLICATORIUM. **Poliuretano, para que serve e suas aplicações**. Disponível em: <<http://www.explicatorium.com/química/poliuretano.html>>. Acesso em: 20 de setembro de 2016.
- FALCÃO BAUER, L. A. **Materiais de Construção**. Ed. Livros Técnicos e Científicos, Ltda., 5. Ed., V. 1 e 2, 1997, p. 951;
- HOWARD, G. P. Biodegradation of polyurethane: a review. **International Biodeterioration & Biodegradation**. v. 49, p. 245 – 252, 2002;
- OERTEL, G. **Polyurethane Handbook**. 2. ed. Cincinnati: Hanser Gardner, 1993;
- MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. **Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos**, São Paulo, 1998.
- PACIEVITCH, Thaís. **Muralha da China**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/história/muralha-da-china/>>. Acesso em: 20 de setembro de 2016;
- PETRUCCI, Eládio G.R. **Materiais de Construção**. 12ªed. São Paulo, 2003;
- PLASTIPERENE. **O Poliuretano**. Disponível em: <<http://www.plastiperene.com.br/o-poliuretano/>>. Acesso em 20 de setembro de 2016.
- SILVA, Narciso G da. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária**. 164p. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar**. 10. ed. São Paulo: Pini, 2009.





CAPÍTULO 2

TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO PARA A DELIMITAÇÃO MANUAL DE SUB-BACIA A PARTIR DO SOFTWARE SPRING

Ingrid Nicolly Oliveira Lyra

Leticia Coelho Madeira

Mariana Nunes de Oliveira

Eduardo Mendonça Pinheiro

RESUMO

O objetivo deste trabalho é demonstrar a utilização de ferramentas de geoprocessamento para delimitação de bacias hidrográficas, para isto, escolheu-se uma sub-bacia do Rio Anil, situado no município de São Luís, Maranhão. Desta forma, buscou-se utilizar métodos de fácil execução encontrados em software SIG para identificar e delimitar manualmente uma sub-bacia, além da extração da rede de drenagem e elevação do rio. Para alcançar os objetivos, utilizou-se de dois principais instrumentos: Um software de sistema de informação geográfica (SIG), em *que* optou-se por utilizar o Spring (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE em sua versão 5.5.3, e um modelo digital de elevação (MDE), pois oferece informações altimétricas. Estes dados estão disponibilizadas e foram obtidas no site do INPE com uma resolução espacial de 30m. Através do Spring foi possível integrar diferentes informações, e utilizar ferramentas que contribuíram para o objetivo proposto, dessa forma, delimitando uma sub-bacia, extraíndo e demonstrando informações essenciais para a gestão de bacias hidrográficas tais como a rede de drenagem.

Palavras-chave: Geoprocessamento; Sub-bacias; Modelos Digitais de Elevação.

ABSTRACT

The aim of the present study is to demonstrate the use of geoprocessing tools for river basin delimitation, for this purpose, was selected an Anil river sub-basin, located in the municipality of São Luís, Maranhão. Therefore, it was sought to use traditional methods found in GIS software to manually identify and delimit a sub-basin, in addition to promote the drainage network extraction and the river elevation. In order to reach the objectives, two mains instruments were used: A Geographic Information System (GIS), on which the Spring (Georeferenced Information processing System) developed by the National Institute for Space Research (INPE) version 5.5.3 was used, and a Digital Model Elevation (DEM), as they provide altimetric information. These data are available and were obtained on the INPE website with a spatial resolution of 30m. Through Spring was possible to integrate different information, and to use tools that contributed to the proposed objective, therefore, delimiting an sub-basin, extracting and demonstrating essential information for the management of watersheds such as the drainage network.

Keywords: Geoprocessing; Sub-basin; Digital Model Elevation.



1. INTRODUÇÃO

A delimitação de bacias hidrográficas fornece importantes informações referentes aos recursos hídricos, além de que, atualmente, com a popularização dos softwares SIG'S (Sistema de Informação Geográfica), obter informações referente a diferentes recursos naturais torna-se cada vez mais eficiente e prático, garantindo um trabalho que fornece informações substanciais para a gestão do meio ambiente.

Segundo De Araújo, Teles e Lago (2009, psc. 4631), quando se trata de análises hidrológicas ou ambientais, a delimitação de uma bacia hidrográfica é um dos procedimentos mais habituais a ser executado, esta delimitação se tornou ainda mais precisa com o surgimento e fortalecimentos dos SIG's e dos Modelos Digitais de Elevação (MDE).

Segundo Brubacher et al (2012), a partir da disponibilização das imagens SRTM e seus respectivos dados, houve um significativo aumento na elaboração de estudos relacionados a utilização de MDE (Modelos digitais de elevação), principalmente no que se diz respeito à extração automática de redes de drenagem, procedimento muito utilizado em análises hidrológicas, ou ambientais, por exemplo.

Para Scárdua (2013), este tipo de delimitação a partir do uso de SIGS e consequentemente Modelo Digital de Elevação (MDE) se constitui em uma metodologia mais rápida, menos subjetiva e possibilita o alcance de maiores informações do que as técnicas tradicionais.

De acordo com Alves Sobrinho et al (2010, p. 47), para obtenção da delimitação de bacias hidrográficas em SIGs, é necessário obter dados com as informações do relevo, estes dados podem ser representados por uma estrutura numérica conhecida como Modelo Numérico de Terreno (MNT), este modelo demonstra a disposição espacial da altitude e da superfície do terreno estudado.

Dessa forma, para garantir a obtenção das informações mais concisas, é necessário utilizar de técnicas de geoprocessamento, apoiando-se em softwares SIG's. Dandolini e Ladwig (2013, p.2) destacam que "O termo geoprocessamento compreende a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica."

Os softwares auxiliam na obtenção dos resultados, neste caso, a delimitação de um trecho de uma sub-bacia. Neste estudo, utilizou-se das técnicas fornecidas pelo software SPRING em sua versão 5.5.3. O Spring é um dos sistemas elaborados com o objetivo de tratar informações espaciais e segundo Rodriguez (2005) foi elaborado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) dentro do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Para ter acesso, o usuário deve apenas se



cadastrar gratuitamente no site fornecido pelo INPE, esta facilidade significa um grande avanço no que diz respeito a utilização de programas (SIGs) em prol do conhecimento e gerenciamento de recursos naturais.

Diante disto, o presente estudo teve como objetivo delimitar manualmente uma sub-bacia hidrográfica do Rio Anil, através de técnicas de geoprocessamento, dessa forma, foi possível extrair a rede de drenagem e elevação do rio, importantes fatores para o conhecimento da área e gestão correta de bacias hidrográficas.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 Área de estudo

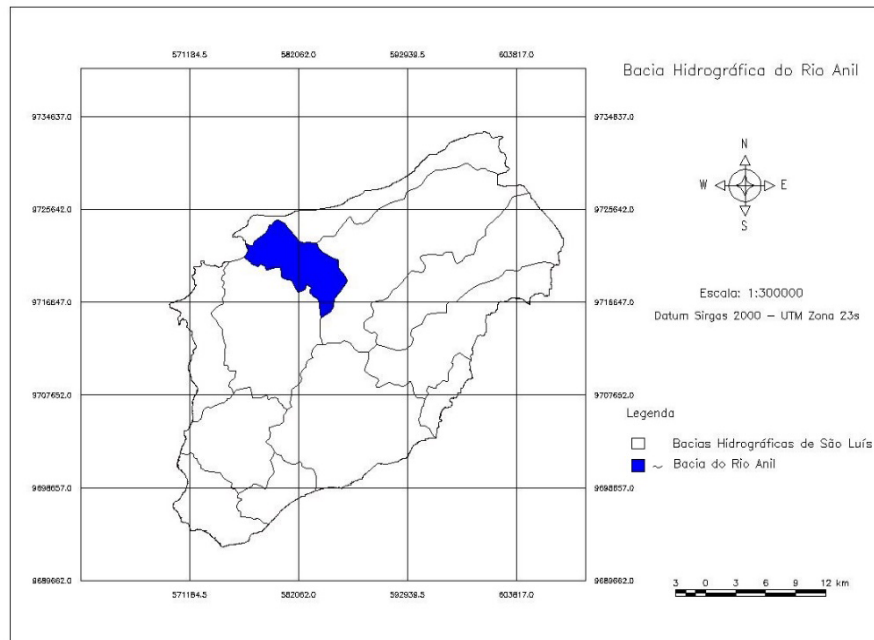
A bacia hidrográfica do Rio Anil (Figura 1) compreende uma área extremamente urbanizada e é uma das 12 bacias hidrográficas da cidade de São Luís no estado do Maranhão. Segundo dados do IBGE (2019) a população de São Luís relativa ao último censo de 2010 é referente a 1.014.837 pessoas com uma população estimada em 1.101.884 para 2019.

Alguns dos afluentes do Rio Anil são o Rio Jaguarema e o Igarapé do Vinhais. De acordo com as ideias de Bezerra (2008), esta bacia encontra-se no quadrante NW de São Luís, Maranhão. A bacia está completamente inserida dentro da capital do estado e o rio principal possui uma extensão de aproximadamente 13,8 km.

Segundo Caridade e Dos Santos (2007) esta bacia encontra-se localizada na porção da ilha que compreende as seguintes coordenadas: 02°29"S, 44°12"W e 02°34"S, 44°18"W. Limita-se com a bacia Litorânea, bacia do Rio Bacanga, Rio Paciência e Baía de São Marcos.



Figura 1: Área de estudo



Fonte: Dos autores (2019)
2.2 Procedimentos metodológicos

O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi obtido no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE referente ao projeto TOPODATA. A folha para elaboração do estudo refere-se ao MDE 02S45_ZN que compreende a região de trabalho. Estes dados disponibilizados pelo INPE fornecem informações numéricas relativas à elevação em formato GEOTIFF e com uma resolução espacial de 30 metros.

O SIG escolhido para operação foi o SPRING em sua versão 5.5.3. Trata-se de um software brasileiro criado por uma das principais instituições do Brasil, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Sua abreviação significa sistema de processamento de informações georreferenciadas e possui um desempenho adequado para várias aplicações cujo objetivo seja a informação geográfica.

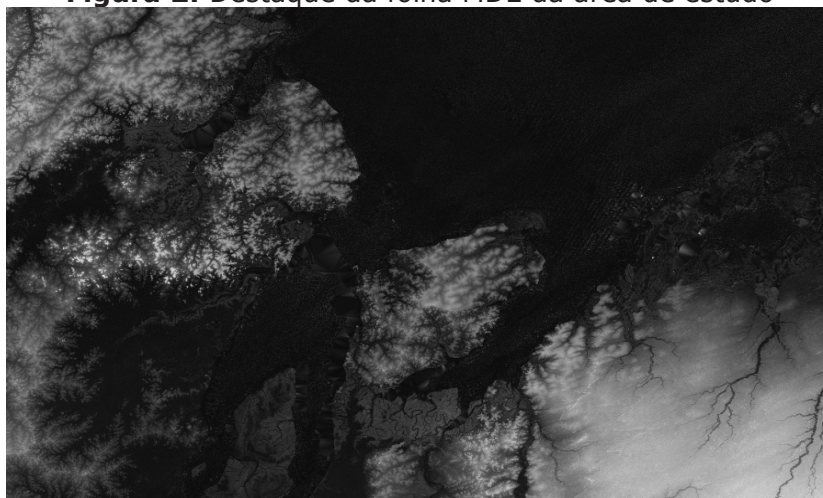
As atividades realizadas diretamente no software, por sua vez, ocorreram da seguinte forma: No Spring 5.5.3 criou-se um banco de dados e um projeto. O projeto teve como parâmetro cartográfico a projeção métrica UTM e modelo de terra Datum - Sirgas 2000, Zona 23S. Após criar o banco e definir os parâmetros de trabalho, acresceu-se os dados de elevação o qual foi modelado como dado MNT (modelo numérico de terreno).

Dessa forma, a partir da imagem e suas informações de altimetria, foi possível, através do comando MNT, criar grades e isolinhas, além da utilização de algoritmos como processos hidrológicos para extrair a rede de drenagem e por fim, através da edição vetorial, delimitar uma área na sub-bacia.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da estruturação do banco, definição do projeto e importação dos dados permitiram a exibição de toda a folha topográfica de interesse. Para a representação da folha de MDE na interface do software foi necessário modela-lo na categoria imagem durante a etapa de importação. As primeiras observações a serem realizadas dizem respeito a caracterização da região, observa-se que as áreas com relevo mais elevado apresentam tons mais claros e localidades mais baixas apresentam-se com tons mais escuros (Figura 2).

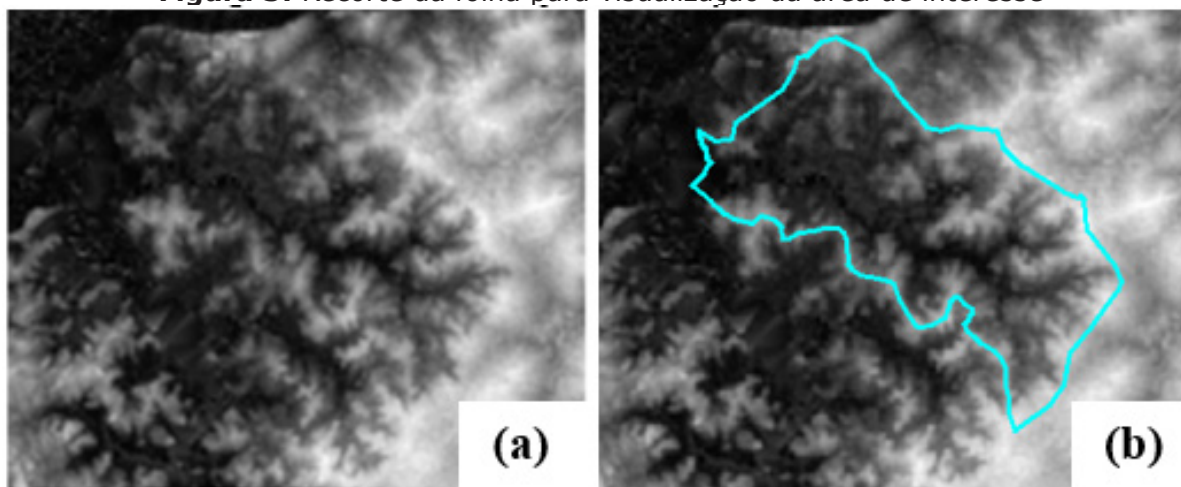
Figura 2: Destaque da folha MDE da área de estudo



Fonte: INPE (2008)

Apesar da folha anterior incluir a região de interesse, exibe uma área consideravelmente maior, dessa forma, a fim de facilitar a visualização da área a ser estudada e consequentemente o processo de execução dos algoritmos do software foi realizado um recorte da folha (Figura 3a) levando em consideração os limites da bacia escolhida (Figura 3b). As diferenças de tonalidade exibem as formas da bacia que favorecem o processo de identificação das sub-bacias existentes na área.

Figura 3: Recorte da folha para visualização da área de interesse

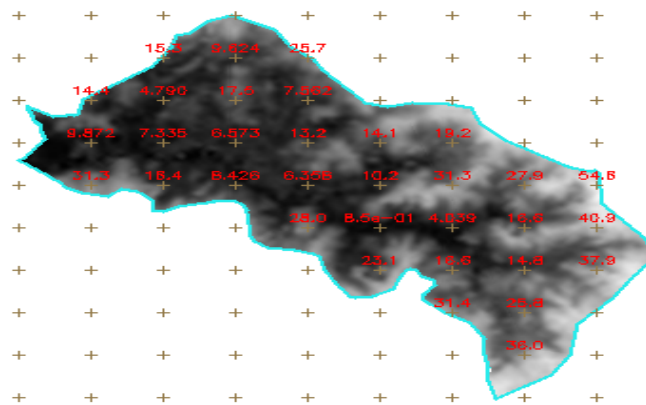


Fonte: Dos autores (2019)

O Sistema de banco de dados do Spring 5.5.3 permitiu armazenar e fazer

consultas de diferentes formas, de acordo com a necessidade, no qual obteve-se informações pontuais e de toda a área de trabalho. Para maior conhecimento da área trabalhou-se com o comando grade, este representa de forma fiel os valores da superfície (Figura 4). Tal como já mencionado, os valores serão mais altos para as áreas escuras e mais baixos para as áreas mais claras, dessa forma, possibilitando a caracterização de valores do relevo.

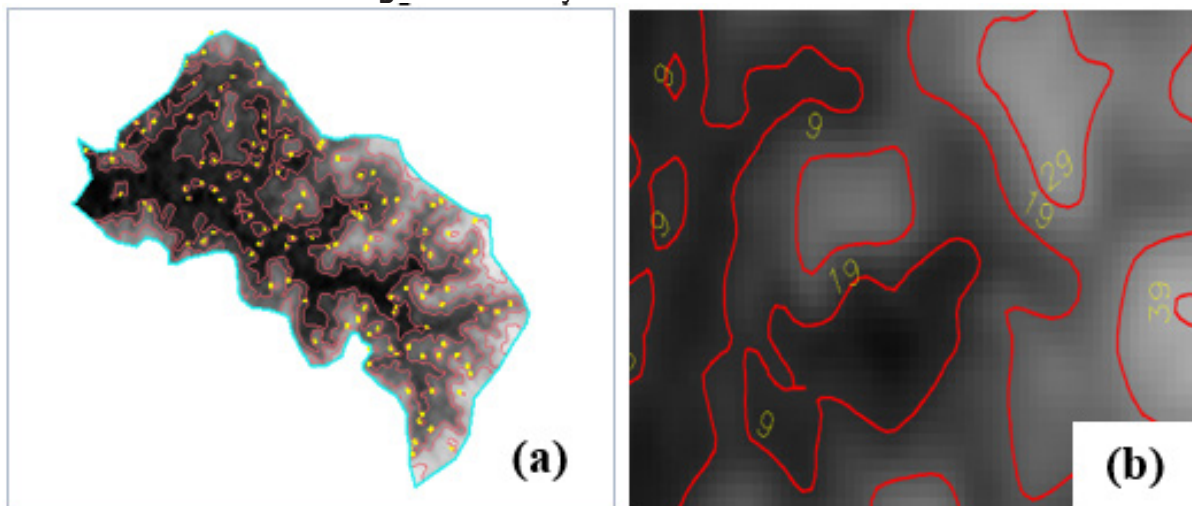
Figura 4: Após ativar o comando grade



Fonte: Dos autores (2019)

Em seguida, o comando geração de isolinhas uniu todos os pontos que possuem o mesmo valor na superfície, dando a ideia de continuidade e representando as cotas de elevação permitindo por sua vez modelar o relevo. Este comando permitiu demonstrar a altimetria do terreno através de curvas de nível. Esse resultado proporcionou a identificação de topos e fundos de vale, informações importantes no processo de caracterização hidrográfica (Figura 5a). Além disto, gerou-se textos com os respectivos valores das curvas de nível a fim de facilitar a identificação durante o processo de delimitação (Figura 5b).

Figura 5: Geração de curvas de nível

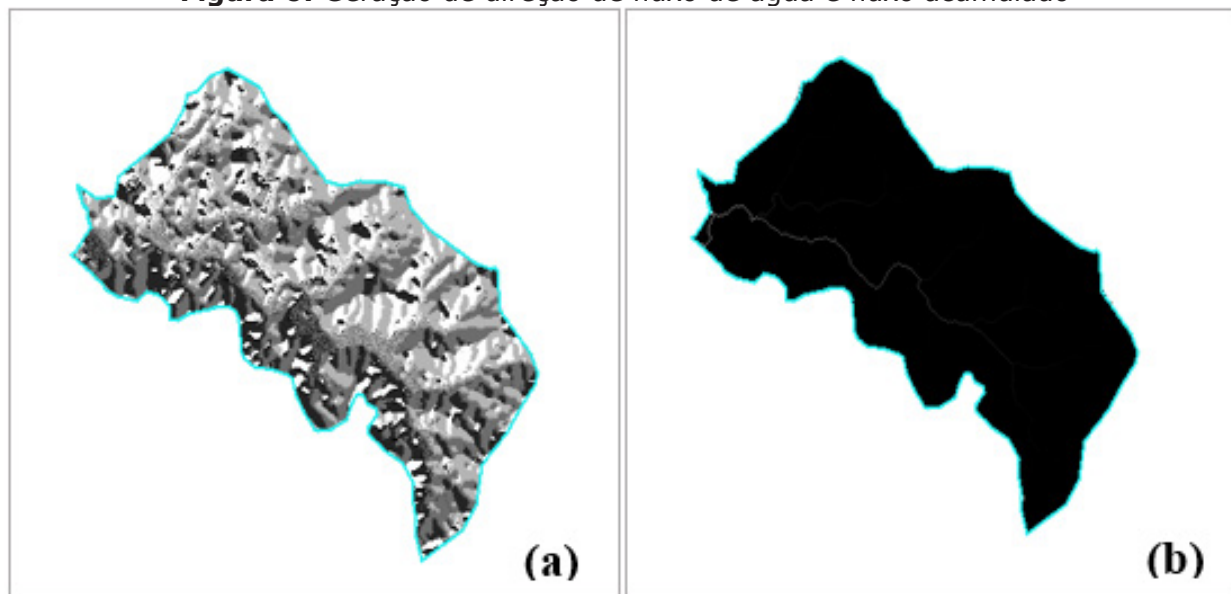


Fonte: Dos autores (2019)

O algoritmo processos hidrológicos possibilitou a obtenção de dois componentes essenciais para a geração da rede de drenagem: Direção do fluxo de água e o fluxo acumulado em cada célula. O resultado obtido para direção do fluxo (Figura

6a), demonstra os locais onde encontram-se os principais fluxos hídricos, isto é possível pois existe uma relação entre os pontos com diferença de nível dentro da bacia. O fluxo acumulado (Figura 6b), por sua vez, de forma simples, demonstra a acumulação de água no terreno, permitindo a formação dos cursos de água.

Figura 6: Geração de direção de fluxo de água e fluxo acumulado



Fonte: Dos autores (2019)

Após estes resultados é possível obter a rede hidrográfica, ainda dentro da função de processos hidrológicos, o algoritmo rede de drenagem possibilitou a geração de uma imagem com a respectiva drenagem da área. Após passar pela configuração dos contrastes da imagem, obteve-se, conforme mostra a figura 7, a exibição dos canais de forma mais contrastada na folha estudada.

Figura 7: Drenagem da bacia hidrográfica



Fonte: Dos autores (2019)

O resultado final dos processos mencionados refere-se a uma folha com a drenagem da área, curvas de nível e seus respectivos valores (Figura 8). A partir desta folha é possível realizar o procedimento manual de delimitação, pois a rede hidrográfica auxilia na compreensão dos cursos de água existentes e as curvas auxiliam

na detecção da direção do escoamento das águas.

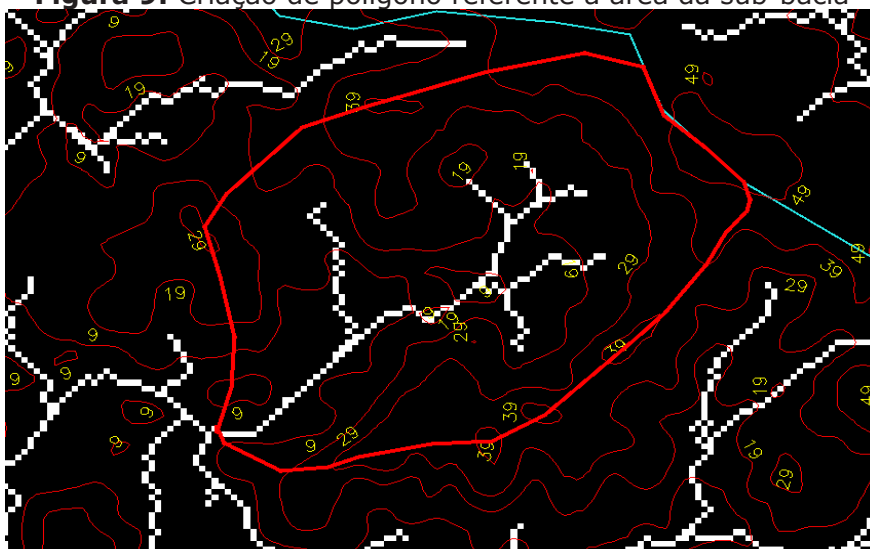
Figura 8: Componentes para início de delimitação



Fonte: Dos autores (2019)

O processo de delimitação leva em consideração o exutório escolhido para o canal principal da sub-bacia e as curvas de nível. A delimitação começa através do ponto de exutório, a partir disto, é necessário entender que a água percorrerá um caminho que corresponde ao de maior declividade, portanto, deve-se delimitar levando em consideração a menor distância entre duas curvas de nível próximas. Ao final do processo obtém-se um polígono que refere-se a área da sub-bacia (Figura 9).

Figura 9: Criação de polígono referente a área da sub-bacia



Fonte: Dos autores (2019)

A partir da delimitação manual utilizando como base as curvas de nível geradas através do comando isolinhas, como resultado final foi possível obter uma imagem que dispõe da determinação de uma sub-bacia na bacia hidrográfica do Rio Anil pela qual representa-se pela cor azul (Figura 10), além da grade de drenagem com as isolinhas em vermelho e os respectivos valores em amarelo. Dessa forma, demonstrando como é possível realizar procedimentos simples e de suma

importância para gestão de bacias e sub-bacias hidrográficas através de softwares como o Spring.

Figura 10: Delimitação de sub-bacia



Fonte: Dos autores (2019)

6. CONCLUSÃO

A partir dos procedimentos para a obtenção da delimitação da sub-bacia, percebeu-se e utilizou-se diferentes ferramentas encontradas no software Spring incluindo os comandos de isolinhas, grades, constrates e entre outros que puderam fornecer resultados positivos. Verificou-se que o Spring permite a delimitação utilizando diferentes modos, de acordo com a necessidade do usuário, foi possível observar também a facilidade de como esses dados foram gerados, fornecendo informações de extrema importância para a delimitação da área, como a rede de drenagem e elevação do rio. Dessa forma, considerando as diversas formas de utilização dos softwares voltados para a área de geoprocessamento, conclui-se que estes são essenciais para a gestão de recursos naturais, tais como as bacias e sub-bacias hidrográficas, pois realizam processos importantes como a delimitação e extração de informações destas áreas.

REFERÊNCIAS

ALVES SOBRINHO, Teodorico et al. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 46-57, 2010.

BEZERRA, Denilson da Silva. **The mangrove ecosystem in the Urban Environment Context of Public Policy for Use and Occupation Solo River Basin Anil, Sao Luis, Maranhão**. 2008. 122 f. Dissertação (Mestrado em SAÚDE E MEIO AMBIENTE) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2008.

Brasil. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Topodata: banco de dados geomorfométricos do Brasil**. Variáveis geomorfométricas locais. São José dos Campos, 2008.

BRUBACHER, João Paulo et al. Avaliação de bases SRTM para extração de variáveis morfométricas e de drenagem. **Geociências (São Paulo)**, v. 31, n. 3, p. 381-393, 2012.

CARIDADE, E. DE O.; DOS SANTOS, M. C. F. V. Análise espacial da situação sanitária e sua consequência na distribuição de casos de hepatite a na bacia do rio anil, São Luís -MA. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 2, 2007.

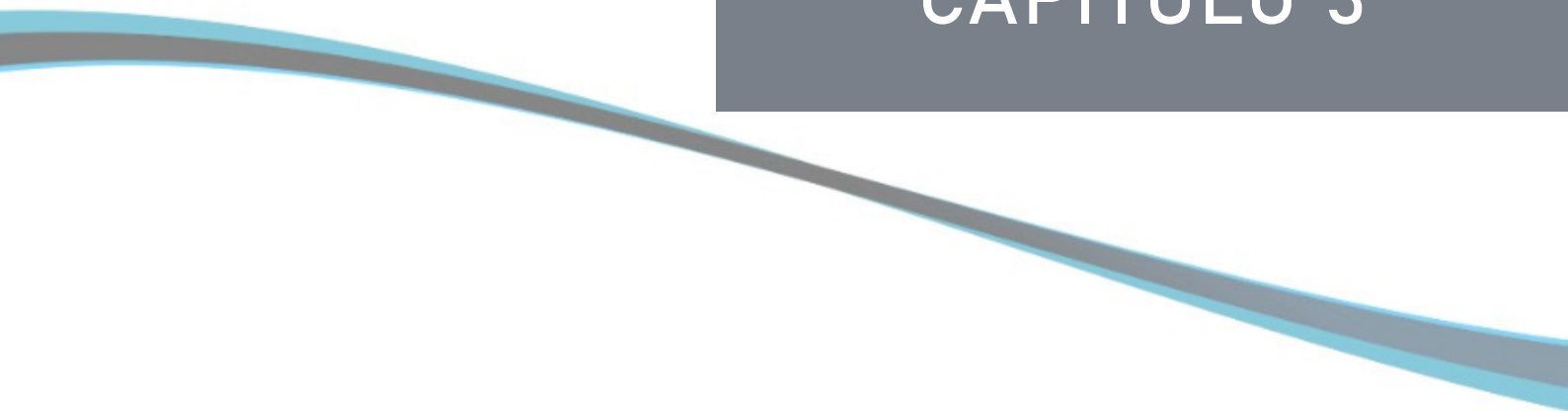
DANDOLINI, Rafael Lodetti; LADWIG, Nilzo Ivo. O sistema de informação geográfica na gestão de produção da empresa Agroveneto s/a – Indústria de alimentos. **Tecnologia e Ambiente**, Santa Catarina, v. 14, p. 1-15, 2013.

DE ARAÚJO, Elienê Pontes; TELES, Mércia Gabriely Linhares; LAGO, Willinielsen Jackieline Santos. Delimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão a partir de dados SRTM. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal: INPE**, 2009.

RODRIGUEZ, Ana Cristina Machado. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados na análise da legislação ambiental no município de São Sebastião (SP)**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SCÁRDUA, Marcelo Dan. **Avaliação de modelos digitais de elevação para análise espacial de bacias hidrográfica**. 2013. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2013.





CAPÍTULO 3

DINÂMICA DO FÓSFORO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

Clebson Santos Cândido
Joelber Costa Oliveira

RESUMO

As formas e o grau de labilidade do fósforo variam com as características e propriedades do solo. O objetivo deste trabalho foi estudar, pelo método de extração seqüencial, as alterações das formas de P em amostras de solo sob sistema de plantio direto sob cultivo em aléias com seis anos de implantação; plantio direto sob cultivo em aléias com três anos de implantação; área sob pastagem; área de solo com aração; e uma área de capoeira. O método de fracionamento de P desenvolvido por Hedley et al. (1982) foi eficiente para avaliar os efeitos do manejo na dinâmica das alterações das formas de P no solo. Os resultados demonstram que no sistema de cultivo em aléias há predominância das formas inorgânicas de P- lábil e P-moderadamente lábil. As maiores frações de fósforo orgânico (Po) foram encontradas no sistema de cultivo sob pastagem cultivada.

Palavras-chave: formas de fósforo, fracionamento de fósforo, sistemas de cultivo.

ABSTRACT

The forms and availability of phosphorus vary with the soil characteristics and properties. The objective of this study was, by sequential extraction, changes in forms of P in the soil under no-tillage system under alley cropping with six years of implementation; tillage in alley cropping with three years of implementation; pasture area, area of soil with tillage, and an area of scrub. The P fractionation method developed by Hedley et al. (1982) was efficient to evaluate the effects of management changes in the dynamics of the forms of P in the soil. Results showed that in the alley cropping system were predominant forms of inorganic labile and moderately of P. Higher fractions of organic phosphorus (Po) were found in the system of cultivation under pasture.

Keywords: phosphorus forms, phosphorus fractionation, cropping systems.



1. INTRODUÇÃO

No trópico úmido, as condições socioambientais representam o maior desafio para pesquisadores, principalmente, para os que se dedicam à implantação de sistemas agrícolas sustentáveis, pois em uma mesma região, associam-se solos constituídos principalmente de areia e silte, altamente intemperizados de baixa capacidade de retenção de cátions, estrutura frágil e difícil drenagem interna, reduzida fertilidade natural, elevadas temperaturas e precipitação pluvial (mais de 2.000 mm anuais) (Moura et al., 2008). Nessa região, além das adversidades naturais, características ligadas ao uso e manejo dos solos, também contribuem para a deterioração e degradação dos solos.

A deficiência de fósforo em solos tropicais decorre das fortes interações desse nutriente com os colóides do solo que produz alta capacidade de fixação e consequentemente baixa disponibilidade do nutriente às plantas (Novais et al., 2007; Amorim et al., 2008). A mobilidade de fósforo nestes solos é controlada por interações com a matriz do solo (Shaheen et al., 2009).

Para entender melhor a dinâmica do fósforo em solos, é necessário conhecer as diferentes frações do elemento, mediante a utilização seqüencial de diferentes soluções extratoras. O conhecimento da natureza e da distribuição dessas frações pode fornecer informações importantes para a avaliação da disponibilidade do fósforo no solo (Rocha et al., 2005).

O fracionamento do P do solo tem sido utilizado para estudar as diferentes frações do elemento. O método proposto por Hedley et al. (1982) tem como vantagem o fato de relacionar as formas de P no solo à sua disponibilidade para as plantas, além de quantificar o P orgânico lábil no solo (Tokura et al., 2002).

Este método determina várias frações de P no solo com um grau decrescente de disponibilidade às plantas: formas de P extraídas por resina e bicarbonato de sódio são consideradas frações mais lábeis; em seguida, vêm às extraídas por hidróxido de sódio, que são frações moderadamente lábeis, incluindo P associado a óxidos de Al e Fe; depois, as extraídas por ácido estão ligadas à apatita e outros fosfatos de Ca menos reativos; finalmente o P determinado por uma digestão peróxido/sulfúrica representa o fosfato mais recalcitrante, que não pode ser extraído nas frações anteriores (Araújo et al., 2004).

Nesse contexto, estudos que visem à determinação das diferentes frações de P no solo possibilitam conhecer o comportamento do nutriente, podendo, dentro do sistema de produção adotado, indicar um manejo mais eficiente da adubação. O objetivo deste trabalho foi estudar as diferentes formas de P em solos sob diferentes sistemas de produção.



2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Formas de Fósforo no Solo

O fósforo do solo, de interesse agrônômico e ambiental, é constituído por compostos derivados do ácido ortofosfórico e, menos comumente, dos pirofosfatos, sendo as apatitas os minerais primários fosfatados, que são liberados das rochas durante a intemperização dos solos, e resultam em minerais secundários mais estáveis termodinamicamente, ou incorporados a compostos biologicamente (Santos et al., 2008).

Os minerais fosfatados primários são a fonte de fósforo nos sistemas naturais. O fósforo retido nesses minerais primários passa a ser utilizado pelos organismos vivos, após o rompimento da estrutura cristalina das apatitas. O rompimento desses minerais primários ocorre mediante intemperização, que depende dos fatores e processo de formação do solo durante a pedogênese. O fósforo é liberado para a solução do solo e readsorvido aos colóides, mas parte dele é absorvido pelos organismos e pelas plantas (Gatiboni, 2003).

Devido às condições de intenso intemperismo, os solos de regiões tropicais apresentam reduzida fração de P biodisponível, muitas vezes abaixo das exigências mínimas das culturas. Essa característica está associada à capacidade que os solos tropicais têm em reter o P na fase sólida, na forma de compostos de baixa reatividade. Contudo, os sistemas de cultivo e o manejo da adubação fosfatada podem influenciar o potencial de suprimento do nutriente no solo e o seu aproveitamento pelas culturas (Sousa & Lobato, 2003).

As plantas retiram P dos solos principalmente como íons fosfatos (H_2PO_4^- e HPO_4^{2-}), cuja disponibilidade dependem da solubilização dos fosfatos naturais e da mineralização de P orgânico pelas fosfatases, enzimas chaves que atuam na hidrólise de P orgânico em íons ortofosfato, sendo esta uma estratégia adaptativa de plantas para ativar e utilizar o P orgânico em condições de deficiência (Zhang et al., 2010).

O fósforo do solo é dividido em dois grandes grupos, fósforo inorgânico e fósforo orgânico, dependendo da natureza do composto a que está ligado. Dentro destes dois grupos, as formas de fósforo são de difícil identificação devido à infinidade de reações dos compostos de fósforo do solo.

O primeiro grupo refere-se ao fósforo inorgânico que é o menos móvel dos principais nutrientes na maioria dos solos e frequentemente o principal fator limitante para o crescimento de plantas nos ecossistemas terrestres (Devau et al., 2009).



O Fósforo inorgânico (Pi) pode ser encontrado em solução (P-solução), precipitado com Al, Fe e Ca ou adsorvido aos óxidos de Fe e Al da fração argila, ambos em equilíbrio com a solução e compondo a fração lábil de P do solo (P lábil)(Souza et al., 2007).

A adsorção do fosfato aos oxihidróxidos de ferro e alumínio ocorre, principalmente, nas formas de baixa cristalinidade e com alto desbalanço de cargas. Esta adsorção ocorre nos sítios ácidos de Lewis, onde grupos OH⁻ e OH₂⁺ ligados monocordenadamente ao metal (Fe ou Al) são trocados pelo fosfato, caracterizando o fenômeno conhecido como troca de ligantes.

Gatiboni (2003) relata que o fósforo inorgânico do solo pode ocorrer em várias formas, com diferentes energias de ligação aos íons e colóides do solo, dependendo do grau de intemperização e uso do solo. Como apenas uma pequena parte do fósforo é disponibilizada às plantas, a estimativa do fósforo total não informa sobre biodisponibilidade do elemento e se faz necessário o conhecimento das suas formas predominantes.

Segundo Rheinheimer (2000), o sistema sob plantio direto proporcionou um aumento de P nas camadas superficiais, principalmente nas formas inorgânicas disponíveis e moderadamente disponíveis, permitindo a manutenção de teores de P na solução do solo mais elevados do que no preparo convencional.

Para que haja melhor entendimento das condicionantes da disponibilidade de P, vários métodos têm sido desenvolvidos para fracionar suas formas no solo e, com isso, estudar suas transformações. O método proposto por Hedley et al.(1982) apresenta como vantagem a obtenção de informações sobre a disponibilidade de P a curto e longo prazos, por meio da determinação dos teores das frações de P com vários graus de disponibilidade para as plantas (Santos et al., 2008), além de quantificar o P orgânico lábil no solo (Tokura et al., 2002).

O segundo grupo é o fósforo orgânico, que pode constituir de 20 a 80% do fósforo total do solo e é extremamente relevante nos solos tropicais, pois atua ativamente na disponibilidade de fósforo às plantas (Tiessen et al., 1984; Cross & Schilesinger, 1995) e deve ser levado em consideração em estudos envolvendo a sua dinâmica e a biodisponibilidade.

O fósforo orgânico (Po) é formado pelos íons fosfatos, ligados aos compostos orgânicos e, sua labilidade está diretamente relacionada à suscetibilidade de decomposição do radical orgânico ao qual o fosfato está ligado (Gatiboni et al., 2008). O fósforo orgânico é abundante no solo e sua ciclagem pode suprir uma considerável fração de fósforo retomado pela vegetação natural (Turner, 2008).

Segundo Martinazzo et al. (2007), em solos onde predominam caulinita e óxidos de Fe e Al, como nos Latossolos, o processo de adsorção diminui a quantidade de P inorgânico na fração lábil, devido à alta energia de ligação entre o ânion fos-



fato e os grupos funcionais da superfície mineral. Nesses solos, a mineralização do P orgânico pode ser uma importante fonte de P às plantas (Gatiboni et al., 2005).

A absorção de fósforo pelos microrganismos cria outro compartimento no solo, o P microbiano, que é o fósforo imobilizado pela BMS e pode representar de 2 a 24% do fósforo orgânico do solo (Brookes et al., 1984). A biomassa microbiana do solo (BMS) utiliza-se dos resíduos orgânicos para adquirir carbono, energia, elétrons e nutrientes (Tsai et al., 1992). O fósforo microbiano pode funcionar como um amortecedor dos fenômenos de adsorção, imobilizando temporariamente o fósforo e evitando assim sua adsorção específica aos colóides inorgânicos do solo (Tate et al., 1991).

A mineralização acelerada de P orgânico causada pelo manejo inadequado do solo resulta em agravamento das deficiências desse nutriente, uma vez que o ortofosfato vai passando de formas inicialmente lábeis para formas cada vez menos disponíveis (Fraga & Salcedo, 2004).

2.2 Estimativa das Formas de Fósforo no Solo

A base teórica para a estimativa das formas de fósforo no solo por diferentes extratores foi apresentada por Chang & Jackson (1956), presumindo que a utilização de diferentes extratores poderia, devido ao seu modo de ação, extrair seletivamente as diferentes formas de fósforo. O método de Chang & Jackson (1956) permite classificar o fósforo do solo em quatro grandes grupos, fosfatos de alumínio, fosfatos de ferro, fosfatos de cálcio e fosfatos oclusos. Porém, esta técnica não identifica separadamente as formas orgânicas e, principalmente, não estima a labilidade das formas extraídas.

Estudos sobre frações e acúmulo de P em solos têm sido realizados no Brasil como uso da técnica de fracionamento químico proposta por Hedley et al. (1982). Essa técnica usa extratores químicos aplicados sequencialmente em uma mesma amostra, para remoção progressiva das frações mais disponíveis até as mais estáveis de P inorgânico (Pi) e orgânico (Po). A resina trocadora de ânions (RTA) inicia o fracionamento com a extração de frações lábeis de P inorgânico (Pi-resina). O fracionamento continua com uso de NaHCO_3 que também extrai formas lábeis de P inorgânico e orgânico (Pi-bicarbonato e Po-bicarbonato). Segundo Gatiboni et al. (2007), o P extraído por esses extratores pertence a frações que contribuem ativamente para o fornecimento do nutriente às plantas ou para sua transferência no ambiente, pelas águas de deflúvio ou de percolação.

Na seqüência, o P é extraído pelo $\text{NaOH } 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ (Pi-hidróxido e Po-hidróxido) e $\text{NaOH } 0,5 \text{ mol.L}^{-1}$ (Pi-hidróxido 0,5 e Po-hidróxido 0,5) que representam, em geral, o P inorgânico ligado aos óxidos e às argilas silicatadas, com energia de ligação intermediária, e o P orgânico de frações moderadamente lábeis (Cross



& Schlesinger, 1995). O HCl extrai o P inorgânico contido nos fosfatos de cálcio e fortemente adsorvido aos colóides. A digestão do solo com H₂SO₄ e H₂O₂ finaliza o processo de fracionamento com extração do P residual inorgânico + orgânico (P residual) do solo, caracterizado por frações recalcitrantes de P, que não contribuem para a nutrição das plantas a não ser em situações de extrema deficiência no solo (Gatiboni et al., 2005). As frações orgânicas (Po) são determinadas pela diferença entre o P total e o Pi nos extratos alcalinos.

A técnica do fracionamento proposta por Hedley e seus colaboradores sofreu várias modificações, para facilitar sua exeqüibilidade e para adequá-la aos aparatos laboratoriais disponíveis e necessários para sua realização. Dentre elas, na ausência de aparelho de ultrassom, pode-se substituir a extração com NaOH 0,1 mol. L⁻¹ + ultrasonificação por extração com NaOH 0,5 mol. L⁻¹ (Condrón et al., 1985).

Estudos que utilizam o fracionamento de Hedley têm mostrado que as frações inorgânicas e orgânicas de P no solo podem atuar como fonte ou dreno para a solução do solo, dependendo das suas características mineralógicas, das condições ambientais e da fertilização e do manejo do solo (Novais & Smith, 1999).

Com base no fracionamento químico de P, observa-se que a adição de fertilizantes fosfatados ao solo resulta em acúmulo mais pronunciado de P nas frações inorgânicas, com diferentes graus de energia de ligação (Daroub et al., 2000; Santos et al., 2008; Pavinato et al., 2009).

As técnicas de fracionamento visam à identificação das formas preferenciais com que o fósforo é retido no solo, sua ocorrência e magnitude com que contribuem para a capacidade de suprimento de fósforo às plantas (Gatiboni, 2003).

2.3 Dinâmica do Fósforo com o Manejo do Solo

A compreensão dos fenômenos básicos da dinâmica do fósforo no solo é importante para a tomada de decisão sobre a necessidade de adição e para a definição das doses e dos modos de aplicação de fertilizantes fosfatados (Santos et al., 2008). Com a aplicação de adubos fosfatados e conseqüente adsorção aos colóides, o manejo do solo passa a ter papel importante no prolongamento da sua labilidade, pois algumas práticas podem ser adotadas para diminuir a sua adsorção específica, como o não revolvimento do solo, controle de erosão e a manutenção da cobertura vegetal do solo. A adsorção do P ocorre primeiramente nos sítios mais ávidos pelo elemento e, posteriormente, o P remanescente é redistribuído em frações retidas com menor energia de ligação, de maior biodisponibilidade (Rheinheimer & Angioni, 2001).

O manejo do solo provoca transformações entre os vários pools (reservatórios de P) e, a distribuição dentro destes pools é uma indicação do potencial de cicla-



gem do solo, que pode ser diferente para várias práticas de manejo da terra ao longo do tempo (Castillo & Wrigth, 2008).

A decomposição dos resíduos orgânicos adicionados ao solo libera ácidos orgânicos que são responsáveis pela dissolução do fósforo adsorvido ao solo (Dick & Iyamuremye, 1996). Os ácidos orgânicos são capazes de solubilizar os minerais fosfatados durante o processo de intemperismo e, portanto liberar os grupos fosfatos ligados aos minerais.

Vione et al.(1996), relata que, em Latossolos vermelho-escuro, sob plantio direto a redução no preparo favoreceu o acúmulo de formas de P mais lábeis, enquanto no cultivo convencional o preparo causou maior contato solo-fertilizante, favorecendo as reações com os constituintes inorgânicos do solo, tornando o P menos disponível para as plantas.

Guo et al (2000) realizaram experimento em casa de vegetação utilizando solos com moderado e alto grau de intemperismo, nos quais realizaram quatorze cultivos sucessivos de milho ou soja, com prévia adição de fósforo para elevar o teor na solução do solo a $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$. Em solos pouco intemperizados, a depleção das formas lábeis de fósforo inorgânico (extraídos por resina e NaHCO_3) pela absorção pelas plantas foi tamponada pelas frações menos lábeis (extraídas por HCl e fósforo residual). Já nos solos altamente intemperizados, o tamponamento foi feito pelas frações Po-bicarbonato e Pi-hidróxido.

Estudos realizados por Gatiboni et al. (2007) comprovaram que a longo prazo, todas as formas de P no solo atuam na biodisponibilidade do P, porém a liberação de P pelas formas recalcitrantes acontece em quantidades e velocidades insuficientes para a absorção pelas plantas.

Xavier et al. (2009) constataram que o manejo orgânico do solo promoveu um aumento nas formas disponíveis de P por evitar e/ou diminuir as taxas de transformação de Pi em formas menos lábeis de P. Ainda observaram que o uso de adubação verde promoveu aumento no pool mais lábil de P. A aplicação de fosfato solúvel em superfície de solo argiloso cultivado sob plantio direto aumenta o conteúdo de P microbiano (Matinazzo et al.,2007).

A estimativa da disponibilidade do fósforo do solo para manejo da adubação, em solos intemperizados, torna-se complexa em função da baixa correlação entre os teores extraídos pelos extratores de rotina e a absorção pelas plantas (Couto et al. (1985), Sattel & Morris (1992) e Kroth (1998)). Assim se faz necessário o conhecimento da dinâmica da dessorção das formas de fósforo retidas com maior energia e ditas menos disponíveis às plantas para incluí-las como parâmetros para estimar a disponibilidade de fósforo do solo às plantas.



3. MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionados solos representativos em áreas do assentamento “Tico-Tico”, localizado no município de Miranda do Norte - MA, a 3° 36’ de latitude sul e 45° 24’ de longitude oeste, totalizando uma área de 332,43 ha. O clima é caracterizado como sub-úmido (C₂), com temperatura média anual superior a 27°C, a umidade relativa (UR) do ar oscila entre 76% a 79% e a precipitação pluviométrica entre 1600 a 2000 mm anuais, dos quais mais de 80% ocorrem de janeiro a maio, conferido duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa.

Cinco áreas adjacentes com diferentes sistemas de manejo foram usadas para a retirada das amostras de solo, e cada um desses sistemas representou um tratamento, listados a seguir: plantio direto sob cultivo em aléias com seis anos de implantação; plantio direto sob cultivo em aléias com três anos de implantação; área sob pastagem; área de solo com aração; e uma área de capoeira. O tratamento com aração está localizado em uma área sujeita a alagamento no período chuvoso, e é constituída por PLINTOSSOLO pétrico concrecionário, e as demais áreas, constituídas pelo PLINTOSSOLO ARGILUVICO distrófico típico A moderado, textura média (Embrapa, 2006). A composição granulométrica do solo para a área de estudo é apresentada no quadro 1. As coletas do solo foram realizadas em fevereiro de 2009, no início do período chuvoso. Foram coletadas vinte amostras simples por área, na profundidade de 0-5 e 5-10 cm, com o auxílio do trado, onde em cada área, demarcou-se um quadrante de aproximadamente 50 m x 25 m, amostrando-se os pontos em forma de um W padrão. Após a coleta, as amostras foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e passadas por peneira de 2 mm de malha (Terra Fina Seca ao Ar - TFSA).

No início de 2002, a capoeira foi desmatada e em seguida aplicou-se calcário em superfície para a implantação do sistema de cultivo em aléias (seis anos), em um terreno plano de 1,0 ha com *Clitoria fairchildiana* (sombreiro), uma leguminosa arbórea nativa.

O outro sistema de cultivo em aléias (três anos) foi preparado em dezembro de 2005, efetuando-se a queima da capoeira de aproximadamente cinco anos. O cultivo em aléias formado por fileiras de leguminosas arbóreas como *Clitoria fairchildiana* foi cultivado no espaçamento de 0,5 m entre plantas e 2,6 m entre fileiras, totalizando 44 fileiras. Nesse sistema, as leguminosas foram podadas anualmente a 0,5 m do solo e seus ramos espalhados para manutenção da cobertura do solo. Nas entrelinhas das fileiras das leguminosas foram plantadas as culturas anuais (arroz, milho, mandioca, curcubitáceas e feijão caupi). Na área de solo arado, foi realizada uma aração e posteriormente, cultivou-se a cultura de arroz. A capoeira é constituída pela vegetação nativa, como *Atalea speciosa* (babaçu), *Astrocaryum vulgare* (tucum), entre outras. A área de pastagem é constituída principalmente pela *Digitaria horizontalis* Willd. (capim colchão), *Cyperus flavus* (tiririca) e outras espécies da família Cyperaceae.



Tabela 1. Granulometria e densidade dos solos estudados.

Sistemas de uso		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
da terra	Profundidade	2,00 - 0,25 mm	0,25 - 0,05 mm	0,05-0,002 mm	< 0,002 mm
		-----g kg ⁻¹ -----			
	cm	-----			
Pastagem	0-5	13,00	300,00	573,00	80,00
	5-10	23,00	317,00	560,00	100,00
Capoeira	0-5	100,00	220,00	607,00	73,00
	5-10	27,00	243,00	617,00	113,00
Solo arado	0-5	133,00	216,00	466,00	127,00
	5-10	173,00	200,00	507,00	120,00
Aléias 3 anos	0-5	20,00	250,00	560,00	170,00
	5-10	20,00	190,00	630,00	160,00
Aléias 6 anos	0-5	13,00	213,00	410,00	180,00
	5-10	13,00	223,00	547,00	223,00

Para as análises químicas, o solo foi analisado quanto aos teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), fósforo (P), pH em CaCl_2 , e acidez potencial (H+Al), segundo metodologia IAC (2001), nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm. A soma de bases (SB) foi obtida pela fórmula: $\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K}$. A capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7 do solo foi obtida pela fórmula: $\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + (\text{H}+\text{Al})$ e a percentagem de saturação por bases (V%) por $\text{SB} / \text{CTC} \times 100$.

Na determinação das formas de P, utilizou-se o método de Hedley et al. (1982) com as modificações propostas Condron et al. (1985), descritas a seguir. Amostras de 0,500 g de solo foram pesadas em tubo de ensaio de 10 mL, iniciando-se o fracionamento com resina trocadora de ânions (RTA), e seqüencialmente, utilizando-se os extratores NaHCO_3 0,5 mol l⁻¹, NaOH 0,1 mol.L⁻¹, HCl 1,0 mol.L⁻¹ e NaOH 0,5 mol.L⁻¹. As formas de fósforo determinadas no solo foram (1) formas lábeis de P, isto é,

disponível (P-resina) e o P adsorvido à superfície dos colóides (Pi+Po)- NaHCO_3 0,5 mol.L⁻¹; (2) formas pouco lábeis de P, que compreendem o P inorgânico ligado a Fe e a Al, e o P orgânico ligado a compostos húmicos (Pi+Po)- NaOH 0,5 mol.L⁻¹; (3) formas não lábeis de P, que incluem o P ligado a Ca (P- ácido) extraído com HCL 0,1 mol.L⁻¹.

Na extração do P-resina, foram confeccionados saquinhos de polietileno de 400

µm de malha, nos quais se colocou 0,5 g de resina Amberlite IRA-400 (ânions). Para a extração do fósforo da resina utilizou-se a solução extratora (NH_4Cl 0,8M+ HCl 0,2M) (IAC, 2001).

Após a extração do P-resina, adicionou-se 10 mL de solução extratora de NaHCO_3 ao solo, procedendo-se agitação dos tubos, dispostos de forma horizontal, durante 16 horas em mesa agitadora. Ao término da agitação, procedeu-se a centrifugação a 2000 rpm por 30 minutos, separando-se o sobrenadante para determinação de Pi - bicarbonato e Po - bicarbonato. A mesma operação foi realizada para os demais extratores. O procedimento laboratorial para realização do fracionamento foi esquematizado na figura 01.

Os extratos alcalinos, provenientes do bicarbonato de sódio e hidróxido de sódio, foram submetidos ao ataque com ácido sulfúrico 1:1 e solução de persulfato de amônio 7,5% em autoclave à 121°C e 103 kPa por 2 horas para determinação do Pt (P inorgânico + P orgânico). O fósforo orgânico (Po) foi calculado por diferença entre o Pt e o Pi dos extratos alcalinos.

O fósforo dos extratos alcalinos e ácidos foi determinado por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP- Inductively Coupled Plasma) modelo Varian 720 ES.

As frações de P foram submetidas à análise de variância, utilizando-se o programa INFOSTAT, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados foram transformados para raiz quadrada.



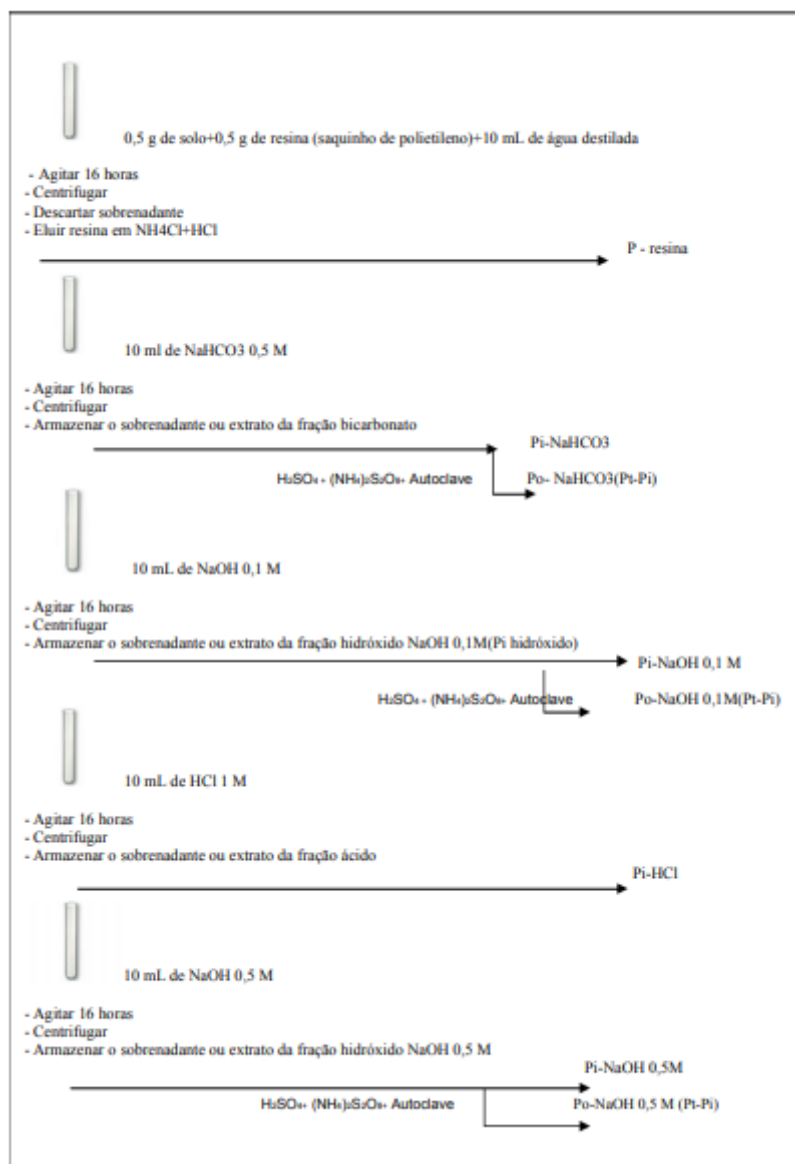


Figura 1. Esquema da técnica do fracionamento de fósforo proposto por Hedley et al. (1982) com as modificações de Condrón et al. (1985).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados referentes às análises químicas do solo são apresentados no Tabela 2. Os maiores teores de P foram observados nos dois sistemas de cultivo em aléias, e a pastagem apresentou os menores valores para este atributo. Observou-se o acúmulo de P em superfície e sua diminuição em profundidade para todos os sistemas de manejo analisados. Esse comportamento é explicado pela baixa mobilidade desse nutriente no solo (Centurion et al.,1985; De Maria & Castro,1993; Silveira & Stone,2001; Cavalcante et al.,2007).

Tabela 2. Caracterização química dos solos nos diferentes sistemas de uso da terra em duas profundidades.

Profundidade	Sistemas	pH	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V
Cm		CaCl ₂	mg.dm ⁻³	-----mmol _c .dm ⁻³ -----						%
	Pastagem	4,79a	8,81a	33,9a	4,61b	19,7a	19,6ab	43,91a	77,81a	56,43a
	Capoeira	4,71a	11,37a	37,9a	3,69ab	26,0ac	21,5b	51,19ab	89,09ab	57,46a
0-5	Solo	4,87a	10,86a	40,2a	2,33a	18,2ab	13,6a	34,13ab	74,33a	45,91b
	arado									
	Aléia-3	4,84a	38,66b	41,6a	3,38ab	41,8d	15,1a	60,28b	101,88bc	59,17a
	anos									
	Aléias-6	4,44b	34,55c	53,0b	3,28ab	38,0bd	16,9a	58,18b	111,18c	52,33a
	anos									
	Pastagem	4,42ab	7,77a	35,6a	4,22b	18,4a	17,3ab	39,92a	75,52a	52,86ab
	Capoeira	4,53abc	7,47a	36,4a	2,82a	25,0a	19,3b	47,12ab	83,52ab	56,42bc
5-10	Solo	4,80d	10,49a	40,4a	2,16a	18,0b	13,1ab	33,26ab	73,66a	45,15b
	arado									
	Aléias-3	4,68cd	33,85b	40,7a	3,34ab	38,6b	14,7ab	56,64c	97,34c	58,15c
	anos									
	Aléias-6	4,33a	45,77b	45,8b	2,68a	26,7a	15,9a	41,28a	87,08ab	47,40a
	anos									

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade. H+Al = Acidez Potencial; SB= Soma de bases; CTC= Capacidade de troca de cátions a pH 7; V%= Saturação por bases; P = Fósforo; K= Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio.

Observou-se que a forma de fósforo considerada lábil (P-resina) apresentou



valores de 38,66 mg/Kg de P no sistema de cultivo em aléias com 03 anos de implantação e 34,55 mg/Kg de P no sistema de cultivo em aléias com 06 anos de implantação (Tabela 03). Como verificado por Rheinheimer (2000), os solos sob plantio direto apresentaram aumento de fósforo nas camadas superficiais, principalmente nas formas inorgânicas disponíveis (P-resina e Pi-bicarbonato), permitindo a manutenção de teores de fósforo na solução do solo mais elevados do que no sistema convencional de cultivo. Essa modificação positiva pelo cultivo em aléias, em relação ao acréscimo de P, e relatada por Mafra et al. (1998) avaliando o aumento do teor de P de 4 mg /Kg em solos de cerrado para 11 mg /Kg em solos sob cultivo em aléias.

Tabela 3. Teor de fósforo (mg/Kg) em função do sistema de cultivo adotado na profundidade de 0-5 cm.

Formas de P	Labilidade	Pastagem	Capoeira	Aração	Aleia 03	Aléia 06 anos
					Anos	
P-resina	P L	8,81 b	11,37 b	10,86 b	38,66 a	34,55 a
P-NaHCO ₃	P L	7,50 c	5,79 c	8,38 c	64,35 a	43,69 b
Po-NaHCO ₃	P O L	55,46 a	25,69 b	4,07 c	0,0 c	0,0 c
P-NaOH 0,1M	P M L	18,20 c	15,02 c	34,20 c	119,31 a	72,48 b
Po-NaOH 0,1M	POML	41,88 a	58,78 a	3,74 b	20,13 b	12,36 b
P-HCl	P N L	29,42 b	8,44 c	9,41 c	49,79 a	34,33 b
P-NaOH 0,5 M	P M L	23,59 cd	13,44 d	41,79 ab	34,04 bc	49,06 a
Po-NaOH 0,5 M	POML	53,29 a	42,96 b	3,05 cd	0,0 d	8,30 c

Letras iguais, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

PL= fósforo lábil; POL= fósforo orgânico lábil; PML= fósforo moderadamente lábil;

POML= fósforo orgânico moderadamente lábil; PNL= fósforo não lábil.

Para a fração P-bicarbonato, o cultivo em aléias apresentou maiores valores de P na profundidade 0-5 cm e 5-10 cm. A alta labilidade da fração bicarbonato é relatada pela maioria dos autores que trabalharam com fracionamento de fósforo, indicando que os teores extraídos pela resina não representam todo fósforo disponível do solo (Hedley et al., 1982; Tiessen et al., 1984; Cross & Schlesinger, 1995; Stewart & Sharpley, 1987; Sharpley & Smith, 1985; Friessen et al., 1987; Beck & Sanches, 1984; Tiessen et al., 1993; Araujo et al., 1993; Linnquist et al., 1997; Guo & Yost, 1998; Yost et al., 2000, entre outros). Devido à grande importância na disponibilidade para as plantas das frações inorgânicas e orgânicas extraídas por bicarbonato, Guerra et al. (1996) e Maroko et al. (1999) sugerem que essas formas fossem incluídas como parâmetros de disponibilidade de fósforo em sistemas com baixa disponibilidade e baixa adição de fertilizantes.

Em sistema de cultivo em aléias, a adição de matéria seca por meio dos ramos das leguminosas pode variar de 1,4 a 8 t.ha.ano⁻¹ em diversos sistemas. Esses ramos quando adicionados ao solo apresentam um grande potencial para fornecimento de nutrientes, principalmente nitrogênio (40 a 356 Kg. ha⁻¹) e potássio (20 a 189 kg. ha⁻¹) (Ferraz Jr, 2006). Entretanto há divergências quanto à magnitude



desse potencial de ciclagem de nutrientes. Segundo Szott et al. (1991) a ciclagem de nutrientes nesse sistema de cultivo é claramente inadequada para P e K e apenas marginal para o N, mesmo para culturas como o arroz de sequeiro que apresenta baixa demanda nutricional.

No sistema de cultivo em aléias a decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos orgânicos variam em função de diferentes fatores: a quantidade e qualidade do resíduo orgânico; fatores climatológicos como temperatura e umidade; características químicas do solo, como pH, disponibilidade de nutrientes; características físicas, como textura e estrutura do solo e fatores biológicos como fauna do solo, biomassa microbiana e presença de raízes vivas (Yadvinder-Singh et al., 1992; Palm et al., 1996).

Segundo Tokura et al. (2002), o sistema de plantio direto proporciona melhores condições de disponibilidade do P, principalmente na forma P_i , em solos de textura argilosa. O plantio direto tem sido caracterizado com um sistema conservacionista do ambiente, devido à maior cobertura da superfície do solo, ao acúmulo de resíduos vegetais, à maior eficiência no uso de fertilizantes, à diminuição nas perdas por erosão e lixiviação, melhorando as condições de fertilidade dos solos (Pottker, 1998).

Em relação ao tempo de implantação dos sistemas de cultivo em aléias, não houve diferença significativa quanto ao teor de fósforo disponível nas profundidades 0-5 cm e 5-10 cm. Esse comportamento é relatado por Tokura et al. (2002) ao estudar

solos cultivados sob plantio direto em diferentes tempos de cultivo, constatou que em Latossolo Vermelho Distrófico o teor de P resina não apresentou diferença significativa em relação aos cultivos de 03 anos e 05 anos de implantação nas profundidades e 0-5 cm e 5-10 cm.

Araújo et al. (1993) observaram que a fertilização e o cultivo de um solo por 25 anos provocou diminuição de 55,5% do fósforo orgânico no solo de mata para 25,05% no solo cultivado. Tal afirmação foi verificada neste trabalho quando compara-se a fração P_o - $NaHCO_3$ encontrada no sistema de capoeira de 25mg/Kg de P e no sistema convencional (aração e gradagem) de 4,07 mg /Kg de P, sugerindo que a acumulação do fósforo adicionado ocorre preferencialmente em formas inorgânicas, como observado por Beck & Sanches (1994), Weil et al. (1988) e Sattell & Morris (1992).

A fração orgânica lábil (P_o -bic) para o sistema de cultivo em aléias não apresentou teores detectáveis no fracionamento devido, provavelmente, à condição climática de elevada temperatura e umidade somada à atividade agrícola, intensificando os processos de mineralização-imobilização (Chen et al., 2003), os quais contribuem para a instabilidade desta fração nos solos. O fósforo adicionado ao solo através dos resíduos orgânicos pode ser mineralizado ou imobilizado na bio-



massa microbiana do solo. A relação C: P > 300 favorece a imobilização do fósforo na BMS. Enquanto a razão C: P < 100 tem sido adotada para prever a mineralização do fósforo. Uma relação N:Po alta, em solos intemperizados, pode contribuir para completa mineralização do fósforo orgânico do solo comparado com a mineralização do carbono e nitrogênio (Yang & Post, 2011). Os mecanismos responsáveis pela mineralização do fósforo orgânico são complexos. A presença de enzimas, como as fosfatases, contribui para o aumento do teor de fósforo orgânico do solo através da imobilização de P (Dick & Iyamuremye, 2006).

Para o sistema de pastagem, a fração Po-NaHCO₃ apresentou maiores valores de P em relação aos demais sistemas de produção, sugerindo que o acúmulo de fósforo está relacionado com a deposição de resíduos culturais da pastagem e dejetos dos animais. Como afirma Oliveira et al. (2009), a quantidade de fósforo orgânico armazenada na BMS em sistemas de pastagem variou de 95,2 mg/Kg a 99,0 mg/Kg, podendo ser considerado um reservatório potencialmente lábil às plantas.

Os estudos realizados por Duda (2000) contestam os valores de Po lábil encontrados neste trabalho, pois após avaliar o efeito de cobertura vegetal em diferentes classes de solo observou que não houve redução de Po lábil sugerindo que o compartimento orgânico lábil não sofreu depleção, ou a taxa de síntese de Po é semelhante à de mineralização.

Houve um decréscimo do teor de fósforo orgânico lábil e moderadamente lábil na profundidade de 5-10 cm sob sistema de pastagem (Tabela 04). Tal fato ocorreu por causa da diminuição do teor de matéria orgânica e ao conseqüente aumento da fixação de P nesta profundidade (Silva et al., 1997).

Tabela 04. Teor de fósforo (mg/Kg) em função do sistema de cultivo adotado na profundidade de 5-10 cm.

Formas de P	Labilidade	Pastagem	Capoeira	Aração	Aleia 03 anos	Aléia 06 anos
P-resina	P L	7,77 b	7,47 b	10,49 b	33,85 a	45,77 a
P-NaHCO ₃	P L	9,02 b	5,42 b	11,23 b	38,07 a	38,83 a
Po-NaHCO ₃	P O L	22,95 b	30,04 a	32,36 a	0,0 c	0,0 c
P-NaOH 0,1M	P M L	16,92 b	15,91 b	33,67 b	66,81 a	56,05 a
Po-NaOH 0,1M	POML	12,78 b	37,07 a	14,04 b	0,0 c	0,0 c
P-HCl	P N L	5,14 b	8,68 b	10,84 b	24,04 a	22,49 a
P-NaOH 0,5 M	P M L	9,62 b	15,39 b	35,58 a	26,46 a	33,39 a
Po-NaOH 0,5 M	POML	7,44 b	28,92 a	0,0 c	0,0 c	0,0 c

Letras iguais, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

PL= fósforo lábil; POL= fósforo orgânico lábil; PML= fósforo moderadamente lábil;

POML= fósforo orgânico moderadamente lábil; PNL= fósforo não lábil.



Entre todas as formas de Pi, o Pi-hidróxido apresentou, na profundidade 0-5 cm e 5-10 cm, os maiores valores de P no sistema de cultivo em aléias. O NaOH remove formas de P inorgânico consideradas como de baixa disponibilidade para as plantas, formas associadas a fosfatos amorfos e cristalinos de Fe e Al (Williams et al., 1980). Este extrai formas inorgânicas e orgânicas de fósforo que não foram acessadas pela RTA e bicarbonato. O fósforo inorgânico é extraído pelos ânions OH⁻ da solução extratora que dissolvem uma porção do nutriente ligado ao ferro e alumínio nos colóides, hidrolizando-os (Fixen & Grove, 1990). A extração do fósforo orgânico pelo NaOH também ocorre por ação dos ânions OH⁻, que provocam a hidrólise parcial dos compostos orgânicos (Dalal, 1977). Como as formas inorgânicas lábeis já foram retiradas pelos extratores anteriores, o fósforo extraído por NaOH é de labilidade intermediária e provavelmente seja aquele que está associado aos colóides inorgânicos, principalmente os óxidos e caulinita, em ligações do tipo monodentado e bidentado. Já o fósforo orgânico extraído por NaOH pode ser das formas monoéster, diéster, fosfonatos e polifosfatos (Tate & Newman, 1982). A variação entre os diferentes sistemas de manejo para a fração Pi-hidróxido foi de 15,02 mg /Kg de P em solos de capoeira a 119,31mg /Kg de P em solos sob cultivo em aléias na profundidade de 0-5 cm.

A explicação do comportamento da fração Pi-hidróxido apresentar maiores valores no sistema de cultivo em aléias tem fundamentos nos estudos realizados por Beldrok et al., 1997) quando relata a influência que os compostos orgânicos do solo podem adsorver o fosfato inorgânico, formando compostos ternários, intermediados por pontes de cátions, como o ferro e alumínio (Beldrok et al., 1997). Os ácidos orgânicos e outros compostos intermediários de caráter aniônico, provenientes dos resíduos vegetais em decomposição, podem competir com o fosfato pelos sítios de adsorção dos colóides do solo, diminuindo sua adsorção (Young, 1986; Hue, 1991; Mesquita Filho & Torrent, 1993; Iyamuremye et al., 1996; Nziguheba et al., 1998). Houve diferença significativa nos teores de P relacionados com a fração hidróxido de sódio em comparação aos anos de implantação do cultivo em aléias na profundidade 0- 5 cm. Rheinheimer & Anghinoni (2001) constataram que áreas cultivadas que receberam fertilizações fosfatadas periódicas apresentaram maior acúmulo de P na fração Pi-hidróxido.

O comportamento das frações inorgânicas e orgânicas extraídas por RTA, NaHCO₃ e NaOH 0,1 mol. L⁻¹ mostra que estas são sensíveis ao manejo do solo e que suas modificações ocorrem concomitantemente, onde tanto as lábeis quanto as de labilidade intermediária são tamponantes da solução do solo. Por outro lado, quando ocorre depleção em uma forma, outras podem ser desorvidas para tamponá-la, mas o fósforo proveniente destas pode ser readsorvido e/ou imobilizado pela BMS. Assim, os colóides do solo e os microrganismos agem como competidores das plantas pelo fósforo da solução.

A fração extraível por HCl (P-ácido) apresentou valores maiores nas áreas de cultivo em aléias em relação às áreas de cultivo convencional. Essa fração consiste de formas de P ligadas ao Ca e os resultados podem estar relacionados com a



maior.

quantidade de Ca introduzida pelas adições de calcário na superfície ao longo dos anos de implantação do sistema de cultivo em aléias. Resultados semelhantes são descritos por Tokura et al. (2002) em estudo das formas de fósforo em solo sob plantio direto. Ao extrator HCl 1 mol. L⁻¹ é atribuída a capacidade de dessorção de formas inorgânicas de fósforo associadas ao cálcio (Cross & Schlesinger, 1995). A associação com este cátion pode ocorrer nos minerais primários, fosfatos de cálcio neoformados e também em fertilizantes fosfatados sem solubilização prévia (fosfatos naturais). Os baixos teores na fração Pi-HCl para os sistemas de solo sob aração e capoeira se devem ao esgotamento dos minerais primários pelo avançado grau de intemperismo do solo.

4. CONCLUSÕES

Os resultados desse trabalho mostraram claramente que a adoção do sistema de cultivo em aléias favorece a disponibilidade de fósforo inorgânico (Pi), representado pelas formas P-resina e P -bicarbonato.

Em sistemas de pastagem, a contribuição de fósforo às culturas está relacionada com o teor de fósforo orgânico presentes nas formas de Po lábil e Po moderadamente lábil.

Em função do manejo adotado aos solos do trópico úmido, tem-se alterações significativas quanto aos reservatórios de fósforo do solo, ligados a compostos de Fe e Al, assim como o fósforo retido a biomassa microbiana do solo.

Os maiores acréscimos de P ocorrem em frações não monitoradas regularmente para fins de diagnóstico de fertilidade do solo.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M.S. & SALCEDO, I.H. Formas preferenciais de acumulação de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar na região nordeste. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.21, p.643-650, 1997.
- BROOKES, P. C.; POWLSON, D. S.; JENKINSON, D. S. Phosphorus in the microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, Heidelberg, v. 16, p. 169-175, 1984.
- CASTILLO, M.S. & WRIGHT, A.L. Soil phosphorus pools for Histosols under sugarcane and pasture in the Everglades, USA. *Geoderma*, v.45, p.130-135, 2008.
- CERETTA, C.A.; LORENSINI, F.; BRUNETTO, G.; GATIBONI, L.C. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. *Pesq.Agropec. Bras.* Brasília, v.45,n.6,p.593-602,jun 2010.
- COSTA, M.G. Avaliação da resposta de três classes de solo ao uso de fontes alternativas de corretivo da



acidez e de fósforo. São Luis, Universidade Estadual do Maranhão, 2011.65p.(Dissertação de mestrado).

CROSS, A.F. & SCHLESINGER, W.H. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: Applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems. *Geoderma*,64:197-214,1995.

DAROUB, S.H.; PIERCE, F.J.; ELLIS, B.G. Phosphorus fractions and fate of phosphorus-33 in soils under plowing and no-tillage. *Soil Science Society of America Journal*, v.64, p.170-176, 2000.

CONDRON, L.M.; GOH, K.M & NEWMAN, R.H. Nature and distribution of soil phosphorus as revealed by a sequential extraction method followed by P^{31} nuclear magnetic resonance analysis. *J.Soil Sci.*, 36:99-207, 1985.

DEVAU, N.; CADRE, E.L.; HINSINGER, P.; JAILLARD, B.; GÉRARD, F. Soil pH controls the environmental availability of phosphorus: Experimental and mechanistic modeling approaches. *Applied Geochemistry*, v.24, p.2163-2174, 2009.

FRAGA, V.S. &SALCEDO, I.H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. *Soil Science Society American Journal.*, v.68, p.215-224,2004.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S. & SAGGIN,A. Quantificação do fósforo disponível por extrações sucessivas com diferentes extratores em Latossolo Vermelho distroférrico. *R.Bras. Ci.Solo*, 26:1023-1029, 2002.

GATIBONI, L.C. Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2003.231 p.(Tese de doutorado)

GATIBONI, L.C.; RHEINHEIMER, D.S.; FLORES, A.F.C.; ANGHINONI, I.; KAMINSKI, J. & LIMA,M.A.S. Phosphorus forms and availability assessed by P^{31} -RNM in successive cropped soil. *Comm. Soil. Sci. Plant Anal.*, 36:2625-2640,2005.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; BRUNETTO,G. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43.n.8, p.1085-1091, 2008.

GUO, F.; YOST, R. S.; HUE, N. V.; EVENSEN, C. I.; SILVA, J. A. Changes in phosphorus fractions under intensive plant growth. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v. 64, p. 1681-1689, 2000.

HEDLEY, M.J.; STEWARD, W.B.; CHUAUHAN, B.S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fraction induced by cultivation practices and laboratory incubation. *Soil Science Society American Journal*,n.46,p.970-976.1982.

IYAMUREMYE, F.; DICK, R.P. Organic amendments and phosphorus sorption by soils. *Advances in Agronomy*, v.56: 139-185,1996.

MARTINAZZO, R.; RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto em resposta à adição de fosfato solúvel. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*.v.31,p.563-570,2007.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Ed. UFV, Viçosa -MG. 399 p., 1999.

OPALA, P.A; OKALEBO, J.R.; OTHIENO, C.O.; KISINYO, P. Effect of organic and inorganic phosphorus sources on maize yields in acid soil in western Kenya. *Nutrient Cycling Agroecosystems*,v.86,p.317-329,2010.

PAVINATO, S.P.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C.A. Phosphorus fractions in Brazilian Cerrado soils as affected by tillage. *Soil & Tillage Research*, v.105, p.149-155, 2009.

RAIJ, B.van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Agronômica Ceres, 1991.343p.

RHEINHEIMER, D.S. Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.210p.(Tese de Doutorado).

SANTOS, D.R.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*,v.38,n.2,p.576-586,2008.

SANTOS, J.Z.L.; FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; CURTI, N.; CARNEIRO, L.F.; ANDRADE COSTA, S.E.V.



Frações de fósforo em solo adubado com fosfatos em diferentes modos de aplicação e cultivado com milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n.32, p.705-714, 2008.

SOUSA, D.M.G & LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. Piracicaba, Potafos, 2003.16p.(Informações Agronômicas, 102).

SOUZA, R.F.; FAQUIN, V.; ANDRADE, A.T.; TORRES, P.R.F. Formas de fósforo em solos sob influência da calagem e adubação orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.1535-1544, 2007.

TATE, K. R.; SPEIR, T. W.; ROSS, D. J. et al. Temporal variations in some plants and soil P pools in two pasture soils of widely different P fertility status. *Plant and Soil*, Dordrecht, v 132, p. 219-232, 1991.

TIESSEN, H.; STEWART, J.W.B. & COLE, C.V. Pathways of phosphorus transformations in soils of differing pedogenesis. *Soil Science Society American Journal*, v.48, p.853-858, 1984.

TOKURA, A.M.; FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KURIHARA, C.H ALOVISI, A.A. Formas de fósforo em solo sob plantio direto em razão da profundidade e tempo de cultivo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. n.7, p.1467-1476, 2002.

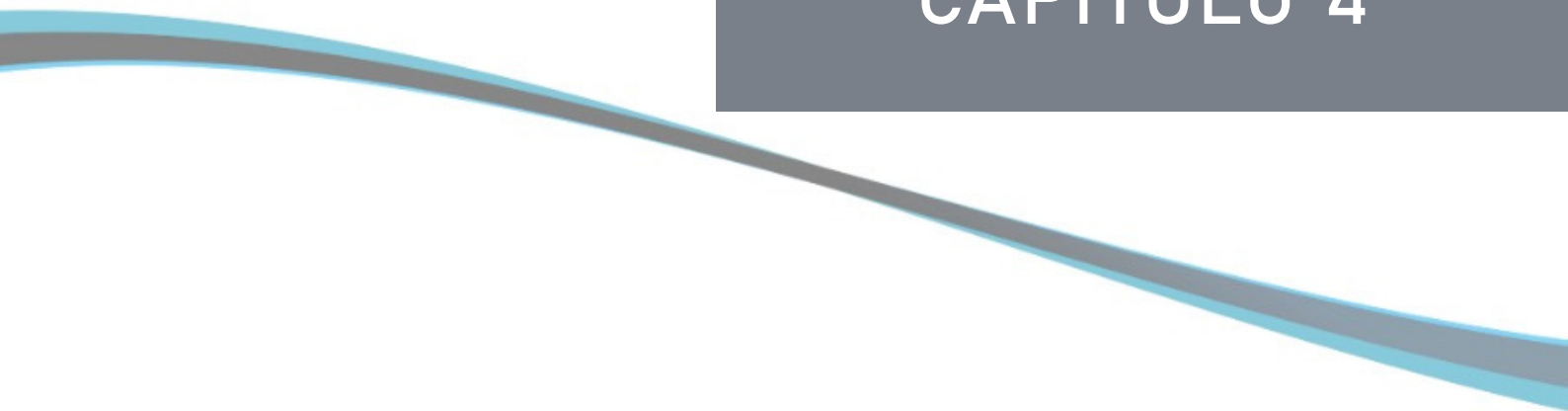
TSAI, S. M.; BARAIBAR, A. V. L.; ROMANI, V. L. M. Efeito de fatores do Solo. In: CARDOSO, E. J. N. B.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Eds.). *Microbiologia do solo*. SBCS. Campinas, 1992, p. 59-72.

TURNER, B.L. Resource partitioning for soil phosphorus: a hypothesis. *Journal of Ecology*, v.96, n.3, p.698-702, 2008.

XAVIER, F.A.S.; OLIVEIRA, T.S; ANDRADE, F.V.; MENDONÇA, E.S. Phosphorus fractionation in a sandy soil under organic agriculture in Northeastern Brazil. *Geoderma*, v.151, p.417-423, 2009.

ZHANG, H.W.; HUANG, Y.; YE, X.S.; XU, F.S. Analysis of the contribution of acid phosphatase to P efficiency in *Brassica napus* under low phosphorus conditions. *Science China Life Sciences*, v.53, n.6, p.709-717, 2010.





CAPÍTULO 4

PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS METÁLICAS E MÉTODOS PARA COMBATÊ-LAS

Eduardo Witalo Maia De Souza

Marcos André Silva Araújo

Wellington Santos Araújo

RESUMO

As estruturas metálicas tem se tornado uma alternativa de construção civil, pois, assim como o concreto armado, principal método construtivo no Brasil, ela também oferece vantagens e propõe segurança, conforto quando aplicada corretamente. No entanto, assim como qualquer outra estrutura, quando ela não é construída da forma correta, com projetos bem executados e mão de obra qualificada, com o tempo, elas podem apresentar problemas, que são chamados de patologias. Tais patologias nesse tipo de estrutura serão o principal objeto de estudo desse trabalho. Será apresentado um levantamento de problemas patológicos que ocorrem em estruturas metálicas nas construções civis e logo, serão propostos procedimentos de manutenção, reforços, reparos, métodos e critérios de como se pode prevenir e fiscalizar as causas para que essas patologias não surjam. Para isso, utilizou-se da metodologia baseada em estudos bibliográficos, através da análise e interpretação de informações obtidas em livros, dissertações de mestrado, teses de doutorado, endereços eletrônicos, etc. para obter um entendimento mais profundo sobre o assunto e relatar as graves consequências que podem acontecer caso essas patologias não sejam tratadas a tempo. Conclui-se então que, existem cuidados nas estruturas metálicas, que devem ser acompanhados para que erros construtivos sejam evitados, por meio de planejamento e de uma fiscalização eficiente, evitando assim que as patologias se transformem em desastres.

Palavras-chave: Patologias. Estruturas metálicas. Métodos de combate.

ABSTRACT

The metallic structures have become an alternative of civil construction, because, just like the reinforced concrete, main method of construction in Brazil, it also offers advantages and proposes safety, comfort when correctly applied. However, just like any other structure, when it is not built correctly, with well-executed projects and skilled manpower, over time, they may present problems, which are called pathologies. Such pathologies in this type of structure will be the main object of study of this work. It will be presented a survey of pathological problems that occur in metallic structures in civil constructions and soon, will be proposed maintenance procedures, reinforcements, repairs, methods and criteria of how can prevent and control the causes so that these pathologies do not arise. For this, the methodology based on bibliographic studies was used, through the analysis and interpretation of information obtained in books, master's dissertations, doctoral theses, electronic addresses, etc. to obtain a deeper understanding on the subject and to report the serious consequences that can happen if these conditions are not treated in time. It is concluded, therefore, that there is care in metal structures, which must be accompanied so that constructive errors are avoided, through planning and efficient inspection, thus preventing pathologies from turning into disasters.

Key-words: Pathologies. Metallic structures. Methods of combat.



1. INTRODUÇÃO

É muito difícil para qualquer indivíduo se propor a seguir novos caminhos, principalmente quando estes não possuem suas definições claras e simples. Na maioria das vezes, o homem tende a desconfiar de novas tecnologias, por falta de informação e conseqüentemente não saber manuseá-la, no entanto, a partir do momento em que há uma adaptação o conhecimento proporciona desenvolvimento ao seu cotidiano. Com a estrutura metálica não é diferente, no Brasil o concreto armado é considerado o principal modelo estrutural adotado na maioria das construções, por possuir eficiência e características amplamente difundidas sobre os construtores em geral, enquanto a estrutura metálica possui difícil implementação pelo custo inicial elevado e a dificuldade de mão de obra especializada na área. Contudo, cada um desses métodos possui suas próprias vantagens e desvantagens, em que suas características proporcionam melhor ou pior andamento em qualquer construção.

Uma edificação tem como objetivo principal, apresentar condições adequadas de segurança, conforto e uso as atividades nela exercidas de forma que as mesmas não sofram interferências do meio em que estão inseridas, seja por qualquer situação anormal que ocorra a ela que possam prejudicar e ou alterá-las. Patologias caracterizam-se como fenômenos evolutivos, o que significa que quanto mais cedo sua identificação, menor será o custo de recuperação. Por este motivo, é crucial a identificação, avaliação e apresentação de soluções para os problemas identificados, mas, para isso é necessário ter conhecimento técnico sobre o assunto e conhecer os métodos de combate a essas patologias, para que essa problemática seja divulgada e analisada de forma a somar com os conhecimentos da área.

No segmento da construção civil brasileira, pouco se discute acerca de patologias em estruturas metálicas, o que se observa que do servente ao mestre de obras, passando por engenheiros e arquitetos, todos deveriam possuir o mínimo conhecimento técnico para projetar e construir um edifício de aço sem a ocorrência de problemas característicos deste tipo de construção, o que nos leva ao seguinte questionamento: Qual o melhor método de combate a patologias em estruturas metálicas?

Tendo em vista que no meio acadêmico está problemática é alvo de inúmeros questionamentos, os principais objetivos deste trabalho foram: o apontamento das causas e meios de manifestações em que patologias em estruturas metálicas se apresentam, a demonstração de efeitos patológicos sobre as mesmas e por fim comparativo e apresentação de métodos de prevenção e combate das principais patologias encontradas na construção civil, afim de que se divulgue e esclareça acerca dessas manifestações e seus respectivos métodos de combate.

Neste contexto, usou-se metodologia baseada em revisão bibliográfica, com in-



formações retiradas de livros, artigos publicados, dissertações de mestrado, teses de doutorado, endereços eletrônicos, etc. Todas as pesquisas abordadas possuem prazo de até 60 anos anteriormente a elaboração deste, utilizando como palavras chave “patologias” e “estruturas metálicas”, toda a informação buscada possui concordância com a utilização prática de métodos de controle e prevenção de patologias referentes a estruturas metálicas.

2. FATORES PATOLÓGICOS EM ESTRUTURAS METÁLICAS

Segundo Helene (1988), os problemas patológicos são provocados habitualmente pela ação de agentes agressivos, aos quais no momento oportuno, a edificação não é capaz de se adaptar. Raramente a ação desse agente tem caráter absoluto. Entre várias edificações expostas às mesmas condições, algumas passam a apresentar problemas patológicos, e entre elas existem ainda algumas que apresentam quadros graves.

Ainda de acordo com o autor, cada estrutura em particular possui sua resistência característica à ação de cada agente agressivo a edificação pode ser imune até uma determinada intensidade de atuação de determinados agentes. Entretanto, pode ocorrer das características da edificação favorecerem a atuação de um desses agentes. A predisposição de uma estrutura, ou de uma parte apenas, de apresentar problemas patológicos pode ser originada durante a fase de projeto e execução ou ser adquirida na fase de utilização da edificação.

A frente deste quadro de incerteza é quase impossível prever qual reação à edificação apresentará quando for submetida aos agentes agressivos, muito menos estabelecer controle sobre estes. Segundo (Helene 1988), uma patologia pode ter inúmeras causas e origens, mesmo que o mecanismo de desenvolvimento seja um só. Por outro lado, quando se determina os diversos tipos de origens pode-se realizar um trabalho de prevenção através de planejamento e manutenção. O entendimento integral de processo de interação é indispensável, pois através deste levantamento das origens é gerado o diagnóstico, que é indispensável para o entendimento das causas e para se estabelecer medidas de prevenção ou correção destes problemas. Dentre os fatores de risco para estruturas metálicas estão corrosão, falha de projetos e execução.

2.1 CORROSÃO

Segundo Ramanathan (1990), corrosão é um processo de deterioração dos materiais produzindo alterações prejudiciais indesejáveis a estes. Quando entra em ação, este fenômeno faz com que os materiais percam suas qualidades essenciais, como resistência mecânica, elasticidade, ductilidade e estética. A figura 1



mostra um exemplo de corrosão generalizada em uma estrutura metálica.



FIGURA 1 – Corrosão generalizada com perda de seção
Fonte: Dias (1997, p. 14)

De acordo com Dias (1997), a corrosão atmosférica dos metais ocorre tanto de forma química como eletrolítica. A corrosão química acontece quando um gás entra em contato

com o metal fazendo com que o mesmo apresente a formação de um sal ou de um óxido, esse óxido forma uma camada sobre a superfície do metal que, dependendo de sua natureza, poderá ser permeável ou não a difusão do oxigênio, tornando o metal em determinados casos protegido a ação contínua de oxidação e corrosão.

Enquanto isso, segundo o autor, na corrosão eletrolítica existe pequenas regiões ou pontos que apresentam potenciais eletrônicos diferentes em virtude de alterações na composição do metal sendo de variações de temperatura a alterações no meio ambiente em que se encontram. Tais pontos constituem-se por regiões catódicas e anódicas na superfície do metal como se fossem contatos elétricos ainda inativos. Entretanto se o metal estiver na presença de umidade os circuitos elétricos se tornarão ativos desencadeando o processo de corrosão através da dissolução de sais e gases.

Os efeitos gerados por tal manifestação patológica se caracterizam através da perda de estabilidade da estrutura decorrente da deformação dos componentes responsáveis pela mesma.

A corrosão é um processo natural a qual o metal passa se forma espontânea. Por isso, gera-se medidas de prevenção ou combate a tal degradação produzindo impacto econômico além de variação entre os metais ou locais de implementação.

Uma das principais opções como medida preventiva a essa patologia é o reves-

timento metálico, onde a superfície do metal é recoberta por uma camada de outro metal mais resistente a forma de corrosão que se quer evitar. Tal medida pode ser aplicada por imersão em metal fundido, eletrodeposição ou por metalização.

Também se caracterizam como medidas protetoras a anodização e a fosfatação, ambas geram uma corrosão inicial aderente ao metal que protege o mesmo de corrosões posteriores.

E por fim a interposição de barreira entre metal e o meio, que se constitui na aplicação de revestimento não metálico e de má condução elétrica por toda a superfície do metal a proteger, dependendo sua quantidade de proteção de outros fatores como a natureza do revestimento, sua aderência à superfície metálica e porosidade.

2.2 FALHA DE PROJETO OU EXECUÇÃO

Segundo Verçoza (1991), dentro da etapa de planejamento o erro mais comum que pode gerar uma manifestação patológica é o subdimensionamento das peças que compõem a edificação. Essa em sua prioridade, passa pelo desenvolvedor do projeto que determina qual o tamanho e formato das peças a serem unidas para a formação da estrutura total da edificação que quando não estão de acordo com os esforços reais aplicados na mesma causam descentralização da distribuição de carga e, em alguns casos, até colapso da estrutura.

Entretanto, é comum que as frequentes inconveniências ocorram na execução, dentre as causas se têm a não conexão das peças estruturais de forma correta, como a incompatibilidade do parafuso com a ligação, a locação incorreta dos furos durante a fabricação ou até mesmo o aperto do parafuso feito de forma equivocada sendo estes referentes tanto a metodologias de execução quanto por incongruências na etapa de projeção.

Segundo Mckaig (1962), os problemas patológicos das edificações têm sua origem normalmente à presença de três fatores: ignorância, descuido ou cobiça do homem. A incompetência do responsável pelo projeto ou a incapacitação dos colaboradores com o mesmo distância a execução de qualquer que seja a edificação da perfeição, assim como o descuido com a análise de detalhes para com o projeto ou execução gerado principalmente pelo excesso de autoconfiança de seus realizadores, que relegam a segundo plano tais pontos que deviam ser de grande importância para o trabalho. Por fim, a economia excessiva, que quando não é considerada a qualidade do material, leva-se a falta de segurança e qualidade, o que gera mais preocupações em relação a essas estruturas, principalmente a longo prazo.

Também segundo Mckaig (1962), a falta de manutenção periódica por parte dos proprietários se caracteriza em forma antecessora a determinadas patolo-



gias, muitas vezes por não saberem que é preciso se fazer esta manutenção por falta de orientação dos próprios fabricantes. Além disso, são poucas as empresas fabricantes que possuem um controle de qualidade efetivo sobre os seus produtos durante sua fabricação e montagem.

O autor ainda relata que, é de se entender que com a aplicação de medidas preventivas como a capacitação de colaboradores, apresentação de feedback positivo entre as classes de fabricação, projeto e execução e a divulgação mais criteriosa de informações sobre o presente tema pode-se apresentar uma melhora em termos gerais às manifestações patológicas referentes a estruturas metálicas.

2.2.1 Comparativo entre o uso do concreto e o uso do metal nas construções civis

Segundo Castro (1999), atualmente no Brasil o concreto ainda é o material mais usado em construções civis, entretanto o metal tem sido uma solução prática para os vários problemas estruturais por sua leveza e resistência, sendo assim, o uso dos materiais combinados é bastante típico.

Contudo, essa utilização pode causar desvantagens e prejuízos se feita de forma errônea, exemplos disso se desenvolvem em várias edificações no Brasil, pode-se citar como modelo o erro nas emendas. Um exemplo dessa incompatibilidade é mostrado na figura 2.

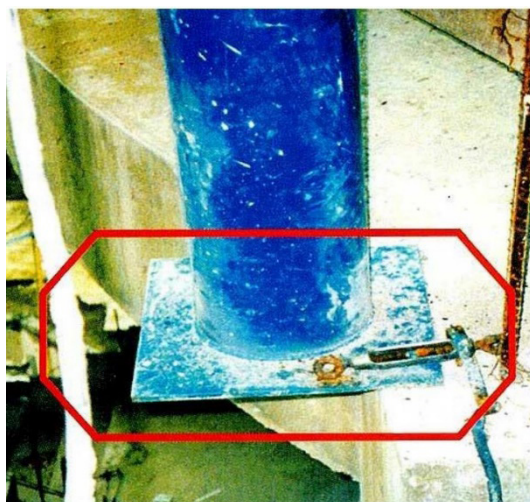


Figura 2 – Incompatibilidade
Fonte: Pravia; Betinelli (1998).

Os valores a serem usados em um projeto metálico tendem a ser milimétricos, enquanto em um projeto comum de concreto tudo pode ser mudado *in loco*. O que pode gerar um desencontro de ideias, causando uma má execução e por fim uma patologia indesejada em qualquer projeto.

A robustez de uma estrutura de concreto caracteriza uma maior mas-

sividade estrutural e proporciona um enrijecimento das ligações entre os elementos utilizados, além de garantir pequenos deslocamentos sobre a estrutura quando solicitada por carregamento lateral, além disso, tem como vantagem a não necessidade de juntas de ligação (ao contrário da metálica) por trazer a solidarização da estrutura com a alvenaria de fechamento (no caso do concreto armado) (CASTRO, 1999).

Ainda de acordo com Castro (1999), se tratando de proteção superficial o concreto não necessita de basicamente nada em comparação com o metal, que podem necessitar de tratamento e dependendo dos casos tem a possibilidade de tornar-se algo de custo mais elevado, no caso do concreto armado o material utilizado caracteriza-se como protetor dos metais nele presente proporcionando a uma estrutura bem projetada e executada a permanência de, em alguns casos, séculos sem qualquer tipo de problema.

3. EFEITOS PATOLÓGICOS

Problemas que são gerados devido a uma utilização inadequada do aço são chamados de patologias. Ela pode ocorrer por vários motivos, como por exemplo: variações térmicas que causam a movimentação dos materiais, a umidade nas estruturas que pode gerar movimentação higroscópica, sobrecargas que atuam de forma exagerada, deformabilidade de forma excessiva na estrutura, o processo de corrosão, proteções contra incêndio que são colocadas de forma inadequada, etc.

Dessa forma, percebe-se que essas patologias não acontecem de forma isolada, ou seja, sozinhas, mas sim através da influência de um conjunto de variáveis. Tais variáveis podem ser analisadas e identificadas através da classificação do processo patológico, identificado através dos sintomas que a estrutura apresenta. Assim, é possível identificar a causa do problema para que as devidas soluções sejam tomadas.

De acordo com Pravia e Betinelli (1998), ao se projetar uma estrutura, deve-se pensar em soluções de segurança, durabilidade e funcionalidade, sendo que esses três fatores estão diretamente ligados. Dessa forma, é necessário ter muito cuidado na hora de construir, pois a maioria das falhas e acidentes nas estruturas ocorrem devido a ações ligadas no processo de construção.

Quando se utiliza as estruturas metálicas nas construções, existem algumas fases que devem ser seguidas, como por exemplo: concepção estrutural (projeto, detalhamento e dimensionamento), fabricação, montagem, utilização e manutenção.

Através dos projetos, detalhamentos e dimensionamentos estruturais é possível executar a obra de forma segura, pois, é necessário fazer o dimensionamento e detalhamento das estruturas para evitar falhas. No entanto, além de um bom pro-



jeto, fabricação e montagem da estrutura, é necessário que se tenha profissionais capacitados para fazer a montagem de acordo com o projeto.

Nesse sentido, Pravia e Betinelli (1998) relatam que a maioria das falhas obtidas nas estruturas pode ocorrer devido à falta de comprometimento do pessoal que está trabalhando na obra, além da utilização materiais de má qualidade, das causas naturais que podem causar o envelhecimento precoce das estruturas metálicas, ações ambientais etc.

3.1 PRINCIPAIS CAUSAS QUE LEVAM A FALHAS NAS ESTRUTURAS METÁLICAS

Existem algumas causas que geram falhas nas estruturas metálicas e podem ser evitadas. Quando não são tomadas as devidas prevenções, a ocorrência de graves patologias na estrutura pode acontecer com frequência, gerando riscos a vida humana.

Segundo Dal'Bó e Sartorti (2012), alguma dessas causas são:

- a) Projetos e detalhamentos com erros: Podem causar danos e deteriorar a estrutura, podendo leva-la ao colapso;
- b) Processo de construção e detalhes construtivos: Quando não executados com confiança, podem reduzir a durabilidade da obra e levar ao risco de ruptura ainda no processo de construção;
- c) Utilização de materiais de má qualidade: Às vezes o construtor procura por um preço menor, no entanto, não leva em consideração a qualidade do material, o que pode causar deterioração precoce e redução na vida útil da estrutura;
- d) Falhas de manutenção: Quando não há manutenção preventiva, pode-se derivar na degradação acelerada da estrutura, o que compromete diretamente a segurança estrutural;
- e) Quando utilizada de forma indevida: Origina em danos e reduz a vida útil e pode gerar graves riscos na segurança da estrutura.

Todas essas causas citadas acima podem ser evitadas. Para isso, é necessário o acompanhamento dos responsáveis e principalmente a atenção crucial no momento da elaboração dos projetos, detalhamentos e logo, no processo de execução da obra.



3.2 ANÁLISE DAS PATOLOGIAS

Quando as falhas nas estruturas metálicas são identificadas, deve-se agir de imediato com ações de prevenção, pois, se essa falha evoluir pode levar ao prejuízo da peça da estrutura ou até mesmo ao colapso da mesma.

Isso acontece quando os estados limites últimos ou limites de utilização são atingidos, gerando perdas econômicas ou até mesmo perdas humanas.

Para Silva Neto (2006), as patologias das estruturas metálicas estão divididas em três categorias, são elas:

a) Adquiridas: São patologias estruturais procedentes de atuação externa, como a poluição atmosférica, umidade, gases ou líquidos corrosivos e vibrações excessivas provocadas pelo uso indevido da estrutura. Os efeitos geram problemas que relacionam com a falta de preparo inicial da estrutura ou com a falta de manutenção.

b) Transmitidas: Hábitos ou desconhecimento técnico do pessoal de fabricação ou montagem da estrutura. Transmitidas de obra para obra, como soldadores que não se preocupam em retirar a pintura dos pontos de solda, ignorando que a carbonização da tinta prejudica a qualidade do serviço e também os casos de falta de prumo.

c) Atávicas: São patologias resultantes de má concepção de projeto, erros de cálculo, escolhas de perfilados ou chapas de espessuras inadequadas ou, ainda, do uso de tipos de aço com resistência diferente das consideradas no projeto. Não são fáceis de reparar, costumam exigir reforços, adições, escoramentos etc.

3.3 PATOLOGIAS MAIS COMUNS NAS ESTRUTURAS METÁLICAS

Algumas patologias são mais encontradas nas estruturas de aço. Tais patologias merecem uma maior atenção, uma vez que com suas causas sendo conhecidas, é possível tratá-las antes que maiores danos aconteçam.

3.3.1 Corrosão Localizada

De acordo com Silva Neto (2006), a corrosão é um tipo de patologia que de forma fácil pode ser encontrada nas obras que utilizam estruturas metálicas. Essa corrosão pode ocorrer quando acontece a oxidação do aço, ou seja, quando ele é colocado em contato com gases nocivos ou com a umidade. Dessa forma, é necessário



que sejam feitos os cuidados necessários para que as falhas sejam corrigidas e sua durabilidade seja prolongada.

Em relação a corrosão localizada, ela ocorre quando a estrutura metálica possui deficiências nos detalhes construtivos, deixando brechas para que as águas das chuvas penetrem na estrutura através da drenagem. Quando isso acontece, ela permite um acúmulo de umidade e agentes agressivos na estrutura.

3.3.2 Corrosão generalizada

Segundo Andrade (1994), quando uma estrutura já está sendo atingida pela corrosão e esse processo não é tratado, essa patologia se agrava e se torna uma corrosão generalizada. Sabe-se que a corrosão é a deterioração do material, levando a produzir alterações que são prejudiciais e indesejáveis nos elementos estruturais e quando se generaliza o problema se torna maior, pois a estrutura perde as qualidades essenciais, como resistência mecânica, elasticidade, ductilidade, estética, etc.

Assim, quando essa corrosão alcança esses níveis elevados, é bem mais complexo removê-la, sendo necessário a prevenção e controle para evitar graves problemas.

3.3.3 Deformações excessivas

Esse tipo de patologia é causado quando ocorrem sobrecargas ou efeitos térmicos que o projeto original não fez a previsão. Também acontece quando existem deficiências na disposição de travessamentos (PRAVIA e BETINELLI, 1998).

De acordo com Henriques (2001), no geral, essas deformações comprometem a segurança da edificação, causam danos em outros componentes como por exemplo, fissuras nas paredes, vidros quebrados em fachadas, vibração excessiva, etc., ou seja, independente da estrutura, essa patologia deve ser evitada e tratada quando surge na estrutura.

3.3.4 Flambagem local ou global

Dentro dos efeitos patológicos mais encontrados em uma estrutura metálica, destaca-se a flambagem (figura 3), que pode ser causada por corrosão, falta de dimensionamento correto da estrutura, erro na execução, dentre outros.



Esse apontamento demonstra uma consequência que apesar de seus inúmeros fatores causais decorrem em poucos efeitos como a perda de apoio na estrutura.

Quando uma flambagem acontece, significa que as forças aplicadas as estruturas estão elevadas em comparação aos seus apoios, em decorrência disso, a estrutura sofre uma mudança física modificando todo seu projeto inicial e suas forças internas (CARDOSO, 2007).

Partindo desse princípio, a probabilidade de a estrutura sofrer uma modificação em suas forças aplicadas muda de acordo com as necessidades atuais, gerando apoios novos e forças internas conflitantes ao que foi originalmente projetado.



Figura 3 - Montante com flambagem global
Fonte: Cardoso (2007).

3.3.5 Fratura e propagação

Esse tipo de patologia se dá devido as falhas que são iniciadas por concentração de tensões. Isso se dá por erros de projetos, detalhes inadequados, defeitos de solda ou variações de tensão não previstas no projeto.

Por esse motivo, é importante ressaltar a importância dos projetos estruturais antes da execução das obras, pois erros de cálculo e falta de atenção, podem gerar graves problemas futuramente, colocando em risco a vida das pessoas.

4. MÉTODOS DE TRATAMENTO E COMBATE DAS PATOLOGIAS

A partir da análise de efeitos causados por estruturas metálicas. Os métodos de combates são criados para a tentativa de reparação de danos, assim como métodos de prevenção são criados para que essas causalidades reduzam ou sejam to-

talmente erradicadas.

Cada causalidade gera um efeito negativo diferente sobre qualquer estrutura. Por isso surge-se a necessidade da divisão e classificação dessas origens patológicas. Dependendo da causa uma intervenção mais significativa se é necessária, podendo levar a substituição do elemento comprometido, entretanto, muitos dos problemas podem ser prevenidos a partir de uma análise do material utilizado, zincagem, cromagem ou até mesmo revestimentos orgânicos, todos devidamente seguidos de uma NBR (norma brasileira regulamentadora) responsável.

Dentre as normas mais utilizadas para prevenção tem-se a NBR 8800 (2006), responsável por projetos de estruturas de aço, mistas e concreto. Essa norma abrange dentro do assunto estrutura metálicas a utilização adequada do aço em um projeto estrutural além de dispor regras que quando seguidas compõem uma proteção ao responsável pelo projeto. Apresentando condições corriqueiras e usuais de projeção, ações a serem consideradas e coeficientes de ponderação das resistências em estado-limite último e de serviço.

Dessa forma, cada patologia possui a sua forma de tratamento, sendo necessário a coleta de dados dos locais que são atingidos por essas patologias, inspeções visuais para manter um nível de controle tecnológico, também é necessário ter fiscalização e uma melhor execução (mão de obra) para que possa diminuir as causas que geram essas patologias.

Contudo, uma das principais formas de combate é o controle rigoroso sobre o desenvolvimento das patologias em aço, seja na edificação, em pontes, postes, ou seja, no local em que ela se apresentar.

4.1 PROBLEMAS EM ESTRUTURAS METÁLICAS E MÉTODOS DE COMBATE

Existem, portanto, algumas formas de reparos, reforços e procedimentos de manutenção que podem ser utilizados como critérios para combater essas patologias. Dessa forma, serão apresentados alguns problemas comuns encontrados em estruturas metálicas e em seguida as formas de tratamento e combate que são utilizados quando ocorrem esses tipos de patologias, sendo eles os mais comuns.

4.1.1. Ligações com soldas

De acordo com Neto et al (2018), um dos maiores problemas enfrentados nas estruturas de aço são as ligações com soldas, que após a soldagem causa



defeitos, como a geração de trincas (figura 4). Tais causas são constatadas pela composição química incorreta do arame de solda, do cordão utilizado na solda que é pequeno e muitas vezes pela má qualidade do material de base que será soldado.

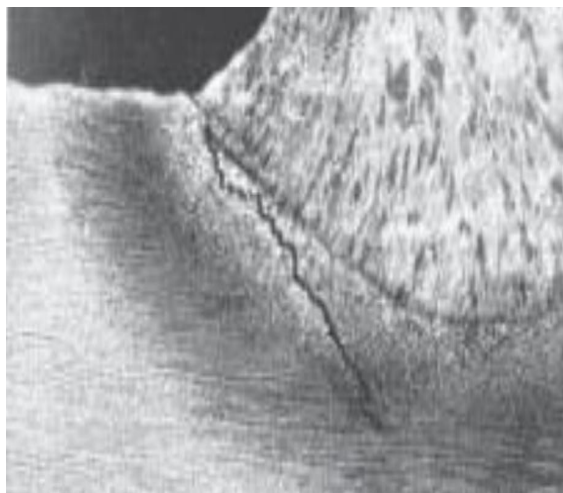


Figura 4 - Trincas em ligação com soldas.
Fonte: Silva Neto (2006).

Para esse tipo de patologia, deve-se tomar os cuidados necessários, uma vez que após a execução da soldagem podem aparecer problemas graves que coloquem em risco a integridade das peças, equipamentos e principalmente das estruturas.

Segundo Silva Neto (2006), para essa patologia existem medidas preventivas que podem ser tomadas, são elas: manter a atmosfera com o menor teor de hidrogênio possível, evitar microestruturas frágeis, executar a soldagem com menor grau de restrição possível, pois assim, evita-se as tensões residuais que promovem a deformação plástica do material e após a soldagem, manter a solda em uma temperatura que permita a difusão do hidrogênio, diminuindo a concentração da solda e o risco de ocorrer a fissuração na estrutura metálica.

4.1.2 Corrosão

A patologia mais conhecida quando se trata de estruturas metálicas é a corrosão (figura 5). Esse problema acontece devido a diversos fatores como erros de execução, detalhamento, contato do aço com materiais elétricos, ausência de manutenção da estrutura, enfim, fatores que podem e devem ser evitados, pois geram agravantes maiores e perdas de grandes estruturas como pontes metálicas, postes, etc.



Figura 5 - Corrosão na estrutura da ponte de aço.
Fonte: Cardoso (2007).

Dessa forma, como solução de tratamento para essas corrosões, pode-se utilizar o zarcão. Ele reveste peças metálicas como portões, grades, janelas, pontes etc. Sua composição é uma suspensão oleosa de tetróxido de chumbo (Pb_3O_4), que adere bem ao metal porque é um óxido insolúvel.

O zarcão é muito utilizado e tem como função impedir que o ferro entre em contato com o oxigênio do ar. No entanto, mesmo que a peça seja revestida com zarcão e ela sofrerá desgaste com o passar do tempo, o ferro irá oxidar. Por esse motivo, é importante que haja manutenção de forma constante.

Silva Neto (2006) diz que, para evitar a corrosão pode-se utilizar um sistema de pintura adequado, para evitar que as fases da obra danifiquem a estrutura no decorrer da execução.

Nestas estruturas, os detalhes devem ser minudentemente estudados para evitar problemas de acesso, acúmulo de sujeira e umidade. Esquemas de pintura englobam o preparo da superfície; a aplicação de uma tinta de fundo para aderência das demais camadas; uma camada intermediária responsável pelo desempenho do sistema e, se for o caso, uma tinta de acabamento utilizada para proteção e/ou identificação dos esquemas de pintura. (SILVA NETO, 2006, p. 4).

Assim, verifica-se que é necessário não apenas utilizar a pintura, mas principalmente fazer a manutenção, pois, se a estrutura ficar abandonada, logo aparecerá novas corrosões e fissuras que provocarão problemas maiores.

4.1.3 Deformações Excessivas causadas por ligações erradas

As ligações são essenciais quando se trata de estruturas metálicas, uma vez que, é um tipo de estrutura que requer muitos detalhes no momento da montagem, como por exemplo, o tamanho das peças, parafusos, todo o conjunto de

material que irá compor a estrutura.

Dito isto, é comum ocorrer erros na execução das construções metálicas, principalmente quando o profissional não conhece do assunto e quando o projeto que o mesmo está seguindo se encontra com erros graves. Por esse motivo, os detalhes do projeto executivo devem sempre estar corretos, para que na hora da montagem não ocorra imprevistos e as estruturas acabem sendo expostas a patologias.

Segundo Castro (1999, p. 79) “a importância das ligações no estudo das patologias das estruturas metálicas se deve ao fato de que estas não possuem uma continuidade física como no caso do concreto”. Contudo, as estruturas de aço contêm elementos que serão montados in loco, ou seja, é necessário fazer a conexão desses elementos para que a estrutura fique da forma como foi planejada.

Dessa forma, quando as ligações possuem diferenças consideráveis em relação a estrutura, a deformação excessiva é causada, trazendo com ela também os deslocamentos excessivos.

O tratamento a ser dado para esse tipo de patologia é conhecer o comportamento dessas ligações, ou seja, o comportamento real da estrutura, através de um dimensionamento coerente com a realidade. Nesse caso, a questão econômica também é considerada, uma vez que as ligações rígidas são mais caras que as flexíveis, sendo que as flexíveis nem sempre conseguem dar a estabilidade que a estrutura necessita para que não ocorra a deformação. Outra solução é colocar um sistema de contraventamento na estrutura para que ela fique estável.

Dessa forma, quando existe a falta de concordância em emendas, geram a excentricidade na transmissão dos esforços. Para que essa situação não ocorra, é sempre necessário verificar antes da montagem a concordância das peças que serão montadas, pois, quando o projeto executivo está com erros, ele não vai coincidir com a montagem, e nessa situação deve ser tomada uma decisão que solucione o problema.

Em hipótese alguma as peças devem ser forçadas ou colocadas em lugares errados, pois, conforme descrito, se isso acontecer será inevitável que a deformação excessiva aconteça.

Outra solução simples para evitar essa patologia é atentar para os detalhamentos na fase do projeto, pois é através dele que são comprados os elementos para montagem da estrutura. Se esse projeto for bem executado, evita falhas.

Para combater esse tipo de patologia, também pode-se contar com o controle de fábrica, que muitas vezes erra na construção dos acessórios e quando o material chega na obra está incompleto ou errado, faltando parafusos e entre outras ligações.



Importante ressaltar que, não é viável realizar adequações na obra para resolver o problema das ligações, pois, no momento pode parecer que foi resolvido o dilema, mas, podem gerar pontos indesejáveis de falhas súbitas, uma vez que a ligação foi feita de maneira errada, podendo causar deslocamentos excessivos e consequentemente a deformação da estrutura.

5. CONCLUSÃO

Pode-se dizer que o estudo de patologias nas estruturas metálicas é um campo considerado novo quando comparado aos demais sistemas estruturais. No entanto, este estudo é de extrema importância para que os conhecimentos sejam aprofundados nessa área, uma vez que, patologias em estruturas de aço são facilmente encontradas, principalmente quando se trata de corrosão.

Por esse motivo, o presente trabalho buscou identificar quais as patologias mais conhecidas e que precisam ser tratadas com urgência, pois, quando não tratada, ela evolui para graus maiores e mais preocupantes, gerando graves consequências, até mesmo para a vida humana.

Dessa forma, foram apresentadas algumas causas, soluções e métodos de tratamento de patologias em estruturas metálicas. No entanto, é importante destacar que um dos pontos principais para que patologias sejam evitadas são que os projetos e detalhamentos da estrutura sejam bem elaborados, projetos sem erros de dimensionamento de peças, de ligações, assim como, após a obra executada, é necessário que haja manutenção das estruturas, para que elas durem muito tempo.

Assim, conclui-se que é possível manter estruturas de aço em boas condições, basta que as medidas preventivas, o acompanhamento de profissionais capacitados no momento da execução, a utilização de materiais de qualidade e de ligações condizentes com a estrutura sejam utilizadas, alcançando assim um bom desempenho estrutural e evitar patologias na estrutura.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 8800 – **Projeto e execução de estruturas de aço em edifícios** (Métodos dos estados limites). 2006.

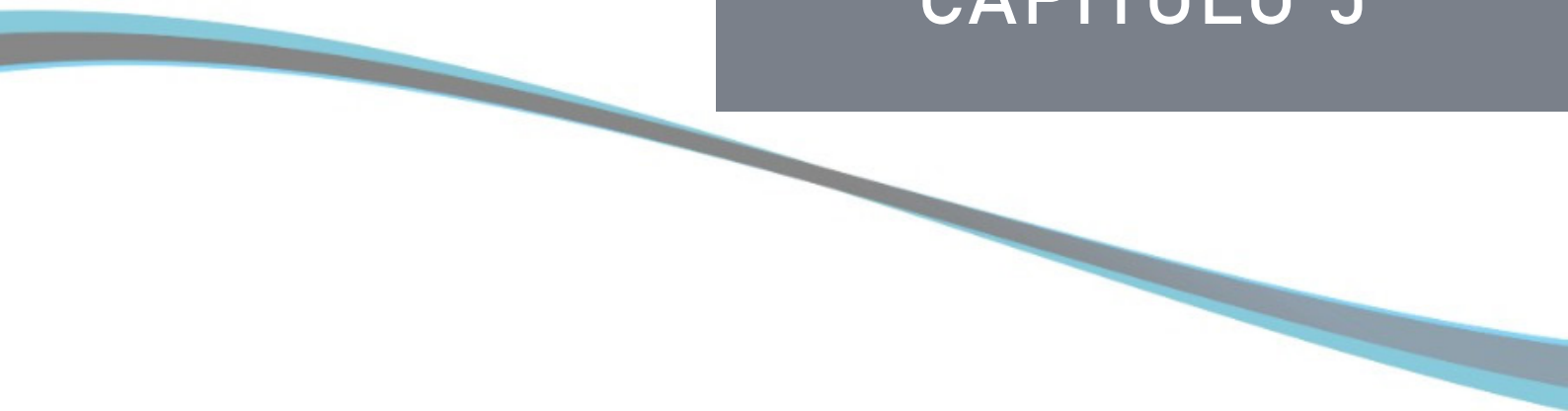
ANDRADE, P.A. **A construção com Estruturas Metálicas**. São Paulo: Revista do Instituto de Engenharia, No. 500, 1994.

CARDOSO, M. G. **Avaliação da integridade estrutural de pontes metálicas da ferrovia turística entre Ouro Preto e Mariana (MG) por meio de modelagem numérica e técnicas laboratoriais**. Ouro Preto: Construções Metálicas, DECIV/UFOP, 2007. 195p. (Dissertação de Mestrado).



- CASTRO, E. M. C. **Patologia dos Edifícios em Estrutura Metálica**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, Brasil.1999.
- DAL'BÓ, T.C.M, SARTORTI, A.L. **Falhas e Patologias nas Estruturas Metálicas**. 2012. Artigo (Departamento de Engenharia Civil). UNASP: Centro Universitário Adventista de São Paulo. 2012.
- DIAS, Luis Andrade de Mattos. **Estruturas de aço: conceitos, técnicas e linguagem**. São Paulo: Zigature. 1997.
- HELLENE, Paulo Roberto Lago. **Patologia do concreto: roteiro de palestra**. São PauloESUSP, 1988, 29 p.
- HENRIQUES, F. M. A. **Noção de Qualidade em Edifícios**. Comunicação ao Congresso Nacional da Construção. Lisboa, 2001.
- RAMANATHAN, Lalgudi V. **Corrosão e seu controle**. 1. ed. São Paulo: Hemus editora Ltda, 1990. 342 p.
- MCKAIG, Thomas H. **Building Failures:case studies in construction and design**. New York : McGraw-Hill Book Company, 1962.
- NETO, J. A. S., et. al. **Principais ocorrências patológicas nas estruturas metálicas no município de Campina Grande-PB**. CONAPESC. Disponível em: <http://www.editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO_EV107_MD1_SA28_ID362_26032018071935.pdf>. Acesso em 10 de mai de 2019.
- PRAVIA, Z. M. C., BETINELLI, E. A. **Conceito e estudos de casos de falhas em estruturas metálicas**. Construção Metálica, São Paulo, n.35, p.56-61. 1998.
- SILVA NETO, P. R., **Avaliação de patologias e recuperação de construções mistas em concreto e aço**. Pós-graduação (Mestrado na Faculdade de Engenharia Civil). UNICAMP. 2006.
- VERÇOZA, Ê. J. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre-RS: Sagra. 1991. Disponível em: <http://equipe-deobra.pini.com.br/construcao-reforma/41/artigo239476-1.aspx>. Acesso em 10 de mai. 2019.





CAPÍTULO 5

ASPECTOS SOBRE A QUALIDADE DO AR NA ZONA INDUSTRIAL DE SÃO LUÍS – MA

Naara Suzany da Silva Reis

Mariana dos Santos Nascimento

Ana Clara Pinho Rabelo

James Werllen de Jesus Azevedo

RESUMO

A qualidade do ar pode ser avaliada, em nível local, regional, nacional e Internacional, através de estimativas das emissões, do uso de modelos matemáticos e de medidas das concentrações ambientais dos principais poluentes usando métodos físico-químicos. Neste sentido, a avaliação na qualidade do ar é essencial para diagnosticar os diferentes setores e verificar o grau de contaminação nas áreas circunvizinhas dos possíveis emissores de poluentes atmosféricos. O objetivo do trabalho foi avaliar a dispersão de poluentes atmosféricos no Distrito Industrial de São Luís - DISAL, retratando a possível relação desses poluentes com os fatores climáticos locais, permitindo inferir sobre as condições da qualidade do ar em São Luís e possíveis estratégias para aplicação de planos de gestão e fiscalização das atividades industriais, na área. O levantamento de dados referente às Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (PI), ocorreu entre os dias 11 e 13 de junho/13 e 17 a 18 de junho/13 para as estações localizadas nos bairros do Bacanga, Vila Maranhão e na Empresa Maranhense de Administração Portuária - EMAP. As medições dos dados nos locais de amostragens ocorreram através das estações de monitoramento da qualidade do ar, as quais realizam medições de forma contínua, 24 horas por dia e 7 dias por semana. Associado aos parâmetros investigados (PTS, PI, CO, NO₂, SO₂, O₃) foram plotados os níveis de precipitação e velocidade dos ventos, considerando o mesmo instante de medição dos poluentes.

Palavras chave: Poluição do ar, Monitoramento, Qualidade do ar.

ABSTRACT

Air quality can be assessed locally, regionally, nationally and internationally by using samples, using mathematical models and measuring environmental analyzes of major pollutants using physical and chemical methods. In this sense, air quality assessment is essential for diagnosing the different sectors and verifying the degree of contamination in the surrounding areas of possible air pollutant emitters. The objective of this work was to evaluate the dispersion of air pollutants in the Industrial District of São Luís - DISAL, portraying the possible relationship of these pollutants with local climatic factors, allowing to infer about the air quality conditions in São Luís and possible strategies for application of management and inspection plans for industrial activities in the area. Data collection for Total Suspended Particles (PTS) and Inhaled Particles (PI) took place between June 11 and 13/13 and June 17 to 18/13 for Bacanga, Vila Maranhão and EMAP stations. Data measurements at the sampling sites took place through the air quality monitoring stations, which perform measurements continuously 24 hours a day and 7 days a week. Associated with the investigated parameters (PTS, PI, CO, NO₂, SO₂, O₃), the precipitation levels and wind velocity were plotted considering the same pollutant measurement instant.

Keywords: Air Pollution, Monitoring, Air Quality.



1. INTRODUÇÃO

A poluição do ar é um dos grandes problemas de saúde pública, afetando a saúde dos seres humanos, dos animais e das plantas. Nas cidades industriais, a emissão de gases tóxicos e partículas pelas indústrias, somada à poluição provocada pela circulação de veículos, gera problemas para a saúde da população (ALVES et al., 2011).

Segundo Filho (1989), A poluição do ar pode ser definida como a presença de um ou mais contaminantes colocados na natureza ou atividades do homem, em quantidades que podem causar dano ao homem, animais, plantas ou propriedades; ou que possam interferir negativamente no bem estar das pessoas, na vida das plantas e animais, no meio físico ou na propriedade.

Os problemas provenientes da poluição do ar começaram a ter destaque como uma questão de saúde pública a partir da Revolução Industrial, onde teve início o sistema de urbanização que hoje conhecemos. Na década de 80, a taxa de urbanização brasileira atingiu a marca de 68,9% (BAKONYI et al, 2004).

Os poluentes ficam suspensos no ar e são enquadrados como substâncias sólidas, gasosas ou líquidas, podendo ser categorizados com partículas e aerossóis. As partículas referem-se somente às substâncias sólidas, os aerossóis podem ser tanto líquidos como substâncias sólidas suspensas no ar. Alguns exemplos de particulados são: fuligem, partículas do solo, gotas oleaginosas, poeiras, névoas ácidas, fumaça, fumos e neblina. Os particulados podem ser produzidos na queima incompleta, moagem, corte, e purificação (FILHO, 1989).

Ainda de acordo com Filho (1989), as principais fontes de poluição do ar feitas pelo homem são: transporte, combustão, processos industriais e resíduos sólidos. Estas fontes são classificadas como fontes móveis e estacionárias.

Segundo relatório da CETESB (2009), os poluentes que mais influenciam na qualidade do ar são: monóxido de carbono, dióxido de enxofre, material particulado, ozônio, além do dióxido de nitrogênio.

Em grandes centros urbanos, os veículos automotores contribuem com emissões atmosféricas que podem afetar de forma significativa a qualidade do ar. Os poluentes emitidos por estes carregam diversas substâncias tóxicas que comprometem o ambiente e consequentemente a saúde da população (TEIXEIRA et al, 2008).

A qualidade do ar pode ser avaliada, em nível local, regional, nacional e Internacional, através de estimativas das emissões, do uso de modelos matemáticos e de medidas das concentrações ambientais dos principais poluentes usando méto-



dos físico-químicos. Através de tais medidas, pode-se verificar o enquadramento das normas e valores para concentrações de poluentes no ar, conforme legislação vigente. (KLUMPP et al, 2001).

A qualidade do ar de uma determinada região ou bacia atmosférica é determinada por complexos fenômenos e relacionamentos envolvendo a quantidade, regime e condições de lançamento de poluentes por fontes emissoras influentes, além de mecanismos de remoção, transformação e dispersão desses poluentes na massa de ar. Desta forma, as condições meteorológicas de micro e mesoescala exercem um papel determinante na frequência, duração e concentração dos poluentes a que estão expostos os possíveis receptores situados na área de influência direta dessas fontes (ECOSOFT, 2005).

Lyra (2005), considera que a magnitude do impacto na qualidade do ar em determinada região depende das condições atmosféricas dominantes, responsáveis pelo transporte, transformação e dispersão dos poluentes emitidos, bem como pelas possíveis ocorrências de situações críticas de poluição do ar, provenientes de fontes industriais ou não. Um dos parâmetros que atuam no sentido de aumentar ou reduzir os níveis de poluição em uma determinada região é a pluviosidade.

A chuva é um fenômeno que ajuda na dispersão dos poluentes, promovendo a remoção e decantação dos particulados. Com a chuva, inicia-se a remoção por carreamento e nesta situação temos a lavagem e transporte do material particulado (ROMÃO. et al, 2012).

Neste sentido, a avaliação na qualidade do ar é essencial para diagnosticar os diferentes setores e verificar o grau de contaminação nas áreas circunvizinhas dos possíveis emissores de poluentes atmosféricos.

Com a constante ampliação do Distrito Industrial de São Luís (DISAL), a verificação das condições da qualidade do ar torna-se crucial a fim de determinar padrões históricos e atuais para os diferentes cenários, avaliando a sensibilidade da área, quanto a tendência dos padrões de emissões, contribuindo para implementação de políticas de gestão ambiental e orientações para os órgãos competentes responsáveis pela fiscalização.

Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a dispersão de poluentes atmosféricos no Distrito Industrial de São Luís - DISAL, retratando a possível relação desses poluentes com os fatores climáticos locais, permitindo inferir sobre as condições da qualidade do ar em São Luís e possíveis estratégias para aplicação de planos de gestão e fiscalização das atividades industriais, na área.

2. METODOLOGIA

Para diagnosticar a qualidade do ar na área do distrito industrial e adjacências foram utilizados dados oriundos das estações de monitoramento localizadas na Empresa Maranhense de Administração Portuária - EMAP, localizada no Porto do Itaqui, no Centro de São Luís, no bairro da Vila Maranhão, bairro do Bacanga e na Universidade Estadual do Maranhão – UEMA (Figura 1).

O levantamento de dados referente às Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (PI), ocorreu entre os dias 11 e 13 de junho/13 e 17 a 18 de junho/13 para as estações Bacanga, Vila Maranhão e EMAP.

Já as informações voltadas à variação mensal do Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrogênio (NO_2), Ozônio (O_3), Partículas Inaláveis (PI), Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Dióxido de Enxofre (SO_2), concentrou-se para todo o ano de 2011, considerando os trechos EMAP, Centro de São Luís, Vila Maranhão, Bacanga e UEMA. Os dados foram obtidos através de solicitação oficial junto à Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA-MA).

As medições dos dados nos locais de amostragens ocorreram através das estações de monitoramento da qualidade do ar, as quais realizam medições de forma contínua, 24 horas por dia e 7 dias por semana. Desta forma, os resultados são integrados e armazenados com médias horárias em coletores de dados locais (dataloggers). Em seguida, de forma automática, estes resultados são transferidos para um centro de monitoramento da qualidade do ar (CSMQA), que mantém um banco de dados das informações atuais e históricas obtidas pelas estações, proporcionando a análise integrada no espaço e no tempo, bem como a validação, de todas as informações geradas pela rede.

Os dados obtidos foram comparados à resolução CONAMA 003/90 que estabelece padrões de qualidade do ar, métodos de amostragem e análise dos poluentes atmosféricos, sendo utilizado como referência o padrão primário (Tabela 1).

Associado aos parâmetros investigados (PTS, PI, CO, NO_2 , SO_2 , O_3) foram plotados os níveis de precipitação e velocidade dos ventos, considerando o mesmo instante de medição dos poluentes. As variáveis climatológicas também foram obtidas a partir dos equipamentos que mensuravam os parâmetros atmosféricos.

Ressalta-se que alguns pontos de amostragem extrapolam o limite do DISAL, como no caso da área localizada na UEMA e CENTRO, o que para as emissões de poluentes do ar, torna-se justificável em função da elevada capacidade de dispersão do mesmo, podendo atingir perímetros bem distantes das fontes emissoras.



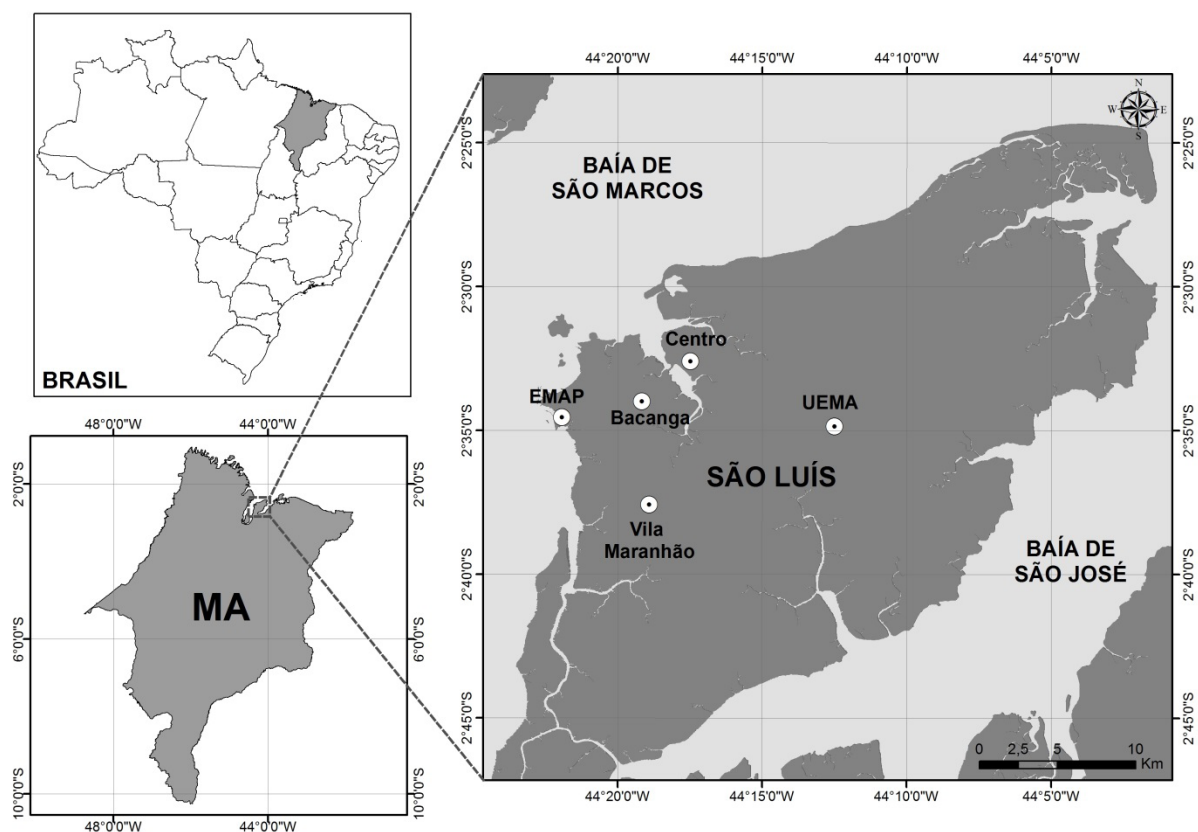


Figura 1 – Estações de Monitoramento da Qualidade do Ar.

Poluentes	Tempo de Amostragem	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Partículas totais em suspensão (PTS)	24 horas ⁽¹⁾	240	150
	MGA ⁽²⁾	80	60
Dióxido de enxofre (SO_2)	24 horas ⁽¹⁾	365	100
	MAA ⁽³⁾	80	40
Monóxido de carbono (CO)	1 hora ⁽¹⁾	40000	40000
	8 horas ⁽¹⁾	10000	10000
Ozônio (O_3)	1 hora ⁽¹⁾	160	160
Partículas inaláveis (PI)	24 horas ⁽¹⁾	150	150
	MAA ⁽³⁾	50	50
Dióxido de Nitrogênio (NO_2)	1 hora	320	190
	MAA ⁽³⁾	100	100

(1) Não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

(2) MGA - média geométrica anual.

(3) MAA - média aritmética anual.

Tabela 1 – Padrões de qualidade do ar estabelecido pela Resolução CONAMA nº 03/90, considerando os parâmetros mensurados durante o presente estudo.

3. RESULTADOS

3.1. Estação EMAP

Na estação da EMAP, os levantamentos considerando as Partículas Totais em Suspensão (PTS) indicaram como maior registro o valor de $217\mu\text{g}/\text{m}^3$ às 01:00 do dia 13/06/13, neste mesmo momento, também foi detectado uma redução para velocidade dos ventos, sinalizando tendência deste componente climático em promover maior dispersão do PTS. O menor nível encontrado foi de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$, às 03:00 do dia 12/06/2013.

Em média, o dia 17/06/2013 caracterizou-se pela maior concentração deste poluente ($85,8\mu\text{g}/\text{m}^3$) e o dia 11/06/2013, pela menor ($53,6\mu\text{g}/\text{m}^3$). A maior variabilidade foi detectada no dia 12/06/2013 apresentando desvio de $\pm 50,3\mu\text{g}/\text{m}^3$, enquanto a menor foi observada em 18/06/2013 ($\pm 11,0\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Ao longo do período avaliado, os índices pluviométricos foram praticamente inexistentes, impedindo, desta forma, detectar qualquer interferência deste parâmetro na variação dos valores de Partículas Totais em Suspensão.

Confrontando os resultados encontrados com a Resolução CONAMA 003/90, que estabelece um limite máximo permissível de $240\mu\text{g}/\text{m}^3$, depreende-se que as concentrações registradas estiveram em conformidade com o valor preconizado pela legislação.

A Figura 2 indica a variação do PTS na estação da EMAP, considerando o período de 11 a 13/06/2013 e 17 a 18/06/2013.



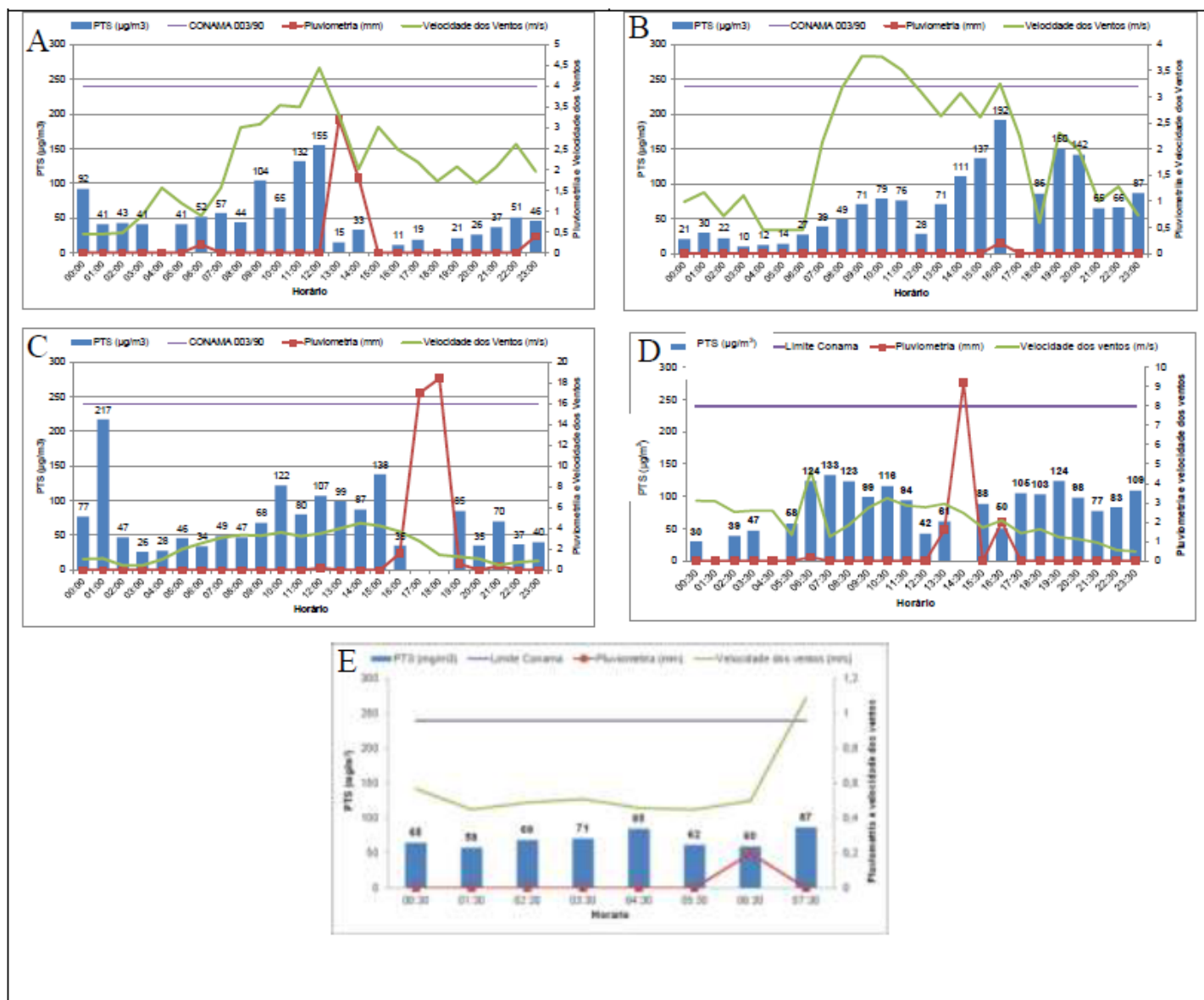


Figura 2 – Valores para PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Estação EMAP. Levantamentos referentes ao dia 11/06/2013 (A), 12/06/2013 (B), 13/06/2013 (C), 17/06/2013 (D) e 18/06/2013 (E).

Para as Partículas Inaláveis (PI), os maiores níveis ocorreram às 16:00 horas ($121\mu\text{g}/\text{m}^3$), enquanto o menor foi registrado às 00:00 e às 03:00 horas ($10\mu\text{g}/\text{m}^3$), ambas as medições são equivalentes ao dia 12/06/2013. A interferência da velocidade dos ventos na dispersão do PI foi mais perceptível nos dias 13 e 17/06/2013.

Em média, os valores para o parâmetro em questão foram mais elevados nos dias 13 e 17/06/2013, sendo de $49,4$ e $57,7\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. No dia 11/06/2013 foi registrado o menor nível médio para o PI ($33,2\mu\text{g}/\text{m}^3$). Quanto à variabilidade, a análise dos dados indicou o dia 12/06/2013, como o período com os níveis mais expressivos ($\pm 29,9\mu\text{g}/\text{m}^3$), enquanto o dia 18/06/2013 foi caracterizado pelo menor ($7,9\mu\text{g}/\text{m}^3$).

A Resolução CONAMA 003/90, estabelece limite de $150\mu\text{g}/\text{m}^3$, para as emissões deste parâmetro, considerando o período de 24 horas, sugerindo que os resultados apresentados indicam condições de normalidade com o valor preconizado

pela legislação.

A Figura 3 indica a variação do PI na estação da EMAP, considerando o período de 11 a 13/06/2013 e 17 a 18/06/2013.

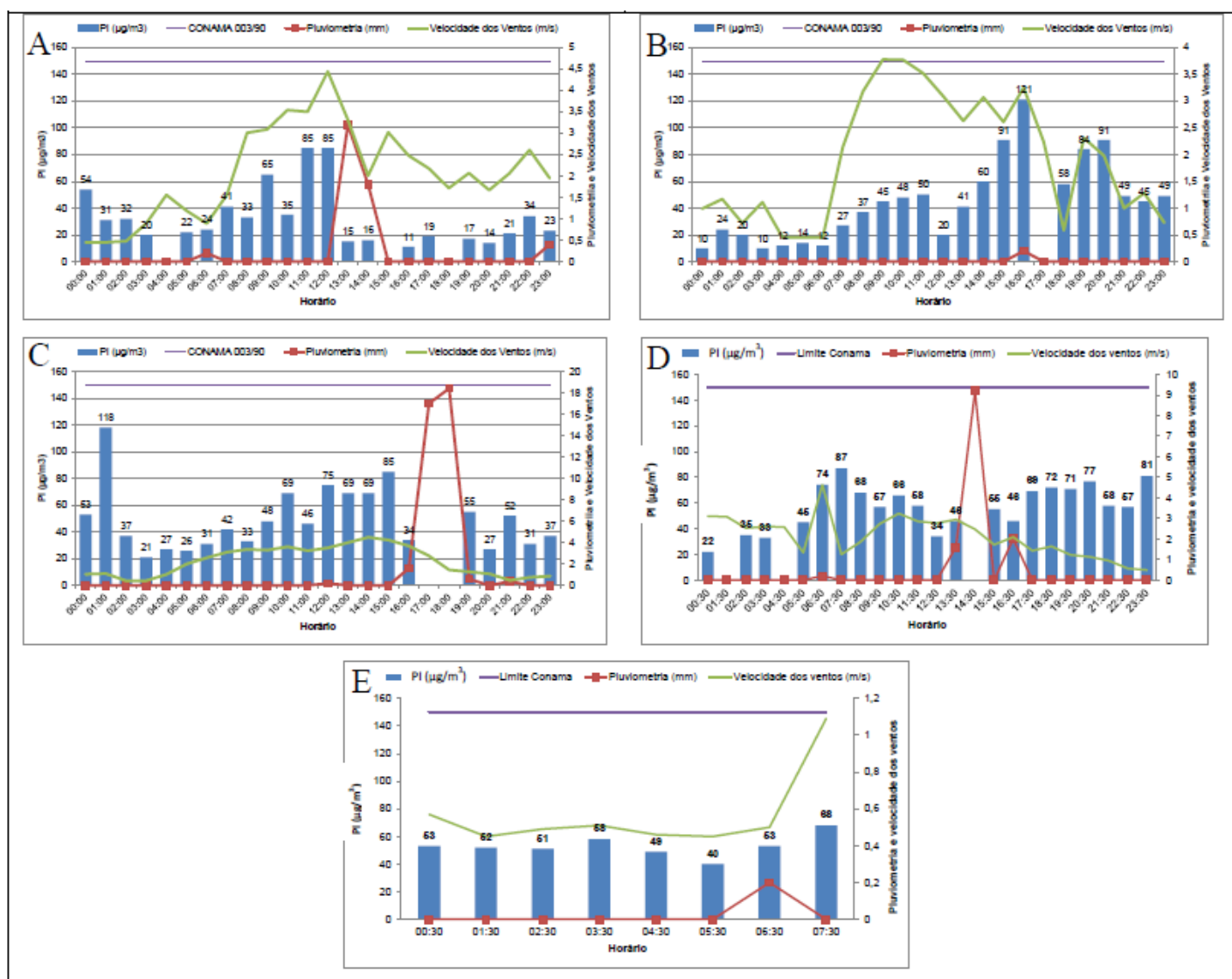


Figura 3 – Valores para PI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Estação EMAP. Levantamentos referentes ao dia 11/06/2013 (A), 12/06/2013 (B), 13/06/2013 (C), 17/06/2013 (D) e 18/06/2013 (E).

3.2. Estação Bacanga

Na estação Bacanga, considerando Partículas Totais em Suspensão (PTS), os maiores níveis ocorreram às 07:00 horas do dia 11/06/2013 ($166\mu\text{g}/\text{m}^3$), enquanto o menor foi registrado às 18:00 do dia 13/06/2013 ($11\mu\text{g}/\text{m}^3$). A interferência da velocidade dos ventos na dispersão do PTS foi mais perceptível nos dias 11 e 13/06/2013.

Em média, o valor para o parâmetro em questão foi mais elevado no dia 12/06/2013, sendo de $74,2\mu\text{g}/\text{m}^3$. No dia 13/06/2013 foi registrado o menor nível



médio para o PTS ($70,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Quanto à variabilidade, a análise dos dados indicou o dia 13/06/2013, como o período com os níveis mais expressivos ($\pm 39,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$), enquanto o dia 12/06/2013 foi caracterizado pela menor dispersão de valores ($\pm 30,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Os resultados apresentados ficaram estabelecidos dentro do limite preconizado pela Resolução CONAMA 003/90, que é de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para as emissões, considerando o período de 24 horas.

A Figura 4 indica a variação do PTS na estação da Bacanga, considerando o período de 11 a 13/06/2013.

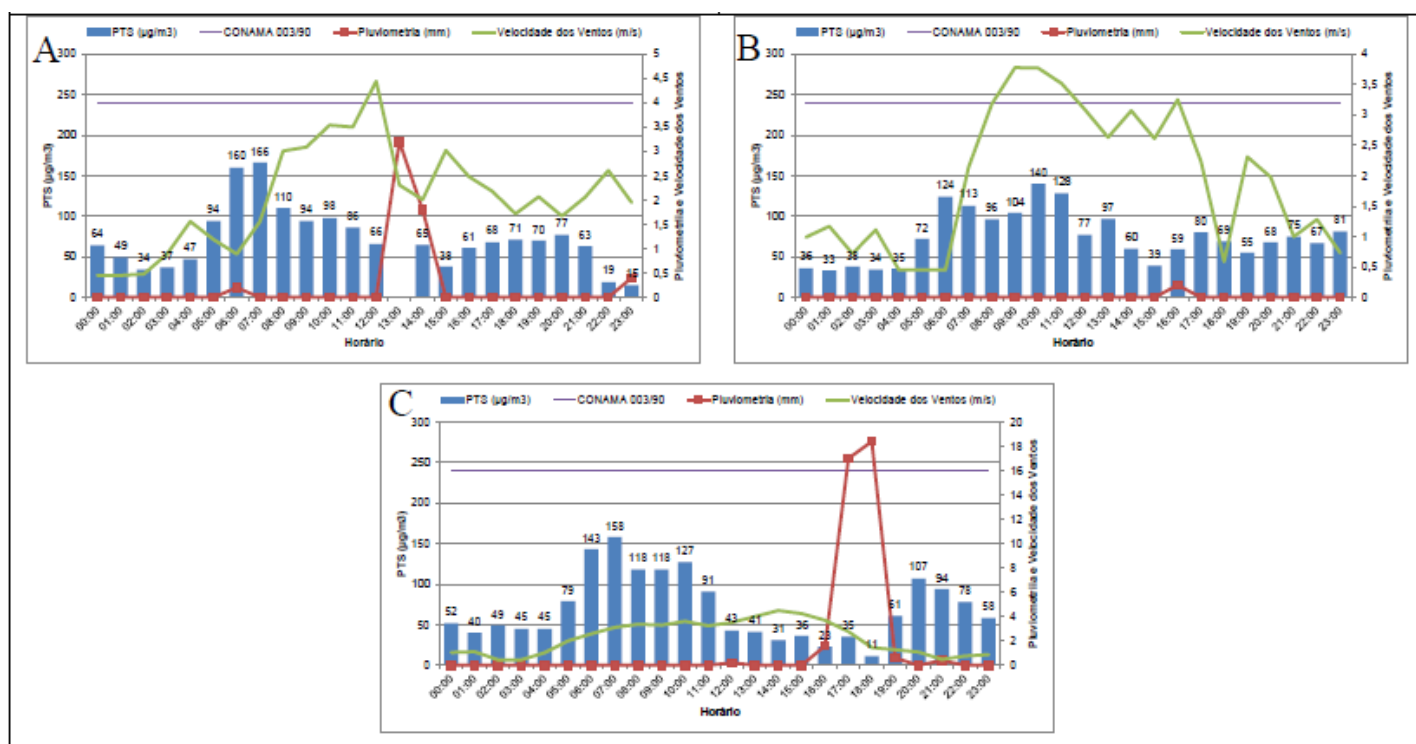


Figura 4 – Valores para PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Estação Bacanga. Levantamentos referentes ao dia 11/06/2013 (A), 12/06/2013 (B), 13/06/2013 (C).

Para as Partículas Inaláveis (PI), os maiores níveis ocorreram às 06:00 horas do dia 11/06/2013 e 09:00 horas do dia 13/06/2013, ambos apresentados valores de $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$, enquanto o menor foi registrado às 16:00 horas do dia 11/06/2013 ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). De forma geral, percebe-se relação inversa entre velocidade dos ventos e os níveis para PI.

Considerando a média diária, o dia 13/06/2012, para a estação Bacanga, caracterizou-se pelos maiores níveis de Partículas Inaláveis, sendo de $34,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$. No dia 12/06/2013 foi obtido o menor nível médio com $28,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Quanto à variabilidade, a análise dos dados indicou o dia 11/06/2013, como o período com os níveis mais expressivos ($\pm 21,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), enquanto o dia 12/06/2013 foi caracterizado pelo menor desvio ($\pm 17,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

A Resolução CONAMA 003/90, estabelece limite de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para as emissões deste parâmetro, considerando o período de 24 horas, logo os resultados

apresentados, indicam condições de conformidade com o valor preconizado pela legislação.

A Figura 5 indica a variação do PI na estação Bacanga, considerando o período de 11 a 13/06/2013.

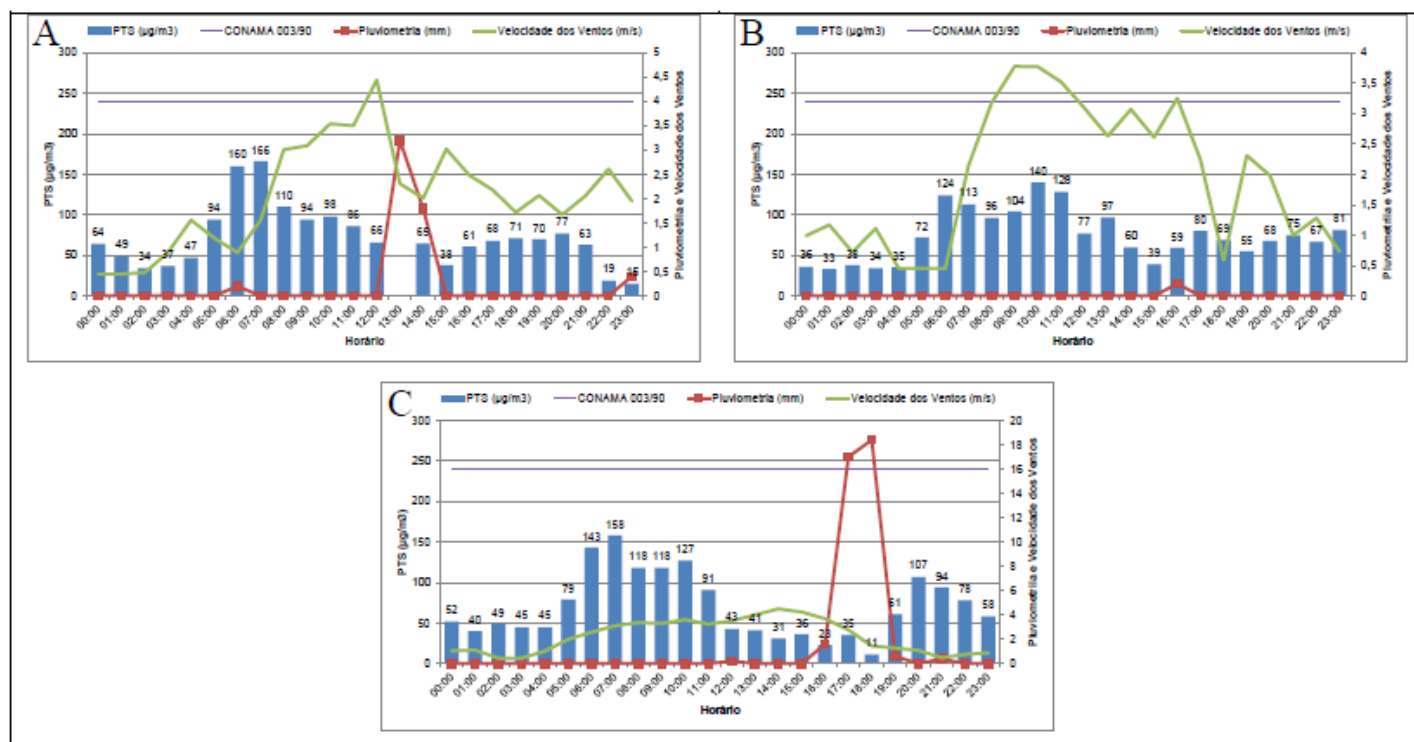


Figura 5 – Valores para PI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Estação EMAP. Levantamentos referentes ao dia 11/06/2013 (A), 12/06/2013 (B), 13/06/2013 (C), 17/06/2013 (D) e 18/06/2013 (E).

3.3. Estação Vila Maranhão

Na estação da Vila Maranhão, considerando Partículas Totais em Suspensão (PTS), os maiores níveis ocorreram às 15:00 horas do dia 11/06/2013 ($80\mu\text{g}/\text{m}^3$), enquanto o menor foi registrado às 00:00 horas do dia 12/06/2013 ($1\mu\text{g}/\text{m}^3$). A interferência da velocidade dos ventos na dispersão do PTS foi perceptível em todo o período avaliado.

No que concerne aos índices pluviométricos, os registros foram praticamente inexistentes, impedindo, desta forma, detectar qualquer interferência deste parâmetro na variação dos valores de Partículas Totais em Suspensão.

Em média, o valor para PTS foi mais elevado no dia 12/06/2013, sendo de $25,5\mu\text{g}/\text{m}^3$. No dia 11/06/2013 foi registrado o menor nível médio ($13,6\mu\text{g}/\text{m}^3$). Quanto à variabilidade, a análise dos dados indicou o dia 11/06/2013, como o período com os níveis mais expressivos ($\pm 18,1\mu\text{g}/\text{m}^3$), enquanto o dia 12/06/2013 foi caracterizado pela menor dispersão de concentração ($\pm 11,4\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Os resultados apresentados ficaram estabelecidos dentro do limite preconizado pela Resolução CONAMA 003/90, que é de $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para as emissões, considerando o período de 24 horas.

A Figura 6 indica a variação do PTS na estação da Vila Maranhão, considerando o período de 11 a 13/06/2013.

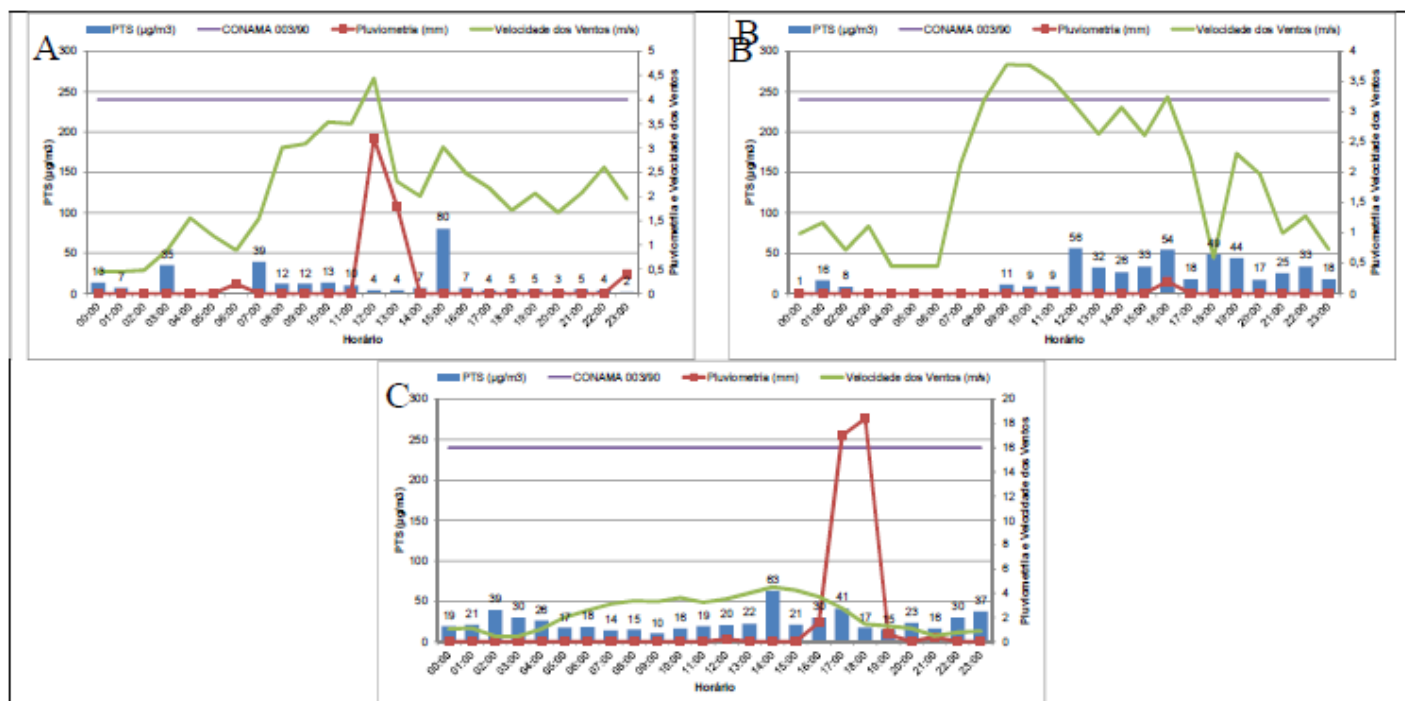


Figura 6 – Valores para PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Estação Vila Maranhão. Levantamentos referentes ao dia 11/06/2013 (A), 12/06/2013 (B), 13/06/2013 (C).

Para as Partículas Inaláveis (PI), os maiores níveis ocorreram às 15:00 horas do dia 11/06/2013 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) enquanto o menor foi registrado às 00:00 horas do dia 11/06/2013 ($1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). De forma geral, os menores níveis para Partículas Inaláveis, estiveram associados à velocidade dos ventos mais intensas.

Considerando a média diária, o dia 13/06/2012, para a estação da Vila Maranhão, caracterizou-se pelos maiores níveis de Partículas Inaláveis, sendo de $15,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. No dia 11/06/2013 foi obtido o menor nível médio com $11,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Quanto à variabilidade, a análise dos dados indicou o dia 11/06/2013, como o período com os níveis mais expressivos ($\pm 11,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), enquanto o dia 13/06/2013 foi caracterizado pela menor variação ($\pm 7,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

A Resolução CONAMA 003/90, estabelece limite de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para as emissões deste parâmetro, considerando o período de 24 horas. Neste cenário, os resultados apresentados indicam condições de conformidade com o valor preconizado pela legislação.

A Figura 7 indica a variação do PI na estação Bacanga, considerando o período de 11 a 13/06/2013.

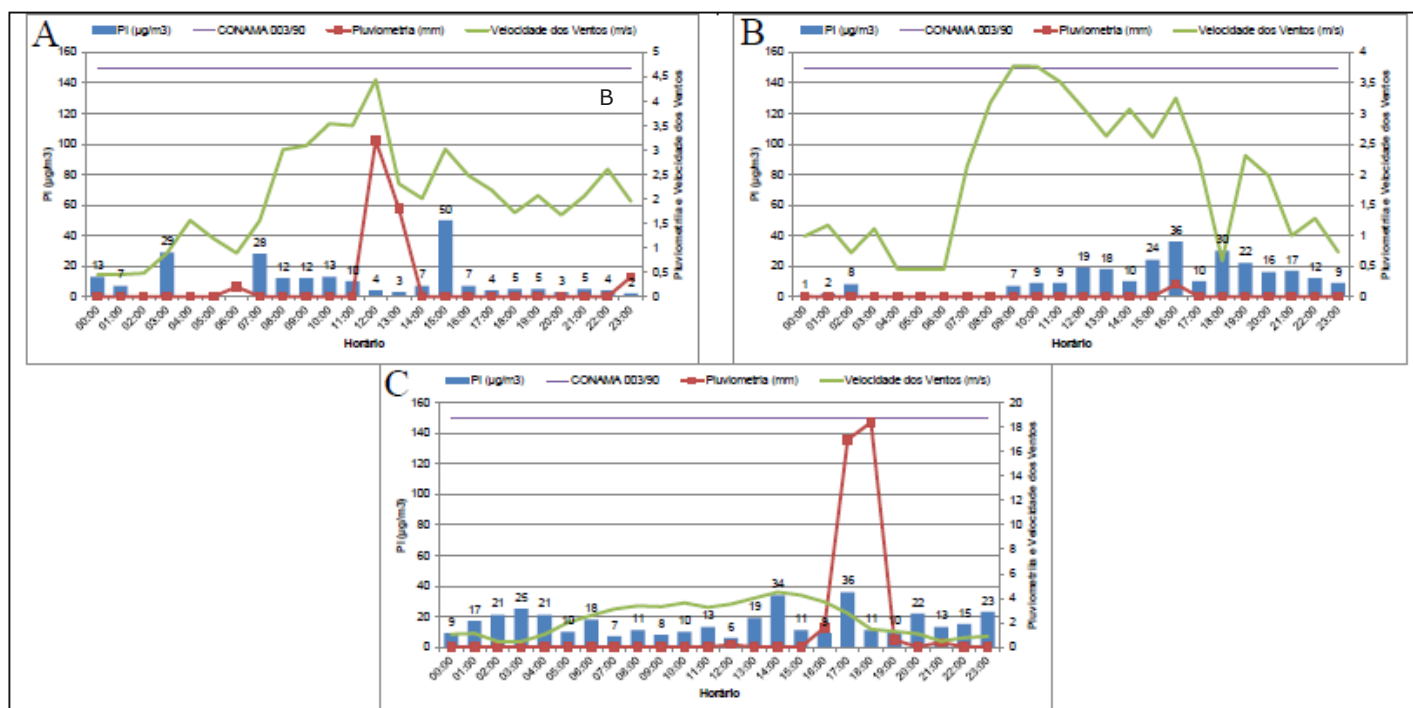


Figura 7 – Valores para PI ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Estação Vila Maranhão. Levantamentos referentes ao dia 11/06/2013 (A), 12/06/2013 (B), 13/06/2013 (C).

Comparando-se os três pontos de amostragem, a localidade Bacanga caracterizou-se pelas maiores concentrações de Partículas Totais em Suspensão, com níveis médios superiores a $70,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na EMAP, em média, as concentrações estabeleceram-se em níveis inferiores a $50,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A Vila Maranhão enquadrou-se como trecho de maior salubridade quanto à concentração deste poluente, apresentando valores sempre inferiores a $26,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabela 2).

Locais	Partículas Totais em Suspensão (PTS)									
	11/06/2013		12/06/2013		13/06/2013		17/06/2013		18/06/2013	
	Mé- dia	Des- vio	Mé- dia	Des- vio	Mé- dia	Des- vio	Mé- dia	Des- vio	Mé- dia	Des- vio
EMAP	53,6	37,6	69,8	50,2	71,6	45,5	85,8	32	69,6	11
Bacanga	71,8	37,7	31,6	30,9	70,1	40,5	-	-	-	-
Vila Mara- nhão	13,6	18,6	25,5	16,7	24,1	11,7	-	-	-	-

Tabela 2 – Valores médios e desvio padrão para as medições de Partículas Totais em Suspensão, durante os três dias de monitoramento.

Quanto às Partículas Inaláveis, as maiores concentrações foram detectadas na estação da EMAP, com níveis médios sempre superiores a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, muito embora tal concentração ainda se estabeleça muito abaixo do que é preconizado na resolução CONAMA 003/90.

Na estação do Bacanga os valores para Partículas Inaláveis, apresentaram-se, em média, abaixo de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, durante os três dias monitorados, refletindo boas condições de dispersão deste poluente mediante as fontes emissoras mais

próximas, tais como os empreendimento localizados no DISAL. Estes resultados tornam-se menos expressivos quando avaliado as informações oriundas da Vila Maranhão, onde, em média, a concentração de PI estabeleceu-se em níveis inferiores à $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabela 3).

Locais	Partículas Inaláveis (PI)									
	11/06/2013	12/06/2013	13/06/2013	17/06/2013	18/06/2013					
	Mé- dia	Des- vio	Mé- dia	Des- vio	Mé- dia	Des- vio	Mé- dia	Des- vio	Mé- dia	Des- vio
EMAP	33,2	21,8	44,3	29,9	49,3	23,6	57,7	17,5	53	7,9
Bacanga	29,1	21,6	28,2	18,3	34	20,8	-	-	-	-
Vila Mara- nhão	11,2	11,8	14,4	9,3	15,8	8,1	-	-	-	-

Tabela 3 – Valores médios e desvio padrão para as medições de Partículas Inaláveis, durante os três dias de monitoramento.

No concernente aos levantamentos de dados para o ano 2011, os parâmetros obtidos foram: Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (PI), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Nitrogênio (NO^2), Ozônio (O^3) e Dióxido de Enxofre (SO^2). As condições da qualidade do ar foram avaliadas levando em consideração os seguintes locais de amostragens: Centro, EMAP, Bacanga, UEMA e Vila Maranhão.

Para as Partículas Totais em Suspensão (PTS), os levantamentos durante o ano de 2011, indicaram a tendência de aumento do nível do parâmetro em questão durante o segundo semestre, coincidindo com o fim do período chuvoso. As estações localizadas na UEMA e na Vila Maranhão, indicaram condições mais íntegras quanto à qualidade do ar, sendo que em nenhum momento, ao longo do período avaliado, os resultados atingiram concentrações superiores aos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 003/90, considerando a média geométrica anual, que deve ser de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figura 8).

Na estação da EMAP, os meses de agosto a dezembro apresentaram valores acima do limite recomendado pela legislação. Na estação do Centro de São Luís e Bacanga, estes limites também foram superados, porém em níveis inexpressivos. Estes resultados sinalizam a capacidade das precipitações na dispersão deste poluente, assim como identifica os locais onde as emissões tornam-se mais significativas, indicando serem estes, os pontos chaves para um monitoramento mais contínuo, sobretudo, considerando cenários mais alarmantes para fontes oriundas do DISAL.

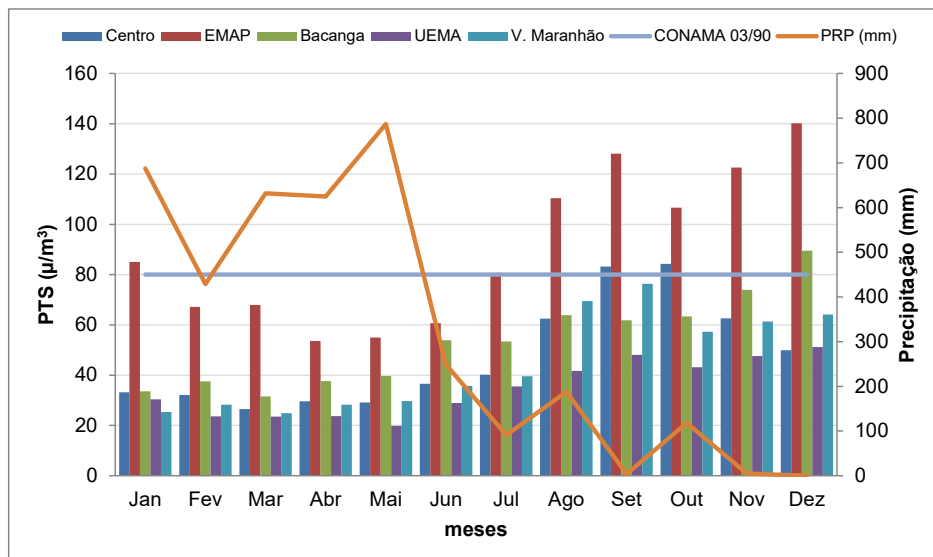


Figura 8 – Concentrações médias de Partículas Totais em Suspensão (PTS) durante o ano de 2011, considerando diferentes estações de amostragem.

As Partículas Inaláveis (PI) apresentaram padrões semelhantes às Partículas Totais em Suspensão, com menores níveis no segundo semestre, coincidindo com o fim do período chuvoso. Apenas para a estação da EMAP houve valores superiores aos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 003/90 (Figura 9), sendo este de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para média aritmética anual.

Nas estações da UEMA e Vila Maranhão foram observados os menores valores de PI.

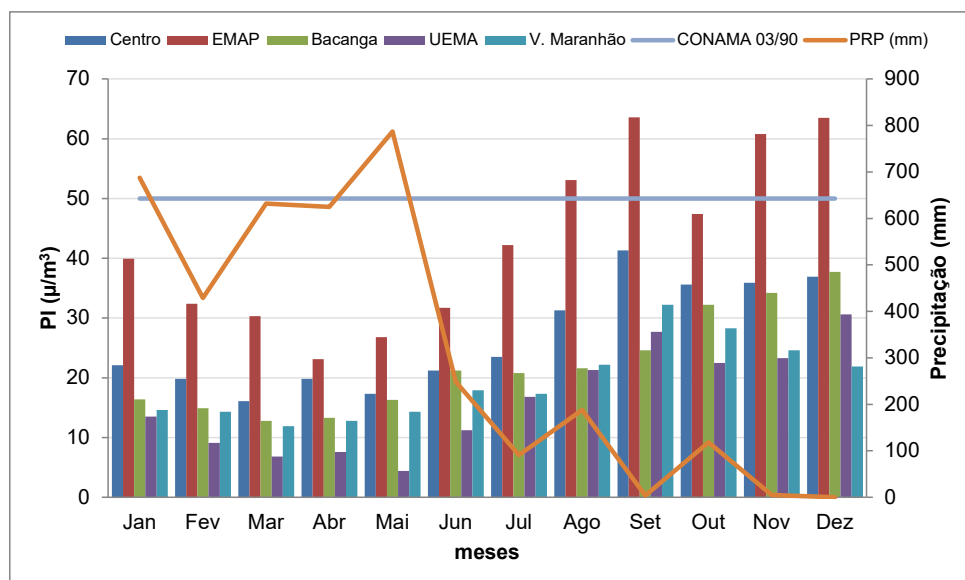


Figura 9 – Concentrações médias de Partículas Inaláveis (PI) durante o ano de 2011, considerando diferentes estações de amostragem.

Para o Monóxido de Carbono, os resultados enquadraram apenas as estações do Centro de São Luís e EMAP. A avaliação dos resultados indicou níveis muito abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 003/90 (Figura 10), que é de $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sinalizando condições não restritivas para o padrão de qualidade do ar, do ponto de vista das emissões de CO.

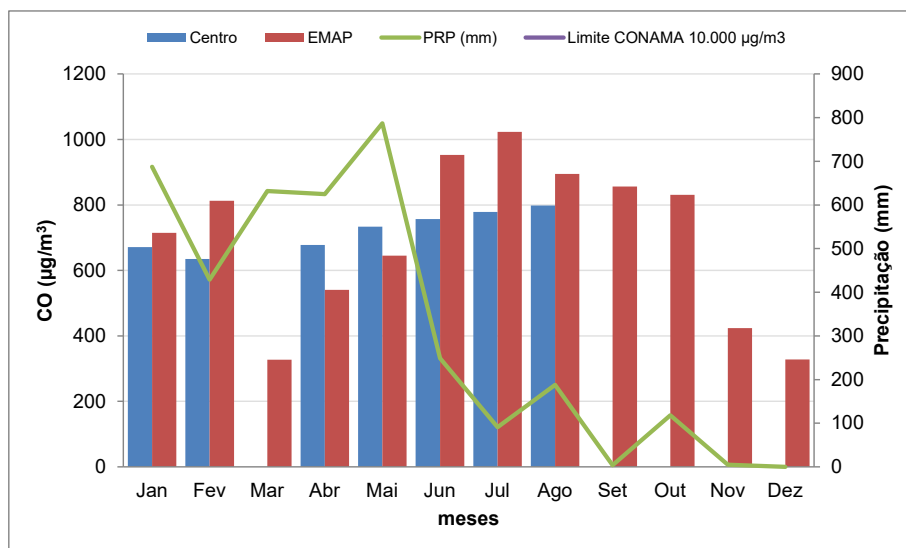


Figura 10 – Concentrações médias de Monóxido de Carbono (CO) durante o ano de 2011, considerando as estações do Centro e EMAP.

Os resultados para Dióxido de Nitrogênio indicaram níveis bem abaixo dos limites estabelecidos pela legislação, apresentando valores sempre inferiores à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, durante todo o período descrito. Os níveis mais elevados foram observados na estação da EMAP, enquanto os menos expressivos concentraram-se nas estações da UEMA e Vila Maranhão (Figura 11).

Em julho/11, na estação da EMAP, observou-se a maior concentração para este parâmetro ($24 \mu\text{g}/\text{m}^3$), enquanto em janeiro/11, maio/11, outubro/11, novembro/11 e dezembro/11, na estação da UEMA, ocorreram os níveis mais baixos ($7 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

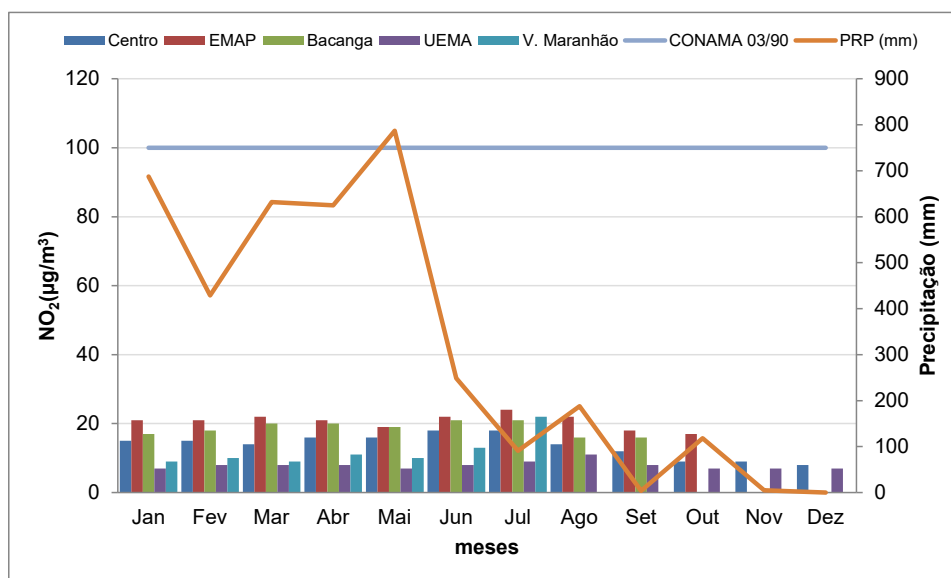


Figura 11 – Concentrações médias de Dióxido de Nitrogênio (NO_2) durante o ano de 2011, considerando diferentes estações de amostragem.

As concentrações de Ozônio (O_3), durante o período em questão indicaram padrões abaixo dos limites estabelecidos pela legislação, com valores sempre inferiores a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Os níveis mais elevados foram observados na estação UEMA, seguido da EMAP. A estação da Vila Maranhão concentrou os menores resultados

(Figura 12).

O parâmetro em questão apresentou suas maiores concentrações em setembro/11, tanto na estação da UEMA (73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), como na EMAP (64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). O nível mais baixo foi observado na estação da Vila Maranhão, no período de maio/11 (8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Ressalta-se, a partir da avaliação dos resultados, a notória relação do ozônio com o aumento da radiação solar, que ocorre no período de estiagem, o qual é um dos principais componentes climáticos responsáveis pelas reações que dão origem a esse poluente atmosférico.

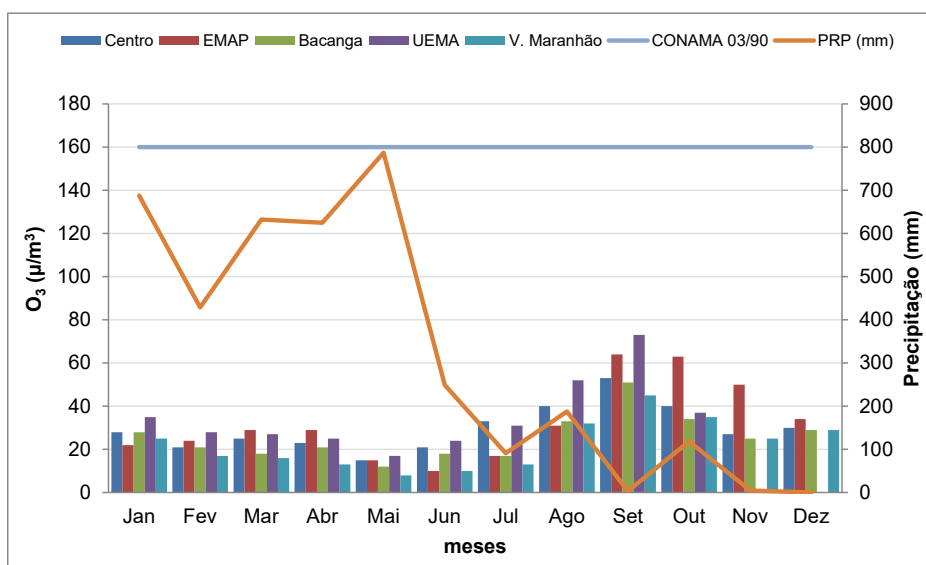


Figura 12 – Concentrações médias de Ozônio (O_3) durante o ano de 2011, considerando diferentes estações de amostragem.

O Dióxido de Enxofre (SO_2) foi o elemento que apresentou concentrações mais inferiores, quando comparados aos demais, e à própria resolução CONAMA 003/90, que prevê limite de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para a média aritmética anual. Os resultados caracterizaram-se por serem bastante homogêneos, ou seja, quase não há alteração entre as estações de amostragens (Figura 13). Também, em função dos baixos níveis obtidos, não foi perceptível a influência dos fatores climáticos nos diferentes valores de SO_2 .

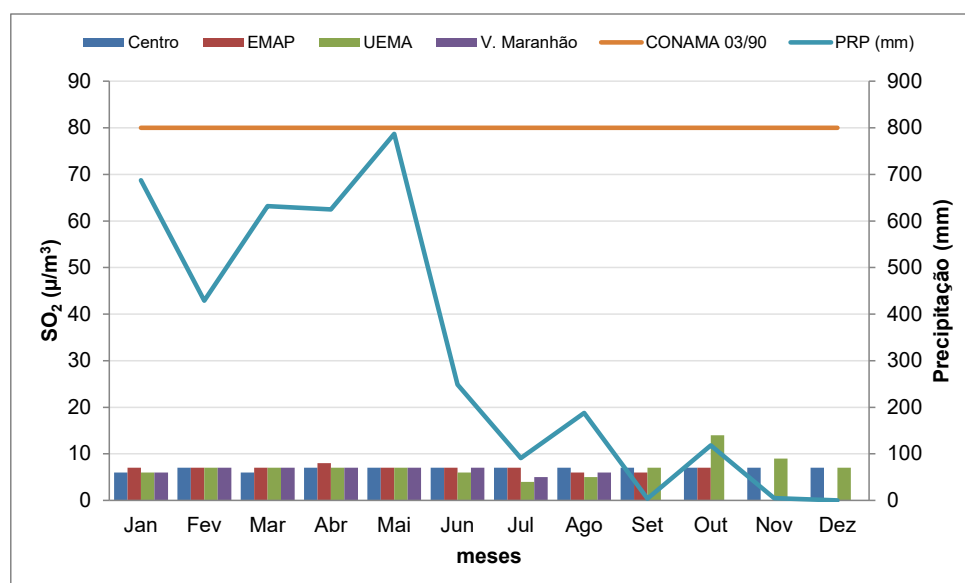


Figura 13 – Concentrações médias de Dióxido de Enxofre (SO_2) durante o ano de 2011, considerando as diferentes estações de amostragem.

4. DISCUSSÃO

As avaliações demonstraram condições ainda não alarmantes para a qualidade do ar no DISAL, porém, é importante ressaltar que a concentração dos poluentes atmosféricos não está ligada somente à intensidade de emissões, mas, também, a um conjunto de fatores, que em condições sinérgicas podem ocasionar o impacto. Nesta linha, Fruehauf (1998), Melo e Mitkiewicz (2002) e Seinfeld e Pandis (1998) destacam que a concentração de poluentes na atmosfera é fortemente influenciada por fatores físicos como a topografia, o perfil da temperatura e a distribuição de pressão que influenciam diretamente a velocidade dos ventos e nível de turbulência, responsáveis pela dispersão dos poluentes atmosféricos.

De acordo com Santos (2006) é indiscutível a influência do clima na qualidade do ar de uma região, pois o transporte dos poluentes depende de condições meteorológicas que influenciam as condições de circulação local alterando a velocidade dos ventos.

Percebendo-se a influência dos fatores climáticos, mesmo com baixas concentrações dos poluentes, atenção especial deve ser dada às emissões de NO_2 (valores mais elevados no primeiro semestre – período chuvoso) e SO_2 , devido a sua capacidade de reação na atmosfera, com potencial para gerar chuva ácida.

Ainda sobre o NO_2 , Vieira et al. (2012) mostrou que crianças da zona urbana de São Paulo expostas a esse gás apresentaram sintomas tipicamente associados a doenças respiratórias. Toda a população estudada apresentou sibilo, ruído semelhante a um assobio agudo, característico da asma.

Para as PI's, os resultados encontrados chegaram a atingir $62\mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo

superiores aos registrados por Quiterio et al. (2005), para o distrito industrial de Magé (55,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), e por Baldasano et al. (2003) com valores na ordem de 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, em Caracas na Venezuela. Já Allen et al. (2009), na área de influência do polo industrial de Cubatão, em São Paulo, encontrou valores superiores, que variam de 57 a 157 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tais resultados demonstram que as concentrações observadas no DISAL são comparáveis (e em alguns casos superior) a valores observados em outras regiões industriais e áreas urbanas no Brasil e América Latina.

As elevadas concentrações de Particulados (acima dos limites definidos pela legislação) no DISAL apresentou uma notória relação inversa com as precipitações locais, sinalizando a importância das chuvas no processo de dispersão desses materiais, e, conseqüentemente, para a gestão regional da qualidade do ar.

As observações em campo permitem inferir que os gases e partículas das descargas dos diversos veículos, sobretudo os de grande porte, que operam na área do DISAL, bem com as pilhas de matérias, por exemplo, minério e carvão mineral, estocados a céu aberto nos empreendimentos, além das diversas emissões oriundas dos processos de operação nas indústrias de cimento são fontes com potencial para influenciar a qualidade do ar no DISAL, com conseqüente prejuízo na saúde da população existente nos bairros do entorno.

Constatação similar foi alcançada por Allen et al (2009) dentro do parque industrial de Cubatão (SP) e adjacências, onde concluiu que a poluição do ar é influenciada pelo transporte rodoviário local e de partículas de ressuspensão de poeiras.

O dióxido de enxofre, de forma geral, apresentou-se sempre inferior à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sendo inferior aos registrados por Barbon e Gomes (2010) no município de Araucária, um importante polo industrial do estado do Paraná.

Apesar do dióxido de enxofre (SO_2) apresentar-se dentro dos limites legalmente instituídos, deve-se considerar a hipótese do mesmo provocar efeitos nocivos à saúde da população exposta. Tal afirmativa é corroborada por Bakonyi et al. (2004) visto assegurar que a associação entre poluição e morbidade não exhibe um nível de segurança para os poluentes, ou seja, não é caracterizado um nível seguro de poluição abaixo do qual não ocorra efeito.

Nesta linha, Esquivel et al. (2011) também destacam que mesmo níveis baixos de poluição do ar, causam efeitos sobre a mortalidade e a morbidade humana. Isso reforça o entendimento de que a poluição atmosférica, ultrapassando ou não os padrões de qualidade estabelecidos, promove efeitos adversos na saúde das pessoas expostas.

Esta percepção também é afirmada em outros estudos no Brasil (Freitas et al., 2004; Nardocci et al., 2013) e no exterior (Clancy et al., 2002; Ostro et al., 2006) que obtiveram resultados positivos na relação entre concentrações de poluentes



atmosféricos e a morbidade/mortalidade de pessoas. Considerando a quantificação de exposições, em longo prazo, os valores não devem ser superiores a média 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para o período de 24 horas (Xiaolin et al., 2009).

Para o CO, embora os valores tenham ficado abaixo dos limites estabelecidos pela legislação, observou-se concentrações mais elevadas no segundo semestre do ano, período em que chove pouco na região, tornando a sensação de calor mais intensa. Jo e Nam (1999) destacaram que no inverno asiático as concentrações de CO, são mais elevadas devido ao maior consumo de combustíveis. Esta teoria poderia ser aplicada à condição local de São Luís, pois na estiagem há uma tendência, também, de maior consumo de combustível, devido o constante uso de ar-condicionado dos veículos, provocados pela sensação térmica mais substancial, em termos de calor.

A avaliação do O_3 apresentou relação direta com o aumento da radiação solar. Freitas et al., 2004, assinalou a relação entre ozônio e morbimortalidade como efeitos detectados nos meses quentes do ano. Para o presente estudo as concentrações de ozônio também esteve mais elevada na época em que as temperaturas se apresentaram mais expressivas, associada às baixas precipitações pluviométricas.

Ressalta-se que o O_3 não apresenta emissão direta na atmosfera, sendo produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os NO_x e compostos orgânicos voláteis (VOCs), o que torna crucial o monitoramento e fiscalização das atividades industriais do DISAL, sobretudo, no segundo semestre do ano, de modo a garantir o gerenciamento dos efluentes atmosféricos emitidos sobre a cidade de São Luís - MA.

4. CONCLUSÃO

Os resultados apresentados indicam padrões ainda adequados para as concentrações dos poluentes atmosféricos. A variação sazonal dos parâmetros esteve sempre associada à dinâmica das precipitações pluviométricas e em alguns momentos à velocidade dos ventos.

Comparando-se os pontos de amostragens, apenas na estação da EMAP, houve níveis superiores aos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 003/90. A maioria dos parâmetros avaliados indicaram maiores concentrações neste perímetro, com exceção do Ozônio (O_3), cujos níveis foram mais elevados na estação da UEMA.

O SO_3 foi o parâmetro que apresentou concentrações menos expressivas, caracterizando-se por distribuições bem homogêneas, tanto no quesito espacial como temporal.



Os resultados apresentados indicam concentrações não limitantes para os padrões estabelecidos na área, contudo, as condições sinérgicas com outros empreendimentos na região do DISAL impõe a constante necessidade de monitorar a qualidade do ar neste perímetro, de modo que possíveis alterações, para os parâmetros citados, possam ser percebidas e mitigadas com antecedência, evitando problemas de saúde para as comunidades do entorno.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, A.G. et al. Influence of sources and meteorology on surface concentrations of gases and aerosols in a coastal industrial complex. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. Vol.20. p.214-221. 2009.
- ALVES, A. M.; RAMOS, T. G.; MELLO, J. C. C. B. S. & BIONDI-NETO, L. Estudo da qualidade do ar do estado de São Paulo por meio de mapas auto-organizáveis de kohonen. **Relatórios de pesquisa em engenharia de produção** v 11.n. 13, 2011.
- BAKONYI, S.M.C. et al. Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR. **Revista Saúde Pública**. v.38. n 5 . p 695. 2004.
- BALDASANO, J.M. et al. Air quality data from large cities. **The Science of the Total Environment**. v. 307. n.1. p. 141-165. 2003.
- BARBON, A; GOMES, J. Simulação das emissões atmosféricas sobre o município de Araucária com uso do modelo AERMOD. **Engenharia Sanitária Ambiental**. v.15 n.2. p. 129-140. 2010.
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – **Série Relatórios – Qualidade do ar no Estado de São Paulo**, 2009.
- CLANCY, L. et al. Effect of air-pollution control in deaths rates in Dublin, Ireland: an intervention study. **The Lancet**. v. 360, n. 9341, p. 1210-1214, 2002.
- ECOSOFT. **Relatório de operação da rede automatizada de monitoramento da qualidade do ar e meteorologia da região de São Luís- MA – RAMQAM**. p. 475. São Luís. Setembro de 2005.
- ESQUIVEL, G.A.R. et al. Avaliação da correlação entre as concentrações de poluentes atmosféricos e a mortalidade de idosos no município de Curitiba. **Engenharia Sanitária Ambiental**. v.16. n.4. p.387-394. 2011.
- FILHO, J. B. G. **Poluição do ar: Aspectos Técnicos e Econômicos do Meio Ambiente**. ECP – Consultoria Ambiental. Disponível em: <www.consultoriaambiental.com.br>. Acesso em: 16/06/2016. 25 p. 1989.
- FREITAS, C. BREMNER, S. A.; GOUVEIA, N. PEREIRA, L. A. A.; SALDIVA, P. H. N. Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997. **Revista Saúde Pública**. v.38. n.6. p.751-757. 2004.
- FRUEHAUF, G.L.C. **A Deterioração da qualidade do ar e do clima na região metropolitana de São Paulo**. 1998. 210f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de São Paulo, Instituto de Física, 1998.
- JO, W.K., Yoon, I.H., & NAM, C. W. Analysis of air pollution in two major Korean cities: trends, seasonal variations, daily 1-hour maximum versus other hour-based concentrations, and standard exceedances. **Environmental Pollution**, 110(1), 11 – 18. 1999.
- KLUMPP, A; ANSEL, W; KLUMPP, G; FOMIN, A. Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: A rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras. **Revista brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 4 (suplemento), p. 511-518. 2001.
- LYRA, D. G. P. **A influência da meteorologia na dispersão dos poluentes atmosféricos da região metropolitana de Salvador**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Florianópolis., 14. Anais... Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbm-files/14-330d58ca3e4bb20c4d89fa6fb220ab31.pdf>. 2006. Acesso



em 16/06/2016.

MELO, G.C. B.; MITKIEWICZ, G.F. M. **Dispersão Atmosférica de poluentes em um complexo industrial siderúrgico**. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 28., Cancun, Mexico. **Proceeding**. Cancun, Mexico. p.08. 2002.

NARDOCCI, A. C.; FREITAS, C. U.; LEON, A. C. M. P.; JUNGER, W. L.; GOUVEIA, N. C. Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 29(9):1867-1876 2013.

OSTRO, B. et al. Fine particulate air pollution and mortality in nine California counties: results from CALFINE. **Environmental Health Perspectives**, v. 114, n. 1, p. 29-33, 2006.

QUITERIO, S.L. et al. Evaluation of levels, sources and distribution of airborne trace metals in seven districts of the Baixada Fluminense, Rio de Janeiro, Brazil. **Atmospheric Environment** . v.35, p.3503–3512. 2005.

ROMÃO, M.; UBERABA, S. T. U.; FELÍCIO, R. **Uso da meteorologia no controle da poluição do ar**. Disponível em: http://www.servicos.hd1.com.br/ventonw/artigo03_poluica.htm. 2012. Acesso em 16/06/2016.

SANTOS, L.M.M. **Avaliação ambiental de processos industriais**. São Paulo- SP. Signus Editora, 2006.

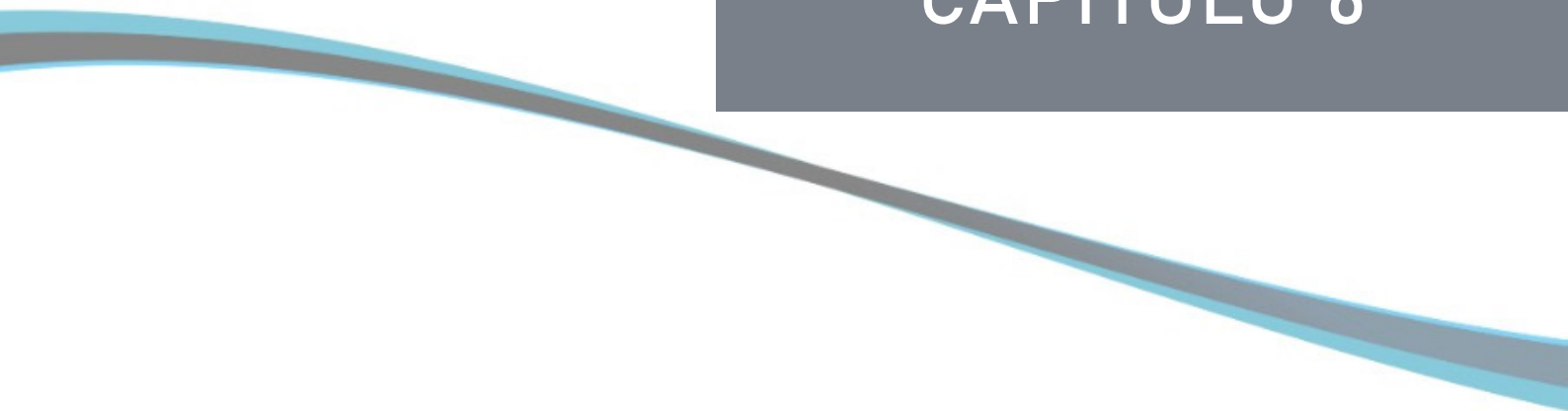
SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. **Atmospheric chemistry and physics: from air pollution to climate change**. [S.l.]: Ed. John Wiley & Sons, 1326p.1998.

TEIXEIRA, E.C.; FELTES, S.; SANTANA, E. R. R. Estudo das emissões de fontes móveis na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Química Nova**, v. 31, n. 2, 2008.

VIEIRA, S.E.; STEIN, R.T.; FERRARO, A.A.; PASTRO, L.D.; PEDRO, S.S.C.; LEMOS, M.; SILVA, E. R.; SLY, P. D.; SALDIVA, P. H. Urban air pollutants are significant risk factors for asthma and pneumonia in children: The influence of location on the measurement of pollutants. **Arch. Bronconeumol.**, v. 48, n.11, p. 389 - 395, 2012.

XIAOLIN, L.; YUANXUN, Z.; MINGGUANG, T.; JIANGFENG, L.; LIANGMAN, B.; GUILIN, Z.; YAN, L.; ATSUO, I. Atmospheric lead pollution in fine particulate matter in Shanghai, China. **Journal of Environmental Sciences**, v.2, n.1118 - 1124, 2009.





CAPÍTULO 6

AS RELAÇÕES ENTRE O CRESCIMENTO URBANO DESORDENADO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS ÀS MARGENS DO RIO DAS BICAS NO BAIRRO COROADINHO, SÃO LUÍS – MA

Ingrid Nicolly Oliveira Lyra

Glauce Danielle Gonçalves dos Santos

Mariana Nunes de Oliveira

Adriano Nunes Pereira

Eduardo Pinheiro Mendonça

RESUMO

O Rio das Bicas é um dos principais afluentes da bacia do Bacanga, a sub-bacia deste rio abrange bairros considerados significativamente populosos, tais como o bairro Coroadinho. O crescimento desordenado da população e consequentemente a ineficiência de serviços de saneamento ambiental, afetam negativamente o rio resultando em modificações ambientais, por vezes, irreversíveis. Portanto, este estudo objetivou investigar as alterações ao meio ambiente decorrentes das atividades irregulares relacionadas ao rio. Para obtenção dos resultados, analisou-se os impactos referentes ao meio físico, biótico e antrópico, agregando-os em uma matriz de impacto ambiental, além disto, para conhecimento da atual satisfação da população quanto às questões de saneamento ambiental do bairro que influenciam diretamente na qualidade do rio, foram aplicados questionários em cinco ruas ligadas diretamente ao curso de água. A fim de validar os resultados das respostas obtidas aplicou-se o cálculo de coeficiente alfa de Cronbach (1951). Após a análise dos resultados, percebeu-se que alguns dos mais significativos impactos são o despejo de esgoto in natura e o descarte incorreto de resíduos sólidos. Para a população entrevistada, dois dos maiores problemas relacionados ao rio são a falta de conscientização da população (37%), seguido da falta de manutenção pelo poder público (35%). Dessa forma, é notório que esta situação presenciada é decorrente de uma participação de projetos e políticas públicas sem eficiência, necessitando de medidas urgentes para a revitalização do rio e também práticas de conscientização da população quanto a preservação ambiental.

Palavras-chave: Impactos Ambientais, Rio das Bicas, Coroadinho.

ABSTRACT

The Bicas river is one of the main tributaries of the Bacanga basin, the sub-basin of this river includes the neighborhoods considered to be significantly populous, such as the Coroadinho. The disorderly occupation and consequently the inefficiency of environmental sanitation services, negatively affect the river resulting in often irreversible environmental changes. Therefore, the purpose of this study was to investigate the impacts caused by irregular activities related to the river. In order to achieve the results, were analysed the impacts related to the physical, biotic and anthropic environments, by adding them to an environmental impact matrix, additionally, to identify the current environmental sanitation situation from the population point of view, were applied questionnaires in five streets that have direct contact with the watercourse. In order to validate the results of the answers obtained, *Cronbach's alpha coefficient* (1951) was applied. After analysing the results, it was noticed that some of the most significant negative impacts are the sewage being dumped in the river and the improperly discarded of solid waste. For the interviewed population, two of the greatest problems related to the river are the lack of awareness of the population (37%), followed by the lack of maintenance by the government (35%). As a result, it is clear that this situation is arising from an inefficiency participation of projects and public policies, requiring rather more severe measures for revitalization of the river and also practices of public awareness regarding environmental preservation.

Key-words: Environmental Impacts, Bicas river, Coroadinho.



1. INTRODUÇÃO

A urbanização desordenada ocasiona diversos problemas ambientais, a interferência do homem em áreas que necessitam ser preservadas demonstra as formas irregulares como o espaço é ocupado ocasionando alterações às características naturais de diversos recursos ambientais, bem como os recursos hídricos, tornando-os extremamente poluídos, de forma que necessitem de tratamentos intensos.

É notório que as ações antrópicas ocasionam inúmeras mudanças no meio ambiente, para Rodrigues et al. (2009, p. 2), essas ações “refletem alterações significantes no equilíbrio dos sistemas naturais, o aumento da população e do processo de urbanização nas últimas décadas intensificaram ainda mais os impactos da interferência humana aos recursos naturais”.

De acordo com as ideias de Araújo (2009), alguns fatores têm contribuído significativamente para o desaparecimento de rios e lagos, sendo os mais recorrentes: A ocupação irregular do solo, a utilização irracional da água, assoreamento, erosão, impermeabilização, entre inúmeras outras razões.

A área objeto de estudo encontra-se situada no bairro Coroadinho, o bairro mais populoso abrangido pela sub-bacia do Rio das Bicas e conseqüentemente um dos mais problemáticos, segundo Nascimento (2010, p. 66), “Diversas famílias se constituem as margens do Rio das Bicas, o qual possui uma de suas nascentes localizada no bairro da Salinas do Sacavém, em meio às casas de onde os esgotos escorrem in natura para o rio”.

De acordo com as ideias de Lopes (2017), a região da bacia do Bacanga, que possui o Rio das Bicas como afluente, é marcada pelo surgimento de grande número de habitações por pessoas mais carentes nas margens dos corpos d’água, sendo uma área reconhecida por ausência de inúmeros serviços.

Ainda segundo Lopes (2017, p.11), “o Rio das Bicas sofre constantemente com enorme impacto de poluição, relacionada a ocupação desordenada associada ao desmatamento de manguezais e ao assoreamento de suas margens”. Portanto, o objetivo principal deste estudo é analisar a área sob a perspectiva dos principais problemas ambientais, conhecendo e discutindo os impactos causados ao rio e que são resultantes das ações de crescimento desordenado e conseqüentemente da ineficiência de serviços básicos necessários.



2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O Rio das Bicas é um dos principais afluentes da bacia hidrográfica do Bacanga, segundo Bezerra, Guerra e Mike (2014, p. 65), "A bacia do rio Bacanga possui uma área de 95,24 km² e está localizada na porção Centro-NW da Ilha do Maranhão e do município de São Luís, sua nascente está inserida no tabuleiro do Tirirical."

A sub-bacia do Rio das Bicas abrange bairros como o Bairro de Fátima, Sacavém, Coroadinho, Filipinho, entre outros. Segundo Nascimento (2010), esta sub-bacia é a área mais afetada pela degradação ambiental, pois há descarga de esgoto oriunda de diversas partes da cidade, a cobertura vegetal é caracterizada por capoeira baixa, além de áreas de cultivos.

De acordo com Martins (2008) a sub-bacia tem sua delimitação pelas coordenadas 2°33.132'S e 44°17.205' W. A área estudada (Figura 1) refere-se a um trecho do rio situado no bairro do Coroadinho que compreende a área com maior presença de pessoas vivendo ao redor do rio neste bairro.



Figura 1 – Mapa de Localização da área de estudo
Fonte: Dos autores (2019)

2.2 Método

Através de análises em campo buscou-se evidenciar os principais impactos ocasionados às margens do Rio das Bicas no bairro Coroadinho, além da satisfação da população local em relação ao meio em que vivem por meio da aplicação de questionários com perguntas abertas e fechadas acerca de questões baseadas em saneamento ambiental. As etapas que compreendem o desenvolvimento deste estudo estão dispostas da seguinte forma: Levantamento bibliográfico; Visitas em

campo e levantamento dos resultados.

Para melhor avaliar os impactos ambientais existentes às margens do rio, construiu-se uma tabela de agregação de impactos ambientais baseada na metodologia de Leopold (1971). A metodologia de Leopold consiste na concepção da identificação dos prováveis impactos que uma ação pode causar, entretanto, buscou-se neste estudo utilizar dos métodos qualitativos adaptados por Da Cunha Ferreira (2017) conforme os parâmetros definidos por Santos (2004) para analisar os impactos já existentes às margens do Rio das Bicas. O autor define 18 parâmetros qualitativos de identificação de impactos, neste estudo utiliza-se seis deles: Origem, Extensão, Frequência, Estado evolutivo, Reversibilidade e Importância.

Para aplicação dos questionários optou-se por escolher o trecho que possui maior ligação da população com os cursos de água, dessa forma, analisou-se através das imagens fornecidas pelo Google Earth o local com maior acúmulo de pessoas. Ao total, foram 60 questionários aplicados em 5 ruas. As cinco ruas escolhidas são: Rua da Salina ($2^{\circ}33'37.73''S$ e $44^{\circ}15'43.77''O$); Rua da Alegria ($2^{\circ}33'37.79''S$ e $44^{\circ}15'47.64''O$); Rua Nova ($2^{\circ}33'35.36''S$ e $44^{\circ}15'51.24''O$); Rua da Felicidade ($2^{\circ}33'38.13''S$ e $44^{\circ}15'50.49''O$) e Rua Bom Jesus ($2^{\circ}33'35.36''S$ e $44^{\circ}15'52.71''O$);

O questionário aplicado abrange 11 questões, sendo 10 questões de múltipla escolha e 1 de caráter aberto, as questões de múltipla escolha abordam aspectos sociodemográficos tais como **gênero**, idade, escolaridade e tempo de moradia no bairro, além de questões voltadas para as problemáticas de saneamento ambiental, como serviços de esgotamento sanitário, gestão de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais, pois quando ineficientes interferem negativamente na qualidade do rio. Além disto, foram aplicadas questões relacionadas diretamente ao Rio das Bicas. A pergunta de caráter aberto abrange especificamente a temática dos impactos ambientais da área, buscou-se através dessa pergunta conhecer a percepção dos moradores acerca de qual seria o principal problema relacionado ao rio.

As alternativas das questões objetivas propostas no questionário buscam medir o nível de satisfação de cada morador, portanto, foram padronizadas da seguinte forma: Totalmente insatisfeito; Insatisfeito; Indiferente; Satisfeito e Totalmente satisfeito. Para que fosse possível medir a confiabilidade dos questionários aplicados utilizou-se da padronização estabelecida pela escala de Likert (1932), onde cada alternativa disposta equivale a um número, sendo estes de 1 à 5, respectivamente. As respostas da questão subjetiva também foram padronizadas de 1 a 5 para aplicação em tabela de confiabilidade. No que diz respeito às respostas, foram divididas nos seguintes grupos: 1- equivale a conscientização dos moradores, 2- falta de manutenção por parte do poder público, 3- inundações, 4- poluição (esgoto, lixo) e 5- não souberam o que responder ou apenas não quiseram responder.

A fim de medir a confiabilidade dos questionários e possuir maior garantia das respostas e consequentemente demonstrar os reais problemas da área de estudo



mediante o olhar da população, os questionários aplicados foram submetidos à análise do coeficiente alfa de Cronbach (1951), (Figura 2). Os padrões classificatórios adotados (Figura 3) são baseados na metodologia de Freitas e Rodrigues (2005).

$$\alpha = \frac{N}{(N - 1)} \left[1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right]$$

Figura 2 – Fórmula para análise do coeficiente interno utilizando alfa de Cronbach
Fonte: Adaptado de Cronbach (1951)

Onde: N= número de itens;

Vi: Somatório da variância de cada item (questão);

Vt: Variância da soma das respostas de todos os entrevistados.

Confiabilidade					
Valor de α	$\leq 0,30$	$0,30 < \alpha \leq 0,60$	$0,60 < \alpha \leq 0,75$	$0,75 < \alpha \leq 0,90$	$\alpha < 0,90$
	Muito baixa	Baixa	Moderada	Alta	Muito alta

Tabela 1 – Valores para alfa de Cronbach
Fonte: Adaptado de Freitas e Rodrigues (2005)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Perfil dos entrevistados

Com o intuito de conhecer o público alvo dessa pesquisa (moradores próximo ao rio) e a respectiva satisfação de cada morador quanto aos serviços que interferem diretamente na qualidade deste recurso natural, aplicou-se um modelo de questionário contendo 10 questões objetivas e 1 questão subjetiva, que abordam informações sociodemográficas, de saneamento ambiental e percepção ambiental dos indivíduos em relação ao rio.

As análises realizadas para compreensão dos resultados obtidos demonstram que a maioria dos entrevistados são do sexo masculino, e ocupam cerca de 55% do percentual mostrado no Gráfico 1. As mulheres, por sua vez, apontam cerca de 45% do total dos 60 entrevistados. No que diz respeito à faixa etária, 33% da população entrevistada possui 60 anos ou mais, o que torna possível perceber que grande parte dos entrevistados constitui uma faixa etária mais elevada, portanto, aqueles que também possuem maior tempo de moradia possuem maior capacidade de relatar todos os problemas encontrados no bairro desde o seu rápido crescimento.



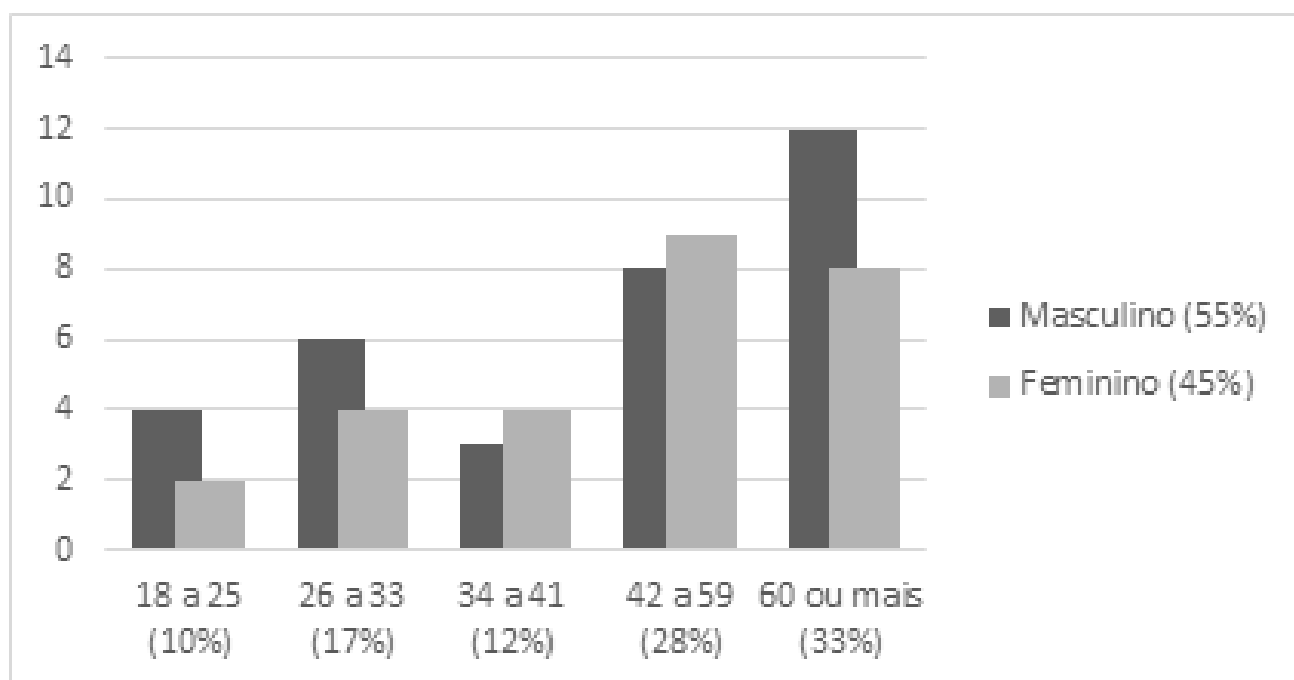


Gráfico 1 – Faixa etária
Fonte: Dos autores (2019)

Os Gráficos 2 e 3 indicam o grau de escolaridade dos entrevistados e o tempo de moradia no bairro, respectivamente. O gráfico 2 demonstra que 49% representa como o maior número de entrevistados aqueles que possuem apenas o ensino médio completo. O gráfico 3 revela o tempo de moradia dos entrevistados no bairro, dessa forma, o percentual com maior destaque refere-se a opção de mais de 10 anos, representado no gráfico por 77% da população entrevistada.

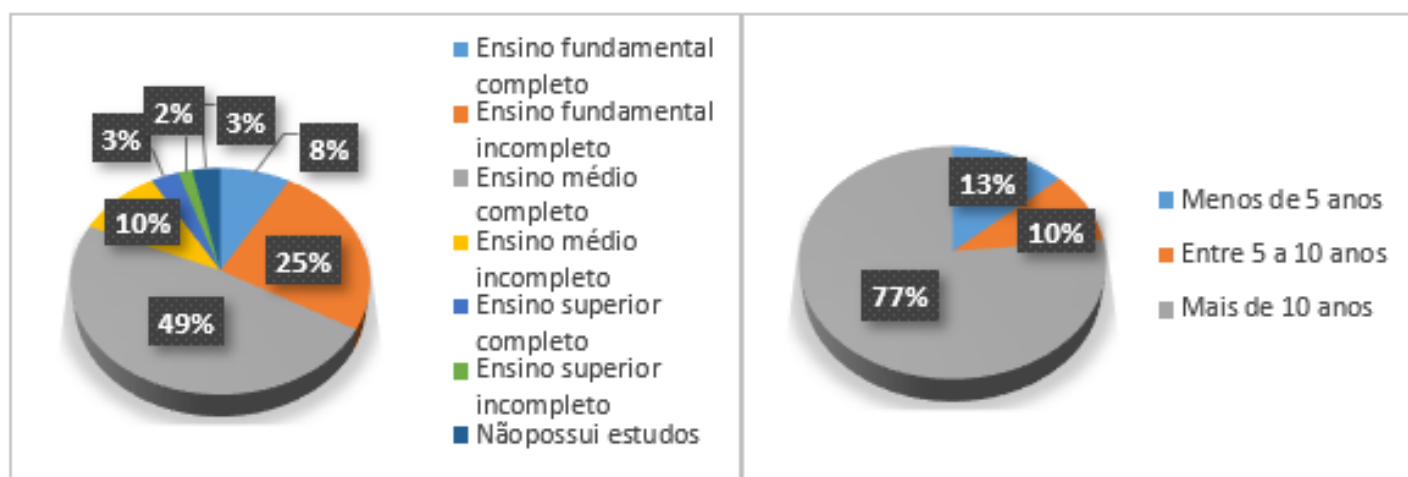


Gráfico 2 – Grau de escolaridade; Gráfico 3 – Tempo de moradia
Fonte: Dos autores (2019)

3.2 Análises do grau de satisfação da população quanto aos serviços de saneamento ambiental

Nos Gráficos 4, 5 e 6 encontram-se o grau de satisfação dos moradores com as questões de saneamento pertencentes ao bairro. Em relação aos serviços de esgotamento sanitário, 47% dos entrevistados disse estar muito insatisfeito (Gráfico 4), isto justifica-se tanto pela presença do esgoto a céu aberto em algumas ruas quanto pela questão do despejo no rio. Quanto à gestão dos resíduos sólidos, 50% dos entrevistados consideram-se satisfeitos com a coleta realizada no bairro, que acontece três vezes por semana sem interrupções (Gráfico 5). No Gráfico 6 é retratado o grau de satisfação dos entrevistados com a conscientização ambiental dos moradores do bairro Coroadinho, que representa que 64% estão muito insatisfeitos com a ausência de consciência das pessoas, o que se caracterizou como um dos principais causadores dos impactos ambientais no Rio das Bicas.

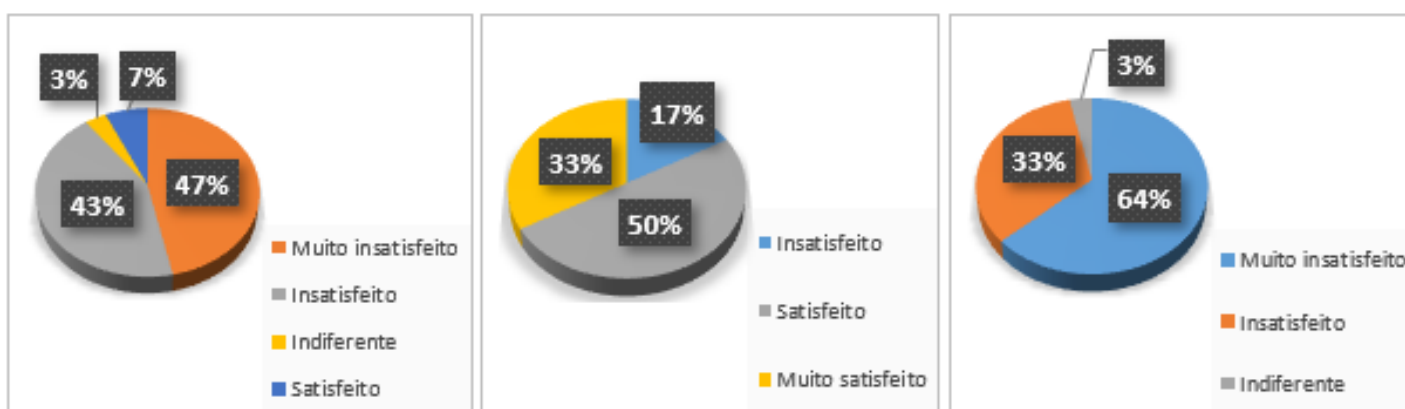


Gráfico 4 – Esgotamento sanitário; Gráfico 5 – Resíduos sólidos; Gráfico 6 – Consciência ambiental
Fonte: Dos autores (2019)

A análise de satisfação com a gestão das águas pluviais mostrada no Gráfico 7, revela que as respostas variaram de muito insatisfeito até satisfeito, tendo 47% dos resultados como insatisfeito. Outro quesito observado foi a satisfação com o local onde vivem (Gráfico 8), apontando insatisfação de 45% dos entrevistados. Quando questionados sobre sua aceitabilidade e satisfação com a atual situação do Rio das Bicas, a maioria, representando 65%, disse estar muito insatisfeito com os problemas presenciados (Gráfico 9).

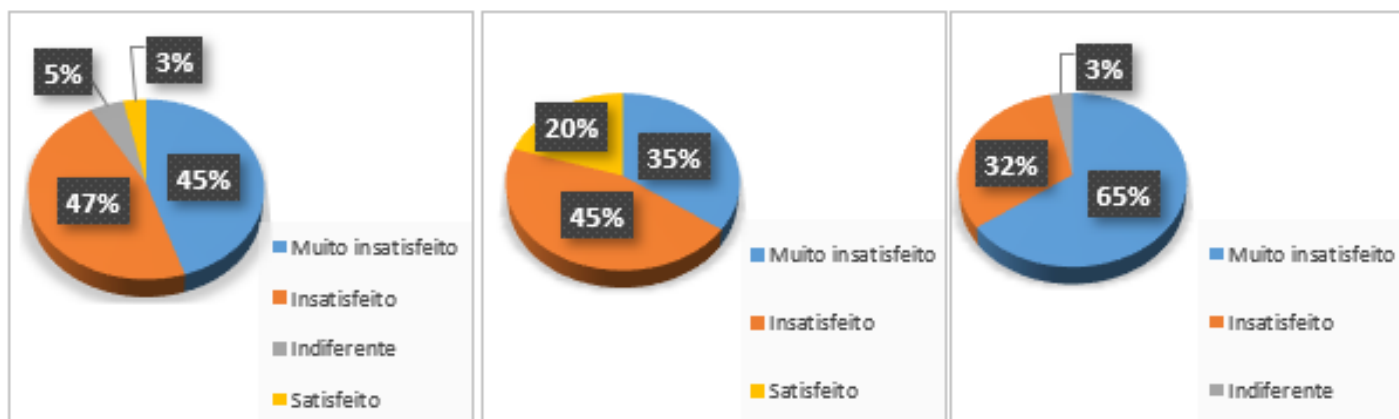


Gráfico 7 – Águas pluviais; Gráfico 8 – Local de moradia; Gráfico 9 – Situação atual do Rio
Fonte: Dos autores (2019)

Por fim, o Gráfico 10 aborda os resultados relacionados ao principal problema no Rio das Bicas mediante o olhar da população, apontado seus resultados para a falta de conscientização dos moradores quanto ao descarte de seus resíduos, com percentual de 37% das respostas. Observou-se que a falta de conscientização ambiental tornou-se o principal motivo dos impactos ao rio, pois segundo relatos dos moradores, mesmo a coleta de resíduos sólidos sendo realizada nos dias determinados pela prefeitura, é possível encontrar diariamente pessoas descartando seus resíduos diretamente no corpo hídrico, o que colabora para o assoreamento do canal e conseqüentemente para a geração das enchentes que ocorrem no bairro durante os períodos com altos níveis pluviométricos.

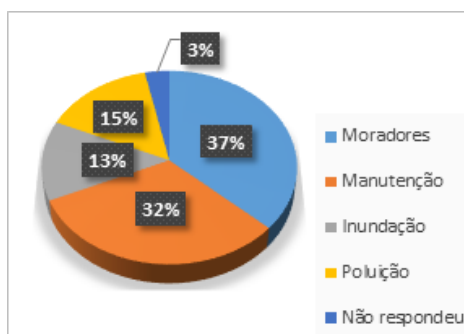


Gráfico 10 – Principal problema relacionado ao Rio das Bicas
Fonte: Dos autores (2019)

3.3 Avaliação da confiabilidade dos questionários

As alternativas escolhidas por todos os 60 entrevistados foram armazenadas em uma base de dados para que pudessem ser úteis para a medição da confiabilidade das respostas obtidas e posteriormente para a discussão das mesmas. Os dados utilizados na tabela a seguir (Tabela 2), fazem referência às questões (5ª a 10ª) que possuem o mesmo padrão de alternativas (muito insatisfeito, insatisfeito, indiferente, satisfeito, muito satisfeito) e que equivalem ao número de 1 à 5 na escala de Likert (1932). Como discutido, a questão subjetiva (11ª) também passou por um processo de padronização para a mesma escala citada anteriormente. A tabela exemplifica as respostas de apenas 10 dos 60 respondentes. A variância do somatório das respostas de cada pergunta apresentada ao final da tabela corresponde as respostas de todos os 60 entrevistados.

Base de dados									
Entrevistados	Idades	5ª questão	6ª questão	7ª questão	8ª questão	9ª questão	10ª questão	11ª questão	Total
1	42 a 59	2	5	2	2	2	1	4	18
2	34 a 41	2	4	2	2	2	1	3	16
3	42 a 59	1	5	2	2	2	2	4	18
4	34 a 41	2	5	1	2	1	1	2	14
5	60	2	5	2	1	4	2	4	20
6	60	2	5	2	4	2	2	4	21
7	60	2	4	3	2	2	3	2	18
8	42 a 59	2	4	1	3	2	1	3	16
9	60	4	4	2	2	4	2	2	20
10	60	1	4	1	1	1	1	3	12
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
DADOS ESTATÍSTICOS									
VARIÂNCIA		0,688136	1,016949	0,311864	0,531073	1,166949	0,308192	1,114124	

Tabela 2 – Base de dados das respostas obtidas
Fonte: Dos autores (2019)

O somatório das variâncias de cada item (5,418644), assim como a variância do total das respostas de todos os entrevistados (15,89718) foram substituídos na fórmula (Figura 3). Após a realização do cálculo, obteve-se o seguinte resultado para o valor do coeficiente de alfa de Cronbach: 0,76900. Dessa forma, de acordo com o padrão classificatório de Rodrigues e Freitas (2005), o valor obtido representa alto grau de confiabilidade para os questionários aplicados.

$$\alpha = \frac{7}{(7 - 1)} \left[1 - \frac{5,418644}{15,89718} \right]$$

Figura 3 – Fórmula para análise do coeficiente interno utilizando alfa de Cronbach
Fonte: Adaptado de Cronbach (1951)

3.4 Avaliação de impactos ambientais

Como resultado final deste estudo, buscou-se enfatizar os problemas mais significativos encontrados no bairro Coroadinho que estão diretamente relacionadas à degradação do Rio das Bicas, demonstrando ainda os principais impactos perceptíveis ao longo do rio. O bairro objeto de estudo sofre com a falta de serviços de saneamento ambiental, estes não somente constatados através de visitas ao bairro, mas também evidenciados através do nível de satisfação dos moradores. Problemas significativos como ineficiência dos serviços de coleta e tratamento de esgoto, por exemplo, afetam diretamente a qualidade do Rio das Bicas, uma vez que o mesmo está inserido em área urbanizada. Dessa forma, foi possível identificar impactos ao meio físico, biótico e antrópico e classifica-los a partir de diferentes parâmetros conforme a matriz abaixo (Tabela 3):

IMPACTOS			ORIGEM		EXTENSÃO		FREQUÊNCIA			ESTADO EVOLUTIVO			REVERSIBILIDADE			IMPORTÂNCIA		
			D	I	L	R	FA	FM	FB	E	R	EX	RG	RM	RB	IM	M	F
MEIO FÍSICO	AR	Poluição olfativa	X		X		X					X		X		X		
		Inundações	X			X			X			X		X		X		
	ÁGUA	Degradação da qualidade da água	X			X	X					X			X	X		
		Erosão	X		X		X					X			X	X		
	SOLO	Contaminação do solo	X		X			X				X		X		X		
MEIO BIÓTICO	FAUNA	Mortandade de animais	X		X		X					X			X	X		
		Disseminação de fauna sinantrópica novica	X		X		X					X		X		X		
	FLORA	Diminuição da mata ciliar	X		X		X					X			X	X		
		Perda de biodiversidade	X		X			X				X			X	X		
MEIO ANTROPÓICO	Alteração nas condições de saúde		X		X			X				X		X		X		
	Poluição visual		X		X		X					X		X			X	

Legenda: *Origem:* Direto (D), Indireto (I); *Extensão:* Local (L), Regional (R); *Frequência:* Frequência alta (FA), Frequência média (FM), Frequência baixa (FB); *Estado evolutivo:* Estacionário (E), Retroativo (R), Em expansão (EX); *Reversibilidade:* Reversibilidade grande (RG), Reversibilidade média (RM); Reversibilidade baixa (RB); *Importância:* Importante (IM), Moderada (M), Fraca (F).

Tabela 3 – Matriz de avaliação qualitativa de impactos ambientais
Fonte: Dos autores (2019)

3.4.1 Impactos ao meio físico

A evolução da degradação do Rio das Bicas é totalmente perceptível, visto que as atividades geradoras dos impactos ambientais e consequentemente os próprios impactos são observados diariamente e estão ocasionando danos que dificilmente serão revertidos. Devido à grande quantidade de resíduos sólidos descartados de forma incorreta, moradores do bairro que possuem contato maior com o rio convivem com a presença de poluição olfativa. O esgoto despejado não somente diretamente no rio, mas também nas ruas (Figura 4a, b) também ocasiona um forte odor que incomoda diariamente a população.



Figura 4 – Esgoto nas ruas
Fonte: Dos autores (2019)

A construção do canal do Rio das Bicas (Figura 5a) trouxe uma nova perspectiva para a solução dos problemas existentes. Esta construção surgiu com o intuito de diminuir o número de enchentes, aspecto bastante perceptível nesta região da cidade. O canal foi dimensionado e apropriado para receber o volume da chuva, entretanto, devido as atividades irregulares da população como descarte de lixo em todo o curso do rio, bem como nas margens do canal (Figura 5b), os benefícios desta obra acabaram sendo impedidos.



Figura 5 – Canal do Rio das Bicas
Fonte: Dos autores (2019)

Acontecimento extremamente comum no dia a dia da população do bairro são os alagamentos, nota-se que as áreas próximas ao rio sofrem constantemente com este impacto (Figura 6a). Quando o nível da chuva é significativamente elevado, e o rio não consegue suportar o volume das águas, as inundações tomam conta do bairro trazendo grandes prejuízos à população. Este impacto é resultado efetivamente da retirada da mata ciliar observada ao longo do trecho do rio, pois, aliado ao descarte incorreto de resíduos (Figura 6b), estas atividades proporcionam um maior índice de assoreamento e consequentemente as inundações acontecem.



Figura 6 – Alagamentos próximos ao rio
Fonte: Dos autores (2019)

Outro impacto notado ao meio físico foi a alteração da qualidade das águas, isto pode ser explícito através do lançamento de efluentes domésticos in natura. A coloração da água e a presença de plantas que caracterizam um processo de eutrofização (Figura 7) são indicadores de que a qualidade está comprometida, pois aponta a forte presença de matéria orgânica. Além disto, ainda devido à disposição inadequada por um longo período de tempo de resíduos sólidos verificados às margens do rio, constata-se a grande possibilidade de contaminação do solo.

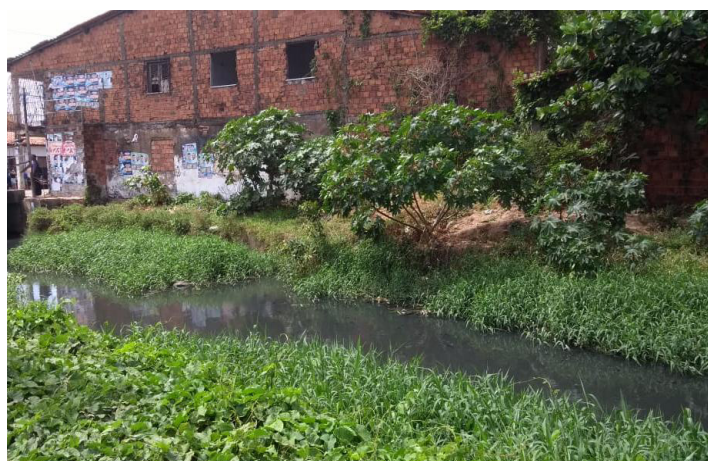


Figura 7 – Alteração da qualidade das águas
Fonte: Dos autores (2019)

3.4.2 Impactos ao meio biótico

Constatou-se a redução da diversidade biológica, pois espécies vegetais e animais desapareceram em função de impactos diretos advindos do crescimento populacional, como por exemplo o despejo de esgoto diretamente no rio, que acarreta na diminuição do oxigênio dissolvido, impossibilitando a existência de espécies de peixes. Além disso, percebeu-se a retirada da mata ciliar para construção de casas próximas ao rio (Figura 8 a,b).

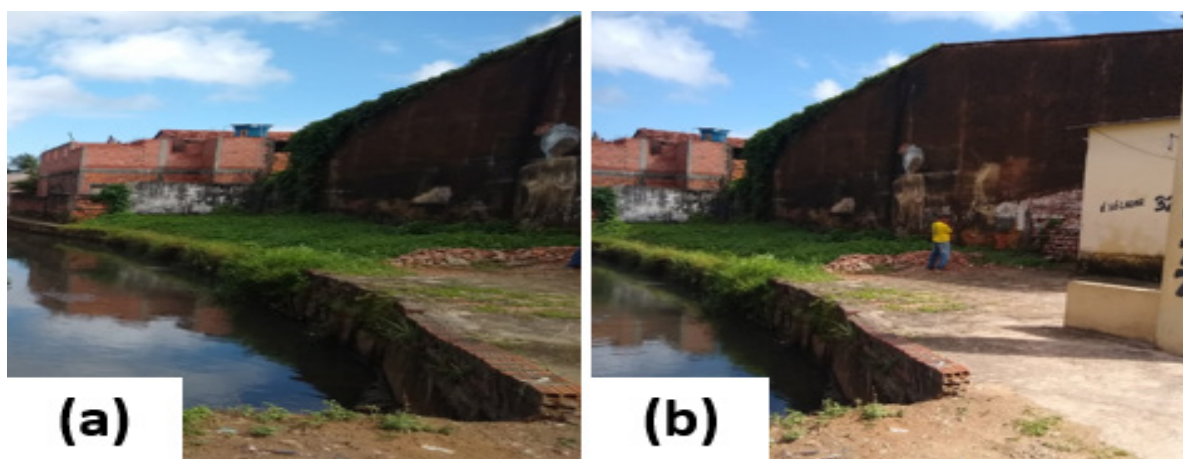


Figura 8 – Retirada da mata ciliar para construção de casas próximas ao rio
Fonte: Dos autores (2019)

O aumento da pressão antrópica pode ser entendido como um significativo fator de impacto ao meio biótico, pois as atividades relacionadas a crescente e desordenada urbanização ocasionam diversos danos à fauna e flora local. Além desta situação, toda a irregularidade presenciada proporciona o desenvolvimento de fauna sinantrópica nociva.

3.4.3 Impactos ao meio antrópico

Como discutido, uns dos principais impactos ocasionados pela crescente urbanização no bairro, foram o aumento na geração de resíduos sólidos e consequentemente o descarte inadequado por conta da falta de consciência ambiental da população. Sabe-se que a poluição causada por esgotos e outros tipos de resíduos descartados no rio ocasiona forte poluição visual, para além deste problema, existe ainda grande proliferação de insetos, roedores e a contaminação do solo, propiciando muitos abrigos para mosquitos vetores de doenças, dessa forma, afetando diretamente a qualidade de vida da população.

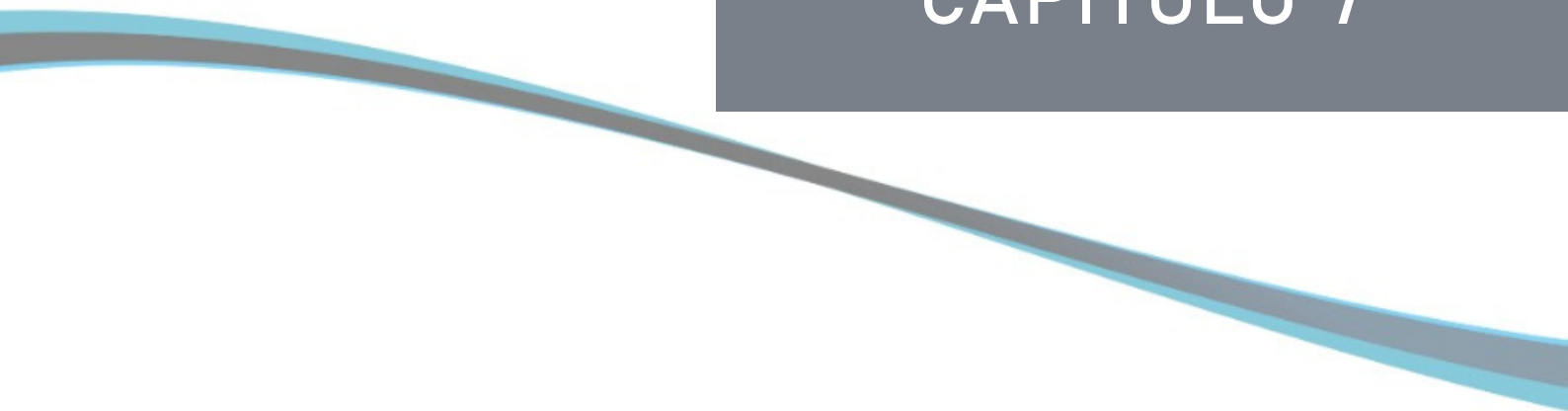
4. CONCLUSÃO

Observou-se que a urbanização desordenada é responsável pela maioria dos problemas encontrados, que o descarte de maneira incorreta dos resíduos sólidos e a retirada da mata ciliar são algumas das causas de assoreamento do Rio das Bicas. A quantidade de resíduos lançados na margem do rio serve também de atrativo para a presença de animais sinantrópicos. O despejo de efluentes residenciais no Rio, além de provocar desconforto visual e causar poluição olfativa, atrai também mosquitos transmissores de doenças, alterando a qualidade de vida da população local. Por fim, conclui-se que as consequências das atividades humanas irregulares

contribuem para o esgotamento de recursos ambientais, aliado à isso, observa-se também a falta de manutenção por parte do poder público. Portanto, a partir do que foi analisado, recomenda-se ações efetivas de recuperação do rio, assim como também atividades relacionadas à conscientização da população no que se refere à preservação ambiental.

Referências

- CRONBACH, Lee J. Coefficient alpha and the internal structure of tests. **Psychometrika**, v. 16, n. 3, p. 297-334, 1951.
- DA CUNHA FERREIRA, Tafnys Hadassa et al. Estudo de Caso: Avaliação de Impactos Ambientais no Horto Florestal-Tote Garcia em Cuiabá-Mato Grosso. **Uniciências**, v. 21, n. 2, p. 74-80, 2017.
- DE ARAÚJO, Lincoln Eloi et al. Bacias hidrográficas e impactos ambientais. *Qualitas Revista Eletrônica*, v. 8, n. 1, p. 1-18, 2009.
- FREITAS, André Luís Policani; RODRIGUES, Sidilene Gonçalves. A avaliação da confiabilidade de questionários: uma análise utilizando o coeficiente alfa de Cronbach. **XII SIMPEP**, p. 1-15, 2005.
- LEOPOLD, L.B. **A procedure for evaluating environmental impact**. Washington: U.S. Geological Survey, 1971.
- LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**, v. 22, n. 140, p. 44-53, 1932.
- LOPES, Antonio Viana. Gestão e Planejamento de Bacia Hidrográfica: requalificação urbana e ambiental da bacia do Rio Bacanga. **Revista Científica do CEDS**, nº 7, p. 1-28, 2017.
- MARTINS, A. L. P. **Avaliação da Qualidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Bacanga (São Luís - MA) com Bases em Variáveis Físico-Químicas, Biológicas e Popacionais: Subsídios para um manejo sustentável**. 2010. 111 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2008.
- NASCIMENTO, Jackgrayce Dutra et al. **O índice de sustentabilidade ambiental do uso da água (isa) como ferramenta de contribuição às políticas públicas de desenvolvimento e conservação na bacia do Rio Bacanga, São Luís/MA**, 2010. 95 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós graduação em Sustentabilidade de Ecossistemas, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2010.
- RODRIGUES BEZERRA, J.F.; TEIXEIRA GUERRA, A.J.; MIKE, F. Caracterização geomorfológica da bacia do Rio Bacanga, ilha do Maranhão. **Revista Geonorte**, v. 5, n. 16, p. 64-69, 2014.
- RODRIGUES, ISABELLE et al. Diagnóstico dos impactos ambientais advindos de atividades antrópicas na margem do rio Sanhauá e Paraíba. *Centro Científico Conhecer-enciclopédia biosfera*, Goiânia, v. 5, n. 8, p. 2-15, 2009.
- SANTOS, R.F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**: Oficina de Textos, 2004.



CAPÍTULO 7

COMO A INSTABILIDADE DA INFRAESTRUTURA DO CORTE 01 – KM 229+000 DA FERROVIA NORTE SUL PODE IMPACTAR AMBIENTALMENTE A COMUNIDADE QUE A CIRCULA?

Jacyara Araujo Costa
Marcos André Silva Araújo

RESUMO

As ferrovias são um modal em expansão no país, trens e metrô expandem suas malhas diariamente. Contudo, as questões ambientais que envolvem os empreendimentos ferroviários são por muitas vezes deixados de lado, remetendo a diversos problemas que se perpetuam e se agravam quando poderiam ser sanados ou mitigados. O presente trabalho busca conhecer os principais impactos ocasionados pela instabilidade da infraestrutura do Km 229, conhecido como Corte 01 da Ferrovia Norte Sul (FNS). Foram realizadas pesquisas bibliográficas, visitas de campo e estudo de proposta para solucionar o problema da instabilidade. Diversos impactos foram identificados, em especial a poluição e os problemas de ocupações irregulares e de infraestrutura. Sendo assim, esses impactos foram listados e procurou-se identificar sua possível causa a fim de propor medidas mitigadoras para cada um. Para finalizar procurou-se mostrar também as vantagens e os impactos positivos da ferrovia e espera-se que futuramente esse quadro seja revertido.

Palavras-chave: Impacto Ambiental, Corte 01, km 229+000, Km 216, Estreito – Maranhão.

ABSTRACT

The railways are a booming in the country modal, trains and subways expand your knitting daily. However, environmental issues involving the railway undertakings are often left aside, referring to several problems that perpetuate and worsen when they could be solved or mitigated. The present paper seeks to know the main impacts caused by instability of the infrastructure of Km 229, known as Cut North South Railway 01 (FNS). Bibliographic searches were carried out field visits and study of proposal to solve the problem of instability. Several impacts were identified, in particular the pollution and the problems of irregular occupations and infrastructure. Therefore, these impacts were listed and sought to identify his possible cause in order to propose mitigating measures for each. Finally sought to show also the advantages and the positive impacts of the railway and it is expected that in the future this situation be reversed.

Keywords: Environmental impact, Corte 01, km 229+000, Km 216, Estreito – Maranhão.



1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem crescido em ritmo acelerado nos últimos anos. Com isso a economia ganhou um impulso enorme, o que reflete em investimentos ferroviários, o que resultou na construção da Ferrovia Norte Sul.

O primeiro trecho da Ferrovia Norte-Sul (FNS), entre Açailândia, no estado do Maranhão, e Palmas, no estado do Tocantins, com 720 km, foi concluído pela Valec - Engenharia, Construções e Ferrovias S.A., em 2010.

Em Açailândia, a Ferrovia Norte – Sul se interliga à Estrada de Ferro Carajás (EFC), fornecendo acesso ao Porto de Itaqui.

Portanto, esse trecho de 720 km, entre Açailândia e Palmas é operado pela FNS S.A., empresa do grupo VLI, e tem por objetivo formar um corredor logístico para escoar as commodities agrícolas bem como outros itens, como fertilizantes e combustíveis.

A carga principal da Ferrovia Norte Sul é a soja, embarcada em Porto Franco-MA e em Colinas do Tocantins-TO, entretanto também já transporta minério de ferro embarcado em Guaraí-TO até Açailândia-MA.



Figura 1 - Mapa da Ferrovia Norte Sul

O Glossário dos termos Ferroviários da ANTF (2010) define ferrovia como um sistema de transporte sobre trilhos, constituído de via férrea e outras instalações fixas, material rodante, equipamento de tráfego e tudo mais necessário à condução segura e eficiente de passageiros e carga.

A Ferrovia estimula o desenvolvimento socioeconômico, além de favorecer o surgimento de indústrias e a geração de novos empregos.

Para Charlier e Júnior (2004), baseado em dados da Ferrovia Centro Atlântica (2002), o transporte ferroviário é reconhecido por, intrinsecamente, gerar o menor

impacto ambiental, pois uma tonelada de carga em rodovias planas de pavimentação lisa requer quatro vezes mais energia não renovável do que é exigido nas estradas de ferro, sendo bastante conhecida a relação 1:3:10 que explica o consumo energético comparativo hidrovia:ferrovia:rodovia.

De acordo com a Legislação brasileira, meio ambiente é “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas”. (Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, art.

3º, I). Já a Resolução nº 001 do CONAMA (23/01/86) definiu: “impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, etc.”.

Porém, ao mesmo tempo em que os transportes são essenciais à sociedade moderna, com todos os benefícios econômicos e sociais que proporcionam estes também trazem consigo impactos ao meio ambiente. Logo, esses impactos afetam todos os meios: físico, biótico e antrópico, portanto, as discussões relativas à instabilidade do objeto de estudo são bastante abrangentes.

Dentre as principais justificativas temos em primeiro plano as questões ambientais, ou seja, conhecer os principais impactos provenientes das operações e da infraestrutura ferroviária. O trabalho propõe como objetivo geral; conhecer os impactos socioambientais que a infraestrutura ferroviária gera no trecho estudado. E como objetivos específicos; tratar a instabilidade proporcionada por cortes; apresentar a solução de recomposição do muro com suas inconveniências; desenvolver estratégias de terraplenagem, recomposição da drenagem e reforço estrutural com fins de estabilização do corte.

O presente trabalho busca conhecer os principais impactos ambientais ocasionados pela instabilidade da infraestrutura do Km 216, conhecido como Corte 01 da Ferrovia Norte Sul (FNS). Para a Valec, este corte segue a quilometragem de 228+850 ao Km 229+610. Neste trabalho, trataremos da quilometragem com referência da VLI (marcos ferroviários existentes).



2. ÁREA DE ESTUDO

2.1 Localização



Figura 2 – Vista aérea do Corte 01

A área de estudo está situada no Município de Aguiarnópolis no Estado de Tocantins, a qual faz fronteira com o Município de Estreito no estado do Maranhão por intermédio de uma ponte rodoviária e uma ferroviária sobre o rio Tocantins; em um local onde este rio reduz bruscamente sua largura de cerca de 800 m, chegando a ter aproximadamente 134 m.



Figura 3 – Vista do Corte 01

O local escolhido para o estudo é um talude de Corte, situado no emboque sul (tendo como referência a ordem crescente da quilometragem) da passagem sob a rodovia Belém-Brasília, sendo denominado de Corte 1, possui características de projeto bastante peculiares, tais como: Rampa máxima 0,6%; Raio mínimo 343 m.

O Corte 1 inicia-se na estaca km 228 + 850, tendo seu finaliza no km 229+610, tendo, portanto, uma extensão de 760 m; sua altura máxima é de aproximadamente 25 m.

Os taludes do corte foram projetados para terem declividade de 3V:2H e banquetas com 4 m de largura com um desnível de 8 m, formando um talude médio de 1:1 (45 graus).

2.2 Caracterização Vegetal, Climatológica e Geológica

A vegetação predominante é do tipo cerradão, com formação de novos cerrados nas depressões periféricas dos chapadões ("canyons") que se alargam com o decorrer dos tempos, com predominância de babaquais.

O empreendimento situa-se na porção oeste do Maranhão, na zona de clima Tropical Equatorial, com clima tropical quente e úmido (Aw), apresentando duas estações, uma chuvosa (entre outubro e abril), outra menos chuvosa, porém não podendo ser definido como secos (entre junho e agosto). O Clima é considerado quente e sempre associado a uma umidade elevada. Quanto à variação pluviométrica verifica-se a ocorrência de máximos no verão e mínimos no inverno.

Com base em informações obtidas na CPRM (Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais), pode-se concluir que a área de estudo está situada em duas formações geológicas dominantes, compreendidas por:

- Formação Mosquito (Jurássico), que aflora entre os quilômetros: 227+900 e 229+500; 230+450 e 232+800; 238+800 e 239+320 da Ferrovia constituída por basaltos de cor cinza a verde escura, quando são; e apresentando diversas colorações quando alterados: vermelho, róseo e outros.
- Formação Sambaíba (Triássico), constituída por arenitos terrígenos com ocorrência de grãos arredondados e foscos de quartzo, além de estratificação cruzada planar em grande porte, típicos de deposição eólica. São arenitos de coloração variando de rosa a avermelhados com granulometria fina a média.

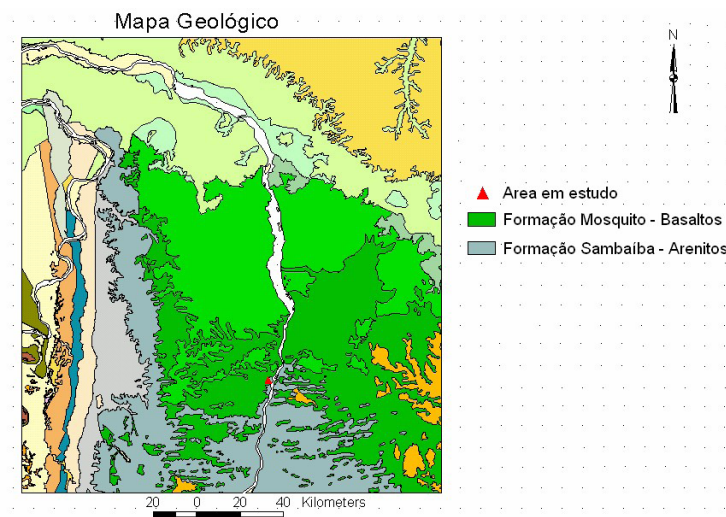


Figura 4 – Mapa Geológico da Região

Nesta região há predominância do basalto e solos provenientes de sua alteração, havendo variação de textura típica de diabásio, este por sua vez é o que torna a área pouco resistente.

Os constantes desmoronamentos ocorrem principalmente devido ao solo, em sua região mais superficial (acima da rocha sã) ser formado predominantemente por diabásio, com baixa resistência e notáveis variações de volume (expansibilidade).

Aparentemente, o mergulho das discontinuidades é desfavorável no lado direito, o que provocou os grandes deslizamentos, sendo menos prejudicial à estabilidade no lado esquerdo. Apesar disso, o lado esquerdo também não se mostra completamente estável, tendo ocorrido uma pequena ruptura, com cerca de 8 metros de extensão, mas com outras trincas indicando a iminência de novas rupturas na mesma região. Este deslizamento é atribuído a uma escavação anterior para empréstimo de material utilizado na construção da rodovia Belém-Brasília, que gerou um acúmulo de água na superfície. Esta água teria infiltrado e provocado a saturação do material, que rompeu quando escavado.

Podemos desta forma, concluir que o perfil geotécnico do local é constituído por uma camada inicial de aterro de argila siltosa, seguindo-se de um silte de consistência rija à dura, e de cores variadas.

A seguir tem-se uma camada de alteração de rocha com cerca de 2 a 3 m de espessura, vindo a seguir o topo do maciço de rocha propriamente dita.

3. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES DO ESTUDO DE CASO

3.1 A Estrutura Original

A estrutura original de contenção dos taludes executados após os emboques do túnel, tem altura variável, e foi executada através de parede diafragma moldada in loco no trecho em solo, e ligadas a estacas embutidas no trecho em alteração da rocha.

À montante da cortina tem-se um talude de aterro, dotado de bermas de 4,0 m de largura, foi removida grande quantidade do solo expansivo natural da base, antes da execução do aterro. O aterro foi compactado em camadas, com controle rigoroso de compactação.

3.2 Os Acidentes

Este corte teve sua execução iniciada em agosto de 2000 e logo começaram a surgir indícios de instabilidade decorrente de uma combinação indesejável – água e solo bastante expansivos.

O Corte estava parcialmente executado quando, com a ocorrência de chuvas ocasionais de grande intensidade, começaram a suceder deslizamentos em vários pontos do Corte 01.

O início antecipado do período de chuvas, em outubro de 2000, com precipitações de grande volume pluviométrico, provocou agravamento das ocorrências e o aumento de deslizamentos e a completa saturação do solo, impossibilitando a movimentação dos equipamentos de terraplenagem e outros, necessários à execução de serviços de estabilização do corte.

Assim, durante todo o período chuvoso, foram postas em prática ações de caráter emergencial para manter sob controle a instabilidade dos taludes, evitando o colapso do corte e a propagação dos esgotamentos na direção das habitações lindeiras à ferrovia, situadas ao núcleo urbano de Aguiarnópolis.

No ano 2000, ocorreram três escorregamentos no emboque sul do túnel sob a rodovia Belém – Brasília, quando as mesmas alcançavam a cota 168 m aproximadamente. O primeiro deslizamento situa-se próximo ao lado direito entre a estaca km 229+ 024m a 229 + 060m, enquanto que o segundo situa-se também no lado direito na estaca km 229 + 120m; já o terceiro, de menor proporção ocorreu no lado esquerdo do talude na estaca km 229 + 120m.





Figura 5 – Deslizamento entre as estacas km 216 + 024 a 216 +060 LD

A partir de diagnóstico realizados no ano de 2001, concluíram que devido ao alto grau de saturação e instabilidade do corte, não seria possível a escavação do mesmo até o greide final de terraplenagem (aproximadamente cota 163,0m) e a posterior execução das contenções.

Assim optou-se pelo estudo de soluções de contenção que utilizassem um método executivo que permitisse a sua implantação sem a necessidade inicial de remoção do solo, ou seja, a escavação até o nível do greide será feita por etapas, concomitantes com a implantação dos tirantes.

As soluções implantadas foram: muro executado pelo processo de parede diafragma, com tirantes; muro executado com micro-estacas de 0,30m de diâmetro, com tirantes e muro executado pelo processo de parede diafragma, com entroncas.

No ano de 2012, a instabilidade do Talude Corte 01, causou paralização no tráfego da Ferrovia Norte Sul e pânico na comunidade que a circunda.

A cerca de 300 metros da rodovia parte do muro rompeu formando uma cunha. O material carreando uma massa de solo que destruiu o muro e obstruiu parte da linha férrea. Na figura abaixo, verifica-se a na crista da superfície de escorregamento existe residências.

Para reativar a linha a FNS removeu o material rompido e executou um retaludamento provisório na região. Abaixo do retaludamento foi implantado um colchão drenante de brita envolto em geotêxtil.



Figura 6 – Deslizamento entre as estacas km 216 + 024 a 216 +060 LD

3.3 Comportamento Geotécnico dos Solos Expansivos

O comportamento desses solos é bastante peculiar. No seu estado natural e confinado eles apresentam elevada resistência ao cisalhamento por serem altamente préadensados. Outro aspecto importante é que as pressões laterais que permanecem no maciço são aquelas correspondentes ao estado antes do alívio de pressões verticais resultando que hoje, as pressões horizontais são maiores do que pressões verticais.

Em consequência deste histórico o solo apresenta no seu estado intacto planos naturais de ruptura (ou de cisalhamento), denominados de "slickensides" ou "planos espelho", ou seja, ele é dotado de uma rede de fissuras capilares que compartimentam o maciço em blocos prismáticos de tamanhos erráticos que dão ao maciço uma estrutura secundária que governa o seu comportamento mecânico.

Com a escavação do maciço há um alívio de tensões causando a expansão do solo e a abertura das fissuras planares. Essas fissuras tornam-se superfícies de rupturas potenciais. Aquele inchamento diferenciado da massa de solo produz novas fissuras transformando o solo numa matriz mole com núcleos duros. A experiência de abertura de cortes nesses solos tem mostrado que para solos muito fissurados o talude é instável logo após a escavação do corte uma vez que a instabilidade é causada pela reativação de rupturas ao longo de superfícies de cisalhamentos pré-existentes.

No caso do talude em questão provavelmente ocorreu uma combinação de três efeitos provocados pelo comportamento peculiar desse tipo de solo, a saber:

- a) Devido a expansibilidade do solo ser muito maior na direção horizontal, as pressões laterais aplicadas pelo solo na parede diafragma atirantada cola-

boraram para a instabilidade do talude.

- b) Devido a existência de um aterro compactado sobre o solo
- c) expansivo, ocasionando uma sobrecarga sobre o solo expansivo.
- d) Percolação de água pelo maciço.

O item c pode ser comprovado em função da constatação da presença de água no pé da parede diafragma, mostrando que existe uma rede de fluxo no maciço.

4. ESTUDOS ATUAIS PARA CONTER A INSTABILIDADE DO TALUDE

Os Estudos atuais, visam o Projeto de Reforço de Estrutura, Drenagem Superficial e Profunda da área e Recuperação e adequação de taludes localizados na FNS – Ferrovia Norte Sul, entre os Km 228 e 229, área denominada como Corte 01.

O projeto tem por objeto compatibilizar as obras de recuperação e reforço necessárias na área do Corte 01 com a operação da Ferrovia Norte Sul, diminuindo ou eliminando possíveis interferências operacionais que os serviços necessários exigem.

De acordo com o observado “in loco”, como solução de projeto optou-se pela redução da inclinação dos taludes encontrados, com conseqüente diminuição de massa em cima da rocha sã. Serão inseridos dispositivos de drenagens superficiais, bem como a inserção de drenagem profunda no intuito de diminuir a quantidade de água que chegará à rocha sã por percolação no solo.

Por meio sondagens foi possível determinação do perfil do terreno por meio de identificação dos solos e/ou rochas que formam as camadas ou estratos na subsuperfície, a compacidade ou consistência das camadas, a capacidade de carga das diferentes camadas e por fim a cota de ocorrência do embasamento rochoso.

Para verificação do modelo geotécnico do talude, ou seja, definição dos parâmetros físicos do solo foi realizada uma retro-análise.

A retro-análise é utilizada para determinar dados de resistência ao cisalhamento (coesão e ângulo de atrito) quando não existem resultados de ensaios.

O método se baseia na consideração que quando ocorre uma ruptura em um talude o fator de segurança no momento da ruptura é 1. Assim, reconstitui as condições do talude antes da ruptura, ou seja, geometria e forças atuantes. Com isso é possível determinar os parâmetros de resistência a coesão e ângulo de atrito.



5. PROJETO DE ESTABILIZAÇÃO DOS TALUDES

5.1 Drenagem

O projeto básico proposto para o Corte 01, em relação a drenagem, consta de maneira geral, de inserir dispositivos de drenagem superficiais ao longo de toda a extensão do corte no intuito de diminuir a quantidade de água a ser percolada no solo e diminuir a característica de expansibilidade do mesmo.

Para isto houve conformação dos taludes existentes dos dois lados da ferrovia no padrão 1,0V:2,5H, no intuito de garantir a inclinação suave do talude. Este foi recomposto permanecendo com caminho de serviço, duas faces e uma berma.

Do lado esquerdo da ferrovia o talude permaneceu com duas faces, e uma berma. Todos os taludes passarão por processo de hidrossemeadura com revegetação.

A drenagem superficial de uma ferrovia tem como objetivo interceptar e captar, conduzindo ao deságue seguro, as águas provenientes de suas áreas adjacentes e aquelas que se precipitam sobre o corpo estradal, resguardando a segurança e a estabilidade.

Para o dimensionamento dos dispositivos de drenagem superficial adotou-se um tempo de recorrência de 10 anos e tempo de concentração de 10 minutos.

O sistema de drenagem será composto dos seguintes dispositivos:

- Valetas;
- Descida d'água em degraus;
- Entrada d'água;
- Dissipadores de energia;
- Estrutura de Reforço da Cortina e Taludes.

O Pórtico é utilizado na grande maioria da extensão da área da cortina a reforçar. Esta estrutura será responsável por conter os esforços provenientes de 50% da resistência da cortina e esforços provenientes dos taludes estabilizados. A execução deste reforço é realizada com a utilização de máquinas para estacas raiz e perfis metálicos, executados pela estrada de serviço acima da cortina existente, de maneira que não existe nenhuma interferência na operação da Linha Férrea FNS.



6. IMPACTOS AMBIENTAIS

Quando nos deparamos com o termo “impacto ambiental”, automaticamente o associamos a eventos bastante negativos para o meio ambiente.

Todavia, nem sempre estamos nos referindo a algum evento de ordem prejudicial ou negativa. Na realidade, para a gestão ambiental o impacto pode ser tanto negativo como positivo.

Impacto ambiental, de acordo com a NBR ISO 14001 – Sistema de Gestão Ambiental – é definido como sendo “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização”. Dessa forma, podemos compreender que nem sempre um impacto ambiental será negativo, tudo depende da forma como o ambiente será modificado.

O objetivo de se estudar os impactos ambientais é, principalmente, o de avaliar as consequências destas ações para que possa haver a prevenção da alteração da qualidade do ambiente após a execução dessas ações.

A construção de obras de revitalização, a construção de novos empreendimentos, a recuperação da mata ciliar de mananciais, dentre outros, são atividades que modificam o ambiente. Todavia a modificação é para um fim positivo, sendo, portanto, um impacto ambiental positivo.

A destinação clandestina, por parte de alguma empresa, de resíduos ou poluentes tóxicos sem o devido tratamento, diretamente no ar ou em um curso d’água, é uma modificação negativa do ambiente, portanto, um impacto ambiental negativo.

A legislação brasileira, por sua vez, determina dois tipos de medidas para fins ambientais: compensatórias ou mitigadoras.

Medida compensatória é quando o impacto ambiental negativo não pode ser minimizado diretamente em sua fonte, necessitando de uma medida para compensar o dano que fora causado.

Medida mitigadora é a adoção de alguma ação que irá minimizar os efeitos dos impactos ambientais negativos, como a utilização de produtos ecologicamente corretos em construções.

A ferrovia possui papel fundamental no funcionamento do município, em primeiro plano por estar ativa recebendo trens, em segundo por parte de seu traçado (localizado dentro do perímetro urbano). Ao longo dos anos, a ferrovia sofreu vários descarrilamentos em virtude de algumas falhas na estrutura da via férrea que poderiam ser evitadas com a devida manutenção. Dentre os motivos estavam: as condições dos dormentes há muito já desgastados, as condições do lastro e sublas-



tro (que com a presença das chuvas acabaram “afundando” no terreno), o desnível entre os trilhos e outros.

Quando são analisados os impactos ambientais esperados com a implementação de um empreendimento devem ser analisadas duas situações possíveis na região: com ou sem o empreendimento em funcionamento. Os especialistas chamam essas situações de cenários. Imaginar cenários permite uma previsão dos efeitos positivos e negativos da construção do empreendimento sobre a área de influência. Mas, é importante lembrar que um cenário não é uma certeza e, sim, uma situação provável para a região.

Os impactos ambientais no caso da ferrovia serão as mudanças que a ferrovia vai provocar no meio ambiente da região onde a obra é empreendida. Essas mudanças podem ser na vegetação, na vida dos animais, na vida das pessoas, na água, no solo, ou seja, sobre qualquer uma das partes que compõem o meio ambiente.

É preciso considerar que não basta dizer quais são os impactos ambientais do empreendimento. É necessário, também, dizer quais as medidas que serão tomadas. Para os impactos positivos, devem ser pensadas medidas potencializadoras, ou seja, o que deve ser feito para aumentar os efeitos positivos de um determinado impacto.

Para os impactos negativos, devem existir medidas mitigadoras ou medidas compensatórias. As medidas mitigadoras são aquelas que diminuem o impacto negativo. As medidas compensatórias são aquelas que, como o próprio nome diz, servem para compensar um impacto negativo que não pode ser evitado. compensar um impacto negativo que não pode ser evitado.

6.1 Impacto Ambiental Decorrente da Construção da Ferrovia

6.1.1 Impactos Sobre o Uso do Solo

A Ferrovia interfere sobre o uso do solo tanto diretamente – através da ocupação do espaço físico pela obra – como indiretamente – devido ao incentivo às atividades econômicas.

A ocupação direta do espaço físico pela Ferrovia constitui um impacto negativo no que se refere à substituição dos usos atuais (agricultura, pecuária, reservas particulares de matas); entretanto, o impacto passa a ser avaliada como neutro, se a construção da ferrovia for comparada às necessidades de ampliação dos sistemas rodoviários, caso forem chamados a atender a demanda de transporte que a Ferrovia pretende absorver.



O efeito econômico indireto da Ferrovia sobre o uso solo está intrinsecamente ligado ao adensamento, em oposição à extensão do uso proporcionado pelas rodovias. Como modo de transporte, as ferrovias se diferenciam das rodovias por serem projetadas para ter maior eficiência no transporte de grandes lotes carga entre pontos de transbordo pré-escolhidos. Esta característica é que incentiva o adensamento do uso do solo já ocupado, seja pelo aumento da produtividade, seja pela mudança dos produtos objeto da atividade econômica. Neste sentido, o impacto da ferrovia é avaliado como positivo, seja em função do produto obtido, seja em função dos empregos e da renda gerados, seja em função de proporcionar um melhor aproveitamento das áreas já convertidas para o uso econômico;

- No caso das inevitáveis interferências com as áreas de preservação permanente (também chamadas de áreas de reservas legais, compostas por matas ciliares, áreas de nascentes), o projeto de engenharia prevê tratamentos especiais e especificações de trabalho que minimizam a eliminação e os riscos de poluição. Tais providências são indicadas nos Planos Básicos Ambientais.
- Registra-se também que a FNS está destinada ao transporte de cargas e, por isso, vem sendo projetada de modo a evitar interferências com áreas urbanas.

6.1.2 Qualidade da Água

A Ferrovia poderá contribuir de forma negativa com a qualidade da água por meio da:

- Poluição da água em acidentes, ou seja, eventos fortuitos em que cargas poluentes possam ser derramadas nos sistemas de drenagem, podendo atingir a drenagem superficial e/ou mananciais subterrâneos.
- Lavagens e limpezas para manutenção de vagões e locomotivas em oficinas e as áreas adjacentes podem ser fontes de poluição, caso haja descuido nas atividades, devido ao derramamento de óleos lubrificantes e graxas que podem ser transportados para o sistema de drenagem.

Por outro lado, deve-se salientar que são muito mais prováveis as ocorrências (o risco é bem maior) de acidentes com o transporte rodoviário, à medida que:

- O transporte de 15 milhões de toneladas/ano envolve apenas 24 trens/dia (12 por sentido), contra 1.000 carretas/dia se mantido apenas o transporte rodoviário;
- O transporte ferroviário é feito em via exclusiva, com controle de tempos,



movimentos e velocidades, ao contrário do transporte rodoviário, em que a distribuição das carretas é caótica e depende do comportamento de 1.000 motoristas praticamente ao mesmo tempo;

- As áreas voltadas à manutenção dos equipamentos e do material rodante estão projetadas levando em conta a proteção ambiental e seu uso e funcionamento dependem do treinamento de funcionários permanentes e da supervisão/fiscalização exercida sob um único comando. O treinamento de funcionários permanentes e a supervisão de fiscalização dos postos de serviço que fazem a manutenção de caminhões ao longo das estradas é algo de evidente maior dificuldade.

6.1.3 Poluição do Ar

As locomotivas têm motores para fazer a tração que podem causar uma certa quantidade de poluição no ar. Entretanto, deve-se ressaltar que o projeto de transportar 15 milhões de toneladas por ano coloca em pratos opostos da balança:

- Com a Ferrovia: 48 motores diesel-elétricos, com potência de 3000 HP cada (2 locomotivas por trem, 24 trens/dia);
- Sem a Ferrovia: 1.000 motores de 650 HP, para tracionar as carretas correspondentes.

Assim, também em termos de poluição do ar observa-se que o impacto é negativo apenas em valores absolutos, pois ele é francamente positivo à medida que a Ferrovia absorve as cargas rodoviárias. Espera-se, também, um ganho adicional em termos de poluição do ar em virtude do maior controle das transportadoras ferroviárias sobre as emissões dos poluentes pelos motores das locomotivas, em relação aos controles das emissões dos motores dos 1.000 caminhões, pois a desregulagem dos motores das locomotivas representam altos custos para as empresas ferroviárias, além de dificuldades operacionais que, em alguns casos, poderiam chegar à paralisação dos trens que operam em via singela (simples).

6.1.4 Ruídos e Vibrações

Os ruídos e as vibrações, tanto nas rodovias como nas ferrovias, são poluentes bastante associados, podendo ser tratados em conjunto. Além dos ruídos e das vibrações emanadas pelos motores, os outros ruídos tem origem nas frenagens, nos apitos e buzinas e, principalmente, nas vibrações e choques das carrocerias e engates dos veículos, cujas vibrações são transmitidas pelo solo. Assim, no que se refere a ruídos e vibrações, evidenciam-se várias vantagens para o uso da ferrovia.



A primeira vantagem se relaciona com a substituição de um número elevadíssimo de caminhões (aproximadamente 1.000), que percorrem vários trechos urbanos ou áreas densamente ocupadas, enquanto a ferrovia estará afastada destas áreas. Deste modo ela estará reduzindo os ruídos e as vibrações dos caminhões exatamente nas áreas mais sensíveis – as áreas urbanas – contribuindo para o aumento da qualidade de vida das populações residentes ao longo da Belém-Brasília.

A segunda vantagem está associada à redução das vibrações e dos ruídos nos modernos sistemas de assentamento de trilhos ferroviários. De fato, quando se imaginam os ruídos e vibrações das ferrovias, esses são associados ao passado, ou seja, a locomotiva a vapor e os truques dos trens passando nas juntas dos trilhos, com o ensurdecido ritmo presente em estradas de ferro obsoletas. Hoje os trilhos são soldados e, ao invés de serem trilhos de 12m com juntas a cada 12m, dotados de talas e parafusos que se soltam frequentemente, os trilhos que estão sendo usados na FNS são trilhos soldados em barras longas, com 256m de extensão aproximada. As juntas, assim tão distantes, reduzem significativamente os ruídos e as vibrações produzidas pela passagem das rodas do trem. Neste mesmo sentido, o uso de dormentes de concreto ao longo da ferrovia – que não apodrecem e não soltam as fixações e apoios – também contribui para um melhor desempenho em relação à geração de ruídos e de vibrações.

6.1.5 Impactos Sobre a Flora e a Fauna

O trecho de implantação da Ferrovia, constatando-se que a floresta estacional semi-decídua, que antes recobria quase toda a região, está limitada a fragmentos, distribuídos caoticamente, com dimensões muito reduzidas, e que, em consequência, dão abrigo apenas a espécies da fauna que mais facilmente se adaptam ao convívio com atividades humanas. Mesmo tendo em conta a dimensão das alterações regionais provocadas pela conversão da floresta original em pastos e culturas, a equipe de engenheiros procura evitar atingir os fragmentos florestais. Destaca-se que o principal impacto causado sobre a flora é a supressão de vegetação como primeiro passo para o início das obras de terraplanagem e demais obras de engenharia civil dentro da faixa de domínio, que deverá atingir, no máximo, 80 m de largura. De modo geral o traçado da FNS não atravessa áreas passíveis de abrigar endemismos de elementos da flora e a largura de sua faixa de domínio é insuficiente para provocar o isolamento de populações ou de comunidades de espécies vegetais. Atendo-se apenas aos aspectos relacionados à conservação da flora local considera-se que o impacto da ferrovia, dentro do traçado pré-estabelecido não necessita de modificações. Entretanto algumas alterações são sugeridas a fim de evitar e/ou minimizar interferências em áreas de mananciais cuja degradação a rigor também traz consequências negativas em longo prazo para a sustentabilidade das formações e fragmentos a elas diretamente ligados.

Assim, destaca-se que o maior problema para o conjunto da comunidade ve-



getal refere-se ao impacto sobre a vegetação existente nas margens de cursos d'água. Além de permitir o crescimento de uma flora diferenciada as matas ciliares cumprem um importante papel na preservação da qualidade e da quantidade dos recursos hídricos como já está amplamente comprovado na bibliografia científica.

As obras que envolvem a movimentação de terra devem ser criteriosamente planejadas e executadas a fim de se reduzir ao máximo eventuais problemas de erosão e consequente perda de solo. Por outro lado, no que se refere aos riscos de atropelamentos de exemplares da fauna, a situação "com a ferrovia" também é mais vantajosa do que a situação "sem a ferrovia", pois o risco de atropelamentos pelos trens (apenas um trem por hora, ou 24 trens/dia) sempre será muito inferior ao risco de atropelamentos pelos caminhões equivalentes (1000/dia).

É também importante assinalar que o Projeto da Ferrovia Norte-Sul abriga Planos Básicos Ambientais voltados:

- a revegetação de encostas e de matas ciliares, exclusivamente com espécies locais;
- um programa para a recuperação das matas ciliares; ao controle das atividades de desmatamento para construção;
- à implantação de passagens de fauna em pontos selecionados.

6.1.6 Segurança da População

Também com referência à segurança o saldo da ferrovia é bastante positivo, porque serão trocados os riscos oferecidos por um milhar de caminhões que percorreriam diariamente a Belém-Brasília, incluindo as áreas urbanas ali existentes, pelos 24 trens/dia, em via exclusiva, fora das áreas urbanas.

6.1.7 Empregos e Renda

O impacto negativo é a substituição de 1000 caminhões/dia - e seus motoristas - por apenas 24 trens/dia, número que, somado à redução das atividades nos postos de serviço, ensejaria um programa de treinamento e de relocação de mão de obra. Tendo em vista o problema criado aos indivíduos que se verão obrigados a mudar de atividades. Entretanto, em virtude da distribuição espacial das atividades e da virtual impossibilidade de identificação individual dos prováveis prejudicados, um programa deste tipo não é aplicável ao caso presente pois:



- a substituição dos caminhões pelos trens não é instantânea, pois a ferrovia deverá competir e terá que ganhar sua carga, passo a passo;
- os caminhões que percorrem a Belém-Brasília são oriundos de todos os lugares do Brasil, e assim, a quantidade de empregos rodoviários substituídos pelos empregos ferroviários se distribui por todo o território nacional.

Em contrapartida, à medida que o transporte ferroviário incentiva o adensamento das atividades econômicas, ela incentiva também a criação de empregos, entre eles um maior número de empregos especializados, portanto melhor remunerados.

6.1.8 Cargas Perigosas

Entre os produtos assim classificados, a Ferrovia certamente transportará combustíveis e lubrificantes; fertilizantes (e seus insumos) e calcário. Dificilmente transportará agrotóxicos ou explosivos, porque são cargas de pouco volume, e de valor unitário mais elevado. De todo modo, hoje essas cargas são transportadas por caminhões, com maiores riscos de acidentes do que os riscos oferecidos pelo transporte ferroviário, que percorrerá caminhos fora das áreas urbanas e em faixa exclusiva de tráfego.

6.1.9 Efeito Estufa

A Ferrovia apresenta ainda, como saldo positivo, a redução da contribuição de gases geradores do efeito estufa para a atmosfera, motivado pela substituição de 1000 motores de carretas rodoviárias pelos 48 motores dos 24 trens.

CLASSIFICAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS (IAS)									
IMPACTOS AMBIENTAIS SIGNIFICATIVOS - IAS	FASE	POTENCIAL DE IMPACTO					SIGNIFICÂNCIA		
		A d - versidade	Ocor- rência	Dura- ção	Re- versi- bilida de	Abran- gência	I m - p o r - t â n - cia	Mag- nitu- de	Sig- nifi- cado
Geração em- pregos dire- tos/indiretos	Implan- tação / Ope- ração	Positi- vo	Direto	Tem- porá- rio	Re- versí- vel	Local	Baixa	Baixa	Baixo



Expectativa de crescimento regional	Operação	Positivo	Direto / Indireto	Permanente	Irreversível	Regional	Baixa	Baixa	Baixo
Alterações comportamentais da fauna	Operação	Negativo	Direto	Temporário	Reversível	Regional	Baixa	Média	Médio
Fragmentação de habitats	Operação	Negativo	Direto	Permanente	Irreversível	Local / Regional	Baixa	Média	Médio
Risco de atropelamento de animais	Operação	Negativo	Direto	Temporário	Reversível	Local	Baixa	Baixa	Baixo
Poluição Sonora	Operação	Negativo	Direto	Permanente	Irreversível	Local	Baixa	Baixa	Baixo
Poluição Atmosférica	Operação	Negativo	Direto	Permanente	Irreversível	Local	Baixa	Baixa	Baixo
Poluição Hídrica	Implantação / Operação	Negativo	Direto	Temporário	Reversível	Local / Regional	Baixa	Média	Médio
Poluição provocada por acidentes com cargas perigosas	Operação	Negativo	Direto	Temporário	Reversível	Local / Regional	Média	Média	Médio

6.2 Impacto Ambiental Decorrente da Instabilidade de Taludes

Segundo Augusto Filho (1995), o estudo sistemático de reconhecimento e identificação de escorregamentos se intensificou nas últimas cinco décadas. Costa Nunes (apud Augusto Filho, 1995) relata que grande parte dessa intensificação foi resultante da necessidade de corrigir problemas de taludes associados à implantação das grandes ferrovias e rodovias modernas.

A importância da análise e controle de escorregamentos será diretamente relacionada à demanda sócio-econômica oriunda de acidentes e problemas diversos concernentes a estabilizações de encostas (AUGUSTO FILHO, 1995).

Segundo Virgilli (apud Carvalho, 1991), a pesquisa voltada à estabilidade de taludes em encostas naturais acumula extenso desenvolvimento técnico-científico. Os taludes ou as encostas naturais são definidos como superfícies inclinadas de



maciços terrosos, rochosos ou mistos (solo e rocha), originados de processos geológicos e geomorfológicos diversos. Podem apresentar modificações antrópicas, tais como cortes, desmatamentos, introdução de cargas, etc. O termo encosta é mais empregado em estudo de caráter regional. Talude de corte é entendido como um talude originado de escavações antrópicas diversas. Talude artificial refere-se ao declive de aterros construídos a partir de materiais de diferentes granulometrias e origens, incluindo rejeitos industriais, urbanos ou de mineração.

6.2.1 Instabilidade de Taludes e Aterros

Iremos listar diversas Causas da Instabilidade de Taludes dentre elas: Sistemas de drenagem incompletos, falta de dispositivos de proteção ou dissipação de energia adequada; subdimensionamento; alterações de uso do solo nas bacias interceptadas; áreas exploradas durante a construção não recuperadas; formação de “piscinas” em jazidas, pedreiras, caixa de empréstimo, represamento em bueiros; desmatamento em largura excessiva. Limpeza em largura excessiva.

Algumas Medidas Mitigadoras: Projetar / dimensionar de acordo com métodos conhecidos; levar em conta o uso futuro dos solos nas bacias interceptadas; prever recuperação de áreas exploradas, jazidas, caixas de empréstimos, pedreiras, canteiros, acampamentos; aperfeiçoar, detalhar levantamentos topográficos; limitar o desmatamento à largura necessária à implantação do corpo estradal, à insolação da ferrovia e à proteção do tráfego; limitar a remoção da camada vegetal à largura delimitada pelos off sets mais 2 m para cada lado.

Quando os movimentos de instabilidades acontecem em locais onde ocorre a ocupação humana, os resultados podem ser desastrosos. Em uma situação de deslizamento, casas inteiras, rodovias e tudo o que estiver no caminho pode ser levado encosta abaixo ou acabar soterrado. O problema é que na maioria das vezes a situação poderia ser evitada.

Embora os deslizamentos e outros movimentos de massa sejam fenômenos naturais, alguns fatores externos relacionados à ocupação antrópica interferem decisivamente na ocorrência ou agravamento destes movimentos. O principal é a ocupação desordenada de encostas e morros que adicionam carga extra ao peso da massa sedimentada já existente ali e a consequente supressão da vegetação natural que deixa o solo ainda mais exposto a ação do intemperismo físico (meteorização mecânica).

O solo exposto sofre compactação devido ao impacto das gotas de chuva e acabam surgindo áreas de escoamento com o consequente surgimento de rachaduras e fendas que favorecem os deslizamentos. A construção de estradas em locais inadequados também contribui para a ocorrência de deslizamentos por causa das vibrações provocadas pelo tráfego intenso que acaba causando instabilidade



nas encostas.

Quanto mais íngreme for a encosta, maior a possibilidade de que ocorram deslizamentos, mas outros fatores também são importantes. Em climas tropicais, como no Brasil, o índice de pluviosidade é geralmente alto o que faz com que o solo fique encharcado e favorecendo os movimentos de massa. Nesse ponto a presença de vegetação é fundamental pois ela reduz o impacto da chuva sobre o solo evitando a compactação e alguns tipos de plantas ainda possuem sistemas radiculares que favorecem a agregação do solo. Outro fator que favorece os movimentos de massa é o intemperismo químico (ou meteorização química) que provoca alterações na composição dos materiais do solo ou rochas devido a reações complexas com o oxigênio a própria água e outras substâncias.

Basicamente os deslizamentos de terra ocorrem quando o solo que está sobre uma camada rochosa sofre desagregação devido a alguns dos fatores citados acima e literalmente escorrega sobre essa camada. O que faz com que o solo permaneça coeso, dentre outras forças, é o atrito existente entre as partículas que o compõem e o leito de rocha. O deslizamento ocorrerá quando a força da gravidade atuando sobre a encosta for maior que o atrito existente entre as partículas.

Se o deslizamento ocorrer na presença de chuva, em locais íngremes com transporte de fragmentos de rocha e solo identificáveis, dizemos que ocorreu um

“escorregamento” de terra. Já se o deslizamento ocorrer com presença intensa de água a ponto de não se poder identificar a parte líquida da sólida, dizemos que ocorreu uma “corrida de massa” ou simplesmente “corrida” ou “fluxo”. As corridas de massa são comuns em locais onde ocorre o degelo de geleiras. A massa de detritos escorre por vários quilômetros com velocidade variável dependendo da inclinação, altitude do local e quantidade de água, mas se a velocidade for muito alta e envolver uma grande quantidade de detritos dizemos que houve uma avalanche.

7. CONCLUSÃO

Diante do exposto, concluímos que a causa de Instabilidade do Talude, ocasionando a sua queda, pode ser por diversos motivos, e as consequências podem ser Soterramento de composição, vazamento de Diesel de Locomotiva, Vidas Humanas Ceifadas, Acidentes Ambientais por contaminação de Solo, água e Ar.

É obvio que os escorregamentos geram custos, que podem ser classificados como diretos e indiretos. Os custos diretos correspondem ao reparo de danos, relocação de estruturas e manutenção de obras e instalações de contenção.

Pode-se dizer que os custos indiretos são ainda maiores, podendo ser citados:



- a) Perda de produtividade industrial, agrícola e florestal, bem como potencial turístico devido aos danos locais e interrupção de sistemas de transporte;
- b) Perda de valor de propriedades, bem como de impostos referenciados por ele;
- c) Perda de vidas humanas, invalidez física ou trauma psicológico em moradores de locais afetados por escorregamentos.

A ocorrência da instabilização de um maciço de terra, principalmente em áreas urbanas densamente povoadas, tem levado a inúmeras fatalidades.

O trabalho teve por objetivo geral conhecer os impactos socioambientais que a infraestrutura ferroviária gera no trecho estudado. E como objetivos específicos; tratar a instabilidade proporcionada por cortes; apresentar a solução de recomposição do muro com suas inconveniências; desenvolver estratégias de terraplenagem, recomposição da drenagem e reforço estrutural com fins de estabilização do corte.

O presente trabalho buscou conhecer os principais impactos ambientais ocasionados pela instabilidade da infraestrutura do Km 216, conhecido como Corte 01 da Ferrovia Norte Sul (FNS).

Diversos impactos foram identificados, em especial a poluição e os problemas de ocupações irregulares e de infraestrutura. Sendo assim, esses impactos foram listados e procurou-se identificar sua possível causa a fim de propor medidas mitigadoras para cada um. Para finalizar procurou-se mostrar também as vantagens e os impactos positivos da ferrovia e espera-se que futuramente esse quadro seja revertido.

REFERÊNCIAS

FÁBIO DE ALBUQUERQUE CALDEIRA BRANT. **Propriedades físicas, químicas, mineralógicas e mecânicas de um perfil de solo residual basáltico localizado em um corte da Ferrovia Norte-Sul, no estado de Tocantins**. PUC - Rio de Janeiro, 23 de maio de 2005.

CONCREMAT. **Relatório de Estabilização da Encosta a Montante do Corte 1 – Lado Direito**. VALEC – Maio de 2002.

VALEC. **Estudo Comparativo de Soluções para Contenção dos Taludes do Corte**

01. SUPRO – VALEC. Maio de 2001.

FERROVIA NORTE SUL. **Relatório de Vistoria de Deslizamentos do Km 229** Outubro/2000 – Concremat – Engenharia e tecnologia s.a / valec.

Decreto n.º 98.973, 21/02/1990 - Aprova o Regulamento do Transporte Ferroviário de Produtos Perigosos e dá outras providências;

Resolução n.º 349 do CONAMA, de 16/08/04 - Dispõe sobre o licenciamento ambiental de empreen-



dimentos ferroviários de pequeno potencial de impacto ambiental e a regularização dos empreendimentos em operação.

Resolução n.º 2748 da ANTT, 12/06/2008 – Dispõe sobre os procedimentos a serem adotados pelas Concessionárias de Serviços Públicos de Transporte Ferroviário de Cargas, no transporte de produtos perigosos.

TEIXEIRA, A.H. **Estudo de Estabilização do talude e das estruturas de contenção na estaca 229+160 da Ferrovia Norte-Sul, proximidades da Rodovia Belém-Brasília (BR-226) em Estreito.** Abril de 2006.

ABNT NBR 7189. **Cargas móveis para projeto estrutural de obras ferroviárias.**

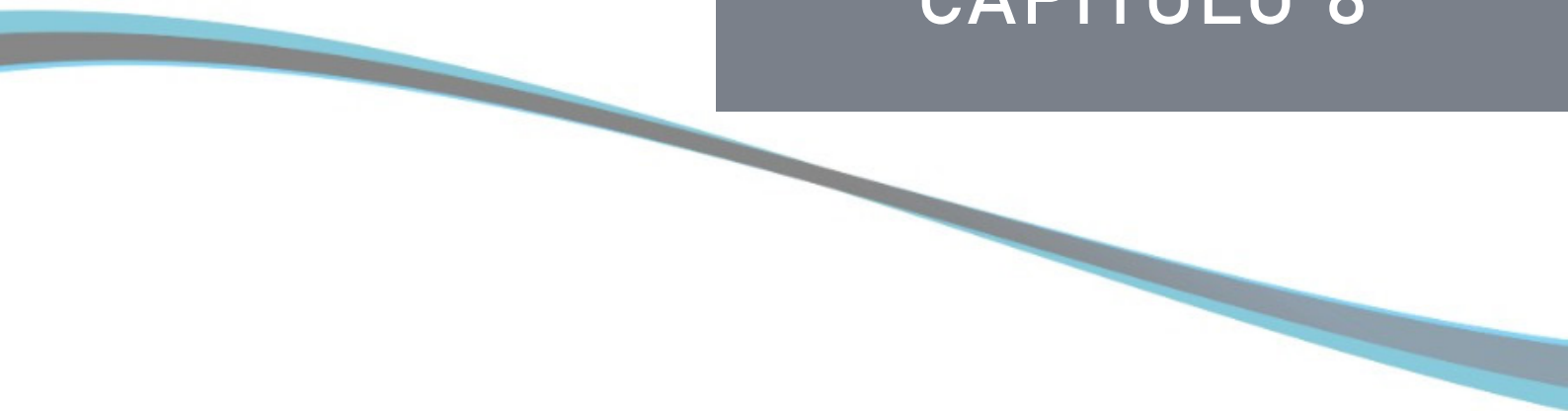
Associação Brasileira De Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p. 2. 1985.

BRINA, H. L. **Estradas de ferro:** via permanente. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. 1, 1988.

CFN. **Normas técnicas para a construção das estradas de ferro brasileiras.** Conselho Ferroviário Nacional. Brasil, p. 22. 1974. Resolução nº 43 de 1966. Edições de engenharia.

INMETRO. **Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.** Disponível em: www.inmet.gov.br





CAPÍTULO 8

UMA VISÃO PROJETIZADA PARA UM SETOR DE SUPRIMENTOS DELEGADO A UM PROJETO

Roberto Silva de Queiroz

RESUMO

O setor de suprimentos de empresas de médio e grande porte sofreu uma grande transformação quando se passou a adotar o conceito de centro de serviços compartilhados. Essa transformação gerou uma significativa vantagem competitiva com a obtenção de uma maior eficiência nos seus processos internos que eram comuns às áreas da empresa, resultando em um maior foco nas atividades *core* do negócio. Entretanto, com o desenvolvimento e a disseminação das boas práticas do gerenciamento profissional de projetos, pôde-se perceber que as demandas de aquisições dos projetos dessas empresas estavam sendo tratadas da mesma forma que as aquisições destinadas às áreas operacionais. Esse fato gerava uma enorme distância entre as necessidades do projeto e as aquisições que estavam sendo conduzidas. Para isso, a proposta de implantação de um setor de suprimentos delegado aos projetos da empresa visa um atendimento exclusivo das demandas que o projeto necessita ao longo de sua execução, criando uma sinergia que possibilite ganhos potenciais para o projeto e consequentemente para a empresa.

Palavras Chave: Suprimentos delegado, serviços compartilhados, projeto e produtividade.

ABSTRACT

The medium and large industry's supply sector has undergone a major transformation when it began to adopt the concept of shared service center. This transformation has generated a significant competitive advantage to achieve greater efficiency in their internal processes that were common in the areas of the company, resulting in a major focus on core business activities. However, with the development and dissemination of the best practices of professional project management, one observes that the demands of these companies' acquisitions to projects were being treated just outside the acquisitions for the operational areas. This fact generated a huge distance between the needs of the project and the acquisitions that were being conducted. So, the proposed deployment of an industry delegated supply's area to a project in the company seeks an exclusive service demands that the project needs during his execution, creating a synergy that allows potential gains for the project and for the company.

Keywords: Delegated Supplies, shared service center, project, exclusive and productivity.



1. INTRODUÇÃO

O objetivo geral deste trabalho é analisar a pertinência da implantação de um setor de suprimentos delegado a área de projetos dentro de uma empresa que possui esse setor corporativo.

Em várias empresas o setor de suprimentos atende toda a empresa, sem distinção entre as áreas corporativas e a área de projetos. O setor de suprimentos dessas empresas, na maioria das vezes, faz parte do Centro de Serviços Compartilhados. O Centro de Serviços Compartilhados (CSC) é um modelo de organização que tem como objetivo gerar vantagem competitiva obtendo maior eficiência nos seus processos internos e maior foco nas atividades *core* do negócio.

Dentre os principais benefícios esperados de um Centro de Serviços Compartilhados, apontados segundo a empresa Deloitte (2003), estão:

- Padronizar processos e sistemas, aumentar a automação e centralizar informações;
- Reduzir custos operacionais através de economia de escala e eficiência;
- Permitir às demais áreas focar em suas atividades *core*;
- Permitir às organizações integrarem rapidamente novas aquisições;
- Facilitar o estabelecimento de controles e *compliance*;

Contudo, quando se trata de projeto, temos inúmeras mudanças durante sua execução que fazem com que as necessidades das aquisições se adequem antes mesmo de serem finalizadas. Com isso, a distância existente entre essas áreas, projeto e CSC, faz com que os processos de aquisições fiquem morosos e às vezes inviáveis, pois de acordo com as mudanças que o escopo da aquisição possa vir a sofrer o processo toma uma nova forma e podem aparecer diferentes necessidades das inicialmente definidas. Toda essa volatilidade dos processos que o projeto demanda, ocorre em paralelo com processos de caráter operacional, que já possuem um escopo definido dado a repetição gerada pelo cotidiano das operações da empresa.

Portanto, a implantação de uma área de suprimentos delegada, ou seja, dedicada as aquisições dos projetos da empresa, pela proximidade que teria com as áreas do projeto, viria a atender com maior eficiência e particularidade as demandas geradas durante a execução do projeto.



Essa nova estrutura seguirá os mesmos procedimentos e regras da empresa, que controlam e gerenciam o setor de suprimentos corporativo, porém com a vantagem de ter um atendimento mais personalizado, dedicado e direto para com as demandas do projeto. O setor seguirá as definições das áreas de conhecimento do guia do conhecimento em gerenciamento de projetos, PMBOK (PMI, 2008), permitindo um paralelismo de informações e conceitos adotados na execução do projeto ao qual o setor será dedicado.

2. METODOLOGIA

A base teórica do trabalho se fundamenta numa metodologia de revisão bibliográfica, pois ela oferece meios que auxiliam na definição e resolução dos problemas já conhecidos, como também permite explorar novas áreas onde os mesmos ainda não se concretizaram suficientemente. Essa revisão se dá sobre os principais autores e pesquisadores dos fundamentos de gestão empresarial, dos conceitos mais importantes que balizam a disciplina de projetos, assim como as especificidades dos diferentes procedimentos de empresa quanto ao setor de projetos. Ainda, no sentido de dar complementariedade aos diversos assuntos tratados, o autor emite suas ideias e sugestões de suas observações da experiência profissional em setor de suprimentos.

Além das revisões autorais, complementando alguns aspectos metodológicos, a pesquisa documental é usada para melhor esclarecer procedimentos de gestão de suprimentos, de segurança de tomada de decisão e de melhor desempenho e produtividade entre os diversos setores da empresa.

3. DESENVOLVIMENTO

Pelo senso comum, a palavra compra é entendida como o ato de dar dinheiro pela posse de alguma coisa, adquirindo-a. Para Baily et al. (2000), a função de compras é um procedimento pelo qual as empresas determinam os itens a serem comprados, identificam e comparam os fornecedores disponíveis, negociam com as fontes de suprimentos, firmam contratos, elaboram ordens de compras e finalmente, recebem e pagam os bens e serviços adquiridos. Como consequência, o objetivo da atividade de compras é a obtenção e coordenação do fluxo contínuo de suprimentos a fim de atender aos programas de produção, comprar os materiais pelos melhores preços, não fugindo aos parâmetros qualitativos e quantitativos, além de procurar as melhores condições para a empresa (DIAS, 2005).

O gerenciamento eficaz do setor compras é hoje uma atividade essencial e diretamente ligada à competitividade e ao sucesso de uma empresa e de seus projetos, devendo ser capaz de proporcionar, no caso de projetos, a redução de custos.



O setor de suprimentos dedicado deve ser parte integrante do processo de logística do projeto e participar ativamente nas tomadas de decisões. Por outro lado, o processo de compra eficiente garante benefícios para o projeto, e consequentemente para a empresa sendo não só um fator fundamental para a competitividade, mas até mesmo para a permanência da empresa no mercado, sendo que a habilidade do setor de suprimentos influencia diretamente o orçamento definido para o projeto, sendo uma ferramenta indispensável para atingir o sucesso do projeto, portanto é necessário que se promova constantes reavaliações nas estratégias adotadas além do desenvolvimento de novas diretrizes no intuito de atingir os objetivos definidos no escopo aprovado.

Na análise de Franco e Vale (2010), o setor de suprimentos teve uma grande evolução, especialmente em função da globalização, dos novos sistemas informatizados e da adoção de tecnologias cada vez mais avançadas. A visão de compras como uma atividade meramente rotineira de aquisição de produtos para os processos operacionais passou por um processo de grande evolução, sendo hoje considerada como uma área de importância estratégica para as organizações. Assim, a eficiente administração da gestão de compras é responsável pelo aumento da produtividade e qualidade dos produtos e serviços, além de aumentar também a lucratividade, promovendo a satisfação dos clientes.

Com base nas evoluções e mudanças pela qual a área de suprimentos vem passando, a implantação desse setor de forma dedicada ao projeto visa trazer e incorporar à gestão do projeto todos os benefícios que a empresa vem ganhando com essa área em sua atuação corporativa.

Apesar da nítida importância da gestão da cadeia de suprimentos (BALLOU et al., 2000; CHRISTOPHER, 2001; BOWERSOX e CLOSS, 2001; GUNASEKARAN et al., 2004), existe falta de coerência no uso do termo e se associam diferentes conceitos a ele (DUBOIS et. al.; 2004). No entendimento de Cooper et al. (1997), enquanto o gerenciamento da cadeia de suprimento como conceito é recente, suas bases encontram-se em teorias antigas e estabelecidas. Sua origem aparece intimamente ligada ao renascimento da logística na década de 1950, quando surge uma abordagem nova orientada a sua administração integrada. Os mesmos fatos que propiciaram a evolução da logística deram origem, na opinião de diferentes autores, ao conceito de gestão da cadeia de suprimentos.

Segundo Bowersox et al. (1986) a evolução da logística integrada pode considerar-se em quatro períodos. O primeiro abrange de 1956 até 1965. Nele o conceito começa a se desenvolver apoiado em quatro grandes desenvolvimentos, os quais também são citados por diferentes autores como contribuintes para o nascimento do conceito:

- O nascimento da análise de custos totais dentro do marco de um estudo relativo às operações logísticas voltou à atenção para a área (CROOM et al., 2000).



- A aplicação da abordagem de sistemas para a análise de relações complexas mostrou que o foco num único elemento não pode assegurar a efetividade do sistema total (NEW, 1997; CROOM et al., 2000).
- O aumento da preocupação com o serviço ao cliente levou ao surgimento dos mantras da cadeia de suprimento: flexibilidade, compressão de tempo e capacidade de resposta (NEW, 1997).
- As pesquisas de Wroe Alderson e Louis P. Bucklin mudaram a visão sobre a criação e estruturação dos canais de marketing (LAMBERT e COOPER, 2000).

O segundo período, de 1966 a 1970, teve como objetivo testar a coerência entre práticas. O resultado foi à obtenção de benefícios com menores custos e melhores serviços. Os esforços de aplicação começavam nas áreas de compras ou distribuição física. Empresas de produção de bens duráveis geralmente focavam-se na primeira, dando especial atenção à administração de materiais: fluxo de matérias primas e componentes de suporte à produção. Empresas de produção de bens de consumo dedicavam-se à segunda área: administração do inventário de produtos terminados e o processo de colocação de ordens de compra. Isto se relaciona com a origem atribuída por Tan (2001), para quem a gestão da cadeia de suprimento evolucionou através de dois caminhos separados, plenamente coincidentes com os descritos anteriormente.

O terceiro período, delimitado entre os anos 1971 e 1979, se caracteriza pelas mudanças nas prioridades. Como consequência da crise do petróleo as atividades de fornecimento foram assoladas por altos níveis de incerteza, aumentando a necessidade de racionalizar as atividades dentro da empresa. Numa tentativa de melhorar o desempenho, se introduziram novos conceitos para a administração de materiais: *Manufacturing Resources Planning*, *Just in Time* (TAN, 2001). Começou-se a pensar nos operadores logísticos terceirizados como uma possível solução à crescente complexidade do sistema (BOWERSOX et al., 1986).

O último período abrange desde 1980 até o começo dos anos 1990. Envolve significantes transformações políticas e tecnológicas: mudanças na regulamentação do transporte, comercialização do microcomputador, revolução da informação, adoção dos movimentos da qualidade e desenvolvimento de parcerias e alianças estratégicas (BOWERSOX e CLOSS, 2001).

Neste período, mais precisamente em 1982 se localiza o uso, pela primeira vez, do termo de gestão da cadeia de suprimentos (HARLAND, 1996; COOPER et al., 1997; LAMBERT e COOPER, 2000; DUBOIS et al., 2004). Seus criadores, os consultores Oliver e Weber introduziram-no com um foco intra-organizacional, associado à discussão dos benefícios da integração das funções internas de compra, produção, vendas e distribuição.



3.1 O setor de suprimentos e o projeto

Na gestão de projetos, parte das entregas principais é executada pela equipe do projeto e parte pode ser objeto de aquisição junto a terceiros (*make or buy decision*). De acordo com a decisão do cliente em adquirir produtos ou serviços e do fornecedor de uma oferta para o fornecimento de produtos ou serviços para o cliente, são criadas a base para a administração de um contrato (XAVIER, 2007).

Quanto à abordagem de contratos, segundo o PMI (2008, p. 315), os processos de gerenciamento das aquisições do projeto envolvem contratos que são documentos legais entre um comprador e um fornecedor. O contrato representa um acordo mútuo que gera obrigações entre as partes e que obriga o fornecedor a oferecer os produtos, serviços ou resultados especificados e obriga o comprador a fornecer uma contraprestação monetária ou de outro tipo.

O gerenciamento de aquisições, sob o ponto de vista do comprador, segundo o guia PMBOK (PMI, 2008) determina processos necessários para adquirir bens e serviços externos ao projeto, abrangendo gerenciamento de contratos e controle de mudanças. Estes processos são os seguintes:

- Planejar as aquisições: é o processo para documentar as decisões das compras do projeto, especificando a abordagem e identificando os possíveis fornecedores;
- Conduzir as aquisições: é o processo que obtém as respostas dos fornecedores, seleciona o fornecedor e negocia o contrato;
- Administrar as aquisições: é o processo que gerencia as relações de aquisição, monitora o desempenho do contrato e realiza as mudanças e correções necessárias;
- Encerrar as aquisições: é o processo que conclui cada aquisição do projeto.

Segundo Diniz (2011), em empresas do tipo *process driven*, que sobrevivem com processos, ou seja, rotinas, a gestão das aquisições apresenta, entre outras, as seguintes características:

- Atua como cliente, que contrata parte ou todo o escopo de terceiros;
- Os projetos são a base para viabilizar os negócios ou operações e caracteriza-se como um investimento;
- Busca-se a obtenção dos produtos ou serviços necessários às operações, em conformidade com as definições de escopo, prazo, custo e qualidade;



- Utiliza o contrato como um instrumento para gestão de riscos na relação entre cliente e fornecedor e responsabiliza o gerente de projetos pela construção e preservação das relações com o fornecedor.

Para Verri (2010), algumas empresas utilizam a metodologia *Front End Loading*, FEL, que traduzido de forma livre seria “Nível ao Final da Frente”, para auxiliar a tomada de decisão com relação ao comprometimento de recursos em novos projetos. Essa metodologia avalia a quantidade e qualidade das informações disponíveis nas fases de desenvolvimento do projeto. Para isso, são estipuladas três fases, denominadas FEL1 (análise do negócio), FEL2 (seleção da alternativa) e FEL3 (planejamento da construção e operação). Cada etapa possui um portão formal de aprovação onde será avaliado o grau de definição do projeto por meio do índice FEL. Isso visa garantir que os estágios de desenvolvimento do projeto apresentem objetivos claros e bem definidos e que esses estejam alinhados aos negócios da empresa.

Corroborando com essa metodologia, Choma (2010) aponta quatro fatores de sucesso em projetos:

- Boa aplicação da metodologia FEL;
- Integração dos envolvidos, uma vez que times integrados apresentam melhores resultados nos índices de custo, cronograma e operabilidade (integração das aquisições);
- Controles eficientes que objetivam redução de desvios no custo e cronograma;
- Disciplina em relação ao processo de definição do projeto (FEL) e durante a execução, mantendo o foco nos objetivos do negócio.

3.2 Suprimentos como área delegada

Vale lembrar que a função de um setor de suprimentos como área delegada de um projeto é a de executar os processos de aquisição de categorias específicas com autonomia para as quais recebeu competência por meio de delegação da diretoria ou conselho da empresa, buscando proativamente oportunidades de redução do custo total de propriedade (somatório dos custos associados com a aquisição, posse, utilização e desuso de um bem/serviço) ao longo de toda a cadeia de valor dos bens e serviços adquiridos.

O setor de suprimentos delegado deverá ser responsável pelos processos de aquisição de obras e serviços, insumos e equipamentos para a implantação dos projetos e empresas coligadas.



3.3 Abordagens para a excelência no setor de suprimentos delegado

Para atingir a excelência do setor dentro de um projeto, alguns pontos deverão ser considerados, como:

- Inteligência de mercado: inteligência de mercado é o processo de coleta, análise e monitoramento de informações mercadológicas, que facilitam o reconhecimento das ameaças e oportunidades para uma melhor condição comercial para o projeto;
- Planejamento: é uma ferramenta, que possibilita perceber a realidade, avaliar e construir um referencial futuro, estruturando o trâmite adequado para reavaliar todo o processo a que o planejamento se destina;
- Procedimentos e padrões: é uma descrição detalhada de todas as operações necessárias para a realização de uma atividade em atendimento às normas predefinidas pela empresa;
- Gestão e controle: é um processo que consiste nas atividades de busca, identificação, classificação, processamento, armazenamento e controle de informações de forma a retratar os resultados obtidos;
- Interfaces (tributário, jurídico, financeiro e outros): é o meio capaz de promover a comunicação e interação entre as diversas áreas de relacionamento do projeto e empresa para proporcionar um resultado que agregue valor ao processo de contratação;
- Foco no cliente: atender as necessidades dos clientes do projeto, oferecendo soluções abrangentes, que lhes possibilitem alcançar os objetivos comuns ao projeto.

O fluxograma desse processo é representado na Figura 1.





Figura 1 - Fluxo para a excelência
Fonte: Vale, 2013, p. 15

3.4 Estruturação do setor de suprimentos delegado

A equipe de suprimentos deve ser dimensionada de acordo com a demanda de contratações que o projeto necessitar, da quantidade de áreas que fazem parte do projeto ou até mesmo no nível técnico que o projeto necessitar.

Essa estrutura deve ser pensada antes do início formal do projeto, para que haja tempo de definir e apropriar os recursos que inicialmente serão necessários ao funcionamento do setor, bem como definir as estratégias e o posicionamento que o setor deverá adotar frente às necessidades do projeto.

A Figura 2 mostra um organograma genérico que poderá ser seguido para dar início a estruturação do setor.

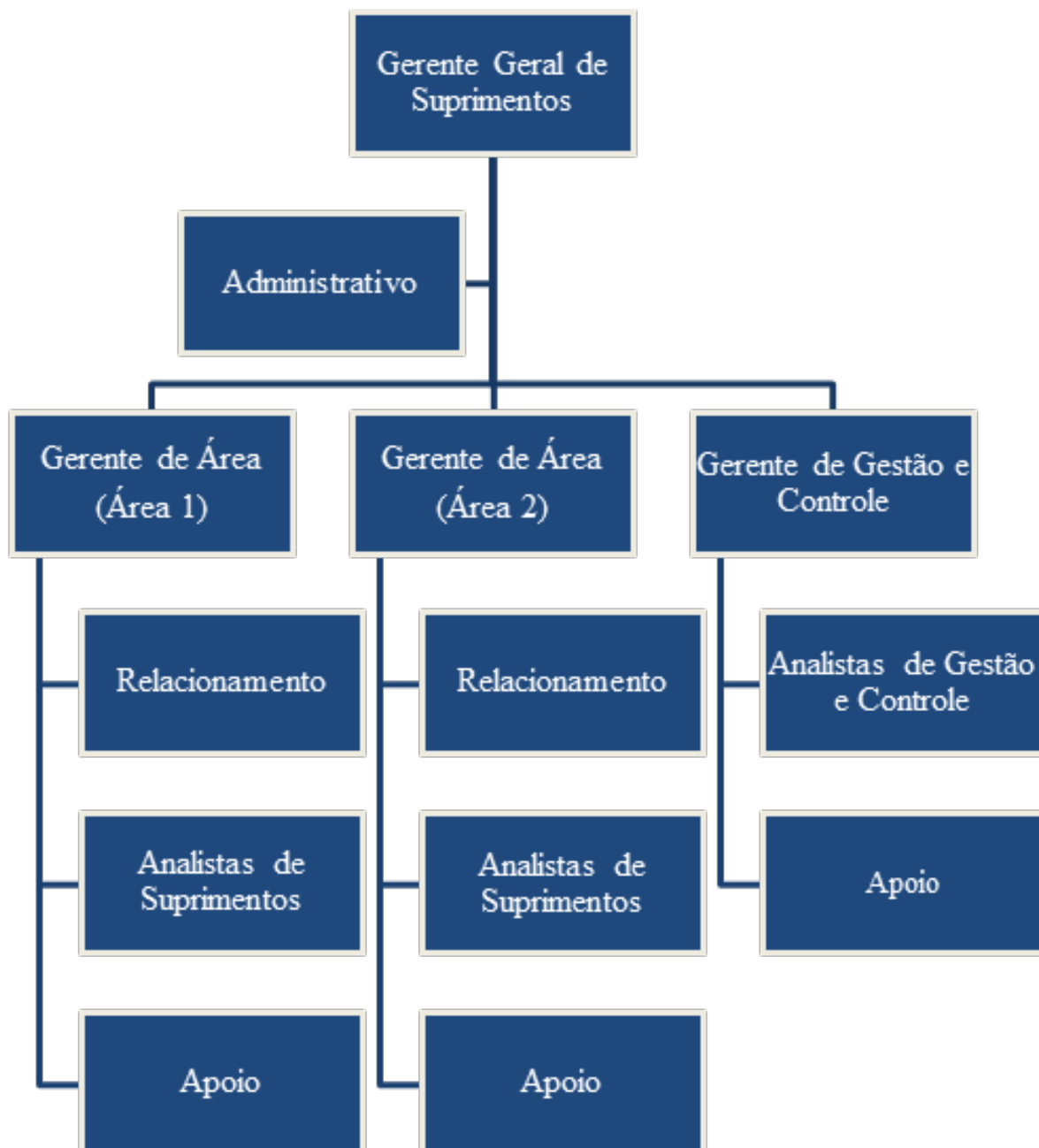


Figura 2 - Organograma do setor
Fonte: Autoria própria

As funções assumidas por cada membro da equipe estão descritas como se segue:

- Gerente Geral de Suprimentos: função responsável pelo gerenciamento de todas as equipes que fazem parte do setor de suprimentos envolvido no projeto. Será o responsável pela interface entre o projeto e a diretoria ou conselho da empresa nos assuntos referentes às compras de serviços, materiais e equipamentos que atenderão o projeto;
- Administrativo: função responsável pelo apoio ao gerente geral nos assuntos e atividades administrativas do setor;
- Gerentes de Área: função responsável pela coordenação das equipes loca-

das em diferentes áreas do projeto. O objetivo dessa função é coordenar a equipe de forma eficiente, para que os processos de aquisições sejam atendidos de acordo com as necessidades do projeto;

- Gerente de Gestão e Controle: função responsável por coordenar a equipe que fará a gestão e controle dos procedimentos e normas do setor, bem como o arquivamento de todos os documentos gerados pelos processos de aquisições;
- Relacionamento: função responsável por fazer a interface entre o cliente interno (áreas do projeto) e a equipe de analistas de suprimentos. Será responsável pelo acompanhamento dos processos junto aos analistas;
- Analistas de Gestão e Controle: função responsável pela elaboração, manutenção e controle das normas e procedimentos do setor de suprimentos. Será responsável por medir o desempenho dos analistas de suprimentos e dos processos aquisitivos. A quantidade de pessoas nessa função está ligada ao tamanho do setor de suprimentos delegado ao projeto;
- Analistas de Suprimentos: função responsável pela condução dos processos de aquisições de materiais, serviços e equipamentos que o processo necessitará. Essa função deverá fazer a análise de mercado, buscando oportunidades de redução de custos para o orçamento do projeto. A quantidade e nível de experiência das pessoas nesta função dependerão do tamanho e complexidade do projeto;
- Apoio: função responsável em apoiar os analistas nos procedimentos de cada área. Ficará responsável pelo arquivamento dos documentos e informações pertinentes de cada processo aquisitivo. Essa função poderá ser ocupada por um estagiário ou trainee.

3.5 Fluxo das contratações concorrenciais

Durante todo o ciclo de vida do projeto haverá a necessidade de se adquirir materiais, serviços, bens e equipamentos para possibilitar a sua execução. Para ter um setor coordenado, que atenda as necessidades do projeto com precisão e qualidade, será preciso ter procedimentos bem definidos, alinhados com as boas práticas do gerenciamento de projetos e com as abordagens para a excelência no setor. Com base nesses parâmetros, o fluxo das aquisições deverá obedecer ao seguinte sequenciamento de etapas, iniciando-se pelas demandas das áreas requisitantes do projeto, se estendendo até o recebimento do bem, serviço, material ou equipamento e encerrando-se com a celebração do contrato com o fornecedor.

A Figura 3 apresenta o fluxo do processo de aquisição.



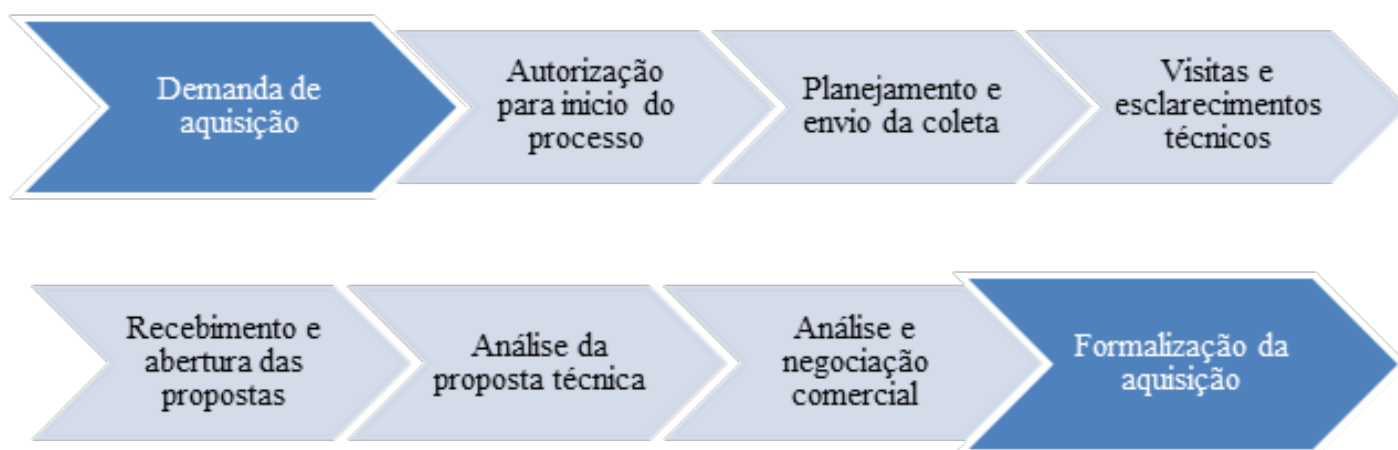


Figura 3 - fluxo do processo de aquisição
Fonte: Vale, 2013, p. 17

Para melhor compreensão, segue uma descrição de cada etapa, a saber:

Demanda de aquisição: ponto inicial do processo de compras e se dá pela emissão do formulário de requisição pela área requisitante. O formulário de requisição de compra é o instrumento formal utilizado pela área requisitante para que seja iniciado, cancelado, alterado ou prorrogado um processo de aquisição. A área requisitante é responsável pelo adequado preenchimento das requisições, devendo definir de forma clara e precisa o objeto a ser adquirido, o valor estimado da compra e as condições técnicas necessárias, dentre outros aspectos, em conformidade com as orientações e procedimentos estabelecidos pelo setor de suprimentos. Junto com o formulário preenchido, a área requisitante deve anexar os seguintes documentos:

- Especificação técnica do escopo;
- Projetos e desenhos;
- Critérios de medição e condição de pagamentos;
- Memorial descritivo;
- Normas e padrões técnicos aplicáveis;
- Orçamento detalhado;
- Procedimentos de saúde e segurança;
- Procedimentos ambientais;

- Critério de julgamento técnico;
- Multas e indenizações a incluir na minuta contratual;
- Tipo de seguro a ser contratado pelo fornecedor.

Nesta etapa, podemos fazer um paralelo com as boas práticas do guia PMBOK (PMI, 2008), em especial ao item 12.1 Planejar as aquisições, que é o processo de documentação das decisões de compras do projeto, especificando a abordagem e identificando fornecedores em potencial.

Autorização para início do processo: a autorização para o início do processo de aquisições deve partir do gerente da área requisitante ou outra pessoa que possua delegação formal da empresa para fazê-la. Na ausência ou falta dessa autorização, o processo só deverá ser iniciado com a anuência do gerente geral do setor de suprimentos;

Planejamento e envio da coleta: nessa etapa deverá ser feita a avaliação das empresas proponentes, determinação dos prazos das etapas e a finalização do processo. Deve-se sempre buscar a melhor forma de conduzir as atividades de cotação e solicitação das propostas, a fim de garantir transparência, idoneidade, eficiência e competitividade ao processo. O planejamento de coleta deverá ser aprovado pelo gerente da área de suprimentos antes de ser enviado ao mercado. Por último deverá ser enviada toda a documentação do processo as empresas selecionadas;

Visitas e esclarecimentos técnicos: nessa etapa do processo, o contato entre as proponentes e a empresa se dará apenas pelo setor de suprimentos. As visitas técnicas, quando aplicáveis, são agendadas pela área de suprimentos, e realizadas em conjunto com a área requisitante. A área requisitante deverá designar para as visitas técnicas, pessoas capacitadas e com conhecimento do escopo do projeto e das condições gerais do empreendimento, evitando com isso erros no entendimento do escopo a ser contratado e nas condições de fornecimento do serviço, material ou equipamento. Durante as visitas e esclarecimentos técnicos, suprimento deverá registrar através de ata tudo que for apresentado, discutido ou pactuado a respeito do escopo da contratação;

Recebimento e abertura das propostas: será nesta etapa que o setor de suprimentos receberá as propostas técnicas e comerciais dos proponentes. A proposta técnica deve ser encaminhada para a área requisitante, que fará a avaliação dessa proposta. Durante esse período, a proposta comercial deverá permanecer lacrada, e só será aberta após a área requisitante aprovar a proposta técnica da empresa. As empresas que forem desclassificadas tecnicamente terão suas propostas comerciais descartadas e serão excluídas do processo;

Análise da proposta técnica: nesta etapa, a área requisitante deverá elabo-



rar um documento identificando os desvios das propostas técnicas das proponentes bem como pontuando os pontos atendidos. Ao final da análise a área requisitante deverá emitir um parecer técnico conclusivo, apontando as propostas aprovadas e reprovadas tecnicamente, de forma consistente com as condições técnicas especificadas na respectiva requisição de compra. A qualquer momento da análise, a área requisitante pode e deve solicitar ao setor de suprimentos que esclareça os pontos que possam estar gerando dúvidas junto as proponentes;

Análise e negociação comercial: nesta etapa, o analista de suprimentos que está conduzindo o processo dá início a análise das propostas comerciais das proponentes. Essa análise visa permitir a comparação entre as propostas em uma mesma base de referência. A etapa de negociação visa obter uma melhor condição comercial com intuito de agregar valor para o projeto e consequentemente para a empresa. Ao final da negociação, a melhor proposta é a vencedora. Caso o valor da proposta escolhida seja superior ao valor orçado pela área requisitante, a mesma deverá definir sobre a continuidade ou não do processo;

Formalização da aquisição: ao final do processo teremos a empresa vencedora, com isso, passa-se a etapa de formalização da aquisição. A formalização da aquisição é responsabilidade do setor de suprimentos e se dá pela emissão de um relatório obrigatório e padronizado, que antecede a formalização do contrato. O relatório é utilizado para a recomendação de uma contratação e relata todas as fases do processo. Este documento é necessário para a finalização do processo de compra efetuado pela equipe de suprimentos. O relatório só poderá ser aprovado pelo gerente de área ou pelo gerente geral de suprimentos. Após a assinatura do relatório, a aquisição é formalizada através da assinatura de um contrato específico para o escopo que está sendo contratado, podendo ser um contrato de prestação de serviços, aquisição de bens e equipamentos, fornecimento de materiais, entre outros aprovados pelo departamento jurídico da empresa.

Ao final do fluxo de contratação, a etapa de formalização da aquisição se compara ao processo de realizar as aquisições, descrito no PMBOK (PMI, 2008), que é o processo de obtenção de respostas de fornecedores, seleção de um fornecedor e adjudicação de um contrato.

3.6 Contratações excepcionais

Algumas excepcionalidades podem ser exigidas para o sucesso do projeto. É o caso dos processos de aquisições que poderão ser enquadrados em categorias diferentes dependendo da modalidade de contratação que o processo demandar, são elas:

- Contratação direta: é uma modalidade de contratação não concorrencial, ou seja, onde a área requisitante define o fornecedor mediante uma justi-



ficativa. Essa modalidade de contratação é utilizada para os casos onde há evidências de que o fornecedor indicado apresenta alto desempenho técnico ou quando o ganho potencial no prazo de contratação for superior aos benefícios comerciais de um processo concorrencial. Estes processos devem ser aprovados pelo gerente da área requisitante e sua finalização só poderá ser aprovada pelo gerente geral de suprimentos;

- Contratação emergencial: essa modalidade de contratação, caracterizada como não concorrencial, deve ser utilizada somente para aquisições que necessitem de uma priorização de prazo em detrimento a uma melhor condição comercial ou em função de eventos imprevistos, como acidentes, riscos ambientais, riscos a imagem da empresa, comprometimento do prazo final do projeto. Estes processos devem ser aprovados pelo gerente da área requisitante e sua finalização só poderá ser aprovada pelo gerente geral de suprimentos;
- Regularização: é uma modalidade de processo de aquisição para serviços, materiais ou equipamentos que foram solicitados diretamente pelas áreas do projeto, sem que estes fossem contratados pelo setor de suprimentos. Caracteriza-se por ser uma medida excepcional, que deve ser evitada. Estes processos devem ser aprovados pelo gerente da área requisitante e sua finalização só poderá ser aprovada pelo gerente geral de suprimentos.

3.7 Administrar as aquisições

De acordo com o guia PMBOK (PMI, 2008), administrar as aquisições é o processo de gerenciamento das relações de aquisição, monitorando o desempenho do contrato e realização de mudanças e correções conforme necessário.

4. CONCLUSÃO

Este estudo abordou as premissas necessárias para a implantação de um setor de suprimentos delegado a um projeto dentro de uma estrutura corporativa. Existem evidências de que a falta deste setor, em particular, resulta diretamente em problemas ao longo do ciclo de vida do projeto, como problemas com fornecedores, atraso na entrega do escopo contratado, retrabalho, falta de definição de responsabilidade, falha de comunicação, não cumprimento dos prazos e estouro do orçamento. Portanto, para o projeto ser bem sucedido a metodologia escolhida para a implantação de um setor de suprimento deve ser alinhada com a rotina das outras áreas do projeto, com responsabilidades bem definidas e controle de processos e produtos.



A implantação de setores de suprimentos em diferentes áreas do projeto proporcionará uma maior sinergia entre as áreas do projeto e o processo de aquisição. Esse estreitamento de relação trará benefícios para o projeto como um todo devido ao atendimento exclusivo das demandas necessárias para o início, execução e conclusão do projeto. Ao contrario do que acontece quando o atendimento às demandas do projeto é realizado pelo centro de serviços compartilhados da empresa, que possui uma visão focada para a rotina das operações e processos da empresa e não para o dinamismo e volatilidade das atividades de um projeto.

Em suma, o atendimento direcionado às demandas de aquisições geradas pelas necessidades do projeto serão mais focadas e alinhadas com as diferentes áreas que o projeto possui, criando uma atmosfera mais favorável à assertividade das atividades visando a conclusão do projeto dentro das premissas e condições aprovadas inicialmente.

5. POSSÍVEIS DESDOBRAMENTOS

Esse trabalho pode vir a se tornar um manual norteador para empresas que queiram desmembrar as aquisições voltadas para projetos das aquisições rotineiras demandadas pelas áreas de operação da empresa.

Após o acompanhamento dos resultados gerados pela implantação de um setor de suprimentos delegado a um projeto descritos nesse trabalho, será possível refinar os processos de aquisições, a fim de torna-los mais eficientes gerando dessa forma mais ganhos para o projeto e consequentemente para a empresa.

REFERÊNCIAS

- BAILY, Peter, FARMER, David et al. *Compras: princípios e administração*. São Paulo: Editora Atlas, 2000.
- BALLOU, Ronald H.; GILBERT, Stephen M.; MUKHERJEE, Ashok. New Managerial Challenges from Supply Chain Opportunities. *Industrial Marketing Management*. 29, p.7-18, 2000.
- BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J.; HELFERICH, Omar K. *Logistical Management: A Systems Integration of Physical Distribution, Manufacturing, Support and Materials Procurement*. 3º Ed. New York: Macmillan, 1986.
- BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. *Logística Empresarial: O Processo de Integração da Cadeia de Suprimento*. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2001.
- CHOMA, André Augusto. *FEL e as práticas de Gates para projetos de capital*. Special Day Mundo PM, 08/04/2010.
- COOPER, Martha C.; LAMBERT, Douglas M.; PAGH, Janus D. *Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics*. International Journal of Logistics Management, 1997, v. 8, n. 1, p 1 – 13.
- CHRISTOPHER, Martin. *Logística e Gerenciamento da cadeia de suprimentos*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.



CROOM, Simon; ROMANTO, Pietro; GIANNAKIS, Mihalís. *Supply Chain Management: an analytical framework for critical literature review*. European Journal of Purchasing & Supply Management, 2000, v. 6, p. 67 – 83.

DIAS, João Carlos Quaresma. *Logística global e macrologística*. Lisboa: Edições Sílabo, 2005.

DINIZ, Lúcio José. *Gestão de aquisições e administração de contratos*. Material de aula da disciplina no Programa de Aperfeiçoamento em gestão de Projetos – Vale, Fundação Dom Cabral, Belo Horizonte, 2011.

DELOITTE, Empresa Deloitte Touche Tohmatsu Limited (DTTL), <http://www.deloitte.com/view/pt_BR/br/index.htm> Acesso em: 09 mar. 2013.

DUBOIS, Anne; HULTHÉN, Kjasa; PEDERSEN Ann-Charlott. *Supply Chains and interdependence: a theoretical analysis*. Journal of Purchasing & Supply Management, 2004, v. 10, p. 3 – 9.

FRANCO, Glenda; VALE, Laila. *A Importância e Influência do Setor de Compras nas Organizações*, 2010 Disponível em: <www.techoje.com.br/site/techoje/artigos_autor/artigos/1004> Acesso em: 16 mar. 2013.

GUNASEKARAN, A. PANTEL, C. MCGAUGHEY, R. E. A framework for supply chain performance measurement. *International Journal of Production Economics*. 87, p.333-347, 2004.

HARLAND, C. *Supply Chain Management: Relationships, Chains and Networks*. British Journal of Management, 1996, v. 7, Special Issue, p. 63 – 80.

LAMBERT, Douglas M.; COOPER, Martha C. *Issues in Supply Chain Management*. Industrial Marketing Management, 2000, v. 29, p. 65 – 83.

NEW, Stephen J. *The Scope of Supply Chain Management Research*. Supply Chain Management: An International Journal, 1997, v. 2, n. 1, p 15 – 22.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). *Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (Guia PMBOK®)*, Cap. 12, 4ª Edição, 2008.

TAN, Keah C. *A framework of Supply Chain Management Literature*. European Journal of Purchasing & Supply Management, 2001, v. 7, p. 39 – 48.

VALE, Empresa Vale S.A., *Estruturação dos Processos de Suprimentos para Gestores de Contrato*. Disponível em: <www.vale.com> Acesso em: 08 mar. 2013.

VERRI, Luiz Alberto. *Conceitos do IPA e do PMI*, 2010. Disponível em: <www.verriveritatis.com.br/Toro/agosto2010/Gerenciamento_Projetos_PMI_IPA.pdf> Acesso em: 01 mar. 2013.

XAVIER, Carlos Magno da Silva et al. *Gerenciamento de aquisições em projetos*. Reimpressão: Editora FGV Management, 2007.



**PAVIMENTOS FLEXÍVEIS:
O ESTUDO DO REVESTIMENTO AREIA
ASFALTO USINADO A QUENTE E AS
PATOLOGIAS CAUSADAS PELA MÁ
APLICAÇÃO DESSE REVESTIMENTO**

Isabella Fernanda Gouveia Santos

Marcos André Silva Araújo

Clebson Santos Cândido

RESUMO

O transporte rodoviário é o meio de acesso que facilita a mobilidade de pessoas, produtos e cargas ao seu destino final. No entanto, as rodovias brasileiras não dispõem de condições adequadas para o tráfego intenso e às intempéries a que são submetidas, apresentando dessa forma, um *déficit* significativo em sua estrutura viária, prejudicando a economia em que estão inseridas e retardando a chegada de insumos e serviços a estes locais. Este cenário leva a mostrar neste trabalho, o estudo realizado, por meio de revisão bibliográfica, a respeito da importância dos pavimentos rodoviários, com destaque para os pavimentos flexíveis, os tipos de camadas a serem utilizadas sobre os pavimentos apontados, os tipos de revestimentos asfálticos, com destaque para o pavimento flexível Areia Asfalto Usinado a Quente, o modo como esse pavimento se comporta quando aplicado em vias de acesso urbano e os tipos de patologias que podem ser desenvolvidas na camada de revestimento devido à ausência de restauração do mesmo, contribuindo para a diminuição de sua vida útil. Desse modo, tornou-se significativo aprofundar os conhecimentos a respeito desse tipo de pavimento, conhecer fatores e medidas técnicas utilizadas para proporcionar o bom funcionamento e a maior durabilidade dos pavimentos de maneira que o mesmo propague segurança a quem transita, além de conhecer as principais motivações para o surgimento das patologias nos pavimentos, entender as causas dessas falhas e consequentemente melhorar as técnicas de recuperação desse pavimento.

Palavras-chave: Mobilidade urbana; Rodovias; Pavimentos flexíveis; AAUQ; Patologias

ABSTRACT

Road transport is the means of access that facilitates the mobility of people, products and cargoes to their final destination. However, Brazilian highways do not have adequate conditions for the heavy traffic and the weather they are subjected to, thus presenting a significant deficit in their road structure, damaging the economy in which they are inserted and delaying the arrival of inputs and services to these locations. This scenario leads us to show in this work the study carried out, through a bibliographical review, on the importance of road pavements, with emphasis on flexible pavements, the types of layers to be used on the pavements pointed out, the types of asphaltic coverings, with a special emphasis on the flexible pavement Sand Asphalt Machined to Hot, the way this pavement behaves when applied in urban access ways and the types of pathologies that can be developed in the coating layer due to the absence of restoration of the same, contributing to the reduction of its useful life. Thus, it became significant to deepen the knowledge about this type of pavement, to know factors and technical measures used to provide the smooth operation and the greater durability of the pavements in a way that propagates safety to those who transit, besides knowing the main motivations for the appearance of pathologies in the pavements, to understand the causes of these faults and consequently to improve the techniques of recovery of this pavement.

Key-words: Urban Mobility; Highways; Flexible floors; AAUQ; Pathologies.



1. INTRODUÇÃO

O movimento populacional e de cargas é essencial para o funcionamento socioeconômico de uma determinada região. A população, mercadorias e serviços precisam sair ou chegar a todos os lugares do mundo e essa mobilidade pode ser feita por de meios de transportes aéreos, aquáticos ou terrestres. No Brasil, essa locomoção é realizada principalmente por vias terrestres, através de rodovias federais e estaduais, vias urbanas e estradas vicinais.

Historicamente, o crescimento da malha rodoviária brasileira deu-se início na década de 50, com a instalação da indústria automobilística nos grandes centros. Atualmente, apesar do modal rodoviário ainda ser o mais utilizado no país, esse crescimento se mantém estagnado, limitando-se a 0,5 % entre os anos de 2017 e 2019. Ainda assim, os impactos positivos gerados continuam a ser resolutos, tanto no âmbito econômico, com a pavimentação de vias permitindo a ida e vinda de serviços e cargas, quanto no âmbito social, trazendo mais qualidade de vida para a região em que está inserida.

Assim, sabendo que a locomoção rodoviária é um relevante incentivo à economia do país, conseqüentemente, vê-se o quão relevante é o estudo e a criação de um projeto executivo de pavimentação asfáltica, o controle apropriado da execução e manutenção dos pavimentos das vias de acesso. E, para que essa locomoção seja facilitada, o pavimento precisa dispor de condições adequada para uso. Uma via de acesso que apresenta más condições de utilização, aumenta o custo operacional do transporte, reduz o conforto e a segurança dos passageiros e das cargas, além de causar prejuízos ambientais. Sendo assim, a qualidade do pavimento das pistas de rolamento, tem influência direta no desempenho do transporte rodoviário e, por conseguinte, na economia de uma região.

Com isso, ao se deparar com pavimentos rodoviários em condições inadequadas para uso, apresentando problemas em sua extensão, torna-se imprescindível levantar a seguinte indagação: quais condições exercem mais influência na deterioração de pavimentos flexíveis de rodovias, vias urbanas e estradas vicinais e no surgimento de possíveis patologias nas pistas de rolamento?

Por isso, foi preciso discutir por meio de revisão bibliográfica os pavimentos flexíveis, com destaque para a execução do revestimento asfáltico Areia Asfáltica Usinado à Quente (AAUQ), em vias urbanas. Além disso, faz-se necessário ainda, estudar o desempenho desse tipo de pavimento, destacar a importância da execução adequada dos serviços de pavimentação para a durabilidade do pavimento e mostrar as principais patologias encontradas devido à execução inadequada dos procedimentos de pavimentação asfáltica.

Com base nos conceitos abordados, foi desenvolvido um estudo usando con-



ceitos de revisão literária com o propósito de descrever e qualificar a importância da pavimentação com a finalidade de destacar o comportamento dos pavimentos flexíveis e os principais problemas encontrados na aplicação inadequada dos mesmos. Para esse estudo, foram utilizadas diversas fontes de informação como livros, artigos, monografias e sites de bancos de dados. Os dados coletados e que foram usados como fontes de pesquisa têm publicação de até 25 anos. As principais palavras utilizadas nas buscas pelas fontes de informações para se chegar ao composto do projeto foram: mobilidade urbana, rodovias, pavimentos flexíveis, AAUQ e patologias. Todas as informações levantadas foram relevantes para o estudo do desempenho acerca da importância da prática de controle de qualidade da pavimentação.

Diante do exposto, a pavimentação de vias apresenta relevância significativa para uma população, pois melhora a qualidade de vida de pedestres e motoristas, proporciona mais conforto, segurança e agilidade nas locomoções, influência na economia, nas condições de limpeza, na saúde pública local, etc. Em tempos de modernização, existe a necessidade constante de pavimentar vias para locomoção, abrir novos horizontes e nesse estudo foram abordadas as técnicas e medidas importantes que fazem parte de todo o processo construtivo de um revestimento asfáltico.

2. PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E SEU DESEMPENHO

Pavimentar uma via de circulação de veículos, de acordo com Balbo (2007), é uma obra de engenharia civil, que ao proporcionar uma melhoria da qualidade da pista de rolamento, automaticamente, garante um maior conforto no deslocamento de veículos e cargas, mais segurança em condições de pista úmida ou molhada, além de melhorar o conforto ambiental de vias urbanas e rurais e proporcionar aos usuários a diminuição de custos de operação e manutenção de veículos.

2.1 PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

Balbo (2007) define os pavimentos rodoviários, como sendo as estruturas não duráveis, compostas por diversas camadas sobrepostas, a partir do leito estradal, de materiais compactados diferentes e criado para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de forma resistente e com o mínimo de custo possível, considerando diferentes horizontes, com os serviços de manutenção preventiva, corretiva e de reabilitação necessários.

Para Bernucci et al. (2008, p.09):

O pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinado tecnicamen-



te a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos, às condições do clima e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança. No âmbito geral, a rodovia pavimentada incrementa o progresso socioeconômico da região, repercutindo na positiva qualidade de vida da comunidade, na distribuição espacial da população, na disponibilidade de transportes coletivos entre outros itens.

De acordo com o Manual de Pavimentação do Departamento Nacional de Infra-estrutura e Transportes - DNIT (2006), pavimento rodoviário é uma superestrutura composta por um sistema de camadas de espessuras escassas, colocados sobre um semiespaço considerado como infinito, à qual é designada de subleito. Essas camadas são compostas por materiais de resistências e deformações diferentes, quando submetidas a elevados graus de tensões impostas pelo tráfego viário.

As funções técnicas principais da estrutura de pavimento construídas a partir da terraplanagem, tanto no âmbito técnico quanto no econômico, são de suportar e dividir os esforços verticais provenientes do tráfego, aprimorar as condições de rolamento em relação ao conforto e segurança dos usuários e tolerar aos esforços horizontais de desgaste, tornando a superfície de rolamento mais durável (FALEIROS, 2005).

Com base nisso, Balbo (2007) ensina que, o pavimento rodoviário deve adquirir, aliviar e demonstrar esforços sobre as camadas inferiores, que tem menor resistência. Para que funcionem da maneira correta, todas as peças devem trabalhar as deformações de acordo com a sua natureza e capacidade, para que não ocorram processos de ruptura ou danificação de forma precoce dos materiais que fazem parte das camadas do pavimento.

2.2 ESTRUTURA DOS PAVIMENTOS

Estruturalmente, de acordo com Balbo (2007), os pavimentos rodoviários são constituídos por camadas que possuem funções específicas. O Quadro 1 ilustra as camadas dos pavimentos e suas respectivas funções. Elas devem proporcionar aos veículos, em qualquer ação do tempo, condições adequadas de rolamento e suporte. Essas estruturas, de forma literal, devem ser capacitadas para adquirirem e transmitirem esforços de modo que possam amenizar as pressões de camadas inferiores.



Camadas do Pavimento		Função
Camadas Superiores	Desgaste	Drenagem Distribuição das tensões induzidas pelo tráfego Promoção da circulação do tráfego com conforto e segurança
	Ligação/Regularização	Impermeabilidade
	Base Betuminosa	Camada estrutural
Camadas Granulares	Base	Camada estrutural Degradação das cargas induzidas pelo tráfego
	Sub-Base	Camada estrutural Proteção das camadas inferiores durante a fase construtiva Drenagem interna do pavimento Resistência à erosão
Solo de Fundação	Leito do Pavimento	Homogeneidade das características mecânicas da fundação Plataforma construtiva Possibilidade de compactação das camadas sobrejacentes em adequadas condições
	Terreno de Fundação	Suporte do pavimento

Quadro 1 – Função das camadas de um pavimento rodoviário
Fonte: Adaptado de Instituto de Infraestruturas Rodoviárias - InIR (2009)

Essas camadas são confeccionadas, em geral, com materiais agregados, grãos e miúdos, solo e também pode ser adicionados cimento, cal, emulsão asfáltica, ou outras matérias-primas. E tem como propósito suportar os esforços conduzidos pelo revestimento, apresentando deformações e permeabilidade compatível com o previsto, de forma que assegure a drenagem do pavimento. A Figura 1 mostra através de um perfil de pavimento como estão dispostas as camadas dos pavimentos. Eles se distinguem da seguinte forma: regularização do subleito, um reforço de subleito, caso haja necessidade, uma sub-base acima desse reforço de subleito, seguido de uma base e por fim um revestimento. (BERNUCCI et al., 2008).

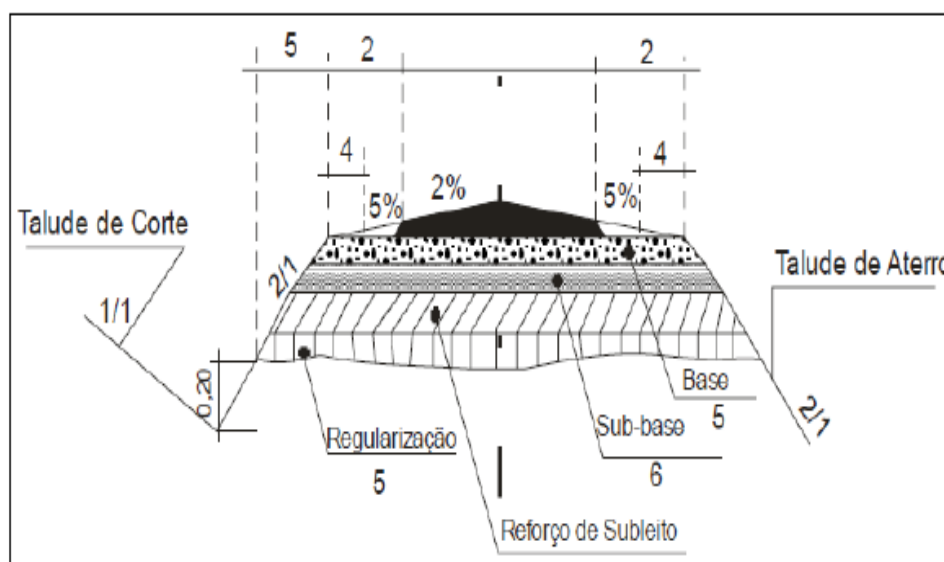


Figura 1 – Camadas dos pavimentos
Fonte: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT (2004, p. 16)

De acordo com o que o Manual de Pavimentação - DNIT (2006) perpetua a regularização do subleito não representa precisamente uma camada de pavimento, de forma que está, é um serviço que pode ser reduzido ao cortar o leito implantado ou sobreposto a esta camada, tendo assim, espessuras variantes. Essa camada

deve ser produzida sempre em aterros, pois evitam que sejam realizados cortes complexos da “casca” já compactadas pelo tráfego, que seja mudada uma camada compactada de forma natural, por outra camada a ser comprimida e que não se utilize a máquina escarificadora de forma desnecessária, sobre uma camada já compactada (SENÇO, 2007).

Bernucci et al. (2008) afirma que a camada de reforço do subleito caracteriza-se por ser a que possui tamanho mutável, com a incumbência melhorar a capacidade de suporte de carga do subleito. Porém, possui qualidades técnicas inferiores à camada superior, sub-base, e superior à do material inferior, subleito. Sendo usado, se a capacidade de suporte à carga do material de subleito for muito baixa. Esta é uma camada que possui espessura permanente, construída em cima da camada de regularização, que resiste e distribui esforços e pode ser considerada como a complementação da camada do subleito ou a camada que auxilia a sub-base (SENÇO, 2007).

A camada de sub-base caracteriza-se, conforme afirma Bernucci et al. (2008), por ser a faixa de material que possui a mesma função da base, é preparada sobre o subleito ou o reforço do subleito. Ela torna-se parte integrante da base especialmente em casos em que não sejam a base sobre as camadas de regularização e reforço do subleito. Os materiais que fazem parte da sub-base devem possuir características progressivamente melhores quando comparadas aos materiais do reforço, por outro lado, possivelmente terão atributos inferiores aos da base (BALBO, 2007).

Segundo Senço (2007), “base é a camada destinada a resistir aos esforços verticais oriundos do tráfego e distribuí-los” (2007, p. 20). Nesse sentido, a base torna-se importante pois será quem receberá os esforços provenientes do revestimento acima e transportará essas tensões para as camadas abaixo dela. Podendo ser formada por materiais como: solos cimentados de forma natural, misturas de solos e agregados (solo-brita), brita graduada, brita-graduada tratada com cimento, concretos e solos fortificados quimicamente com ligantes asfálticos e hidráulicos (BALBO, 2007).

O revestimento de acordo com Bernucci et al. (2008), é a camada que recebe mais cargas verticais e horizontais oriundas do tráfego e as transmite às faixas subjacentes. Tem como principal finalidade, favorecer a superfície de rolamento quanto às condições de conforto e segurança, e suportar os desgastes. A espessura da camada de revestimento adotada, para vias simples, com duas faixas e duas mãos de direção, deve ser de 3 a 5 centímetros e para autoestradas, precisam estar entre 7,5 a 10 centímetros, atendendo a critérios próprios ou conforme o tráfego previsto à via (SENÇO, 2007).



2.3 TIPOS DE PAVIMENTOS

Quanto à classificação dos pavimentos rodoviários, Bernucci et al. (2008) os divide em três tipos, que são pavimentos rígidos, semirrígidos e flexíveis. O Quadro 2 mostra esses três tipos de pavimentos que se diferem entre si de acordo com os materiais e a deformabilidade causadas pela carga recebida pelo volume de tráfego daquela estrutura. Essa divisão acontece, como afirma Branco, Pereira e Santos (2008), de acordo com a deformabilidade da estrutura e dos diversos tipos de materiais usados na construção.

Tipo de Pavimento	Materiais	Deformabilidade
Rígido	Hidráulicos e granulares	Muito reduzida
Semi-rígido	Hidrocarbonatos, hidráulicos e granulares	Reduzida
Flexível	Hidrocarbonetos e granulares	Elevada

Quadro 2 – Tipos de pavimentos em função dos materiais e deformabilidade
Fonte: Branco, Pereira e Santos (2008)

2.3.1 Pavimentos rígidos

O pavimento rígido, em conformidade com o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), é o tipo de pavimentação em que a rigidez é elevada em relação às camadas inferiores, absorvendo assim todas as tensões que provém do carregamento nela empregada. Esse pavimento é pouco deformável, composto principalmente de concreto de cimento e rompem através de tração na flexão, ao passo que são submetidos a esforços (SENÇO,2007).

Bernucci et al. (2008) caracteriza os pavimentos rígidos como aqueles associados ao concreto de cimento Portland, que são constituídos por uma camada superficial de concreto, em forma de placas, armadas ou não, apoiada sobre uma camada de material granular ou de material estabilizado com cimento, denominada sub-base, assentada sobre a camada mais profunda se necessários, conforme mostra a estrutura-tipo de pavimento de concreto de cimento Portland, na Figura 2. Nesse pavimento as cargas mais externas são compartilhadas por uma vasta área de contato pneu-pavimento, dessa forma as tensões propagadas às camadas abaixo chegam de forma menos intensa.

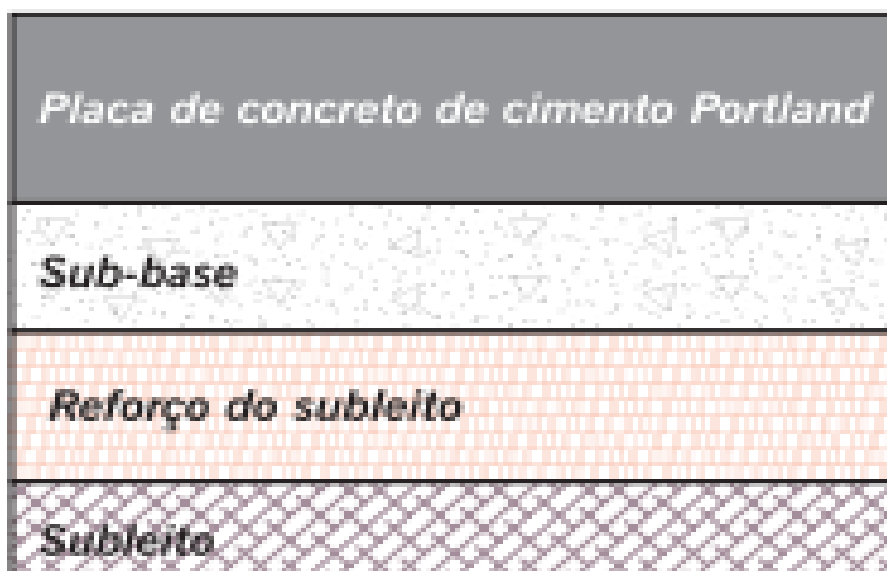


Figura 2 – Estrutura-tipo de pavimento de concreto de cimento Portland
Fonte: Bernucci et al. (2008, p. 337)

Os pavimentos rígidos são formados como afirma Oda (2014), por uma placa de concreto de cimento Portland, que substitui as camadas de revestimento e base, e sub-base, que tem o objetivo de evitar o sobrecarregamento da camada de subleito. Possui características próprias, como: a placa de concreto de cimento Portland possui espessura entre 18 a 40 centímetros, a sub-base é composto de pedra britada ou material cimentado, que beneficia e protege as camadas, o subleito adquire pressões mínimas e entre as placas encontram-se conexões, em que podem haver ferragens, capazes de transmitir esforços verticais de uma placa para outra e não possibilitar que elas se separem.

Segundo Marques (2002), a placa de concreto de Cimento Portland (CP) configura como um importante componente estrutural do pavimento rígido. Essa camada tem a finalidade de aliviar tensões recebidas nas camadas mais profundas, causadas devido à sua solidez com relação à flexão, ao mesmo tempo em que notáveis esforços de tração são desempenhados na placa de concreto. Devido à alta rigidez aplicado a esse concreto, a placa consegue distribuir um carregamento mais elevado ao solo, portanto, a maior capacidade estrutural desse tipo de pavimento é tomada pela placa (PEIXOTO e PADULA ,2008).

A Norma do DNIT 049 – ES (2004), cita os principais materiais utilizados na execução da pavimentação em concreto, que são: os tipos de cimento Portland, como CP-I (Cimento Portland Comum – Norma Brasileira - NBR-5732), CP-II (Cimento Portland Composto - NBR 11578), CP-III (Cimento Portland de Alto Forno – NBR 5735), CP-IV (Cimento Portland Pozolônico – NBR 5736); agregados graúdos (britas), agregados miúdos (areia), água, aditivos químicos (tipo plastificantes), aço, material selante para juntas, material para enchimento de juntas de dilatação, película isolante e impermeabilizante, materiais para cura de concreto e concreto.

2.3.2 Pavimentos semirrígidos

O pavimento semirrígido ou como também é conhecido, semi-flexível, segundo Marques (2002), é o tipo de pavimento intermediário ao pavimento flexível e ao pavimento rígido. Pode ser constituído de algumas misturas de materiais em sua base ou sub-base, como o solo-cimento, solo-cal, solo-betume, entre outros, revestidos por uma camada asfáltica e capazes de resistir às trações em que são expostos.

Conforme cita o Manual de Pavimentação do DNIT (2006), os pavimentos semirrígidos são formados por meio de uma base cimentada quimicamente, com a adição de algum composto adesivante que tenha propriedades cimentícias. O solo-cimento caracteriza-se por ser uma mistura de solo, cimento Portland e água, utilizada geralmente para reforçar as camadas de base ou sub-base do revestimento, transformando-o dessa forma, em semirrígido.

Dessa forma, Silva (2009), constata que esse tipo de pavimento é formado por uma camada deteriorada superficialmente, de materiais betuminosos assentes sobre a base, que tem finalidade estrutural e é composto por materiais granulosos relacionados ao cimento. A camada de material betuminoso de desgaste pode apresentar uma espessura reduzida, atingindo 10 centímetros ou menos, como também pode atingir espessuras superiores a 18 centímetros. A Figura 3 ilustra através da estrutura-tipo do pavimento semirrígido, como ficam dispostas essas camadas.

	Tipo de Material	Tipo de Camada
Pavimento	Misturas Betuminosas	Camada de Desgaste
	Misturas Betuminosas	Camada de Regularização
	Materiais Granulares ligados com Cimento Portland	Camada de Base
	Materiais Granulares Solos Tratados Solos Seleccionados	Camada de Sub-Base
Fundação	Materiais Granulares solos Tratados Solos Seleccionados	Leito do Pavimento
	Aterro Terreno Natural	

Figura 3 – Estrutura-tipo de pavimento semirrígido
Fonte: Silva (2009, p. 15)

2.3.3 Pavimentos flexíveis

O pavimento flexível, conforme Bernucci et al. (2008) conceitua, é o pavimento que comumente é associado aos pavimentos asfálticos. Suas camadas são compostas pelo revestimento asfáltico, apoiado sobre as camadas de base, sub-base e de reforço do subleito, como mostra a estrutura-tipo das camadas do pavimento flexível na Figura 4. Nesse tipo de pavimento utiliza-se materiais agregados de diversos tamanhos ou mistura de solos, sem o acréscimo de agentes cimentantes, misturados a ligantes asfálticos, que quando aplicados, dão à pista de rolamento, a aderência, permeabilidade e estabilidades adequados ao tráfego local. De acordo com o volume do tráfego, da dureza e das dimensões das camadas, da amplitude suportada pelo subleito e das condições ambientais, algumas camadas podem ser suprimidas.

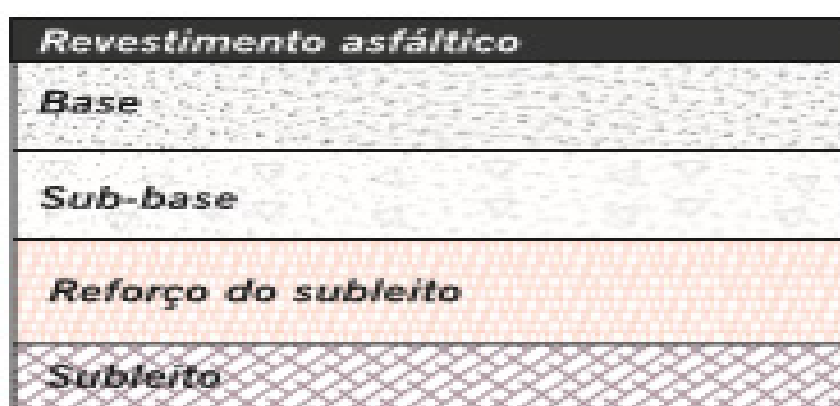


Figura 4 – Estrutura-tipo das camadas do pavimento flexível
Fonte: Bernucci et al. (2008, p. 338)

Para Senço (2007, p. 23):

Pavimentos flexíveis são aqueles em que as deformações, até um certo limite, não levam ao rompimento. São dimensionados normalmente a compressão e a tração na flexão, provocada pelo aparecimento das bacias de deformação sob as rodas dos veículos, que levam a estrutura a deformações permanentes, e ao rompimento por fadiga.

De acordo com Balbo (2007), o pavimento flexível é o aquele em que a sucção dos esforços ocorre de forma separada entre as várias camadas, encontrando-se as tensões verticais nos níveis inferiores, ligadas a regiões próximas da área de aplicação da carga. Esse tipo de pavimento possui vida útil geralmente menor que 10 anos, onde as altas temperaturas, excesso de chuvas ou os combustíveis e óleos dos veículos acarretam a deterioração da sua superfície (SILVA FILHO, 2011).

Ribas (2017) explica que, no pavimento flexível as cargas não são compartilhadas de maneira uniforme, mas de forma vertical, forçando totalmente o solo a trabalhar e sofrendo com deformações elásticas consideráveis. O autor ainda acrescenta que, para a execução e manutenção desse pavimento existem maiores quantidades de empresas e mão de obra disponíveis, assim como máquinas e equipamentos.

O Manual de Pavimentação do DNIT (2006), cita que o pavimento flexível é aquele em que todas as alterações maleáveis são importantes sob o carregamento empregado. Dessa forma, os carregamentos distribuem-se de forma proporcional em todas as suas camadas. Os materiais que constituem o concreto asfáltico normalmente são constituídos por uma base de brita (Brita graduada simples – BGS ou Macadâmia) ou por uma base de solo pedregulhoso, calçado por um revestimento asfáltico e é o mais utilizado nas rodovias de todo o mundo.

2.3.3.1 Tipos de pavimentos flexíveis

De acordo com Bernucci et al. (2008), os pavimentos flexíveis podem apresentar-se com vários tipos de revestimento, como: Concreto betuminoso usinado à quente (CBUQ), Pré-misturado a quente (PMQ), Pré-misturado a frio (PMF), Areia asfalto usinado à quente (AAUQ), Microrrevestimento asfáltico a frio (MRAF) e Revestimentos betuminosos - Tratamentos superficiais.

Para Senço (2007) o Concreto betuminoso ou Concreto betuminoso usinado à quente (CBUQ), caracteriza-se por ser o mais nobre dos revestimentos flexíveis. Sua composição consiste na mistura de agregados e betume, que atendam às suas normas específicas. Essa mistura é realizada através de uma usina asfáltica, que controla a granulometria dos materiais, o teor de betume, temperaturas do agregado e do betume, transporte, aplicação e compressão dos materiais, formando o revestimento. O CBUQ é o revestimento mais aplicado em autoestradas e vias expressas.

O revestimento Pré-misturado a quente (PMQ), segundo Balbo (2007), é uma mistura semelhante ao CBUQ, integrada por apenas dois tipos de agregados. Com base nisso, esse revestimento executa uma mistura mais aberta, com maior índice de vazios, não exigindo especificações rígidas a respeito da dosagem dos agregados. O revestimento PMQ é menos custoso que o revestimento CBUQ, é usado principalmente como camada de regularização ou de ligação, com espessuras que medem de 30 milímetros a 90 milímetros. Pode ser usado como revestimento em estradas e ruas de menor volume de tráfego viário, como camada interposta e em procedimentos de preservação e cuidado de vias, podendo ser: denso, que caracteriza-se por sua graduação ser contínua e com pequena capacidade de vazios, e aberto, que qualifica-se por possuir graduação aberta e com grande massa de vazios (BERNUCCI et al., 2008).

Bernucci e at. (2008), define o revestimento Pré-misturado a frio (PMF), como o pavimento formado através de misturas usinadas de agregados dos tipos graúdos, miúdos e de enchimento, que são misturados à emulsão asfáltica de petróleo (EAP) à temperatura ambiente. O asfalto Pré-Misturado à Frio é uma mistura realizada em usina asfáltica apropriada, com temperatura ambiente, utilizando agregado graúdo mineral, material de enchimento (*filler*) e ligante asfáltico, nesse caso,



aplicada e compactada a frio. Se executado de forma adequada essa mistura deve assegurar ao pavimento uma boa estabilidade, impermeabilidade, conservação, resistência à derrapagem, à fadiga e ao trincamento devido às altas temperaturas. (DNIT 001 - ES, 2009).

De acordo com Balbo (2007), o revestimento areia asfalto, é uma mistura preparada à quente em usina adaptada, sendo composta por agregado miúdo e material de enchimento. É utilizada geralmente, como camada de revestimento, regularização e de base para outros pavimentos asfálticos. Possui valor de mercado abaixo do CBUQ, por isso é comumente usada em via de tráfego pouco elevado.

O microrrevestimento asfáltico a frio (MRAF), caracteriza-se por ser uma argamassa pré-misturada, que possui em sua estrutura cerca de 40% de material de pedrisco. Esse tipo de asfalto funciona como uma evolução das lamas asfálticas, que geralmente são fluidas e formadas por agregados miúdos, no entanto tem um diferencial, que é o uso de emulsões de asfaltos modificados com polímeros, que aumentam a sua utilidade (Balbo, 2007).

De acordo com Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná – DER-PR (2005), o revestimento asfáltico do tipo tratamento superficial define-se por ser o serviço por penetração que compreende aplicações alternadas de ligante asfáltico e agregados minerais, em operações simples e múltiplas. Os pavimentos que fazem uso dos tratamentos superficiais são as técnicas de pavimentação mais baratas utilizadas na impermeabilização de rodovias com volume de tráfego de baixo a médio (Bernucci et al. 2008).

2.3.3.2 Desempenho dos pavimentos flexíveis

Bernucci et al. (2008, p. 338) diz que, “o pavimento deve ser dimensionado para o tráfego previsto no período de projeto e para as condições climáticas a que estará sujeito. As diferentes camadas devem resistir aos esforços solicitantes e transferi-los, por sua vez, às camadas subjacentes”. Quando isso não ocorre, os pavimentos são submetidos a esforços diferentes do qual foram projetados, podem apresentar problemas na condição, no seu desempenho ou na serventia do pavimento, levando à sua deterioração, ruptura ou deformação, se submetidas ao tráfego intenso.

Bernucci et al. (2008), ainda considera que as principais avarias consideradas quanto ao desempenho dos pavimentos são a deformação permanente e a fadiga. Ao se dimensionar uma estrutura de pavimento corretamente, deve-se compreender as características dos materiais, sua resistência à ruptura, permeabilidade e deformabilidade, frente à repetição de carga e ao efeito do clima.

O DNIT (2006), ainda lista aspectos relativos importantes quanto ao desem-



penho dos pavimentos e os mecanismos que regem a sua deterioração, como: Desempenho funcional, que alega a capacidade do pavimento em atender sua função principal, que é de oferecer uma superfície com serventia conveniente aos termos de qualidade de rolamento e desempenho estrutural, que está ligado à possibilidade dos pavimentos tem de conservar sua integridade estrutural, de forma que não ocorram falhas significativas. Deve-se relacionar o desempenho estrutural com a conservação dos investimentos e ponderar qual o melhor momento para recuperar o pavimento, aquele que oriente a uma menor importância do ciclo de vida.

3. A IMPORTÂNCIA DA EXECUÇÃO ADEQUADA DO PAVIMENTO FLEXÍVEL AREIA ASFALTO USINADO À QUENTE

Os pavimentos caracterizam-se por serem estruturas compostas de camadas finitas, assentadas de forma que transmita e receba esforços em sua última camada. Os tipos de pavimentos comumente utilizados nas vias são os pavimentos flexíveis, entre eles, o revestimento com Areia Asfalto Usinado à Quente (AAUQ), nos serviços de implantação do pavimento asfáltico, recapeamento e tapa-buraco em vias de acesso urbano e com relativamente, mediana concentração de rodagem (BERNUCCI ET AL., 2008).

Conforme o DNIT 032 – ES (2005) afirma, deve - se aplicar métodos na execução da camada de pavimento mediante a confecção em usina A adequada de uma mistura a quente, que utiliza cimento asfáltico, areia e material de 5enchimento (*filler*). Para a confecção desse tipo de pavimento os materiais, equipamentos empregados, a execução e o controle da qualidade precisam atender aos requisitos do projeto, além dos parâmetros para aceitação, rejeição e medição obrigatórios em norma serem atendidos.

3.1 AREIA ASFALTO USINADO À QUENTE (AAUQ)

O pavimento em areia asfáltica usinada à quente (AAUQ), conforme recomenda Bernucci et al. (2008) é o revestimento comumente associado a áreas de pequeno volume de tráfego e, como toda mistura asfáltica à quente é produzida em uma fábrica específica, composto por agregados miúdos, entre eles areia, *filler* e ligante asfáltico, que juntos formam, como essa mistura também é conhecida, uma argamassa asfáltica.

Esse tipo de pavimento, geralmente é utilizado em regiões onde não se consegue encontrar agregados graúdos com facilidade, ou onde o valor aquisitivo desse agregado é demasiado. A Tabela 1 revela que devido ao uso desses tipos de materiais, em sua composição, o resultado do ensaio granulométrico se concentra, predominantemente de material passante na peneira nº 10, em que a superfície



específica aumenta, demandando maior quantidade de Cimento Asfáltico de Petróleo- CAP (OLIVEIRA ET AL., 2014).

Peneiras		Faixas		
		Porcentagem em massa, passando		
ABNT	Abertura (mm)	A	B	Tolerância
3/8"	9,5	4,75mm	2,0mm	
Nº 4	4,8	100	–	–
Nº 10	2,0	80–100	100	±5%
Nº 40	0,42	60–95	90–100	±4%
Nº 80	0,18	16–52	40–90	±4%
Nº 200	0,075	4–15	10–47	±3%
		2–10	0–7	±2%
Emprego		Revestimento		
Teor de asfalto, % sobre o total da mistura		6,0–12,0	7,0–12,0	±0,3%
Volume de vazios, %		3,0–8,0		
Relação betume/vazios, %		65–82		
Estabilidade, kN, mín.		30		
Fluência, mm		2,0–4,0		

Tabela 1– Granulometrias e características de dosagens recomendadas pelo DNIT com CAP (DNIT 032/2005-ES)

Fonte: Bernucci et al. (2008, p. 176)

De acordo com Bernucci et al. (2008), o DNIT abre a oportunidade para o uso de asfalto modificado por polímero nas AAUQs. A Tabela 2 mostra granulometrias e características de dosagens especificadas na DNER-ES 387/99 para essa mistura à quente. Quando confrontada com outros tipos de misturas à quente, o AAUQ se mostra com menor resistência às deformações e por esse motivo, é frequentemente usada em vias de tráfego não muito intenso (OLIVEIRA ET AL., 2014).

Peneira de malha quadrada		Faixas			
		Porcentagem em massa, passando			
ABNT	Abertura (mm)	A	B	C	Tolerância
Nº 4	4,8	100	100	100	–
Nº 10	2,0	90–100	90–100	85–100	±5%
Nº 40	0,42	40–90	30–95	25–100	±5%
Nº 80	0,18	10–47	5–60	0–62	±3%
Nº 200	0,075	0–7	0–10	0–12	±2%
Teor de asfalto, %		5,0–8,0	5,0–8,5	5,0–9,0	±0,3%
Volume de vazios, %		3,0–8,0			
Relação betume/vazios, %		65–82			
Estabilidade, kN mín.		25			
Fluência, mm		2,4–4,5			

Tabela 2– Granulometrias e características de dosagens recomendadas pelo DNIT com Asfalto Polímero (DNER - ES 387/1999)

Fonte: Bernucci et al. (2008, p. 176)



3.1.1 Materiais utilizados no processo de pavimentação

Um dos pontos mais importantes e difíceis para o projetista, do início dos processos de pavimentação com a massa asfáltica areia asfalto, é a escolha dos materiais a serem empregados e das camadas constituintes da estrutura desse pavimento, pois os materiais constituintes a essa estrutura precisam suportar as ações do tempo e do clima, proporcionando uma superfície de rolamento adequada ao tráfego dentro de um período de projeto (FONTES, 2010).

Entre esses materiais está o ligante asfáltico que é um hidrocarboneto formado por corpúsculos de hidrogênio e carbono com caracterização mutável, de onde advém o processo de destilação do petróleo e que tem a propriedade de ser um aderente termoviscoplastico, impenetrável à água e pouco reativo. No entanto, o declínio da reatividade química a muitos agentes não impede que esse material possa passar por um processo de envelhecimento por oxidação tardia, devido ao contato com o ar e a água (BERNUCCI ET AL., 2008). A Tabela 3 relata que de acordo o DNIT 032 – ES (2005), os ligantes asfálticos empregados no processo de pavimentação e suas penetrações: Cimento asfáltico de petróleo, CAP-30/45, CAP-50/60, CAP-85/100, (classificação por penetração), CAP-20 e CAP-40 (classificação por viscosidade).

TIPOS DE CAP QUANTO À PENETRAÇÃO			
PAÍS	DUROS	MÉDIOS	MOLES
Brasil	CAP 30/45	CAP 50/70, CAP 85/100	CAP 150/200
França	CAP 20/30	CAP 40/50, CAP 60/70, CAP 80/100	CAP 180/220
EUA	CAP 40/50	CAP 60/70, CAP 85/100	CAP 120-150 CAP 200-300

Tabela 3– Classificação dos CAPs por penetração
Fonte: Balbo (2007, p. 119)

Os agregados mais utilizados na composição da mistura desse tipo de pavimento, são os agregados miúdos do tipo, areia. Conforme o DNIT 032 – ES (2005), suas partículas devem apresentar resistência, estando livres de torrões de argila e de substâncias que comprometam a salubridade do material e conforme cita a norma do DNER – ME 054, sobre o método de ensaio de equivalente de areia, este deve apresentar-se igual ou superior a 55%.

Ainda com relação aos agregados miúdos dessa mistura asfáltica, Sbrighi Neto (2005), exprime que existem uma quantidade de características relevantes a serem aprofundadas, no que se refere à qualificação de agregados na produção de pavimentos, como: a granulometria, forma e textura superficial, resistência mecâ-

nica, absorção e umidade superficial e, isenção de substâncias nocivas.

O material de enchimento, conhecido como *filler*, também faz parte da composição do pavimento asfáltico. *Filler*, conforme Dal Molin (2005) é um material não reativo, sem atividade química, capaz de produzir um efeito de empacotamento granulométrico, preenchendo vazios, aumentando a compactidade e refinando os poros da mistura. Petrucci (1998) afirma que esse material, ao submeter-se ao ensaio granulométrico, costuma passar na peneira nº 200 e deve atender aos requisitos de tolerâncias granulométricas próximo ao limite da especificação determinada pelo DNIT 032 – ES (2005). O Quadro 3 explica através de dados granulométricos a designação, tamanho e porcentagens de agregados utilizados para AAUQ.

DESIGNAÇÃO E TAMANHO NOMINAL DOS AGREGADOS				
Designação		A	B	Tolerâncias
Tamanho Nominal		4,75 mm	2,0 mm	
Peneiras		Porcentagem total passando (por peso)		
Nome	Abertura mm			
(3/8 pol.)	9,5 mm	100	-	-
(nº 4)	4,75 mm	80 – 100	100	± 5%
(nº 10)	2,00 mm	60 – 95	90 – 100	± 4%
(nº 40)	0,42 mm	16 – 52	40 – 90	± 4%
(nº 80)	0,18 mm	4 – 15	10 – 47	± 3%
(nº 200)	0,075 mm	2 - 10	0 – 7	± 2%
Emprego		Revestimento	Revestimento	-
Cimento Asfáltico % sobre o total da Mistura		6 - 12	7 - 12	± 0,3%

Quadro 3 – Designação e tamanho dos agregados para AAUQ
Fonte: DNIT 032 - ES (2005, p. 04)

Na composição do pavimento em AAUQ, é inserido como componente da mistura um melhorador de adesividade. Sua função é melhorar a viscosidade entre o ligante asfáltico e o agregado miúdo (areia), para que atenda as especificações do projeto. Essa determinação é definida pelo Método DNER 079/95, que é o método de determinação da adesão ao ligante asfáltico e pelo método de ensaio AASHTO (Associação Americana de Oficiais e Rodovias e Transportes do Estado) 283/89, que define a durabilidade das misturas asfálticas compactadas à degradação desenvolvida pela umidade. O Quadro 4 indica que para determinar o percentual de ligante asfáltico para misturas asfálticas, permitidos pela especificação, deve-se realizar o Método de Ensaio Marshall. Esse ensaio tem a função de verificar as condições de vazio, fluência e estabilidade da mistura (DNIT 032 – ES 2005).



Discriminação	ENSAIO
	Marshall DNER-ME 043
Porcentagem de vazios	3 a 8
Relação betume/vazios	65 – 82
Estabilidade, mínima	300 kgf (75 golpes)
Fluência, mm	2,0 – 4,5

Quadro 4 – Método de Ensaio Marshall para misturas asfálticas
Fonte: DNIT 032 - ES (2005, p. 04)

3.1.2 Equipamentos

De acordo com o DNIT 032 – ES, os equipamentos importantes para a adequada execução do revestimento asfáltico em AAUQ, são: depósito para ligante asfáltico, depósito para agregados, usinas para misturas betuminosas, caminhões basculantes transportadores, equipamentos para espalhamento, equipamentos para compressão.

- Depósito para ligante asfáltico: Este lugar usado para armazenagem deve conter aquecedores de temperatura determinada pela norma, de forma que não ocorra o superaquecimento do material. Deve conter também, um sistema misturador, para que todos os componentes possam ser misturados constantemente por todo o período de operação e sua capacidade de estoque de ligante asfáltico deve ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.
- Depósito para agregados: Esses tanques para estocagem de materiais agregados devem possuir capacidade total de três vezes ou mais com relação à amplitude do misturador e devem ser divididos em compartimentos que podem separar e estocar porções de cada agregado. Deve também possuir compartimentos para descarga de material de acordo com a dosagem disposta em projeto. No entanto, o *filler* deve ter um compartimento, com as condições de dosagem adequada somente para ele.
- Usinas para misturas betuminosas: Estas usinas para fabricação de areia asfalto devem estar servidas de equipamentos classificadores de agrega-

dos, como dispor de um misturador que seja capaz de produzir uma mistura homogênea dos materiais. Além de possuir um termômetro com proteção metálica, com escala de 90° a 120° C, que deve ser fixado próximo à descarga do misturador, um termômetro de mercúrio, um pirômetro elétrico, capazes de registrar a temperatura dos materiais.

- d) Caminhões basculantes transportadores: Esses tipos de caminhões são importantes no processo de execução de pavimentos asfálticos. Para estarem adequadas a esse tipo de procedimento devem possuir caçambas metálicas lisas e limpas, lubrificadas antes do início dos processos com óleo, água e sabão ou solução de cal, de modo a evitar a aglomeração da mistura de materiais nas chapas. Porém, não é permitido o uso de óleo diesel, pois esses produtos são nocivos ao ligante asfáltico.
- e) Equipamentos para espalhamento: Os equipamentos para espalhamento de massa asfáltica e acabamento é composto por pavimentadoras automotrizes, que tem a finalidade de espalhar e aglomerar a mistura conforme o projetado. Essas máquinas que dão acabamento à plataforma asfáltica devem possuir equipamentos, como, roscas distribuidoras do tipo, “sem-fim”, alisadores e dispositivos para aquecimento e dispositivos de direção, que terão a função de impedir que haja irregularidades na aplicação do pavimento.
- f) Equipamentos para compressão: Os equipamentos usados na compressão de materiais asfálticos são constituídos por: rolo pneumático, rolo metálico liso, tipo tandem ou rolo vibratório. Os rolos pneumáticos necessitam serem providos de dispositivos que possibilitem a calibragem de variação de pressão dos pneus de 2,5 Kgf/cm² a 8,4 Kgf/cm² (35 a 120 psi). Os equipamentos utilizados na operação precisam ser eficientes na condensação da mistura até ela se encontrar preparada para aplicação.

3.1.3 Execução

Para dar início à execução do pavimento deve-se seguir etapas em que os serviços e a durabilidade do pavimento atinjam o padrão de qualidade segundo as especificações. O procedimento inicial, de acordo com o DNIT 032 – ES (2005), é a pintura de ligação. Esta deve ocorrer em no mínimo sete dias após a execução da imprimação da base, caso nesse tempo tenha havido a passagem de veículos ou máquinas sobre a área imprimada, deve-se aplicar uma camada de pintura de ligação, para que haja aderência à camada do pavimento existente.

O Batalhão de Engenharia de Construção - BEC (2015, p. 03):



A aplicação de material betuminoso (RR-1C, RR-2C, RM -1C e outros) com a barra espargidora do Distribuidor de Asfalto (DA), deve obedecer a taxa de aplicação prevista em projeto. Para isso, o operador do DA deverá ajustar a vazão da bomba e a velocidade do DA. Este ajuste é realizado por meio de teste/ensaio, antes de iniciar a aplicação propriamente dita.

Para que essa distribuição seja correta, de acordo com Wickboldt (2005), deve-se usar o caminhão espargidor, que é um equipamento de aquecimento do material betuminoso auxiliado pela barra de distribuição de asfaltos. A Figura 5 retrata o funcionamento dessa barra espargidora durante a aplicação do ligante asfáltico. Ela serve para manter o alinhamento uniforme dessa distribuição e manter os limites dos ligantes dentro do especificados.



Figura 5– Barra espargidora de distribuição de asfaltos para AAUQ
Fonte: BEC (2015, p. 03)

Antes da aplicação da massa asfáltica, de acordo com o DNIT 032 – ES (2005), todos os materiais devem ser aferidos e conterem temperatura-viscosidade conforme o padrão de cada procedimento. A mistura asfáltica deve ter viscosidade entre 75 e 95 segundos, “Saybolt-Furol” (DNER – ME 004), com o ligante recomenda-se que a temperatura esteja entre 107° C e 177° C e aos agregados devem estar aquecidos à temperatura de 10° C a 15° C.

Após esse procedimento, faz-se necessário distribuir a massa da areia asfalto, feita por uma máquina acabadora, geralmente é usado um rolo pneumático ou rolo metálico liso, tipo tandem, em conformidade com o ilustrado na Figura 6. Essas máquinas precisam ser umedecidas para compactar a mistura adequadamente na densidade projetada, no passo em que essa também deve se encontrar em condições adequadas de trabalho (BEC, 2015).



Figura 6: Máquina acabadora: Rolo liso tandem
Fonte: BEC (2015, p. 06)

Caso haja interferências nas vias a serem compactadas, estas devem ser sanadas com a adição manual da massa asfáltica e com o auxílio de rodos metálicos, usados no espalhamento, pois durante a execução do serviço não é permitido que ocorram mudanças de direção ou estacionamento sobre o material recém-rolado. Para garantir a resistência desses materiais após a compactação, a via deve ser isolada até seu completo resfriamento (BEC, 2015).

4. PATOLOGIAS DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

As degradações que surgem nos pavimentos com a circulação de veículos e cargas ou os defeitos, como são popularmente conhecidos, ocorrem devido a uma série de patologias cuja as principais causas podem ser, dentre tantas outras, a seleção inadequada dos materiais, problemas no projeto ou na má execução do mesmo e falta de manutenção das vias. Segundo Rocha (2014), esses problemas causam a degeneração do revestimento e das camadas mais profundas, deteriorando o rolamento, diminuindo o conforto e a segurança da via, de forma que provoquem prejuízos aos usuários e aos veículos.

Conforme recomenda Bernucci et al. (2008), os defeitos que aparecem nos pavimentos, recebem a denominação de defeitos superficiais, degradação da superfície ou deformações. Concordando com isso, Link (2009), afirma que esses problemas que surgem nos pavimentos estão associados aos materiais aos quais foram empregados na execução do pavimento e à conduta mecânica que muda à cada estrutura.

4.1 TIPOS DE PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS

De acordo com Fontes (2010), ao longo da vida útil dos pavimentos, ocorre o aparecimento de defeitos na camada de revestimento asfáltico. Esses problemas cooperam continuamente para a perda da qualidade do revestimento. Dessa forma, o autor lista alguns fatores contribuem para a aceleração da deterioração do pavimento, como:

- Condições ambientais;
- Capacidade de suporte do pavimento e do subleito;
- Qualidade dos materiais utilizados e do processo construtivo;
- Volume de tráfego;
- Carga por eixo do caminhão.

Consoante Bernucci et al. (2008) apregoa, os principais tipos de “doenças” catalogados pela Norma Brasileira do DNIT 005/2003, que fala sobre os defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos e que são ponderados para o cálculo de indicador de qualidade da superfície dos pavimentos, Índice de Gravidade Global – (IGG), são fendas (F), afundamentos (A), ondulação ou corrugação (O), escorregamento (E), exsudação (EX), desgaste ou desagregação (D), placas ou buracos (P) e remendos (R).

4.1.1 Fenda

De acordo com o DNIT (2003), o fendilhamento se caracteriza por ter alguma descontinuidade que ocorre na superfície do pavimento, causando deficiência na capacidade de suporte, rigidez elevada e por conduzir a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas. Ainda de acordo com o DNIT (2003), as fendas se diferenciam devido ao seu aspecto visual sendo, portanto, classificadas em fissuras ou trincas.

4.1.1.1 Fissuras

Conforme a Confederação Nacional do Transporte - CNT (2019), as fissuras são fendas capilares que aparecem no revestimento asfáltico, mas que não acarretam problemas na funcionalidade e nem na estrutura das rodovias. Elas encontram-se posicionadas de forma longitudinal, transversal, conforme exemplifica a Figura 7,



ou obliquamente, e são visíveis há quem está a 1,5 metros de distância e possuem extensões inferiores a 30 centímetros.



Figura 7 – Fissura transversal
Fonte: Pedro Vitória (2016)

Ainda segundo a CNT (2019), os principais agentes que culminam no surgimento das fissuras no revestimento asfáltico são a má dosagem do asfalto, excesso de finos (ou material de enchimento) no revestimento; compactação excessiva ou em momento inadequado, no entanto, esses agentes causadores não causam problemas funcionais ao revestimento.

4.1.1.2 Trinca

O DNIT (2003), conceitua a patologia trinca como sendo uma fenda presente na camada asfáltica, que pode ser prontamente visualizada a olho nu, se define por dispor de uma abertura maior que a da fissura e pode se fragmentar sob a forma de trinta isolada, que por sua vez por subdividir-se em trinca tipo transversal, longitudinal e de retração, ou trinca interligada, que se divide em tipo “couro de jacaré” e tipo “bloco”.

A Figura 8 demonstra a trinca isolada transversal que, por sua vez, é aquela que apresenta direção perpendicular ao eixo da pista de rolamento ao eixo da via. Quando apresentam extensão menor que 100 centímetros recebem a nomenclatura de trinca transversal curta e quando sua extensão for superior a 100 centímetros denomina-se trinca transversal longa. A principal causa que está relacionada à ocorrência de trincas na pavimentação é a contração hidráulica e térmica das camadas de base do pavimento, em que ocorre a infiltração de água pelas trincas já formadas (DNIT, 2005).

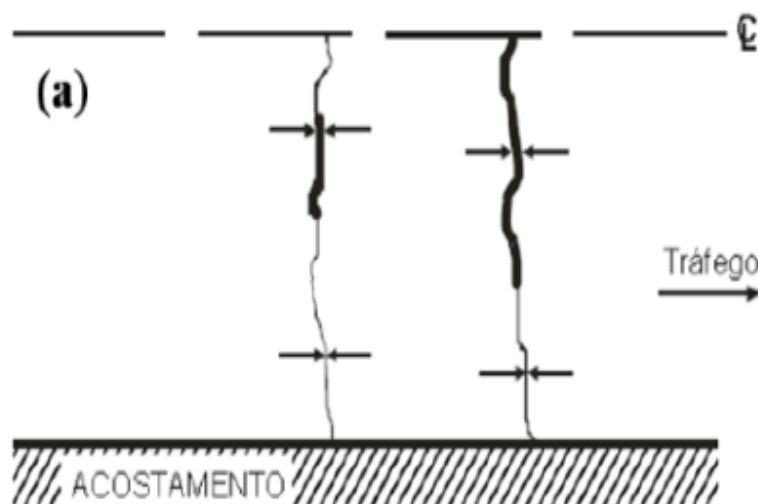


Figura 8 – Trinca isolada transversal
Fonte: DNIT (2003)

A trinca isolada longitudinal, ilustrada na Figura 9, aponta uma direção predominantemente paralela com relação ao eixo da via. Quando mostra uma extensão que mede até 100 centímetros é denominada trinca longitudinal curta e quando apresenta uma extensão maior que 100 centímetros, recebe o nome de trinca longitudinal longa. Como principais causas para a formação de trincas longitudinais, sejam curtas ou longas, se destacam: a junta de construção malfeita; contração/dilatação do revestimento devido ao gradiente técnico ou envelhecimento do asfalto; propagação das trincas existentes nas camadas subjacentes. (DNIT, 2005).

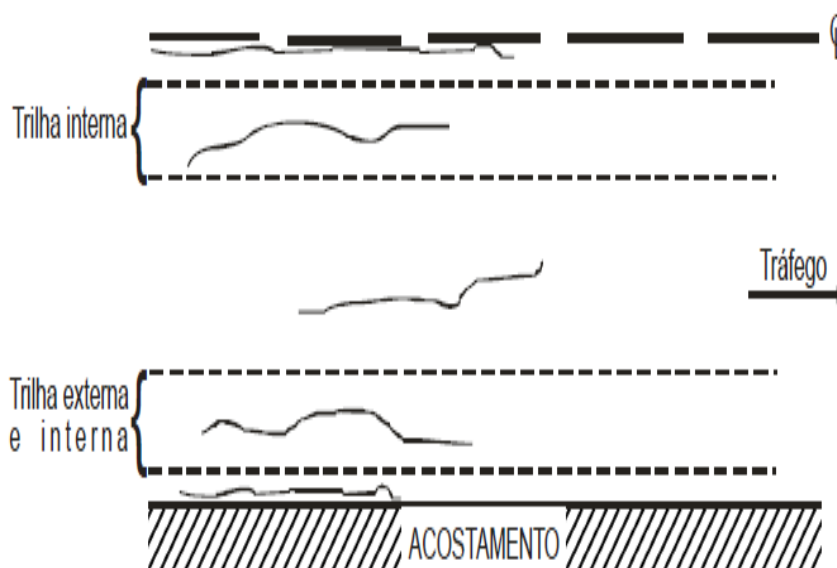


Figura 9 – Trinca isolada longitudinal
Fonte: DNIT (2003)

Conforme o DNIT (2003) apregoa, as trincas isoladas de retração, frisada na Figura 10, se destacam por não atribuírem sua ocorrência aos fenômenos da fadiga e sim aos fenômenos de retração térmica, do material do revestimento ou do material de base rígida ou semirrígida subjacentes ao revestimento trincado. Chicowski et al. (2017), cita que as causas mais comuns são atribuídas ao aumento

da mudança de temperatura, a movimentação de placas de concreto da camada adjacente e a movimentação dos blocos do pavimento semirrígido da camada subjacente do pavimento.



Figura 10 – Trinca isolada de retração
Fonte: Chicoski et al. (2017, p. 19)

A Figura 11 denota as trincas interligadas tipo “couro de jacaré”, que, segundo o DNIT (2003), são as que se destacam por terem direções preferenciais, que aparentam ter o aspecto de um couro de jacaré. Nessas trincas podem aparecer ou não erosões acentuadas nas bordas. Como afirma o CNT (2019) as causas mais prováveis da ocorrência de trincas tipo “couro de jacaré”, são: o colapso do revestimento asfáltico devido à repetição das ações do tráfego; o subdimensionamento ou má qualidade da estrutura de uma das camadas do pavimento; a baixa capacidade de suporte do solo; o envelhecimento do pavimento e o asfalto duro ou quebradiço.



Figura 11 – Trincas tipo “couro de jacaré”
Fonte: Silva (2018, p. 14)

As trincas interligadas do tipo “bloco” como conceitua o DNIT (2003), são um conjunto de trincas que se caracterizam por terem o aspecto de blocos formados por lados bem definidos, que podem ou não, desenvolver erosões bastante acentuadas nas bordas. Sua principal causa está relacionada à fadiga da base cimentada ou o reflexo da aplicação da camada de revestimento asfáltico sobre um pavimento

em blocos existente. A Figura 12 mostra como se formam trincas tipo “blocos” no pavimento asfáltico.



Figura 12 – Trincas tipo “blocos”
Fonte: DNIT (2003)

4.1.2 Afundamento

O afundamento é um defeito do pavimento que configura no aparecimento de depressões no revestimento que se forma na região onde há a maior passagem de cargas e veículos, ou seja, na trilha de roda. Quando está na fase inicial, esse problema só é visível depois da ocorrência de chuvas, pois formam sulcos que ficam preenchidos por água. Os motivos mais prováveis para a ocorrência de afundamentos nas vias são, a compactação insuficiente de uma ou mais camadas durante a construção; mistura asfáltica inadequada e o enfraquecimento de uma ou mais camadas devido à infiltração de água” (DNIT, 2005).

De acordo com o DNIT 005 – TER (2003), o afundamento se subdivide em plástico e de consolidação. O afundamento do tipo plástico mostrado na Figura 13 tem como causa a fluidez plástica entre as camadas do pavimento. Quando esse afundamento ocorre em uma extensão de até 6 metros, recebe o nome de afundamento plástico local, quando essa extensão é superior a 6 metros, é nomeado trilha de roda.



Figura 13 – Afundamento plástico
Fonte: Bernucci et al. (2008, p. 419)

Segundo o DNIT 005 – TER (2003), o afundamento de consolidação, apresentado na Figura 14 é causado pela consolidação diferencial das camadas do pavimento. Quando este possui uma extensão de até 6 metros, recebe o nome afundamento de consolidação local e quando esse comprimento é maior que 6 metros, é denominado consolidação da trilha de roda.



Figura 14 – Afundamento por consolidação
Fonte: Bernucci et al. (2008, p. 419)

4.1.3 Ondulação ou Corrugação

De acordo com a Confederação Nacional de Transporte (2019), ondulação ou corrugação é o defeito em que ocorre quando há movimento plástico do revestimento e acontece de maneira transversal na superfície do pavimento. A Figura 15 ilustra o defeito de ondulação ou corrugação no pavimento asfáltico que é causado a partir da falta de estabilidade da mistura asfáltica, da excessiva umidade do solo subleito, da contaminação da mistura asfáltica e da falta de aeração das misturas líquidas de asfalto.



Figura 15 – Ondulação ou Corrugação
Fonte: DNIT 005 – TER (2003)

4.1.4 Escorregamento

De acordo com o DNIT (2005), o defeito de escorregamento se refere ao deslocamento da camada de revestimento asfáltico ligada à camada encoberta pelo pavimento, em que aparecem fendas em formato de meia lua. A Figura 16 mostra o defeito de escorregamento no pavimento asfáltico que tem como causas mais prováveis para o aparecimento de problemas como o escorregamento, são: a ligação inadequada entre o revestimento e a camada sobre a qual este se apoia; a limitada inércia do revestimento asfáltico devido à pequena espessura; a compactação deficiente das misturas asfálticas ou da porção superior da camada de base e a fluência plástica do revestimento na ocorrência de altas temperaturas.



Figura 16 – Escorregamento
Fonte: DNIT (2016)

4.1.5 Exsudação

Conforme afirma o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos - DNIT (2006), o problema de exsudação ocorre quando uma película de material betuminoso é formada na superfície do pavimento e se caracteriza pela formação de manchas no mesmo. Esse defeito, retratado na Figura 17 pode ocorrer devido à dosagem ineficiente da mistura asfáltica, acarretando o teor excessivo de ligante e /ou índice de vazios muito baixo e também pode ocorrer por causa da atmosfera do ligante acima da projetada na mistura, acarretando a expansão do asfalto e a ocupação irreversível de vazios entre as partículas.



Figura 17 – Exsudação
Fonte: Bernucci et al. (2008, p. 420)

4.1.6 Desgaste ou desagregação

A “doença” do pavimento que se caracteriza como desgaste ou desagregação, de acordo com o DNIT 005 – TER (2003), acontece quando há o efeito da extração contínua do agregado do pavimento, qualificado pela aspereza superficial do revestimento e instigado por esforços causados pelo tráfego. A Figura 18 exemplifica o defeito de desgaste, que se caracteriza por perder a adesividade do ligante betuminoso e o deslocamento de agregados, causados pelo envelhecimento, endurecimento de desagregação.



Figura 18 – Desgaste ou desagregação
Fonte: Bernucci et al. (2008, p. 421)

Chicoski et al. (2017) afirma as causas mais prováveis para o desgaste asfáltico são os problemas de dosagem ocorridos na execução de projetos ou nas misturas, levando à segregação da massa asfáltica. Outra causa provável da ocorrência desse problema são os esforços inexoráveis provenientes do tráfego intenso. Esses esforços possuem níveis de severidade baixo, moderado e intenso.

4.1.7 Panela ou Buraco

A panela ou buraco, apontados na Figura 19 são problemas ocorridos no pavimento em que se forma uma concavidade no pavimento decorrente de diversas causas, como a falta de aderência entre as camadas superpostas, causando um deslocamento de parte do revestimento asfáltico, podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, o que provoca a desagregação dessas camadas (DNIT, 2003).



Figura 19 – Panela ou buraco
Fonte: Bernucci et al. (2008, p. 422)

Conforme Yoshizane, 2005, p.18:

Panelas são cavidades de diversos tamanhos que ocorrem no revestimento, resultantes de uma desintegração localizada. Esses pontos de fraqueza do pavimento, geralmente causados por aplicação insuficiente de asfalto ou por ruptura da base associada a uma drenagem deficiente, evoluem, sob a ação do tráfego e em presença de água, para uma fragmentação e até a remoção de partes do revestimento e/ou da base.

As possíveis causas relacionadas ao surgimento das panelas, conforme afirma o DNIT (2005), se referem às trincas interligadas, ao excesso de carga por eixo dos veículos que acarreta na remoção do revestimento e parte da camada de base, à deficiência de projeto, às deficiências construtivas de projeto, deficiência na compactação do solo e ação da água devido à infiltração.

4.1.8 Remendos

Os remendos, como diz o DNIT (2005), acontece com a retirada do revestimento asfáltico original e substituição desse material por outro similar. A Figura 20 aponta como os remendos são considerados falhas no nivelamento, que resultam do mal comportamento da estrutura original. Suas prováveis causas estão relacionadas à solicitação intensa do tráfego, do emprego de material de má qualidade, da agressividade das condições ambientais e dos problemas construtivos causados pela má execução do projeto.

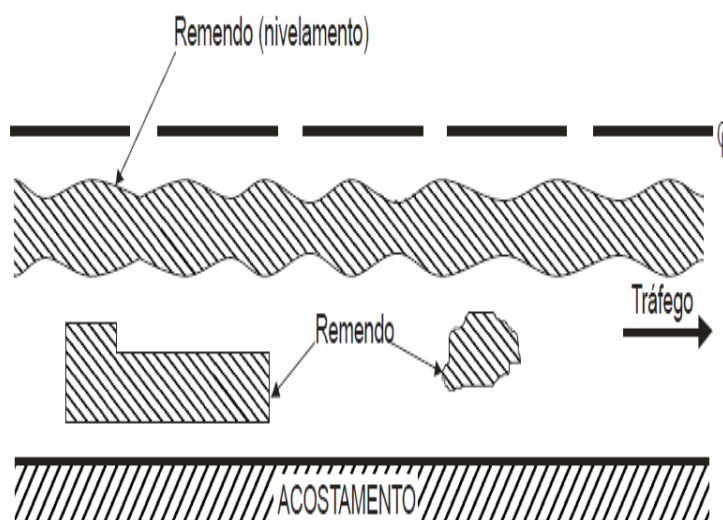


Figura 20 – Remendos
Fonte: Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos (2006)

O DNIT (2005) apregoa, que os remendos se subdividem em dois tipos, o remendo profundo e o remendo superficial. O profundo caracteriza-se por ser aquele em que há a substituição do revestimento e camadas inferiores do pavimento, geralmente feito de forma retangular. O remendo superficial consiste em ser um

a correção, em uma área determinada pela aplicação da camada betuminosa, da superfície do revestimento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada com referência ao estudo dos pavimentos rodoviários proporcionou o aprofundamento dos conhecimentos a respeito dos pavimentos flexíveis, sua estrutura, tipologia, método de desempenho e mostrou como esses fatores, técnicas e medidas importantes, adotadas pelo processo construtivo, contribuem de maneira significativa, para o bom funcionamento e durabilidade de um pavimento.

O revestimento asfáltico, por ser a última camada, é a mais nobre. Isso torna importante a escolha dessa capa rolamento, pois ele tem a função receber os impactos da pista e transmitir segurança a quem transita. Nesse caso, o revestimento Areia Asfalto Usinado a Quente (AAUQ), mereceu destaque pois é um pavimento que apesar de possuir menor valor aquisitivo, pode ser usado em pistas de tráfego moderado, como ruas, condomínios, estacionamentos e por esses motivos, é frequentemente usado.

Além disso, o estudo evidencia que é de grande relevância compreender os variados tipos de patologias que afetam os pavimentos, para que dessa forma, seja possível estabelecer por meio de avaliação técnica funcional, a motivação primária dos problemas, entender a evolução das falhas, avaliar as condições dos pavimentos e melhores técnicas de recuperação.

REFERÊNCIAS

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração**. São Paulo: Oficina de texto, 2007.

2º BATALHÃO DE ENGENHARIA DE CONSTRUÇÃO. **Areia Asfalto Usinado à Quente (AAUQ)**. Guia de Trabalhos de Engenharia. Piauí 2015.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al., **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros**. 1ª Ed. - Rio de Janeiro: Petrobrás ABEDA, 2008.

BRANCO, Fernando; PEREIRA, Paulo; SANTOS, Luís Picado. **Pavimentos rodoviários**. Coimbra: Edições Almedina, 2008.

BRASIL. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES - **CNT/2017** - ES. Conheça os 13 principais defeitos do pavimento das rodovias.2019. Disponível em: <<https://www.google.com/search?q=Conhe%C3%A7a+os+13+principais+defeitos+do+pavimento+das+rodovias.2019.&oq=Conhe%C3%A7a+os+13+principais+defeitos+do+pavimento+das+rodovias.2019.&aqs=chrome..69i57.429j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>>. (Acessado em 05 de abr. de 2019 às 23h37min).

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER - ME 054/97**: Equivalente de areia:



método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1997. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dner-me054-97.pdf>>. (Acessado em 27 de abr. de 2019 às 21h15min).

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ES 387/1999**. Pavimentação-areia asfalto a quente com asfalto polímero. Norma rodoviária - Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 1999. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dner-es387-99.pdf>>. (Acessado em 22 de abr. de 2019 às 19h43min).

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 005/2003 – TER**: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos. Rio de Janeiro: IPR, 2003. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/terminologia-ter/dnit005_2003_ter.pdf>. (Acessado em 27 de abr. de 2019 às 21h19min).

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL INFRA-ESTRUTURA ESTRUTURA DE TRANSPORTE. **DNIT 032/2005**. Pavimentos Flexíveis – Areia asfalto a quente. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit032_2005_es.pdf>. (Acessado em 19 de abr. de 2019 às 18h12min).

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT IPR – 710**. Manual de Conservação Rodoviária. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20Conservacao%20Rodoviaria.pdf>. (Acessado em 19 de abr. às 19h38min).

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT IPR – 719**. Manual de Pavimentação. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual%20de%20Pavimenta%20E3o_05.12.06.pdf>. (Acessado em 19 de abr. às 20h13min).

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT IPR – 720**. Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos, IPR/DNIT/ABNT, Rio de Janeiro, Brasil, 2006. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/..%5Carquivos_internet%5Cipr%5Cipr_new%5Cmanuais%5CManual_de_Restauracao.pdf>. (Acessado em 15 de abr. às 23h51min).

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 059/2004 – ES**. Pavimento Rígido – Pavimento de concreto de cimento Portland, concretado com rolo – Especificação de serviço. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Ministério dos Transportes. Brasil. Disponível em: <http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dnit059_2004_es.pdf>. (Acessado em 15 de abr. às 23h45min).

CHICOSKI, Christian et al. **TPE-04**. Trabalho apresentado à disciplina de Pavimentação, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Paraná, 2017.

DAL MOLIN, D. C. C. **Adições Minerais para Concreto. Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005.

DINIZ, D. H.; PEIXOTO, R. A. F; PADULA, F. R. G. **O emprego de agregados de escória de aciaria na fabricação de blocos intertravados para pavimentação**. 2008. 39ª RAPv/13.º ENACOR. Recife/PE, Brasil, 16 a 19 de setembro 2008.

FALEIROS, Luís Márcio. **Estradas: pavimento**. Franca/SP, USP – Curso de Engenharia Civil, Notas de aula, Jul/2005, 39p.

FONTES, Liseane Padilha Thives da Luz. **Otimização do Desempenho de Misturas Betuminosas com Betume Modificado com Borracha para Reabilitação de Pavimentos**. Tese de Doutorado, Universidade do Minho, Lisboa, 2010.

INSTITUTO DE INFRA-ESTRUTURAS RODOVIÁRIAS. **Diretivas para a concepção de pavimentos: disposições normativas**: Caemed. Rio de Janeiro, 2009.

LINK. Vanessa Morel. **Pavimentos asfálticos em corredores de ônibus: patologias e concepções alternativas**. Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

MARQUES, Geraldo Luciano de Oliveira., **Terminologia e Classificação dos Pavimentos**. Curso Básico Intensivo de Pavimentação Urbana – Módulo I. Juiz de Fora, 2002.



ODA, S. Notas de Aula. Disciplina EER 555. **Pavimentação B. Departamento de Engenharia de Transportes.** Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, 2014.

OLIVEIRA, Daniela Dutra de Oliveira; ANDRADE, Guilherme Sebba de; LAPERCHE, Lorena Araújo. **Estudo comparativo de concreto betuminoso usinado a quente com diferentes tipos de ligante na região metropolitana de Goiânia.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2014.

VITÓRIA, Pedro Ivo Saraiva. **Métodos de reparos de fissuras em pavimentos rígidos em sítios aeroportuários.** Trabalho de Conclusão de Curso, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

PETRUCCI, Eladio G. R. **Concreto de cimento Portland.** 13. Ed. São Paulo. Globo, 1998.

RIBAS, Leandro Carlos. **Custo-Benefício na Execução de Pavimentos Rígidos.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2017.

ROCHA, Robson Soares. **Patologias de pavimentos asfálticos e suas recuperações – Estudo de caso da Avenida Pinto de Aguiar.** Trabalho de Conclusão de Curso -Universidade Católica do Salvador, Salvador, 2014.

SBRIGHI NETO, Cláudio. **Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações.** Ed. G.C.Isaías. São Paulo: IBRA-CON, 2005. 2 v. 1600p.

SENÇO. Wlastermiller de. **Manual de Técnicas de Pavimentação:** volume 1. 2. ed. São Paulo, Pini, 2007.

SILVA, Luís Francisco Amaral da. **Pavimentos aeroportuários: análise de soluções rígidas e de soluções flexíveis.** 2009. Tese de Mestrado em Engenharia Civil – Universidade de Aveiro, 2009.

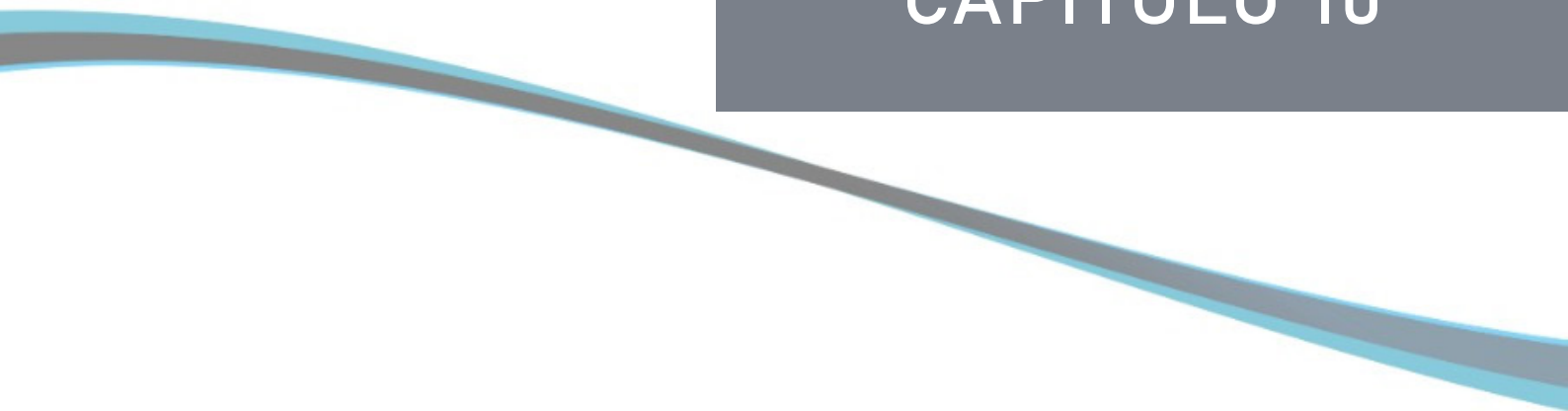
SILVA, Cristiano de A. **Estudo de caso de patologias em pavimento flexível em rodovia do oeste do Paraná.** Trabalho Final de Curso, Faculdade Paranaense, Campus Toledo/PR, 2018.

SILVA FILHO, Augusto Lins e. **Estudo comparativo de viabilidade técnica e econômica entre pavimentos rígido e flexível aplicados a Rodovia BR-408/PE.** Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade do Vale do Ipojuca – FAVIP, Caruaru, 2011.

WICKBOLDT, V. S. **Ensaaios Acelerados de Pavimentos para Avaliação de Desempenho de Recapeamentos Asfálticos** – Dissertação de Mestrado – PPGEC/UFRGS. 134p. 2005.

YOSHIZANE, Prof. Hiroshi Paulo. **Defeitos, Manutenção e Reabilitação de Pavimento Asfáltico.** Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica CESET, Limeira, 2005.





CAPÍTULO 10

AS RELAÇÕES ENTRE O CRESCIMENTO URBANO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS SOBRE AS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Adriano Nunes Pereira

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma análise crítica acerca da relação existente entre o crescimento urbano e os impactos ambientais gerados sobre as bacias hidrográficas, com o intuito de relacionar as atividades desenvolvidas em torno da bacia com os danos socioambientais. Fez-se uma revisão bibliográfica referente aos fatores e atividades que acarretam danos ambientais as bacias hidrográficas, quais são os impactos socioambientais gerados em decorrência da degradação e quais técnicas de recuperação e manutenção podem ser adotadas para áreas impactadas nas bacias hidrográficas. Concluiu-se que as atividades desenvolvidas em torno das bacias hidrográficas quando não seguem os padrões e normas estabelecidas geram danos socioambientais como a poluição dos corpos hídricos e o desencadeamento de processos erosivos, para promover a qualidade socioambiental das bacias hidrográficas é necessário o respeito às normas vigentes sobre a ocupação, uso da bacia e as principais atividades que podem ser desenvolvidas na mesma para que sejam mantidos padrões físicos, químicos e biológicos que respeitem e mantenham a sustentabilidade destes ambientes que é de suma importância para o desenvolvimento social. Sugere-se a organização e publicação de estudos direcionados para a aplicação de programas de educação ambiental voltados para a temática da poluição das bacias hidrográficas e investimento e criação de novas metodologias a serem adotadas na mensuração dos impactos sofridos nas bacias hidrográficas com a aplicação das mesmas para recuperação de bacias impactadas e que sofrem processos de degradação.

Palavras- chaves: Bacias hidrográficas; Crescimento urbano; Impactos ambientais.

ABSTRACT

This paper presents a critical analysis of the relationship between urban growth and the environmental impacts generated on watersheds, in order to relate the activities developed around the basin with social and environmental damage. A literature review was conducted regarding the factors and activities that cause environmental damage to watersheds, what are the social and environmental impacts generated as a result of degradation and which recovery and maintenance techniques can be adopted for areas impacted in watersheds. It was concluded that the activities developed around the river basins when they do not follow the established standards and norms generate socioenvironmental damages such as water bodies pollution and the triggering of erosive processes. The occupation, use of the basin and the main activities that can be developed in the basin to maintain physical, chemical and biological standards that respect and maintain the sustainability of these environments, which is of paramount importance for social development. It is suggested the organization and publication of studies directed to the application of environmental education programs focused on the theme of river basin pollution and investment and the creation of new methodologies to be adopted to measure the impacts suffered in the river basins with the application of them. For the recovery of impacted basins that undergo degradation processes.

Key-words: Watersheds; Urban growth; Environmental impacts.



1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é o elemento fundamental dentro do ciclo hidrológico a mesma pode ser definida como uma área limitada por um divisor de águas e que serve de captação natural da água precipitada sendo uma área de suma importância socioambiental e sensível às ações antrópicas. Trabalhar e desenvolver pesquisas voltadas para a temática das bacias hidrográficas é de grande relevância para assegurar a qualidade desse recurso e ecossistema como um todo, para se conseguir propor modelos de gestão efetivos contribuindo para a preservação ambiental e assegurando a qualidade de vida.

Diante disso Almeida et.al (2010) expõem:

Os impactos ambientais decorrentes das ações antrópicas podem determinar o desequilíbrio no sistema, desestabilizando o meio ambiente. A amplitude dessa desestabilização depende do grau de interferência que o meio sofre. Em se tratando de bacia hidrográfica, seja de grande ou pequeno porte não é diferente, pois, os cursos da água natural e toda a unidade fisiográfica da área de sua abrangência têm representatividade essencial para a vida silvestre (ALMEIDA et.al, p.2, 2010).

A problemática norteadora desta pesquisa consiste em trabalhar como o crescimento urbano e a ocupação desordenada do solo em torno das bacias hidrográficas pode ser geradora de impactos ambientais dentro das bacias e quais ações podem ser tomadas para minimizar tais impactos?

A presente pesquisa tem por objetivo geral compreender como e quais são os impactos ambientais nas bacias hidrográficas em decorrência do crescimento urbano tendo como objetivos específicos enumerar os fatores que contribuem para a geração de impactos nas bacias, pontuar quais são os danos ambientais e sociais que são gerados por conta dessa degradação e mostrar alternativas e métodos para preservação e revitalização dessas áreas.

Esta pesquisa consiste em uma revisão bibliográfica que foi desenvolvida com base em estudos sobre os efeitos antrópicos nas bacias hidrográficas e quais são as consequências na mesma, à pesquisa inclui estudos voltados para temática em questão, todos os dados inclusos na pesquisa foram obtidos através de bases de dados online, inicialmente foram lidos resumos dos artigos encontrados e assim os mesmos foram selecionados para análise, os descritores utilizados nessa pesquisa foram bacias hidrográficas, impactos ambientais e crescimento urbano.



2. FATORES E ATIVIDADES QUE ACARRETAM DANOS AMBIENTAIS AS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Segundo Oliveira (2004) o crescimento populacional acelerado passou a interferir diretamente nas bacias hidrográficas, pois o desenvolvimento das cidades giram em torno da mesma, o crescimento trouxe consigo impactos ambientais agressivos que contribuem significativamente para o desequilíbrio ambiental.

As mudanças causadas por atividades de cunho habitacional e infraestrutura estão intimamente relacionadas a impactos físicos na Bacia hidrográfica, resultado de compactação do solo, construções em áreas indevidas e supressão da mata ciliar (SOUZA,2016).

Estudos voltados para a temática degradação ambiental em bacias hidrográficas enumeram fatores que contribuem para o comprometimento do ambiente físico-ambiental de uma bacia hidrográfica alguns impactos listados estão relacionados as atividade humanas principalmente quando não são levados em conta à própria capacidade de regeneração dos sistemas ambientais como exemplo o desmatamento desenfreado de extensas áreas para atividade relacionadas à agricultura e pastoreio, manuseio do solo sem tecnologias apropriadas, urbanização desordenada e atividades industriais(SILVA,2018).

Nas bacias hidrográficas a degradação ambiental é mais nítida nas encostas e vertente local aonde apresentam significativas variações topográficas na porção superior da bacia a dinâmica que existe entre essas encostas e os vales permitindo constantes trocas de causa e efeito entres esses elementos o que tornam as mesmas áreas sensíveis e susceptíveis a danos (OLIVEIRA,2004).

Apesar do seu grande grau de importância de agente mantenedora da vida, as bacias hidrográficas estão passando por um processo acelerado de poluição por conta das ações antrópicas o que resulta na alteração das suas características físicas, químicas e biológicas, que por sua vez, resultando em uma crise ambiental na qual grande parte da água doce do planeta apresenta algum tipo de contaminação, acarretando efeitos nocivos tanto para a sociedade quanto para o meio ambiente (DELLAMATRICE et al., 2014).

São inúmeros os fatores que corroboram para o processo de degradação das bacias hidrográficas sendo exemplos à ocupação irregular do solo, redução da matéria orgânica, compactação e impermeabilização do solo, contaminação dos corpos hídricos por efluentes domésticos, agrícolas ou industriais, desmatamento das matas ciliares, crescimento demográfico desordenado, queimadas, irrigação, mineração, erosão (ABDON, 2004).

Segundo Abdon (2004) os processos erosivos nas bacias hidrográficas são identificados como um dos principais fatores de empobrecimento do solo, no processo erosivo a estrutura do solo é destruída por conta do atrito da chuva com o



terreno o material solto, rico em matéria orgânica, é carregado e depositado em corpos hídricos.

O primeiro estágio do processo de erosão hídrica é obtido por meio do desprendimento e desagregação das partículas que ocorre por meio da ação que a força da chuva exerce sobre o solo desnudo, as gotas da água quando em contato com o solo por meio do atrito origina a força cisalhante do escoamento superficial da água (BAHIA et al., 1992).

O transporte das partículas ocorre por meio de agentes naturais como o vento e água, sendo em maior proporção por meio do escoamento superficial da água, sendo intensificadas em solos impermeabilizados, normalmente tais partículas têm como destino final as bacias hidrográficas o que acarreta danos como a intensificação do assoreamento nos leitos dos rios (BAHIA et al., 1992).

Outro fator que gera degradação é a adoção de técnicas agrícolas inadequadas, como emprego de agroquímicos que acarretam contaminação dos corpos hídricos e do solo, principalmente quando a prática da cultura ocorre em áreas próximas aos corpos hídricos, a contaminação é denominada difusa, pois a inúmeras fontes poluidoras que em seus efluentes possuem substâncias como os agrotóxicos, ânions nitrato, cloreto, sulfato e fosfato, mercúrio, arsênio que tem são altamente danosos tanto para o meio ambiente como a saúde humana (DELLAMATRICE et al., 2014).

Os pesticidas utilizados na agricultura para combater pragas e doenças constituem um fator de contaminação dos recursos hídricos com consequências graves como alterações nos ecossistemas terrestres e aquáticos e prejuízos relacionados à saúde, pois geralmente a água é captada para fins de abastecimento humano (MILHOME et al., 2009).

A contaminação ocorre geralmente em áreas próximas aos locais de aplicação por conta do deflúvio superficial que acabam contaminando o lençol freático por agentes químicos que causam variáveis ambientais em toda a bacia visto que os resíduos são carregados por toda a bacia (DELLAMATRICE et al., 2014).

Segundo Alvarenga (2004) a destruição das matas ciliares afetam diretamente a qualidade e a dinâmica da bacia, pois as matas ciliares desempenham um importante papel na proteção das bacias sendo fundamental a sua conservação a existência das mesmas é benéfica para promover a qualidade devida aos seres vivos, tanto a fauna quanto a flora, pois desenvolvem funções ambientais e ecológicas importantes.

Segundo Jacob (2010) as matas ciliares funcionam como corredores de fauna entre fragmentos florestais que contribuem para o fornecimento de moradia para grande quantidade de espécies de animais, como pássaros, mamíferos e répteis que possuem a bacia hidrográfica como habitat natural, as matas ciliares funcionam também como barreira para os processos erosivos e contaminantes visto a



proteção das mesmas é previsto em lei e possui regulamentações específicas que visam garantir a sua qualidade.

O crescimento desordenado vem trazendo sérios problemas ambientais em bacias hidrográficas devido à em áreas irregulares para a ocupação do solo, principalmente nas Áreas de Preservação Permanente (APP), que são áreas protegidas por leis especificando a margem a ser protegida de acordo com a extensão do corpo hídrico (Figura 02), a retirada da vegetação nativa para abertura de estradas, construção de residências, são exemplos de ações antrópicas que acabam prejudicando o meio ambiente (ALVARENGA, 2004).

As matas ciliares caracterizam-se como um ambiente natural dotada de inúmeras variedades de espécies, o que reflete em um alto índice de diversidade da fauna e flora, sendo em suas características um ambiente mais diversificado do que outras formações florestais (BARRELLA, 2001).

A mata ciliar apresenta-se como um berçário natural de espécies, influenciando na multiplicação das espécies vegetais, proporciona corredores de migração ecológico da fauna edáfica e silvestre, desempenha o papel de proteção dos corpos hídricos contra os processos erosivos, por exemplo, e funciona como agente regulador da temperatura (CASTRO, 2017).

A preservação e manutenção das matas ciliares para as bacias hidrográficas e o meio ambiente em geral é de suma importância, influenciando positivamente sobre o solo na capacidade de infiltração e armazenamento da água subterrânea, contribuição para a transpiração e evapotranspiração, possibilitando assim a manutenção do ciclo hidrológico (BARRELLA, 2001).

Fatores como o desmatamento e ocupação dos canais fluviais urbanos, acarretam danos não só ambientais mais também danos que podem afetar a saúde humana como maus cheiros, proliferação de vetores de doenças, problemas de abastecimento de água potável e fins de consumo humano, enchentes, deslizamento de terras, problemas no tráfego fluvial entre outros que acarretam danos ambientais, econômicos e sociais (SOUZA, 2016).

Um dos fatores de degradação ambiental nas bacias hidrográficas é o desenvolvimento da atividade mineradora que traz danos relacionados à cobertura vegetal, processos erosivos no solo, assoreamento da bacia que podem ser em toda a sua extensão ou em pontos específicos e desconfiguração da paisagem natural, risco de contaminação por poluentes químicos o que oferece riscos ao solo, à água e vegetação a exploração mineral sem planejamento é capaz de provocar significativas alterações e gerar impactos (DURÃES, 2017).



3. IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS GERADOS NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS EM DECORRÊNCIA DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Segundo Tucci (2007) a ocorrência de inundações em centros urbanos (Figura 03) é recorrente, a mesma acontece quando as águas dos rios, riachos, galerias pluviais saem do leito de escoamento em decorrência da falta de capacidade de transporte de um destes sistemas e ocupam áreas onde a população utiliza para moradia, transporte, recreação, comércio, indústria, entre outros.

Tais eventos podem ser ocasionados devido ao comportamento natural dos rios e também ampliados pelas ações antrópicas recorrentes em torno das bacias hidrográficas por conta urbanização, a impermeabilização das superfícies e canalização de córregos acarreta consigo danos ambientais e sociais (TUCCI, 2007).

As inundações são caracterizadas como fenômeno natural, que ocorre quando a vazão a ser escoada é maior que a capacidade de descarga do sistema hídrico, entretanto a mesma pode ser intensificada em áreas ocupadas irregulares em torno das bacias que se tornam vulneráveis e acarretam riscos, sendo eminente a ocorrência de desastres que são capazes de gerar perdas socioeconômicas de grande impacto (BRAGA, 2016).

A poluição dos recursos hídricos é outro dano gerado nas bacias hidrográficas por conta da degradação ambiental, a utilização da água pela população e o retorno da mesma sem tratamento para os corpos hídricos gera poluição principalmente por conta dos efluentes sanitários, que impossibilita a utilização do recurso nos canais fluviais dos centros urbanos (TUCCI, 2001).

As ocorrências de alagamentos e inundações são intensificadas pelo processo de urbanização em torno das bacias, que se manifesta por meio das ocupações habitacionais, retirada da mata ciliar e a impermeabilização do solo que se caracteriza como uma condicionante neste processo impossibilitando a infiltração natural das águas pluviais e facilita o escoamento superficial o que acaba gerando danos socioambientais (LICCO, 2009).

A ocupação de áreas irregulares em toda a extensão da bacia hidrográfica traz serias problemáticas como a retirada da mata ciliar que promove a proteção da bacia, a ocupação em tais áreas trás riscos como erosão, assoreamento dos corpos hídricos, risco de deslizamento de terras, soterramento das residências situadas em tais áreas vulneráveis que acarreta danos (MAIA, 2010).

A liberação de efluentes domésticos e indústrias em bacias hidrográficas são agentes de degradação ambiental gerando inúmeros problemas como os riscos a saúde das populações principalmente as que habitam próximo as margens da bacia que utilizam a mesma como fonte de abastecimento e usam para a geração de renda (JORDÃO, 2002).



Os efluentes não tratados de forma correta respeitando o que é definido em legislação, pois cada tipo de poluente possui um tratamento específico e uma quantidade determinada de disposição no meio ambiente até mesmo após o seu tratamento, quando destinados aos corpos hídricos os efluentes são responsáveis pela dissipação de inúmeras doenças, danos econômicos, pois afetam a qualidade dos produtos que podem ser obtidos gerando impacto na renda daqueles que utilizam para tal finalidade (JORDÃO, 2002).

Os efluentes quando destinados in natura corroboram para o processo denominado eutrofização que consiste na floração de algas por conta da alta concentração de fosfato e nitrato no corpo hídrico que é fornecido por meio dos efluentes oriundos de domicílios, indústrias e estabelecimentos comerciais localizados em torno da bacia (JORGENSEN, 2011).

São características do processo de eutrofização o odor semelhante ao de ovo podre e coloração esverdeada por conta proliferação das algas tóxicas, tornando o corpo hídrico impróprio para o consumo humano e prejudicial para a ictiofauna levando à mortandade de espécies, em casos mais graves a poluição hídrica (PARDAL, 1999).

Segundo Victora (2009) 88% das mortes ocasionadas pela diarreia no mundo são oriundas da contaminação das águas por bactérias que são dispostas nos recursos hídricos por meio dos efluentes não tratados, mostrando-se como um impacto socioambiental relevante que é ocasionado por meio da degradação ambiental das bacias hidrográficas.

Segundo o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) a segunda maior causa de óbitos em crianças no mundo se deve à diarreia, que evidencia como a disposição irregular dos efluentes pode ter graves consequências como a geração e disseminação de outras doenças como a cólera, hepatite A, amebíases variadas, leptospirose, entre outras (VICTORA, 2009).

Alterações nas estruturas das bacias hidrográficas seja no relevo ou no uso e ocupação do solo, são fatores que são capazes de desencadear impactos diretos sobre os recursos hídricos a jusante da bacia e se não houver medidas tanto de prevenção como de correção trará danos ambientais e sociais (LICCO, 2009).

Outro fator gerador de impactos ambientais nas bacias hidrográficas é a ausência de serviços de limpeza e preservação nos dos sistemas de drenagem, quando não preservados e sem manutenção desses dispositivos de drenagem, a água irá escoar por conta da impermeabilização do solo de forma superficialmente promovendo o transporte dos resíduos sólidos dispostos nas vias urbanas, essa situação contribui para a ineficiência do sistema de drenagem o que acaba colaborando para a ocorrência de enchentes e carreamento de resíduos sólidos urbanos que são capazes de gerar danos à saúde e danos econômicos (TUCCI, 2001).



A substituição da cobertura natural propicia uma significativa redução da evapotranspiração, as superfícies urbanas são altamente impermeabilizadas o que facilita o escoamento superficial da água e não proporciona à retenção de água no solo, assim interferindo no processo de evapotranspiração das plantas e do solo (Figura 05), tal impacto é recorrente por conta das cidades altamente urbanizadas (ARAUJO, 2013).

A supressão da vegetação nativa em torno das bacias hidrográficas é capaz de promover alterações no ciclo hidrológico, trazendo inúmeros danos ambientais e sociais como redução da infiltração no solo, redução do escoamento subterrâneo e o aumento no escoamento superficial (TUCCI, 2001).

As inundações são oriundas das modificações realizadas no solo, as mesmas possuem ocorrência natural, entretanto o processo de uso e ocupação no solo de forma irregular e desordenada são atenuantes para a ocorrência das mesmas com maior frequência (BRAGA, 2016).

O não cumprimento de princípios básicos para o controle de enchentes em áreas naturais e urbanizadas acarretam danos bacias hidrográficas enquanto sistemas por conta do processo de carreamento de resíduos para os corpos hídricos, como para a população que sofre perdas materiais como residências, moveis e eletrodomésticos, danos a saúde das populações também são propiciados pelas enchentes, sendo necessário a proposição mecanismo que promovam a redução desses eventos (BRAGA, 2000).

A proposição e implantação de um plano de controle de enchentes aliado a um sistema de drenagem eficiente para as cidades são extremamente benéficas, pois trará benefícios ambientais e sociais como a diminuição da incidência de enchentes o que acarretará uma geração menor de impactos na bacia e eliminação de danos socioambientais (MEDEIROS, 2011).

A supressão das matas ciliares acarreta danos relacionados à manutenção das bacias hidrográficas, as matas ciliares possuem o papel de reguladoras da temperatura, protegem os corpos hídricos e propicia a manutenção da fauna e da flora, a supressão das mesmas no lugar a construções irregulares e a deposição de resíduos sólidos urbanos de todas as classes, especialmente os resíduos de construção civil o que interfere diretamente no ciclo hidrológico e alteração do microclima regional, além de consequências para a população local como as enchentes (JACOB, 2010).

4. TECNICAS DE RECUPERAÇÃO E MANUTENÇÃO PARA ÁREAS IMPACTADAS NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Naturalmente as margens dos corpos hídricos são áreas naturalmente produtivas quando comparado a outras, por conta de tais características a ação antrópica é notória nesse ecossistema sendo possível observar isso até os dias atuais, mesmo com medidas governamentais e zoneamento urbano ha uma intensa pres-



são sobre as bacias hidrográficas que compreende não só os recursos hídricos mais também, o solo, matas ciliares e a fauna (JACOB, 2010).

Inúmeras pesquisas foram desenvolvidas nos últimos anos sobre a recuperação ambiental de áreas degradadas, partindo de pesquisas sem nenhum modelo estrutural até chegar a modelos elaborados baseados em evidências científicas (CAZULA e MIRANDOLA, 2010).

A bacia hidrográfica deve ser adotada como unidade de planejamento ambiental, pois é dentro da bacia hidrográfica que todas as atividades econômicas e sociais são desenvolvidas, utiliza a bacia como unidade de gestão promove a integração econômica e social promovendo a preservação ambiental e promovendo qualidade de vida (CAZULA e MIRANDOLA, 2010).

Em uma bacia hidrográfica pode ocorrer pressões urbana e rural simultaneamente por conta das ações antrópicas sendo necessário para a recuperação e manutenção da bacia o uso de técnicas e práticas específicas que devem trabalhar conjuntamente visando promover a conservação e a preservação do ecossistema (SANTOS, 2004).

As propostas de recuperação, restauração e manutenção das áreas degradadas são baseadas no processo de sucessão ecológica sendo o meio pelo qual as comunidades e ecossistemas evoluem assumindo características completas, diversificadas e estáveis (ATTANASIO et al., 2006).

A recuperação das áreas degradadas tem como precursor o próprio agente antropogênico o homem, a área degradada precisa da ação do mesmo para iniciar o processo de recuperação com a adoção de técnicas, logo após as espécies iriam se desenvolver de forma natural e gradual como ocorre no processo de sucessão ecológica (VALCARCEL, 1997).

A sucessão ecológica é definida como desenvolvimento gradual e natural de um ecossistema tendo sua fase inicial chegando ao patamar da estabilidade entre os seus componentes (ATTANASIO et al., 2006).

O processo de sucessão envolve inúmeras alterações na composição das espécies, proporcionando maior diversidade das espécies, no qual estabelece o desenvolvimento de uma área levando em consideração as características do mesmo como o clima e as condições de solo locais (REIS, 1999).

O ecossistema é degradado quando não possui mais a capacidade de recuperação de forma natural por conta de ações antrópicas e com a degradação, variando os níveis de antropização das áreas, aspectos fundamentais para a manutenção dos ecossistemas como: banco de sementes, banco de plântulas, capacidade de rebrota das espécies, chuvas de sementes, quando perdas acabam inviabilizando o processo de regeneração natural ou tornando-o extremamente lento (MOTA,



2011).

A dois estágios no processo de sucessão ecológica sendo eles a sucessão primária que ocorre em áreas desabilitadas, que não possui nutrientes orgânicos o que inviabiliza a sobrevivência de organismos heterotróficos e a escassez de nutrientes inorgânicos, que dificulta a vida dos autotróficos (MOTA, 2011).

Os primeiros organismos que se desenvolvem em tais áreas são os líquens, cianobactérias e musgos, que caracterizam-se como as comunidades pioneiras, ao decorrer do processo surgem as gramíneas herbáceas e animais invertebrados e vertebrados de pequeno porte (SANTOS, 2004).

A sucessão secundária ocorre em áreas que já foram habitadas anteriormente, onde as comunidades já saíram do estágio de clímax por conta das alterações humanas ou naturais, em situações como esta a sucessão ocorrerá por meio das comunidades intermediárias e na ausência de perturbações ambientais (VERONESE, 2009).

O tempo estimado para o processo de recuperação de áreas degradadas é longo podendo ultrapassar 60 anos, para alguns tipos de ecossistemas e visto quais danos foram gerados naquele ambiente, os fatores relevantes para o desenvolvimento de uma sucessão ecológica de sucesso é base para um bom programa de restauração de áreas degradadas, os programas devem visar à garantia de que todos os fatores causais da sucessão estejam presentes (ATTANASIO et al., 2006).

5. TÉCNICAS E PRÁTICAS PARA A RECUPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

A Bacia de retenção funciona como meio de retenção de uma parcela do volume das enxurradas, o que resulta no amortecimento das águas pluviais na bacia hidrográfica, esse sistema tem como objetivo diminuir o grau de amplitude e gravidade das cheias, processos erosivos, assoreamento e poluição, a dimensão de um reservatório de retenção baseia-se em um hidrograma de entrada, curva de descarga e uma curva cota-volume, para assim poder definir de forma precisa a capacidade de armazenagem e como será a estrutura adotada e os materiais que serão utilizados (SANTOS 2001).

As bacias de retenção são amplamente utilizadas em zonas rurais, funcionando como meio de armazenamento de água para fins de abastecimento e para usos agrícolas como a irrigação e para saciar a sede dos animais, a aplicação como método preventivo e com prática de manutenção da bacia é amplamente utilizada em projetos de drenagem de vias, de drenagem pluvial e drenagem urbana, para reduzir o pico do escoamento (LIMA et al., 2006).



Os denominados canais verdes são canais secos ou com lâminas de água que permitem a percolação da água no solo por meio de uma cobertura vegetal o que reduz o escoamento caso fosse uma superfície impermeável não proporcionaria tal infiltração, diminuindo o risco de salinização e falta de recarga dos lençóis freáticos (WADT, 2003).

Nos canais verdes a vegetação funciona como uma espécie de filtro biológico, capaz de remover os poluentes, tal mecanismo pode ser adotado em áreas habitacionais, no acostamento de vias e como um método inovador para os sistemas de drenagem (RIGHETTO et al., 2009).

Os sistemas de biorretenção é um sistema que utiliza a própria topografia do local e suas características para fazer o amortecimento da água pluvial a que é advinda das chuvas inclui um sistema composto por espécies vegetais diversificadas, neste sistema as plantas são responsáveis pela retirada dos poluentes dos corpos hídricos além desse benefício o mesmo integrasse a paisagem natural sem causar danos sendo recomendada a aplicação desse método em áreas altamente impermeabilizadas como rodovias e estacionamentos (RIGHETTO et al., 2009).

A Bacia de infiltração é um sistema em que há filtragem da água pluvial com vistas a remover os sedimentos, obtendo uma remoção eficiente de sólidos coloidais. Seu uso permite absorver os impactos da urbanização, aumentando as condições de armazenamento e de infiltração da água na bacia, reduzindo os efeitos dos deflúvios no corpo receptor (RIGHETTO et al., 2009).

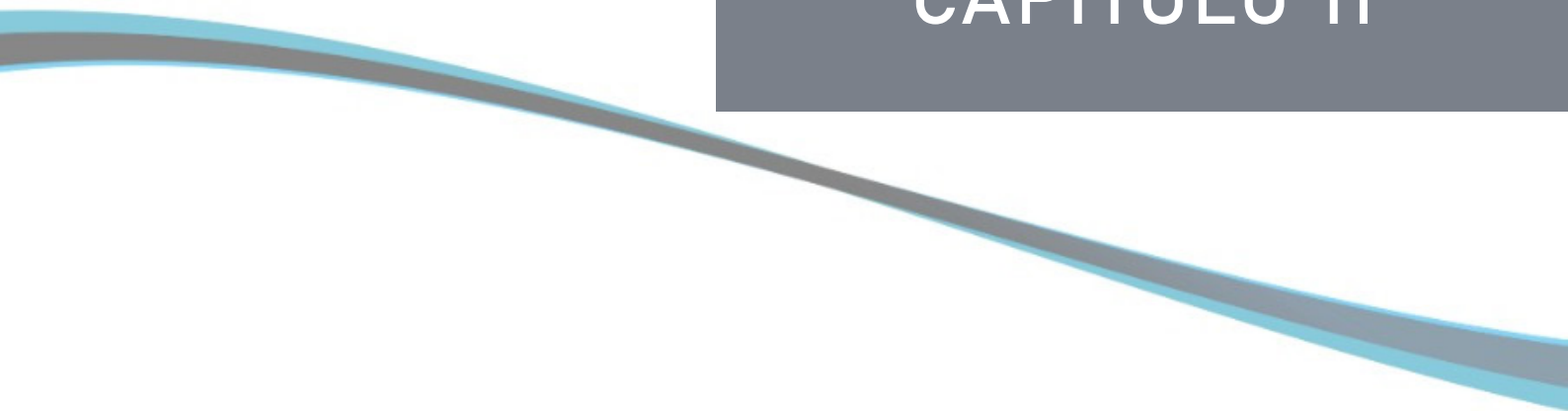
O pavimento permeável caracteriza-se em um sistema permeável que permite a percolação e infiltração do escoamento, este sistema o pavimento permeável possibilita a redução do escoamento superficial e altas vazões, propicia a redução que carreamento da água com sedimentos (ARAÚJO et al., 2000).

Vala de infiltração é um sistema que é em sua composição tem uma vala que possui variações em sua profundidade podendo variar entre 1, 0 e 3 metros, a mesma tem um revestimento de malha geotêxtil, concretada e tem em seu preenchimento a brita tal vala cria uma espécie de reservatório que possui condições para reter o deflúvio (RIGHETTO et al., 2009).

As matas ciliares possuem extrema importância na manutenção da integridade das bacias hidrográficas, propiciando a manutenção da qualidade e quantidade de água e dos ecossistemas associados, sendo protegida pelo Código Florestal, a preservação das matas ciliares promove a manutenção das bacias hidrográficas evitando e minimizando os processos erosivos (LIMA et al. 2000).

Como disposto em lei as faixas de matas ciliares que são áreas de proteção ambiental variam conforme a largura do corpo hídrico, infelizmente a construção de residências nessas faixas que deveriam ser protegidas geram inúmeros impactos como a perda parcial ou total flora local sendo preciso à aplicação de técnicas





CAPÍTULO 11

A IMPORTÂNCIA DO PLANEJAMENTO E A COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS PARA EVITAR DESPERDÍCIOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

**Fernanda Saraiva Barbosa
Marcos André Silva Araújo
Jurandir Amorim Moraes Filho
Jacyara Araújo Costa**

RESUMO

Em busca de maior racionalidade dentro do setor da construção civil, percebe-se a importância do maior e melhor investimento na fase da elaboração de projetos, pois nessa fase que devem ser detectadas possíveis incompatibilidades e falhas, em busca de melhores soluções, reduzindo consequentemente futuros custos com desperdícios e melhor coordenação e compatibilização dos projetos integrados e dos serviços que serão executados. A busca por estratégias que sejam necessárias para o planejamento e compatibilização eficazes dos projetos evitando o desperdício, foi o marco principal deste trabalho, a fim de demonstrar a importância dos mesmos para que a construção do empreendimento obtenha sucesso. A pesquisa se deu através de revisão literária, através de pesquisas bibliográficas, artigos, livros, monografias e normas que discorram sobre o assunto. Nota-se que ao longo do trabalho, foi concluído a necessidade de planejar e compatibilizar, a compatibilização de projetos e execuções são necessárias para que sejam evitados retrabalhos e desperdícios.

Palavras chaves: Compatibilização de projetos; Coordenação de projetos; Redução de custos.

ABSTRACT

In search of greater rationality within the civil construction sector, we can see the importance of the greatest and best investment in the project preparation phase, since at this stage, possible incompatibilities and failures must be detected, in search of better solutions, consequently reducing future costs of wastes and better coordination and compatibility of the integrated projects and the services that will be executed. The search for strategies that are necessary for the effective planning and compatibilization of the projects avoiding the waste, was the main frame of this work, in order to demonstrate the importance of them so that the construction of the enterprise is successful. The research was done through literary review, through bibliographical research, articles, books, monographs and norms that discuss the subject. It is noteworthy that throughout the work, the need to plan and compatibilize was completed, the compatibility of projects and executions are necessary to avoid rework and waste.

Key words: Compatibility of projects; Project coordination; Reduced costs.



1. INTRODUÇÃO

A compatibilização de projetos começou a ser utilizada entre os anos 80 e 90, e continuou, através de recursos mais avançados para inúmeros tipos de projetos dentro da construção civil. O resultado dessas mudanças fez com que esse mercado, principalmente as indústrias como maior poder econômico, se destacassem na implementação das suas próprias equipes de projetos.

Todavia, se verifica que a execução de projetos na Construção Civil ainda é tida como uma atividade secundária, cuja delegação é feita por profissionais independentes e sem a verificação necessária por parte da gestão das organizações acerca de critérios pré-estabelecidos das habilidades e competências dos contratados para tal procedimento. Tal escolha pode trazer como consequência, por exemplo, detalhamento e especificações do produto de forma falha e incompleta, obrigando a equipe de produção a decidir determinadas características, resultando em grandes perdas de eficiência nas atividades que estão sendo executadas, problemas no planejamento, verbas alocadas além do que foi planejado.

A justificativa para a execução da presente pesquisa se deu por entender-se da necessidade de verificar o processo de planejamento e a importância da compatibilização de projetos para evitar desperdícios em obras civis. Diante do exposto, buscou-se levantar a seguinte questão problema: quais as estratégias necessárias para desenvolver um planejamento e compatibilização eficazes que garantam evitar desperdícios na construção civil?

Tal questionamento há de requerer uma revisão bibliográfica capaz de permitir que a temática investigada atinja o objetivo geral da pesquisa que foi: Dissertar sobre a importância do planejamento e contabilização de projetos no sentido de evitar desperdícios na construção civil.

Para tanto, os objetivos específicos foram: Apresentar e conceituar projeto e suas compatibilizações e como a compatibilização de projetos gera maior qualidade dentro de uma obra, gera economias e traz melhores resultados; demonstrar a importância de se produzir um projeto com mais qualidade e conceituar alguns tipos; definir planejamento e sua importância e como a compatibilização de projetos pode impactar de forma positiva nessa área reduzindo custos.

Isto posto, o trabalho que será desenvolvido seguirá os preceitos do estudo bibliográfico, a partir da revisão literária. As etapas serão transcritas através de pesquisas, por uma busca intensa de informações técnicas em livros, monografias e sites, nesta etapa de análise qualitativa e descritiva será realizada uma leitura analítica com a finalidade de ordenar e sumariar as informações contidas nas fontes, de forma que estas possibilitassem a obtenção de descrições ao problema da pesquisa.



2. COMPATIBILIZAÇÕES

2.1 DEFINIÇÕES DE PROJETO

Em nível mundial, o *Project Management Institute* (PMI) é o órgão que trata das regulamentações da gestão de projetos cuja definição é estabelecida da seguinte forma: um composto de tarefas com tempo determinado, com formação grupal cujo objetivo é a produção de um determinado produto ou serviços, cujo resultado tem a pretensão de garantir a estratégia que mais se adeque às necessidades da organização (PMI, 2010).

Tendo em vista essa definição, o PMI (2010) aponta três etapas para a sua execução:

- 1. ETAPA 1:** Esforço, considerado todas as tarefas envolvidas para que sejam gerados os resultados esperados;
- 2. ETAPA 2:** Tempo, que tem a premissa de que todo projeto deve estar pautado em uma definição que considera início, meio e fim;
- 3. ETAPA 3:** Resultado único que deve gerar uma nova estratégia, entendendo que tal situação emerge a partir de algum problema ou necessidade evidenciada.

Tendo em vista essas questões relevantes, a elaboração de um projeto se resume nos aspectos que possam contribuir para o atendimento de determinada situação problemática evidenciada, através de um planejamento eficaz e uma execução das estratégias pré-determinadas, buscando desenvolver e executar ações transformadoras, através de um escopo definido (ADESSE; MELHADO, 2013).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1999), conceitua-se projeto como a descrição gráfica e escrita das características de uma atividade ou obra de Engenharia ou Arquitetura, explorando as suas atribuições técnicas, econômicas, financeiras e legais.

Conforme explicam Adesse e Melhado (2013), as empresas passaram a verificar que se tornou matéria importante o uso de critérios de deem seguridade racional de uma determinada obra e a sua viabilidade de execução. A coordenação dos vários projetos que compõem uma edificação passou a ser necessária e imprescindível para o seu produto final em conformidade com os padrões de qualidade conforme a necessidade e satisfação do cliente.

De maneira rara os projetistas desenvolvem o estabelecimento de uma mecânica formal que possa garantir a qualidade, tornando-se recorrente não levar em conta os procedimentos necessários principalmente pela a pressão dos detentores da obra com relação ao tempo de entrega dos orçamentos. Essa questão, aliada à



outras dificuldades verificadas em escritórios de projetos, resultam na geração de uma qualidade que deixa a desejar e acabam sendo fatores de influência direta em um canteiro de obras (BIRNBERG, 2009).

Alguns problemas tidos como os principais são relacionados por Formoso (2013), que surgem ainda na fase de um projeto mal elaborado em obras de pequeno porte, podendo-se citar a falta de compatibilização entre projetos distintos, erros ou diferenças de cotas, níveis, alturas, ausência e/ou inadequação de detalhes dos projetos e a falta de dados específicos de insumos.

Nesse contexto, Vieira e Andrey (2011), apontam para a preocupação relacionada com o melhor desempenho entre o projeto e a execução da obra. Como resultado da concorrência cada vez mais acirrada no mercado da Construção Civil, a qualidade dos projetos se mostra como uma necessidade fundamental para o atendimento da demanda com maior eficiência, necessitando de projetos mais precisos e edificações em consonância às condições do consumidor, através de uma diminuição de custos, prazos menores, porém, sem deixar de lado a qualidade do produto final.

A compatibilização de projetos tem como o principal objetivo reduzir o índice de incompatibilidade entre os diversos projetos, tais como arquitetônico, estrutural, hidro sanitário, etc. que resultam diretamente da ausência da coordenação de projetos. O ato de compatibilizar os projetos deve estar presente em diversos momentos da elaboração dos mesmos. A compatibilização de projetos é uma atividade essencial do projeto, e é de responsabilidade direta de cada projetista envolvido (AMORIM, 1997).

Segundo Tavares Junior (2001) a compatibilização de projetos torna-se uma ferramenta necessária para a melhoria da qualidade do projeto pela eliminação das não conformidades apresentadas pelos mesmos.

De acordo com Callegari (2010) a compatibilização é uma técnica de gerenciar e integrar vários projetos de determinada obra, garantindo o ajuste entre os mesmos, com o objetivo de evitar riscos e conflitos de forma a facilitar a execução do projeto, otimizando e racionalizando os materiais, o tempo e a mão de obra. Esta técnica também permite detectar falhas ligadas a interferências físicas entre os elementos da obra.

Para manter-se no mercado atual, as empresas necessitam cada vez mais de uma coordenação mais organizada e elaborada, para que cada parte do projeto consiga trazer bons resultados, e dentre eles podemos destacar baixo custo, racionalização de materiais e redução de tempo. Mais para que haja racionalização e maior qualidade durante a execução da obra, é indispensável a compatibilização de todos os projetos implicados e também o planejamento e controle. Pois, primeiramente deve-se planejar a duração de todas as fases, para que isso ocorra, e o profissional responsável deve possuir conhecimento detalhado do produto (MAR-



TINS, 2014).

Logo após é necessário quantificar todos os insumos que serão utilizados durante a execução, distribuindo-os por atividades. Orçar todos os custos diretos e indiretos, apropriando cada um deles de acordo com o tempo, criando todo o cronograma físico-financeiro, e durante a execução do projeto, todos os dados possíveis devem sempre ser levados em consideração, pois são muito importantes para o controle de todo o projeto. Deve sempre ser feita a comparação do que se foi planejado com o que está sendo executado, e caso haja algum desvio, deve haver correção no cronograma, e ser inserido no orçamento planejado inicialmente sempre que for necessário (MARTINS, 2014).

2.2 COMPATIBILIZAÇÃO E SUAS VANTAGENS

Segundo Graziano (2003), a compatibilização é definida como atributo de projeto cujos componentes dos sistemas ocupam espaços que não conflitam entre si e, além disso, possui dados compartilhados com consistência e confiabilidade até o final do projeto de obra.

Torna-se um processo fundamental pois assim reduz consideravelmente ou até mesmo extingue erros resultantes das interferências entre projetos de diversas especialidades. Ajudando assim a reduzir os prazos de execução, desperdícios de materiais e custos na obra. Com a utilização da compatibilização, as interferências evidenciadas ainda na fase de elaboração dos projetos são mais simples de serem reduzidas e não geram custos adicionais (DOLABELA e FERNANDES, 2014).

Segundo Ávila (2011), à medida que as etapas de um projeto avançam menor é o poder de antecipação dos problemas no canteiro de obras, já que algumas falhas e incompatibilidades só serão detectadas apenas durante a construção. Por isso o quanto antes o projeto for analisado de forma aprofundada maior será a economia do empreendimento, conforme evidenciado na Figura 1.



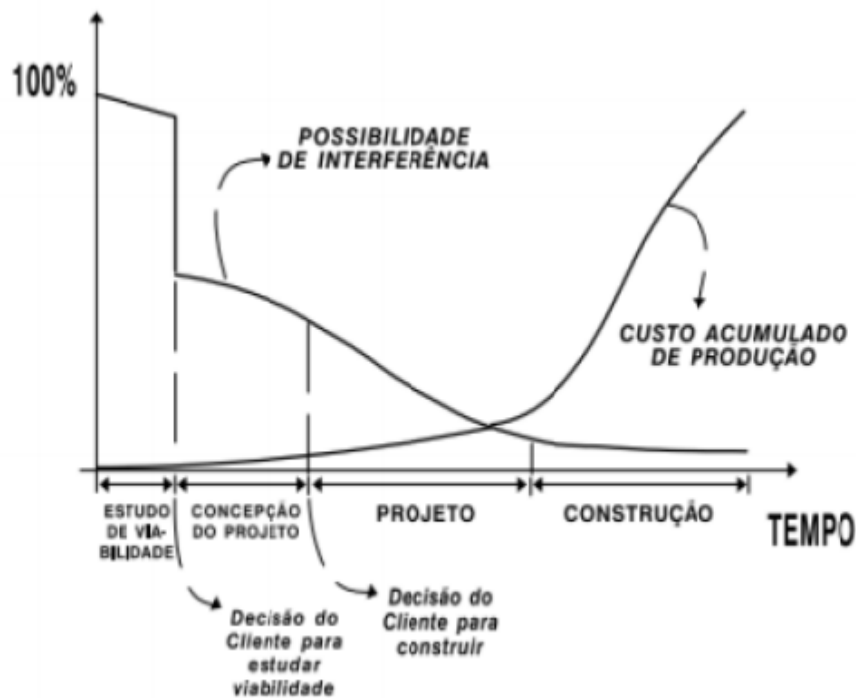


Figura 1 - Capacidade de influenciar o custo final de um empreendimento
Fonte: Fabrício (2012).

O que pode ser observado durante a execução de um projeto, é a falta de interação entre diversas equipes. Por exemplo, o arquiteto desenvolve os projetos arquitetônicos, o engenheiro o estrutural, e o engenheiro da área de instalações elétricas e hidráulicas elaboram os seus respectivos projetos. Cada um desses especialistas elabora seus projetos de acordo com sua respectiva área, sem trocar informações com os demais integrantes da equipe. Para eles, essa troca demanda tempo, e tempo é dinheiro. Por consequência de toda essa situação, surge a incompatibilidade de projetos, que na maioria das vezes só é percebida quando o serviço já está sendo executado (FABRÍCIO, 2002).

Abreu; Horsth e Perigolo (2014) citam como exemplos mais comuns os tubos quando atravessam vigas, cotas erradas, entre outras inúmeras situações. Muitas vezes a situação indesejada e não prevista é tão grave que é necessário o auxílio dos engenheiros responsáveis pelo projeto na obra, para que se possa desenvolver uma melhor solução, para que assim haja interferência mínima em outros serviços que já foram executados.

3. OS PROCESSOS PONTUAIS

Na execução de um projeto, pela sua própria conceituação, o tempo é fator primordial já que cada projeto tem um ciclo de vida que envolve o início (abertura e planejamento), meio (execução, monitoramento e controle) e fim (entrega e encerramento) e cada fase do projeto é marcada pela entrega de um ou mais produtos (*deliverables*), como estudos de viabilidade ou protótipos funcionais. Dessa forma, o fator tempo é matéria essencial para garantir os prazos pré-determinados e colocados em pauta para o cliente e, na sua falha, pode pôr em risco os objetivos a serem alcançados e com isso, demanda cuidados constantes de gestão, desde o planejamento até a entrega final (PMI, 2010).

Muito se investe em treinamento, processos, ferramentas e estruturas para aumentar a maturidade de um ambiente de gerenciamento. Mas ainda é possível observar uma série de problemas ligados a essa prática. Muitos estão ligados a uma das variáveis mais imponderáveis e aplicadas de todas: o tempo. Uma verdade incontestável nos dias atuais, sendo difícil muitas vezes quantificar o custo desse atraso. Contudo, sabe-se que ele tem um custo e gera insatisfações. Quanto mais se retarda um projeto, mais lentamente se obtém o resultado esperado. Em muitos casos isso pode significar a perda de uma oportunidade ou até de determinado mercado (BARCAUI et al., 2013).

Verifica-se que o tempo e a não condição de normatizá-lo de maneira eficaz para garantir a entrega do projeto conforme delimitado no cronograma, é fator gerador de condições insatisfatórias para os *stakeholders* o que compromete sobremaneira as atividades organizacionais, principalmente quando relacionadas à confiança do cliente. Os atrasos na conclusão dos projetos são normalmente danos aos mesmos, pois, além de quase sempre comprometer o custo, retardam a entrega dos seus produtos e, conseqüentemente, a disponibilidade de iniciar a utilização dos mesmos e/ou entrarem em operação; sendo que, pode-se afirmar, genericamente, que o custo de um equipamento parado, sem produzir, é muito maior que o custo do gerenciamento do projeto para viabilizar a sua entrada em operação (SILVA, 2015).

São vários os fatores que ficam comprometidos pelos atrasos na conclusão dos projetos, pois irá demandar custos altos por equipamentos parados, possivelmente haverá falhas na comunicação da equipe, posto que o cronograma deverá ser refeito, exigindo uma nova metodologia para resolver o problema, como também a possível quebra de contratos, tudo isso prejudicando a imagem perante o público-alvo da organização. Quanto maior for o tempo gasto com planejamento em todas as fases do ciclo de vida do projeto, maiores as chances de sucesso do mesmo. Assim, elaborar a programação do projeto ou o cronograma do projeto, como é mais conhecido, é uma atividade que deve demandar tempo e esforço condizentes com sua importância para os projetos (CLELAND, 2009).

Fato que requer atenção é a questão da complexidade de um projeto e a es-



timativa de prazo que é dada a ele, ou seja, quanto mais complexo, mais possibilidade de atrasos, devendo-se considerar que se evite prazos excessivamente justos. Dessa forma, o gerente de projetos deve atuar sobre os processos de forma a otimizar os recursos disponíveis e garantir que o produto do projeto seja entregue dentro do prazo solicitado. Para isso, lança mão de ferramentas que o auxiliam nos processos de planejamento e controle do tempo.

Para o Guia PMBOK (2010), o gerenciamento do tempo inclui processos necessários para gerenciar o término pontual do projeto. Em síntese os processos podem ser detalhados conforme Tabela 1 a seguir:

Definição das atividades	O processo de identificação das ações específicas a serem realizadas para produzir as entregas do projeto.
Sequenciar as atividades	O processo de identificação e documentação dos relacionamentos entre as atividades do projeto.
Estimar os recursos das atividades	O processo de estimativa dos tipos e quantidades de material, pessoas, equipamentos ou suprimentos que serão necessários para cada atividade.
Estimar as durações das atividades	O processo de estimativa mais próxima possível do número de períodos de trabalho que serão necessários para terminar as atividades específicas com os recursos estimados.
Desenvolver o cronograma	O processo de análise das sequencias das atividades, suas durações, recursos necessários e restrições do cronograma visando criar o cronograma do projeto.
Controlar o cronograma	O processo de monitoramento do andamento do projeto para a atualização de seu progresso e gerenciamento das mudanças fitas na linha de base do cronograma.

Tabela 1: Processos necessários para gerenciar o término pontual do projeto

Fonte: Guia PMI (2010)

Os processos evidenciados na tabela 1 estão inter-relacionados de tal forma que podem ser operacionalizados individualmente ou em equipe de acordo com sua determinação ou ao término da sua proposta pré-determinada. Os processos de gestão de tempo do projeto e suas ferramentas e metodologias inter-relacionadas são listadas no plano de gerenciamento do cronograma. O mesmo é contido no plano de gerenciamento do projeto ou é um plano de suporte, ocorrendo de maneira formal ou informal, minuciosamente em detalhes ou de maneira geral, com base nas tarefas do projeto, incluindo-se os limites de controle adequados (PMI, 2010).

3.1 DEFINIÇÃO DAS ATIVIDADES

Este é o primeiro passo no processo de definição de tempo e tem forte papel no planejamento, execução e controle de um projeto. Segundo Barcaui et al. (2013), é por meio das atividades que se delegam as ações para as pessoas envolvidas, o trabalho a ser executado para o cumprimento do contrato com o cliente.



A definição das atividades, ainda de acordo com Barcaui et al. (2013), se dá através da Estrutura Analítica do Projeto (EAP) que é o processo do fatiamento das entregas e do trabalho do projeto em partes menores e mais fáceis de gerenciamento. Essa estratégia tem como principal objetivo o fornecimento de uma visão estruturada do que deve ser entregue. A EAP é uma decomposição que funciona através de uma hierarquia do escopo do projeto na sua totalidade com relação ao trabalho a ser implementado pela equipe do projeto objetivando o alcance dos objetivos e a criação das entregas requeridas (Tabela 2).

ENTRADAS	FERRAMENTAS E TÉCNICAS	SAÍDAS
Linha de base do escopo; Fatores ambientais da empresa; Ativos de processos organizacionais.	Decomposição; Planejamento em ondas sucessivas; Modelos; Opinião especializada.	Lista das atividades; Atributos das atividades; Lista dos marcos.

Tabela 2: Definição das atividades

Fonte: PMI (2010).

As atividades, portanto, proporcionam uma base para estimativa, desenvolvimento do cronograma, execução, monitoramento e controle do trabalho do projeto.

3.1.1 Linha de base do escopo – entradas

Ações como as entregas do projeto, restrições e premissas descritas na linha de base do escopo do projeto são consideradas em detalhes na ocasião do processo em que se irá definir as atividades. Não apenas a gerência do tempo, mas em todo o conjunto do gerenciamento de projetos, tem no escopo o ponto inicial para o seu planejamento.

Especificamente na questão de tempo e, principalmente, a partir do instante em que se irá definir as atividades, esse fator de influência é determinante. Três procedimentos resultantes do gerenciamento do escopo são essenciais como suporte para o procedimento no processo de definição das atividades: 1) Declaração do escopo do projeto; 2) Estrutura analítica do Projeto – EAP; 3) Dicionário da EAP (BARCAUI et al., 2013).

3.1.2 Fatores ambientais da empresa e ativos de processos organizacionais – entradas

Os fatores ambientais da empresa são questões de influência no processo. A definição das atividades inclui, mas não são fatores de limitação ao Sistema de Informações da Gerência de Projetos (SIGP) (PMI, 2010).



Os ativos dos processos organizacionais que são fatores de influência no processo de definir as atividades, abrangem, mas não sofrem limites de políticas, métodos, e diretrizes existentes que têm relação com o planejamento formal e informal dos procedimentos das atividades, tais como métodos e técnica de construção do cronograma que são considerados no desempenho das definições das atividades e base de conhecimento de informações assimiladas, cujo conteúdo detém dados históricos sobre a relação das atividades utilizadas em projetos anteriores de igual teor (PMI, 2010).

A técnica de decomposição, tal qual é implementada no processo de definir atividades, abrange a decomposição dos pacotes de tarefas do projeto em conjuntos menores, porém, passíveis de gerenciamento denominados atividades que representam o trabalho para completar o conjunto de operações (PMI, 2010).

3.1.3 O planejamento em ondas sucessivas – ferramentas e técnicas

A tarefa de criação e detalhamento do escopo e, *a posteriori*, das tarefas do projeto é estabelecida de maneira progressiva, desenvolvido a partir do processo de iniciação e planejamento, e continuando no decorrer da execução e do controle, já que a incerteza sobre o projeto vai diminuindo no decorrer do tempo. Todavia, é necessário da existência da definição da EAP é um patamar tal que haja o conforto necessário para a resolução do restante do planejamento mais consistente posteriormente (BARCAUI, 2013).

O planejamento em ondas sucessivas é uma maneira de planejamento de criação progressiva em que a tarefa, que será executada em tempo mínimo é planejado detalhadamente em um grau mais baixo da EAP, enquanto a tarefa distante no futuro é planejada para os componentes da EAP que, por sua vez, estão em um grau relativamente mais superior da EAP. A tarefa a ser implementada dentro de um ou dois períodos de relatório em um futuro não muito distante é idealizado detalhadamente em conformidade com a tarefa que está sendo finalizada no decorrer do período atual. Dessa forma, as tarefas do cronograma podem ser evidenciadas em vários níveis de detalhamento no ciclo de vida do projeto. No decorrer do planejamento estratégico em sua parte inicial, período em que os dados têm menor definição, as tarefas podem ser mantidas no nível de marcos (PMI, 2010).

Dessa forma, pode-se planejar a etapa atual detalhadamente, e as posteriores serão postas em detalhes baseadas nas informações resultantes da implementação atual e assim de modo sucessivo. O planejamento das fases posteriores é chamado de *Rolling Wave Plannig Window* em que é definida a janela do planejamento em unidades de tempo ou baseadas em marcos gerenciais definidos na EAP ou cronograma de nível macro (BARCAUI, 2013).

Modelos – ferramentas e técnicas



Um relatório padrão listado das tarefas ou uma parte da relação das tarefas de um projeto anterior, é de maneira frequente utilizada como um modelo para um novo projeto. As informações das propriedades de atividades relacionadas presentes nos modelos, também podem conter outras informações relacionados úteis para que as atividades sejam definidas (PMI, 2010).

Como acontece para o desenvolvimento da EAP, é factível que para a definição das atividades tenha-se condição de padronizar certas partes do projeto que é único, não cabendo padronização do todo. Assim, como complemento da possibilidade de se ter modelos de EAP, pode-se igualmente ter modelos de EAP's com suas respectivas atividades que serviriam de base para o detalhamento de determinada entrega (BARCAUI, 2013).

Essa padronização de atividades, apesar de limitada em relação ao todo, das atividades do projeto, tem grande importância para o gerenciamento, já que por meio dela ter-se-ia condição de comparar sua utilização nas diversas entregas ou entre projetos, abrindo caminho para a criação do histórico da atividade. Com isso se poderia ter mais informações para diminuir as incertezas do planejamento, principalmente na estimativa de duração das atividades, além de um planejamento das diversas áreas com maior precisão (BARCAUI, 2013).

3.1.4 Opinião especializada; listas de atividades – dispositivos e métodos

Componentes da equipe do projeto e outros profissionais habilitados que sejam experientes no processo de construção de declarações detalhadas do escopo do projeto em EAP e cronogramas, podem fornecer opiniões técnicas acerca da definição das atividades (PMI, 2010).

A lista de atividades é uma relação que abrange todas as tarefas necessárias no projeto, incluindo-se o identificador e uma exposição do escopo da tarefa de cada atividade de maneira detalhada o suficiente para dar seguridade no sentido de que os componentes da equipe entendam qual tarefa necessitará ser executada (PMI, 2010).

3.1.5 Atributos das atividades

Os atributos das atividades amplificam a descrição da atividade através da identificação dos diversos componentes em associação com cada tarefa. Esses componentes de cada tarefa abrangem no decorrer do tempo. No decorrer dos processos iniciais do projeto, incluem o identificador da atividade (ID); o ID da EAP e a denominação da tarefa. Quando completos, abrangem códigos da tarefa e os



dados descritivos, códigos da atividade e sua descrição, atividades antecedentes, posteriores, relações lógicas, antecipações e esperas, requisitos de recursos, datas impostas, restrições e premissas (PMI, 2010).

Podem ser utilizados para a identificação do profissional responsável pela execução da tarefa, área geográfica ou onde o trabalho tem que ser realizado e o tipo de atividade como o Nível de Esforço (NDE), esforço distinto e esforço distribuído. São usados para o desenvolvimento do cronograma e para a seleção sequenciamento e classificação das atividades planejadas no cronograma de diversas formas, quando na elaboração de relatórios. O número de atributos é variável conforme a área de utilização (PMI, 2010).

4. O CICLO DE VIDA DO PROJETO

4.1 LISTAS DE MARCOS

Marcos são atividades especiais constantes do cronograma, com função não de exprimir uma ação, e sim um evento pontual no tempo. Um marco é uma atividade sem duração e, conseqüentemente, sem trabalho e custo, não possuindo um recurso com a função de executar uma ação (BARCAUI, 2013).

Entende-se que em termos, é uma atividade que pontua determinados eventos de maior magnitude como se fosse medições pontuais do ápice de cada tarefa executada.

Segundo o PMI (2010), a lista de marcos indica todos os marcos do projeto e indica se os mesmos são obrigatórios, tais como aqueles exigidos pelo contrato ou opcionais, tais como os baseados em informações históricas que podem ser de diversas maneiras, dentre elas a entrega do produto ou serviço resultante, que significa a data final do projeto; a entrega dos pacotes de tarefas da EAP, sendo a data final destes; reuniões, apresentações e eventos necessárias no projeto merecedoras de representação e acompanhamento de sua data no cronograma; ocorrências pontuais cujo tempo seja mínimo que não compense uma representação temporal no cronograma, mas cujo registro pontual seja importante, tais como recebimento de relatório e validação das entregas do projeto; datas importantes ou dados restritivos do projeto, como fechamento do contrato ou períodos previamente estabelecidos de paradas de manutenção; interface com eventos externos do projeto, como recebimentos de material, dispositivos e toda e qualquer ação que não seja componente do escopo, mas cuja atividade influencie algum resultado deste (BARCAUI, 2013).

Barcaui (2013) explica que fazendo uso de marcos ou *milestones*, pode-se obter visualizações simplificadas, nas quais um cronograma de marcos, representando as entregas da EAP, dá uma visão temporal destas. Assim ter-se-ia um pa-



cote de trabalho representado por um elemento da EAP, as atividades e o marco representativo da sua entrega. O marco mais importante para o gerenciamento de tempo é a entrega final do projeto. Além de compor uma EAP como elemento de gerência do escopo, o marco tem uma função específica para o processo de sequenciamento das atividades.

4.2 SEQUENCIAR AS ATIVIDADES

É um procedimento que identifica a documentação das relações entre as tarefas do projeto. Através do procedimento de sequenciamento, torna-se factível identificar os vários relacionamentos lógicos entre atividades em função das relações de precedências adequadas. É preciso não só representar, mas documentar todos os tipos de relacionamentos, suas eventuais exigências de antecipações ou atrasos, e tudo que se faça necessário para que o desenvolvimento do cronograma seja feito de maneira mais realista possível (BARCAUI, 2013).

Cada tarefa e marco, exceto do primeiro e do último, são conectados a pelo menos um predecessor e um sucessor. O uso do tempo de antecipação ou de espera pode ser necessário entre as atividades para dar suporte a um cronograma de projeto real e possível de execução. O sequenciamento pode ser implementado por meio da utilização de *software* de gestão de projetos ou da utilização de técnicas manuais ou automatizadas (PMI, 2010). A tabela 3 descreve de forma sintética o modelo de sequenciar as atividades demonstrando as entradas, ferramentas e técnicas e saídas.

ENTRADAS	FERRAMENTAS E TÉCNICAS	SAÍDAS
Lista das atividades; Atributos das atividades; Lista dos marcos; Declaração do escopo do projeto; Ativos de processos organizacionais.	Método do diagrama de precedência (MDP); Determinação de dependência; Aplicação de antecipação e esperas; Modelo do diagrama de rede de cronograma.	Diagrama de rede do cronograma do projeto; Atualizações dos documentos do projeto.

Tabela 3: Sequenciar as atividades
Fonte: PMI (2010).

Apesar de recomendado, o uso de um programa de computador para geração do sequenciamento não é obrigatório. A decisão de usar ou não um programa para representar as atividades e suas dependências é decisão do gerente do projeto e, normalmente, varia em função de sua natureza. Evidentemente é possível gerar um diagrama de rede com todas as atividades e suas diversas inter-relações corretamente demonstradas sem fazer uso de um programa que automatize essa função (BARCAUI, 2013).

4.3 LISTA E ATRIBUTOS DAS ATIVIDADES – ENTRADAS

Essa é uma lista de grande abrangência, incluindo-se todas as tarefas necessárias do projeto. Dentre as atividades estão o identificador e a lista de atividades é uma lista abrangente que inclui todas as atividades necessárias no projeto. Inclui o identificador e uma exposição do escopo do trabalho de cada atividade, detalhada suficientemente de maneira a dar seguridade para que os componentes da equipe entendam qual tarefa precisa ser executada (PMI, 2010).

Os atributos das atividades adicionam a exposição da atividade por meio da identificação dos vários componentes em associação com cada atividade. Podem ser utilizados para a identificação do profissional responsável pela implementação do trabalho, área geográfica ou onde a tarefa deve ser realizada e o tipo de NDE, esforço distinto e esforço distribuído. São utilizados para o desenvolvimento do cronograma e para a seleção, sequenciamento e classificação das atividades planejadas no cronograma de diversas maneiras, quando da elaboração de relatórios. O número de atributos varia de acordo com a área de aplicação (PMI, 2010).

4.4 LISTA DOS MARCOS E DECLARAÇÃO DO ESCOPO – ENTRADAS

A lista dos marcos, conforme explicitada pelo PMI (2010), faz a indicação de todos os marcos do projeto como também se estes são obrigatórios, tais como os que são exigidos pelo contrato ou de maneira opcional, igualmente com os que têm base em dados históricos.

Na declaração do escopo estão contidos os dados descritivos do escopo do produto, incluindo-se suas características que poderão interferir na sequência das atividades tal como a disposição física de um empreendimento fabril a ser construída ou interface de subsistemas em um projeto de *software*. Na medida em que esses efeitos recorrentemente visualizados na relação das tarefas, a descrição do escopo do produto é, de maneira geral, posta em revisão para dar seguridade à precisão (PMI, 2010).

Essa atividade é de suma importância, na medida em que o gerenciamento precisa ter uma visualização cristalina do produto ou serviço a ser executado, adicionando-se suas características, remissas assumidas, restrições, dentre outros fatores. Tudo aquilo que não está no conjunto do escopo, também há a necessidade de se expor com clareza no relatório no sentido de facilitar a compreensão do projeto e tornar viável um diagrama de rede coerente com a realidade do produto a ser desenvolvido (BARCAUI, 2013).



4.5 MÉTODOS DO DIAGRAMA DE PRECEDÊNCIA (MDP) – FERRAMENTAS TÉCNICAS

Esse é método comumente utilizado no Método do Caminho Crítico (MCC) para a execução de um diagrama de rede do cronograma do projeto e que são utilizados quadrados ou retângulos, denominados “nós”, para fazer a representação das atividades e fazer uma conexão delas com flechas que apontam relações lógicas existentes entre elas. A dependência é uma relação entre o início ou fim de uma tarefa e o fim ou início de uma outra tarefa e reflete a relação de causa-efeito entre duas atividades (PMI, 2010).

O MDP abrange quatro tipos de dependências ou de relacionamentos de precedência, de acordo com o PMBOK (2008), sendo eles: término para início: a iniciação da atividade sucessora depende do término da atividade predecessora; término para término: o término da atividade sucessora depende do término da atividade predecessora; início para início: a iniciação da atividade sucessora depende da iniciação da atividade predecessora; início para término: o término da atividade sucessora depende da iniciação da atividade predecessora.

No MDP, término para início é o tipo mais comumente usados em relação de precedência. As relações cuja tipologia é do início para término dificilmente são postas em uso.

4.6 DETERMINAÇÃO DE PENDÊNCIAS – FERRAMENTAS TÉCNICAS

No tocante às dependências, existem três métodos utilizados para a definição da sequência entre as tarefas.

Dependências obrigatórias são as exigidas em forma de contrato ou relacionadas à tipologia do trabalho. A equipe do projeto traça a definição de quais dependências são de caráter obrigatório no decorrer do processo de sequenciamento de tarefas envolvendo, de maneira geral, os limites físicos.

Dependências arbitradas acontece quando a equipe do projeto traça as definições de quais dependências são postas em ação no decorrer do sequencial das tarefas. Há o estabelecimento baseado no conhecimento das práticas mais eficazes em um determinado setor de implementação específica ou em alguma situação singular do projeto no qual uma sequência específica é desejada, mesmo quando da existência de outras sequências viáveis.

Dependências externas: o grupo gerencial do projeto define quais dependências são externas no decorrer do processo de sequenciamento de tarefas. Abrangem uma relação entre as atividades do projeto e as que não pertencem a este. Essas dependências em geral, não se submetem ao controle da equipe do projeto



4.7 APLICAÇÃO DE ANTECIPAÇÃO E ESPERA; REDE DE CRONOGRAMA – FERRAMENTAS TÉCNICAS

Questões referentes à antecipações ou esperas, podem ser utilizadas a uma tarefa caso a sua implementação não tenha exatidão no que diz respeito aos relacionamentos apresentados no diagrama de precedência, isto é, quando uma atividade puder ser executada em um determinado período anterior ao término de sua predecessora, o que resultará em um relacionamento Término para Início com Antecipação ou, de outra forma, quando uma tarefa puder ter seu início em um período após o início de sua predecessora, o que resultará em um relacionamento Início para Início com Espera, por exemplo.

A equipe gerencial do projeto determina a dependência que podem requerer uma antecipação ou uma espera com o objetivo de fazer definições precisas no contexto da relação lógica entre elas (PMI, 2010).

Assim como os demais modelos previamente apresentados, um modelo de diagrama de rede de cronograma resultante de um projeto semelhante ao projeto em questão ou do desenvolvimento de boas práticas referentes aos projetos executados por uma equipe ou empresa pode servir de base para o desenvolvimento desses diagramas.

De acordo com o PMI (2010), como resultado desse processo é gerado um Diagrama de Rede de Cronograma contendo as atividades do projeto (ou seção específica do mesmo) juntamente com os relacionamentos existentes entre essas atividades, incluindo informações de Determinação de Dependências, antecipações e esperas. Pode incluir detalhes do projeto todo ou ter somente uma ou mais atividades de resumo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer desse trabalho, buscou-se demonstrar o quanto é importante o gerenciamento de projetos em uma organização produtora de bens ou serviços. O planejamento é fundamental na engenharia civil, pois é um dos setores que mais precisam de planejamento, já que é através dele que há a possibilidade de criar um cronograma de serviços executados e aqueles que ainda serão executados, e com isso, é possível fazer a comparação entre previsto e executado, a fim de reduzir erros, retrabalhos e desperdícios.

De acordo com as informações contidas no trabalho, praticar a compatibilização e o diálogo entre os projetistas, vem sendo algo de fundamental importância para que o projeto obtenha qualidade, afim de minimizar os conflitos que existem entre os diversos sistemas do empreendimento, ocasionando uma execução de serviço otimizada e simplificada.



É de extrema importância que as empresas entendam que, apesar de o tempo ser um fator predominante para uma empresa, é necessário que o planejamento seja uma etapa bem elaborada e definida, cumprindo o ciclo de vida total de seu projeto e executando todas as partes presentes nele. Com o seguimento desses passos, é muito provável que o tempo de execução da obra seja reduzido, diminuindo também, o desperdício de material e a jornada de trabalho, ou seja, sem possuir tanto retrabalho.

Pode-se concluir então que esse trabalho buscou expor questões que se são relevantes para aprimorar os conhecimentos a nível acadêmico, pois ao se visualizar o mercado da Construção Civil, podemos perceber que é uma indústria crescente e estruturada, que pratica a compatibilização de projetos, sendo de extrema importância na busca de um processo construtivo eficaz.

REFERÊNCIAS

ABREU, R.V.S.; HORSTH, A.A.; BREDER, J.P. **A avaliação de furos horizontais em vigas de concreto armado em relação às flechas verticais.** Revista Educação, Meio Ambiente e Saúde. II Jornada Científica da Faculdade do Futuro, 2014. Disponível em: <www.faculdadedofuturo.edu.br/revista1/index.php/remas/article/viewFile/74/141>. Acesso em: 20 mar. 2019.

ADESSE, Eliane; MELHADO, Silvio Burrattino. **Coordenação de projetos Externa em Empresas Construtoras de Pequeno Porte e Médio Porte.** In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, São Carlos, 2003.

ÁVILA, Vinicius Martins. **Compatibilização de Projetos na Construção Civil, Estudo de Caso em um Edifício Residencial Multifamiliar.** Monografia. Minas Gerais, 2011.

AMORIM, S.R.L. **Qualidade do projeto: uma abordagem voltada para os escritórios de arquitetura.** In: WORKSHOP QUALIDADE DO PROJETO, 1997, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU/UFRJ, 1997

BIRNBERG, H. G. **Project Management for building designers and ouwers.** 2nd. Ed. Boca Ratton: CRC, 1988. 256 f.

CALLEGARI, S; **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares.** Dissertação – Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2010.

DOLABELA, G.S.; FERNANDES, J.G.M. **Falhas devido à falta de compatibilização de projetos – estudo de casos em obras de edificações.** Revista Pensar Engenharia, v. 2, n. 1, jan. 2014. Disponível em: <www.revistapensar.com.br/engenharia/pasta_upload/artigos/a127.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2019.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de projetos.** 2003. Dissertação de (Mestrado Profissionalizantes), Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT, São Paulo.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos.** 4 ed. EUA, 2010.

TAVARES JUNIOR, W. **Desenvolvimento de um modelo para compatibilização das interfaces do projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte.** Florianópolis, 2001. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.



UTILIZAÇÃO DE CINZAS VOLANTES COMO AGLOMERANTE NA CONFECÇÃO DE BLOQUETES, MEIOS- FIOS E BANCOS DE CONCRETO

Allen Gabriel Pereira Nogueira

Clebson Santos Cândido

Marcos André Silva Araújo

Jurandir Amorim Moraes Filho

RESUMO

A queima do carvão mineral gera as cinzas volantes que são encontradas nas paredes das chaminés de usinas termelétricas. Este material é estabilizado com calcário e lançado no meio ambiente. O grande potencial de utilização das cinzas minerais, a sua grande disponibilidade, e o seu potencial risco ambiental associado à sua disposição, justificam um excelente tema a ser abordado. Este trabalho tem como objetivo analisar o desempenho do concreto confeccionado com substituição parcial do cimento pelas cinzas volantes provenientes das termelétricas movidas a carvão mineral. Para tal análise será feito o ensaio de resistência a compressão do concreto feito em laboratório com o rompimento de corpos de prova, descrito pela NBR 5739/1994, afim de utilizar os resultados para confeccionar bloquetes, meios-fios e bancos de concreto para utilização no Campus Paulo VI – UEMA afim de medir seu desempenho quando expostos à agentes externos.

Palavras-chave: Concreto. Cinzas Volantes. Carvão Mineral.

ABSTRACT

The burning of the coal generates the fly ash that is found in the walls of the chimneys of thermoelectric plants. This material is stabilized with limestone and released into the environment. The great potential of use of the mineral ash, its great availability, and its potential environmental risk associated to its disposal, justify an excellent subject to be approached. This work aims to analyze the performance of concrete made with partial replacement of cement by fly ash from thermoelectric plants moved to coal. For this analysis, the compressive strength test of the concrete made in the laboratory with the rupture of test specimens, described by NBR 5739/1994, will be done in order to use the results to make blocks, wire rods and concrete benches for use in the Campus Paulo VI - UEMA in order to measure its performance when exposed to external agents.

Keywords: Concrete. Fly Ash. Mineral Coal.



1. INTRODUÇÃO

As usinas termelétricas a base de carvão mineral pulverizado constitui hoje uma importante fonte de energia elétrica não hídrica e auxiliam a expansão industrial necessária do Brasil e o atendimento da grande e constante demanda dessa expansão. Durante a produção de energia elétrica pelas usinas termelétricas, a combustão do carvão pulverizado, acontece num intervalo de temperaturas elevadas entre 1200° C e 1600° C.

Isto acontece em um ambiente gasoso oxidante, com tempo de permanência das partículas nesse ambiente de 2 segundos, tempo esse suficiente para a fusão total ou parcial da matéria mineral. Como resultado da produção da energia elétrica são produzidas as cinzas pesadas e as cinzas volantes.

As cinzas volantes possuem uma textura mais fina e por serem mais leves, são arrastadas pelos gases de combustão das fornalhas da caldeira e captadas em precipitadores eletrostáticos e posteriormente são levadas aos setores de armazenamentos, sendo que uma quantidade considerável ainda é disposta em aterros ou a céu aberto. Entretanto, as cinzas pesadas possuem uma textura mais grosseira que caem no fundo da fornalha em tanques de resfriamento e posteriormente removidas por fluxo intenso de água.

A produção mundial de cinza a partir da combustão do carvão excede 550.106 toneladas/ano. Já no Brasil, estima-se que na geração de eletricidade, as usinas brasileiras produzem anualmente cerca de 3 milhões de toneladas de cinzas. Deste total pouco menos de 30% dessas cinzas são utilizadas, principalmente pelo setor da construção civil e pelas indústrias cimenteiras. Por possuir atividade pozolânica e ser de origem silicosa e mineralogicamente amorfa e, ainda, possuir uma reatividade com a cal, as cinzas volantes atualmente têm na fabricação de cimento Portland a sua destinação mais comum, apesar do consumo ser ainda insuficiente para a utilização de todo o volume de cinza produzido.

As cinzas pesadas, que correspondem 25% da massa de cinza residual produzida, é incipiente e pouco disseminada. Assim, a busca de novos materiais que possam incorporar grandes volumes de cinza de carvão é de fundamental importância para dar uma destinação final e apropriada ao resíduo de cinza volante e cinza pesada, agregando valor ao mesmo e favorecendo o meio ambiente.

No desenvolvimento de concretos com desempenho superior aos convencionais, as adições de cinzas minerais em formulações de concretos, principalmente as cinzas volantes oriundas do processo de geração de energia das termelétricas, tem despertado grande interesse pelo fato de que elas possuem uma grande quantidade de oferta e por possuírem uma granulometria muito fina, favorecendo a atividade pozolânica.



Entretanto, poucas pesquisas tem sido desenvolvidas utilizando-se as cinzas pesadas como material de adição ao concreto em substituição ao agregado miúdo e muito menos ainda pesquisas que utilizam as cinzas volantes em substituição ao cimento em formulações de concretos.

Nesse cenário, esse trabalho apresenta um estudo da adição e substituição de cinzas volantes oriundas da usina termelétrica ENEVA – São Luís em substituição ao cimento Portland, contribuindo para o estudo de concreto com propriedades melhoradas, tanto no estado fresco quanto no estado endurecido, além de uma alternativa de aproveitamento de resíduos minerais que contribua para o desenvolvimento sustentável da tecnologia do concreto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Matriz energética brasileira

Considerar a cinza originada da combustão de carvão como um material de utilidade e como um bem material, em vez de lixo ou rejeito, é um pensamento comum, hoje no Brasil. A importância das cinzas cresce, na medida que políticas governamentais brasileiras, que vem sendo estudadas e adotadas para o setor energético, acenam para um cenário bem favorável para a instalação de novas matrizes energéticas, principalmente as unidades térmicas de carvão. [45]

O surgimento do interesse na criação e instalação de novas formas de obtenção de energia vem sendo despertado, devido à crise de energia em que o país se encontra. O moderado investimento no setor, aliado ao aumento gradativo do consumo de energia elétrica – um apelo inerente dos tempos atuais – resultaram no estabelecimento da crise que afeta o país, já sob comando do governo federal. [41]

Todos os setores da sociedade brasileira vivem sob a meta da redução do consumo de energia elétrica, de cunho constante e obrigatório, sob uso de penalidades tais como cortes do fornecimento e multas. No Brasil, todo o controle do setor energético é feito pelo Ministério de Minas e Energia, criado em 1960, enquanto que o planejamento e monitoramento do setor é realizado pela Empresa de Pesquisa Energética. De acordo com as informações referentes a oferta e consumo de energia no Brasil, 17,1% da energia produzida no país em 2013, foi consumida em forma de eletricidade, exposto na figura 1. [45]



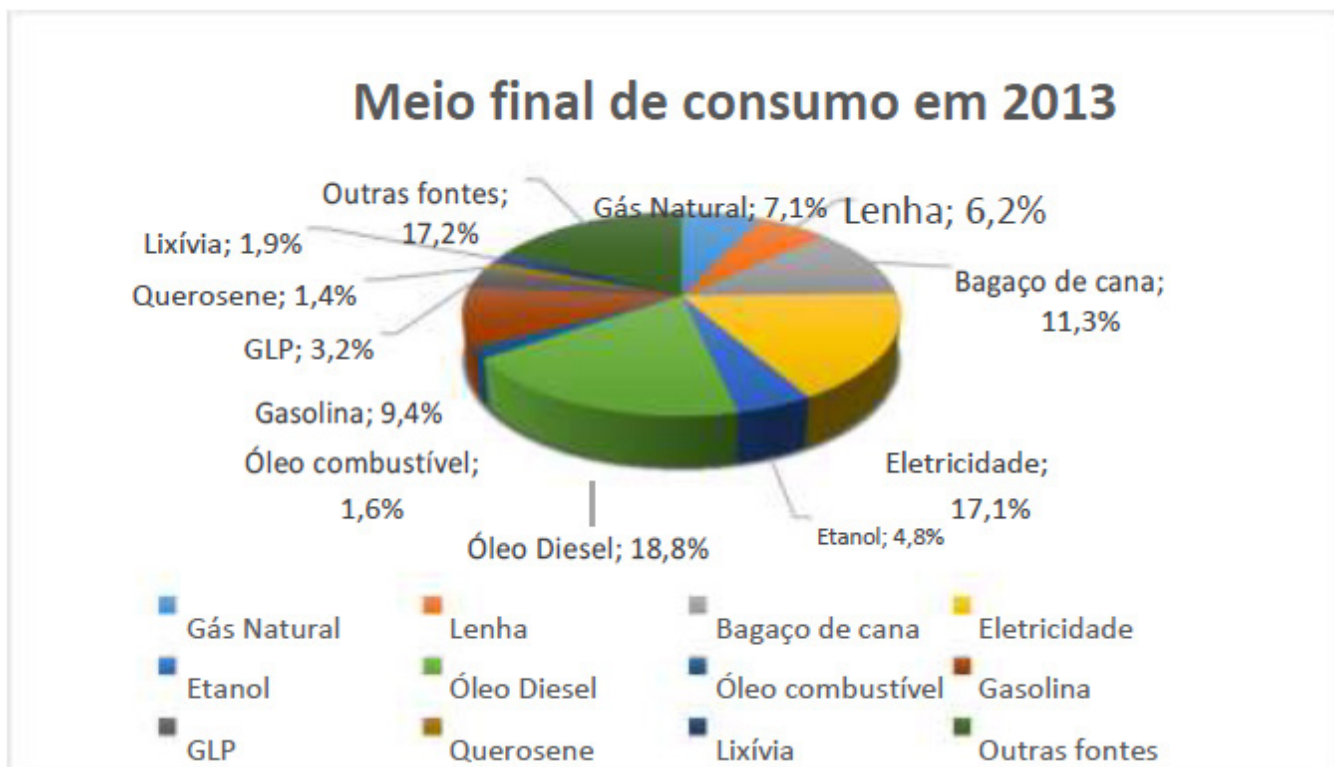


Figura 1 – Meio final de consumo em 2013. (Fonte: Ministério de Minas e Energia)

A figura 2 apresenta a composição das fontes dessa energia, ou seja, a matriz de geração energética brasileira. Atenção deve ser dada à fonte hidráulica, responsável por 70,6% da geração do país em 2013. Ainda de acordo como balanço energético nacional, essa atividade foi inferior à participação da fonte no ano de 2012, e a capacidade de geração hidráulica também foi menor em termos absolutos, com uma redução de 455,6 TWh em 2012 para 430,9 TWh em 2013. A participação de fontes renováveis na matriz elétrica brasileira, representadas em grande parte pela energia hidráulica, foi reduzida de 84,5% em 2013 para 79,3% em função de condições climáticas desfavoráveis, que levaram ao aumento substancial da geração térmica.

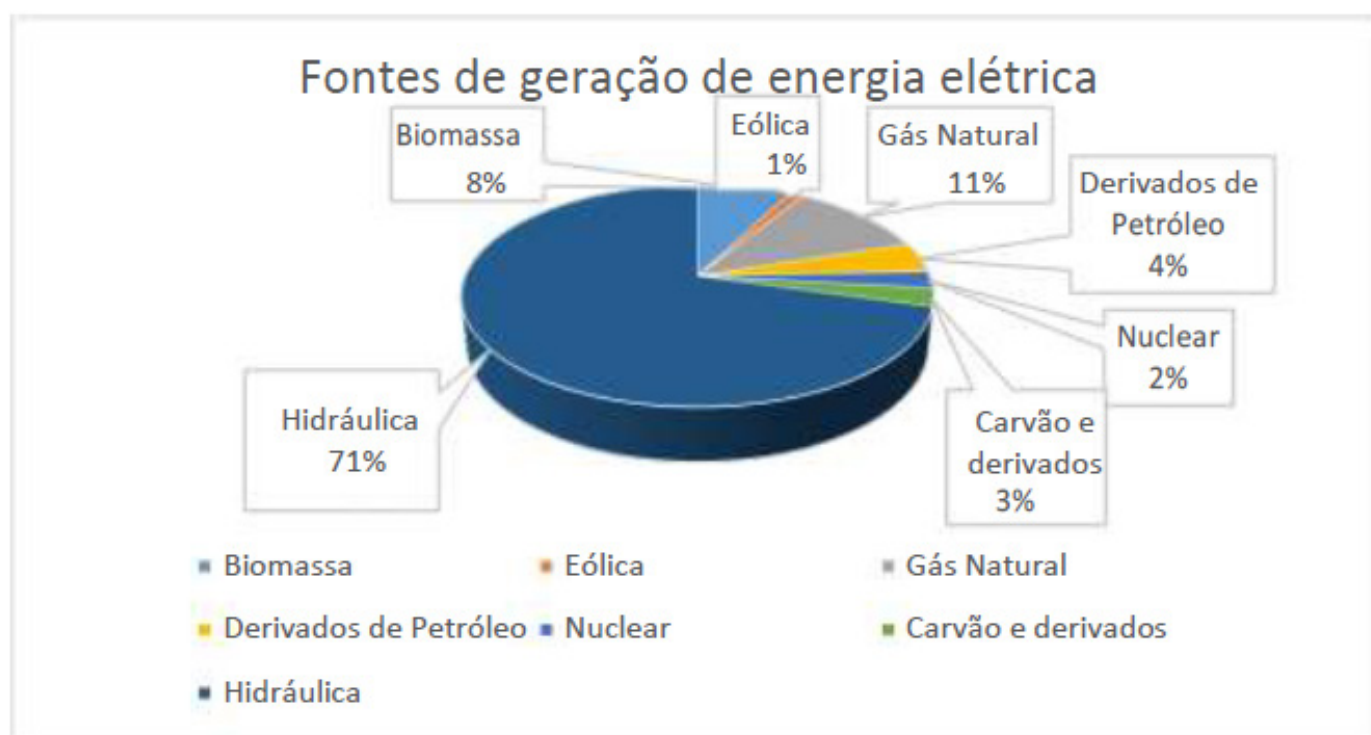


Figura 2 – Fontes de geração de energia elétrica em 2013. Fonte (Ministério de Minas e Energia 2013)

A crise no setor elétrico do Brasil se prolonga a alguns anos e as suas consequências devem permanecer por um longo período. O papel de um sistema energético na sociedade é de atender a sua necessidade de energia com um custo razoável que permita o acesso da camada menos favorecida e em harmonia com o meio ambiente. O surgimento da crise não foi por acaso e a causa não se resume a um só único item. [6]

Esse processo tem como referência histórica a redução de investimentos na transmissão, distribuição e conservação de energia elétrica, tais quais: a dependência do país com relação às usinas hidrelétricas, responsáveis pela produção de quase toda a totalidade da energia consumida no território brasileiro; as transformações ambientais, incluindo os baixíssimos índices pluviométricos que geraram impactos negativos na matriz energética; aumento da demanda em razão do desenvolvimento de novos empreendimentos nos diferentes setores da economia, como agricultura, indústria e diversos serviços, associado a um aumento de consumo residencial de energia elétrica. [6]

Consumo de eletricidade na rede (GWh)					
Ano	Residencial	Industrial	Comercial	Outros	Total
2015	131.100	169.942	90.190	73.278	464.510
2016	133.768	165.814	92.144	74.806	466.532
2017	138.990	170.092	96.257	77.939	483.278
2018	144.877	175.762	100.914	81.398	502.951
2019	151.045	181.239	105.715	85.015	523.014
2020	158.278	192.119	111.621	89.111	551.129
Variação (% ao ano)					
2015-2020	3,8	2,5	4,4	4,0	3,5

Tabela 1 – Consumo de eletricidade na rede. (Fonte: Ministério de Minas e Energia 2015)

A principal peça da matriz energética brasileira é a fonte hidráulica. No que diz respeito à poluição, ela é considerada entre as fontes mais limpas, mas o seu grande impacto no meio ambiente é de grande magnitude, haja vista a necessidade do alagamento de grandes áreas e a interferência direta na fauna e na flora e deslocamento de comunidades. [6]

A tabela abaixo mostra um resumo das principais características das fontes geradoras de energia elétrica:



Fontes Renováveis		
Fontes	Vantagens	Desvantagens
Hidrelétrica	Energia limpa	Área para construção é enorme, afeta a fauna e a flora em função do alagamento de grandes áreas. Geralmente estão distantes do centro de carga.
Biomassa	Custo de aquisição relativamente baixo	Baixo poder calorífico
Eólica	Energia limpa	Alteração de paisagem e emissão de ruído
Solar	Energia limpa	Baixa eficiência das placas armazenadoras
Fontes não renováveis		
Fontes	Vantagens	Desvantagens
Termoelétrica a carvão mineral	Possibilidade de instalação próxima ao centro de carga reduzindo custos de transmissão	Poluição ambiental com emissão de gases e resíduos sólidos
Termoelétrica a óleo combustível	Possibilidade de instalação próxima ao centro de carga reduzindo custos de transmissão	Poluição ambiental com emissão de gases e resíduos sólidos
Termoelétrica a gás natural	Possibilidade de instalação próxima ao centro de carga reduzindo custos de transmissão	É das fontes não renováveis e que causa menos impacto no ambiente mas ainda há a emissão de gases na atmosfera

Tabela 2 – Fontes renováveis. (Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2013)

A opção pela utilização de cada fonte envolve uma numerosa série de variáveis, porém existe uma tendência mundial em aumentar o peso da questão ambiental nas decisões dos investimentos. Neste contexto, a utilização de fontes renováveis e com baixo impacto ambiental tem levado ao crescimento nos investimentos nas plantas geradoras de energia alternativa.

2.2 Adoção de novas tecnologias

Diante desse cenário, pensar na exploração de novos potenciais energéticos significa fazer investimentos em tecnologia para fontes cada vez mais eficazes e mais baratas, objetivando contemplar o potencial instalado existente (evitando sobrecarregar o sistema hidrelétrico) e projetando o aumento da demanda. [46]



A utilização de fontes renováveis de energia já uma realidade prática em inúmeros países do mundo seja pelo motivo da existência de investimentos para tal ou porque houve problemas com os métodos de geração tradicionais.

Como a geração de energia utiliza recursos naturais como insumos e pode gerar impactos sobre o meio ambiente, a melhora de condições de vida da geração atual sem o comprometimento dos recursos a serem disponibilizados para as gerações futuras exige a adoção de planos e estratégias sustentáveis no setor energético do Brasil. [6]

Atualmente existem novas tecnologias de geração de energia que favorecem o meio ambiente. Segundo a Bloomberg New Energy Finance, o Brasil deverá atrair investimentos até 2040 para projetos solares e eólicos. No total, o país irá adicionar 2 gigawatts de nova capacidade nos próximos anos, chegando a 383 GW, um aumento de 189% sem sua capacidade de total. Para isto, já estão sendo implantados novos recursos espalhados pelo território brasileiro. [41]

No contexto da região nordeste, percebe-se que a região possui os maiores e melhores índices de utilização de sistemas de geração de energia do Brasil, devido as suas condições climáticas e meteorológicas, localização próxima de grandes escoadores de materiais e logística, como porto do SUAPE, Pecém e Itaqui. A utilização das fontes eólica e solar poderia reduzir consideravelmente as diferenças econômicas com relação as outras regiões, se incentivada a geração distribuída entre os cidadãos para baixa e média potência.

Atualmente, novas matrizes foram implantadas na região nordeste para aproveitar este grande potencial energético que a região oferece. No estado do Piauí foram implantadas usinas eólicas na região, que fazem parte de um gigantesco complexo denominado "Complexo eólico Chapada do Piauí" localizado nas cidades de Simões, Marcolândia, Padre Marcos e Caldeirão Grande. A energia produzida nestes parques eólicos será conduzida para o Sistema Interligado Nacional (SIN) e, posteriormente será distribuída por todo país.

Outro grande exemplo é a usina de ondas instalada no porto do Pecém, no Ceará. Esta usina é a primeira da América Latina que utiliza o movimento das ondas do mar para produção de energia elétrica. Ela é composta por um sistema de alta pressão que movimentam as turbinas e acionam os geradores, um sistema totalmente brasileiro e que foi desenvolvido e patenteado pela COPPE- UFRJ.





Figura 3 – Complexo eólico chapada do Piauí. (Fonte: Repositório da Queiroz Galvão Energia)



Figura 4 – Usinas de ondas no porto do Pecém. (Fonte: Repositório da COPPE – UFRJ)

O incentivo para a produção em larga escala dos parques eólicos apresentaria uma solução interessante, analisando que na ocorrência de escassez de água para as usinas hidrelétricas, as termoeletricas seriam acionadas, provocando sérios danos ambientais e apresentando aumento no preço do quilowatt (kW), gerando matrizes complementares e não concorrentes entre si. [6]

Este caso exemplifica o fato do aumento da energia elétrica e a mudança da bandeira tarifária, agravada pela falta de incentivo do governo para as empresas brasileiras que as sufoca com seus impostos impiedosos e pela isenção de diversas empresas estrangeiras para a facilitação e inserção do mercado nacional.

As termelétricas que mais atuam na região nordeste são: a usina termelétrica de Campina Grande, que atua juntamente na companhia hidro elétrica do São Francisco; a usina do Vale do Açu Jesus Soares Pereira (Termoaçu), localizada em Alto dos Rodrigues no Rio Grande do Norte e a ENEVA, localizada em São Luís no Maranhão, em parceria com a Eletronorte.



Figura 5 – Usina termelétrica de Campina Grande. (Fonte: Repositório da Borborema Energética)



Figura 6 – Usina termelétrica ENEVA em São Luís. (Fonte: Repositório ENEVA – Itaqui)

Por uma conjuntura de circunstâncias, há um cenário favorável para o aproveitamento maior das usinas termelétricas para geração de energia, principalmente tendo em vista as tendências de encarecimento de energia hidrelétrica, a instabilidade no fornecimento do gás por parte de países estrangeiros, como Argentina e Bolívia, e a necessidade de se ter energia segura para todo o Brasil. [45]

As usinas térmicas a carvão podem cumprir um papel de dar segurança ao sistema elétrico, embora não se conteste a importância dessas usinas como fonte de desenvolvimento regional, os efeitos negativos, através da emissão de gases e especialmente de particulados, sobre o meio ambiente tornaram-se uma preocupação de toda a comunidade. [46]

2.3 Panorama mundial dos resíduos da combustão do carvão nas usinas termelétricas

No fim do século XIX, paralelo ao surgimento do cimento do tipo Portland, ao crescimento do uso da cal e pozolanas naturais, surgiam nos Estados Unidos da América e na Europa, materiais artificiais – cinzas – com notáveis propriedades tecnológicas. Estes novos materiais, provenientes da combustão de carvão fóssil revelaram de imediato muita afinidade com aglomerantes tipos cal. [65]

O carvão fóssil que passava a ser adotado como combustível foi inicialmente empregado na forma britada, mas somente por volta de 1910 teve as suas primeiras utilizações, em pequenas caldeiras, na forma pulverizada. Como consequência da presença de componentes inorgânicos passaram a ser gerados, durante a combustão, diferentes tipos de resíduos: escórias, cinzas de fundo e cinzas volantes. [65]

A valorização destes resíduos iniciou-se entre as décadas de 1920 e 1930 com a inserção de grandes caldeiras aquecidas à carvão pulverizado e com o desenvolvimento de tecnologias de queima adaptadas a carvões com alto índice de teor em matéria mineral. A baixa eficiência dos sistemas de retenção de cinzas da época, grande parte era carregada através das chaminés, com os gases da combustão para a atmosfera.

Com o objetivo de evitar que as usinas termelétricas se transformassem nos grandes poluidores da atmosfera, foram desenvolvidos eficientes processos de remoção de matéria mineral sólida dos gases de combustão. As grandes quantidades de cinzas, que passaram a ser estocadas nas usinas, começaram a criar sérios problemas de disposição. A valorização destes subprodutos tornou-se uma medida necessária e indispensável. [45]



A partir dos estudos e pesquisas que passaram a ser desenvolvidos com as cinzas, entre 1950 e 1960, nos Estados Unidos e em muitos países da Europa, houve um progressivo aumento em sua utilização. Os principais usos que começaram a ser adotados foram voltados para a produção de cimentos Portland, concretos de cimentos Portland e argamassas, fabricação de elementos de alvenaria e estabilização de solos com cal, visando principalmente a pavimentação. [65]

O primeiro mercado que promoveu as primeiras vendas, de ambas as companhias Walter N Handy Co. e a Chicago Fly Ash Co. foi na construção de barragens em todo o território norte americano, usando cinzas volantes como substitutas do cimento em até 60%. A primeira barragem que usou cinzas volantes foi Hungry Horse em Montana em 1949. Em 1950 havia seis barragens construídas pelo Bureau of Reclamation e o Corps of Engineers. Em 1960 havia trinta barragens construídas com cinzas volantes supridas pela Chicago Fly Ash Co.

O segundo grande mercado para as cinzas volantes nos Estados Unidos foi na indústria de perfuração de poços, onde a cinza volante mostrou-se benéfica na cimentação de poços de petróleo. A partir daí, passaram a ser usadas em concreto em massa pelas maiores construtoras da América.

Na Europa Ocidental, no início da década de 1940, as cinzas de carvão passaram a ter uma utilização extensiva. No entanto, ao contrário dos países da América do Norte, o foco principal foi a produção de cimentos Portland. As cinzas de carvão fóssil, além dos concretos e cimentos, foram testadas também em misturas com cal visando aplicações voltadas a estabilização de solos. [46]

Durante a década de 1960, o uso das cinzas de carvão estabilizadas com aglomerantes em bases, sub-bases e reforços de subleito em pavimentos se difundiu muito na Europa. Em países como Alemanha, França, Suécia, Rússia e outros, o uso das cinzas em bases e sub-bases faz parte das alternativas convencionais, juntamente com o uso como material de aterro, tanto na forma natural como melhorada com aglomerantes, em aterros estruturais. [65]

Quanto ao aproveitamento das cinzas de carvão para a fabricação de elementos de alvenaria, tipo blocos e tijolos, já é apreciável principalmente em países do leste europeu, com grande destaque para a Rússia onde pedras artificiais do tipo blocos cinza-cal autoclavados são intensamente produzidos desde a década de 1940. Na Europa, países como Alemanha, Holanda e Inglaterra também se destacam na produção de pedras artificiais do tipo blocos silicatados autoclavados, com substituição total ou parcial das areias quartzosas por cinzas de carvão.

É importante lembrar que o espectro de formas de aproveitamento das cinzas de carvão, na atualidade, é muito mais abrangente. Há tecnologias sofisticadas que permitem, por exemplo, a extração de determinados elementos das cinzas ou a separação de determinadas frações. Há outras tecnologias em que as cinzas precisam passar por um processo prévio de tratamento para serem posteriormente aprovei-



tadas, como catalisadores, filtros, melhoradores de trabalhabilidade e assim por diante em diferentes processos industriais.

Cabe ainda ressaltar que muitos outros países, além dos que foram citados, utilizam cinzas para os mais diferentes fins. A China é o maior produtor de cinzas do mundo, a Índia é outro grande produtor, assim como os países do leste europeu. Existem países como o Japão e Israel que estão construindo ilhas com cinzas de carvão, no Oceano Pacífico e no mar Mediterrâneo, respectivamente. [45]

Em nível mundial, atualmente as cinzas volantes, as de fundo e as escórias estão firmemente estabelecidas, principalmente na Europa e América do Norte, como um subproduto comercialmente viável. Apesar das muitas aplicações criadas para os resíduos da combustão do carvão, o aproveitamento, hoje, atinge apenas cerca de 30% do total gerado e varia de continente para continente como mostra a tabela 3.

Continente	Percentagem em uso
Europa	42,5
Asia	30,0
América	27,5
Africa	19,0
Oceania	10,5

Tabela 3 – Percentagem de uso das cinzas por continente (Fonte: ROHDE, 2006, p. 36)

Este baixo aproveitamento das cinzas deve-se, principalmente, às grandes quantidades produzidas e por outro lado, a falta de conscientização de muitos países, quanto a importância do uso desta matéria-prima. Deve-se salientar que alguns países europeus utilizam 100% de sua produção.

2.4 Origem e Classificação das cinzas de carvão mineral

A formação das cinzas se dá pela combustão direta do carvão, matéria-prima sólida, constituída por duas frações intimamente misturadas: uma orgânica (material volátil e carbono fixo) e uma mineral (argilas, quartzo, piritas, carbonatos, etc.). Pela ação do calor a fração orgânica produz voláteis e coque, enquanto a mineral se transforma em cinza com mineralogia modificada, tendo em vista: a perda de água das argilas, a decomposição dos carbonatos, a oxidação dos sulfetos, etc. [48]

As cinzas consistem de componentes não combustíveis de carvão, além de partículas não queimadas devido à combustão incompleta do carvão pulverizado. A cinzas oriundas de termelétricas apresentam-se de diferentes formas conforme

o processo de gaseificação ou queima do carvão e podem ser classificadas como: escória (cinza grossa ou “boiler slag”), cinza pesada (cinza de fundo, cinza úmida ou “bottom ash”) e cinza volante (cinza leve ou “fly ash”). [46]

A escória é originada nos processos de combustão ou gaseificação do carvão em grelhas fixas e móveis. Apresentam-se, frequentemente, com granulometria grosseira e blocos sintetizados, com consideráveis teores de carbono não queimado (10-20%). São retiradas pelo fundo das fornalhas, após resfriamento com água, não são arrastadas por meio hidráulico.

A cinza pesada é originada nos processos de combustão do carvão em forma pulverizada e da queima ou gaseificação do carvão em leito fluidizado, contém geralmente teores de carbono não queimado de 5 a 10%. São mais pesadas e de granulometria mais grossa, que caem para o fundo das fornalhas e gaseificadores, de onde são retiradas por fluxo de água, principalmente nas grandes caldeiras de usinas térmicas e centrais de vapor. [48]

A cinza volante é constituída de partículas extremamente finas (menor que 0,15mm), leves e que são arrastadas pelos gases de combustão de fornalhas ou gases gerados em gaseificadores industriais. Grande parcela dessas partículas é retida por sistema de captação- filtros de tecido, ciclones, precipitadores eletrostáticos, etc. As grandes unidades produtoras deste tipo de cinzas são as usinas termelétricas e centrais de vapor. [45]

Com o surgimento da termelétrica ENEVA na grande São Luís, há uma preocupação com a sua grande produção de cinzas sem destino adequado, sendo estocadas em aterros sanitários localizados no município de Rosário. Em ambas as áreas as cinzas, secas e úmidas, chegam ao local de descarte conduzidas por caminhões basculantes apropriados, sofrendo lixiviação durante o período chuvoso.



Foto 1 – Aterro de cinzas no município de Rosário. (Fonte: *acervo do autor*)

O correto condicionamento, alternativa que sempre foi recomendada, também não representa mais, atualmente, a solução mais inteligente. Tratam-se de milhões de toneladas produzidas anualmente. Os custos são inviáveis e os riscos continuam grandes. Além disto, os crescentes custos associados com a disposição destas cinzas tendem a minimizar a atratividade do carvão fóssil, como fonte de energia, pelo custo real. [45]

As cinzas, se por um lado, são uma ameaça ao meio ambiente, por outro, representam um importante recurso mineral produzido no país tendo em vista:

- As extraordinárias propriedades físico-químicas e mineralógicas, pouco encontradas em outros materiais, caracterizadas por uma alta capacidade de reação com aglomerante do tipo cal;
- As cinzas, na prática das construções, quando empregadas na forma estabilizada com cal, além de produzirem peças rígidas passam a ter seus elementos tóxicos imobilizados e praticamente nulas as liberações de metais pesados;
- As cinzas podem ser utilizadas na forma pura (sem aglomerantes), sozinhas ou incorporadas como material inerte em cerâmicas, concretos, etc;
- Pronta disponibilidade para o uso após a sua formação, não necessitando intervenção de processos intermediários de beneficiamento a não ser eventuais secagens quando em presença de excesso de umidade.

2.5 Uso das cinzas na engenharia civil

De uma maneira genérica, em todo o mundo, as formas de utilização das cinzas de carvão, para fins comerciais, são divididas em três categorias principais: construção, fabricação e estabilização.

2.5.1 Construção

A categoria construção é o setor que mais emprega subprodutos da combustão do carvão. Entre os inúmeros usos regulares na categoria construção destacam-se os seguintes:

- Aplicações em concreto e argamassas;
- Na fabricação do cimento Portland pozolânico;



- Cinzas em processos de estabilização sob pressão;
- Aterros estruturais;
- Aterros sem funções estruturais como material de enchimento em obra;
- Bases estabilizadas e solos modificados e estabilizados para rodovias, pistas e edificações;
- Como filer em misturas betuminosas.



Figura 7 – Base sendo construída no trecho de acesso ao porto de Santa Clara – RS. (Fonte: Repositório CIENTEC)



Figura 8 – Pátio de estacionamento com base de cinzas no município de Candiota – RS. (Fonte: Repositório CIENTEC)

2.5.2 Fabricação

A categoria fabricação compõe os grupos industriais que tem provavelmente, o maior potencial para desenvolver novas aplicações voltadas para a construção civil. Em geral, a produção desses artefatos filia-se aos seguintes ramos principais:

- Artefatos de cinza-cal (sílico-calcários) autoclavados e curados ao meio ambiente;
- Artefatos de cimento;
- Artefatos cerâmicos de cinza e com incorporação de argila;
- Artefatos sinterizados;
- Agregados e concretos leves;
- Filer em plástico.

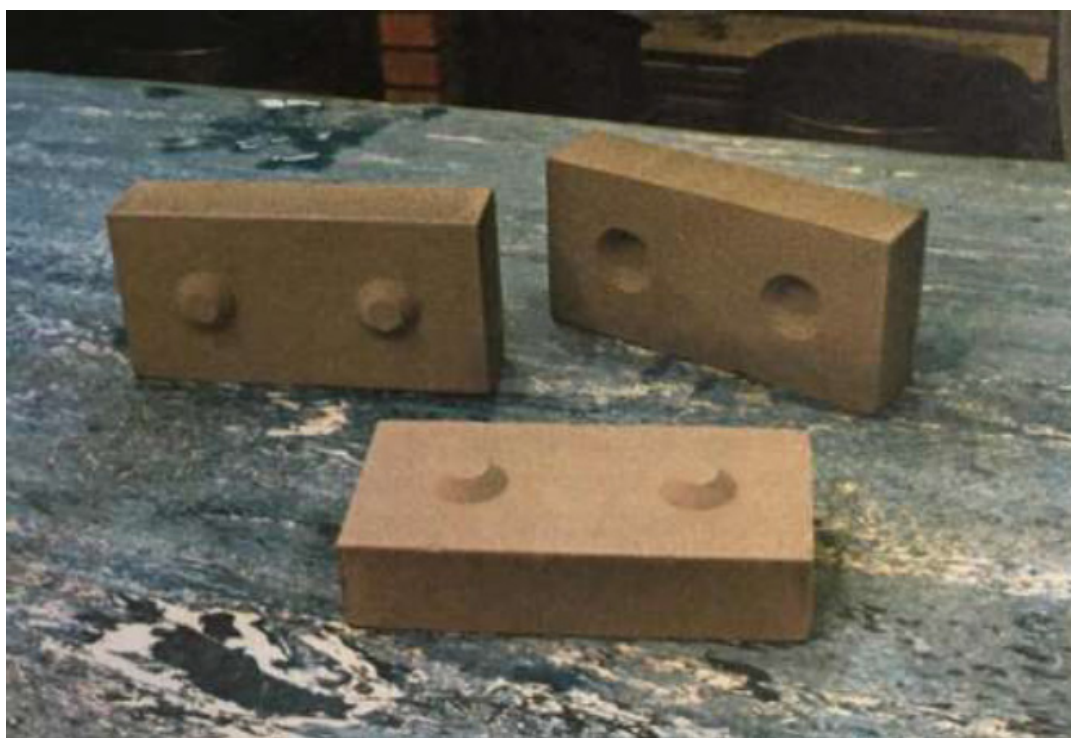


Figura 9 – Tijolo de cinza curado em autoclave. (Repositório CIENTEC)



Figura 10 – Construção de alvenaria utilizando argamassa e tijolos com cinzas. (Fonte: Repositório CIEN-TEC)

2.5.3 Estabilização de resíduos

Resíduos tóxicos tem sido imobilizado, com sucesso, pela estabilização e solidificação, usando cinzas volantes com água e produtos aglomerantes como cal, cimento Portland e gipsita. Outros aditivos podem, também, ser utilizados para tornar íons específicos insolúveis. A maior parte dos processos busca produzir uma massa endurecida com baixa capacidade de produzir lixiviação.

A maioria das aplicações tem sido usadas para estabilizar resíduos inorgânicos. Alguns resíduos orgânicos também tem sido estabilizados com sucesso. Vários processos existem no mundo, que utilizam materiais com propriedades pozolânicas, provenientes de combustão do carvão para estabilizar resíduos tóxicos.

2.6 Cimento

O cimento é composto químico com propriedades hidráulicas resultante do processo de calcinação às elevadas temperaturas, tendo ele o clínquer como principal componente, na sua composição também à presença silicato de calcário e argila, além de possuir adição de demais materiais de origem silicosa, aluminosa ou ferrífera, a fim de garantir uma melhor mistura. Segundo a NBR 11578 (1991, p.2), o cimento portland é:

Aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a esta mistura materiais pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos.



O cimento Portland é o produto da moagem do clínquer tendo a sua formação de silicatos hidráulicos de cálcio, e naturalmente um percentual de sulfato de cálcio natural, podendo ter adições de algumas substâncias para modificação de algumas de suas propriedades ou facilitar o seu uso. [14]

O processo de fabricação do cimento Portland compreende-se na forma geral nas seguintes etapas: extração da matéria; britagem; moagem; pré-aquecimento; pré-calцинаção; produção do clínquer; resfriamento e estocagem; moagem e adições; estocagem e expedição, como mostra a figura abaixo (FIG.11).

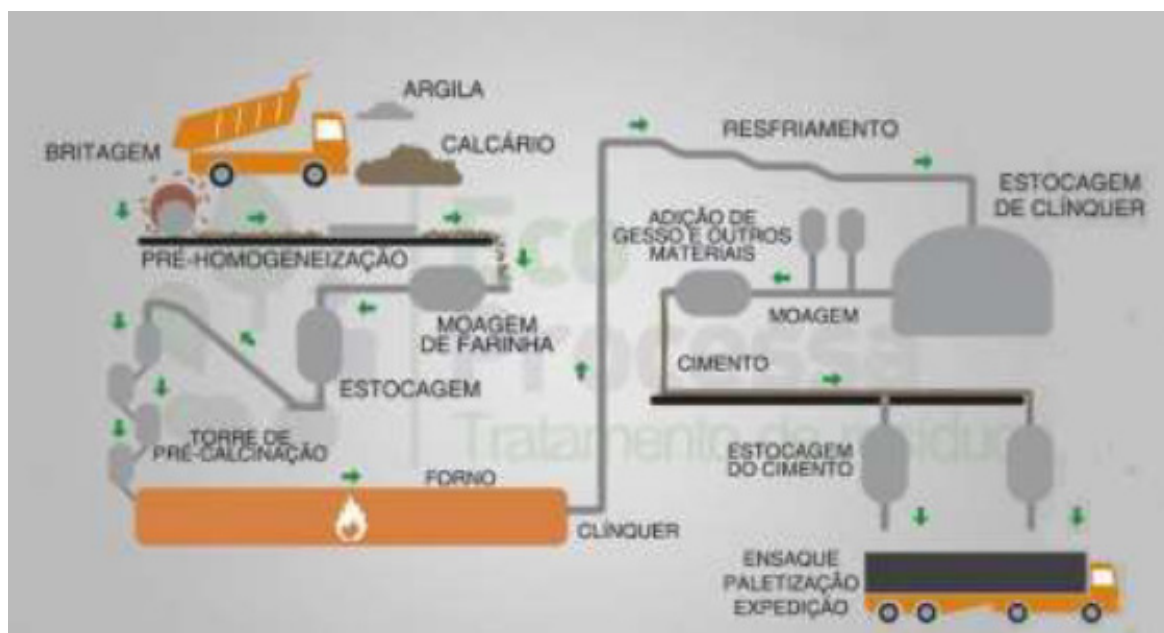


Figura 11 - Fluxograma do processo de fabricação do cimento Portland. (Fonte: Ecoprocessa, 2014.)

- **Extração de matéria-prima:** compreende-se na retirada de calcário e argila das jazidas, que pode vir acompanhado de outras substâncias em pequenas quantidades, que posteriormente são usadas para "correção" do cimento;
- **Britagem:** as substâncias são britadas para que haja uma redução na granulometria.
- **Moagem:** o produto da britagem é moído para que estejam na granulometria adequada.
- **Pré-aquecimento:** o produto da moagem é pré-aquecido em ciclones de estocagem afim de otimizar a produção e depois direcionados para a pré-calцинаção.
- **Pré-calцинаção:** nessa etapa ocorre em temperaturas entre 600 a 900°C, onde possibilita a dissociação do carbonato de cálcio, contido no calcário,

em óxido de cálcio.

- **Produção do clínquer:** a farinha moída é calcinada a uma temperatura de 1450° C em um forno rotativo, resultando no clínquer.
- **Resfriamento e estocagem:** ocorre o resfriamento do clínquer para que ele possa ser armazenado.
- **Moagem e adições:** é acrescentado ao clique uma quantidade de 3% a 6% de gesso e outros materiais como escórias de alto-forno, pozolana, cinzas volantes, e materiais carbonáticos a mistura é então moída, tornando-se cimento e depois armazenada.
- **Estocagem e expedição:** O cimento é armazenado em silos e depois enviados para o ensacamento ou venda a granel.

O cimento Portland é o material mais utilizado na produção do concreto. Como anteriormente citado, ele é um aglomerante hidráulico resultado da moagem do clínquer onde no mesmo é acrescentado aproximadamente de 5% de gipsita¹⁰ com a finalidade de impedir a pega instantânea. Portanto, o cimento é constituído essencialmente de cálcio e sílica, havendo outros minerais que constituem as impurezas.

O percentual representativo dos óxidos básicos e ácidos, que constituem a matéria-prima no processo de produção do clínquer, são os seguintes de acordo com a tabela a seguir (TAB. 4):

Óxidos	Teor %
CaO	67
SiO ₂	22
Al ₂ O ₃	5
Fe ₂ O ₃	3
Outros	3

Tabela 4 - Proporção de óxidos no cimento Portland
Fonte: (Taylor, 1997)

A gipsita era a única fase de sulfato de cálcio adicionada durante o processo de fabricação do cimento, mas no processamento atual, podem ser encontradas outras formas de sulfato de cálcio, como anidrita natural cristalizada ou solúvel, gesso desidratado e sulfato de cálcio sintético. Também pode ser encontrado fosfogesso [11], resíduo da indústria de ácido fosfórico (H₃PO₄). [3]

Como se trata de uma adição durante o processo de fabricação e são compostos de diferentes arranjos e até mesmo composição química, e também possuem um grau de solubilidade diferente, que pode ser essencialmente modificado na presença de um plastificante, todas essas variáveis resultam na modificação do equilíbrio do grau de solubilidade do cimento na fase de C3A. Sendo assim, mediante



a todas essas variáveis,

Composto de sulfato de cálcio dihidratado, que apresenta uma coloração branca a translúcida e dureza baixa, sendo umas das principais matérias-primas na fabricação de gesso e cimento.

É o subproduto do processo de produção de ácido fosfórico, utilizado na fabricação de fertilizantes fosfatados pode ocorrer uma pega instantânea no cimento, mesmo com todo o processo tecnológico envolvido no processo de fabricação.

Os compostos apresentados na tabela acima (TAB 4), reagem quimicamente resultando em quatro principais compostos do cimento como mostra a tabela abaixo (TAB 5).

Composto	Constituição	Símbolo
Silicato tricálcio	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S
Silicato dicálcio	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S
Aluminato tricálcio	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A
Ferroaluminato tetracálcio	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF

Tabela 5 - Constituintes principais do cimento Portland. (Fonte: Aïtcin, 2000)

O processo de formação do clínquer que ocorre em altas temperaturas, há presença de outros elementos que são considerados impurezas no sistema, como no caso de magnésio, sódio, potássio e enxofre (Mg, Na, K e S), que têm a capacidade de reagirem com os principais compostos, trazendo defeitos à estrutura cristalina dos mesmos (MELO, 2000).

Além dos principais constituintes, o cimento também apresenta elementos secundários como Mn_2O_3 , MgO , K_2O , TiO_2 e Na_2O , os quais possuem um percentual representativo menor mediante a massa total do cimento. Alguns desses elementos podem ser prejudiciais à composição do cimento, como no caso do óxido de magnésio (MgO), conhecido como periclásio, quando se encontra em sua forma cristalina, onde o mesmo possui uma hidratação expansiva e lenta. Como também no caso dos óxidos de potássio e sódio (K_2O e Na_2O), que são conhecidos como álcalis, e sua grande presença na composição da massa do cimento propicia o surgimento das reações álcali-agregado. [33]

Para se obter uma boa resistência inicial e final no concreto, devem-se levar em consideração importantes fatores como: a composição química e mineral, forma do grão e distribuição granulométrica. Pois quanto maior percentual de finura do cimento, o processo de hidratação e reação ocorrem com maior velocidade. Já em relação a trabalhabilidade do cimento dependerá da distribuição granulométrica e do teor de C_3A presentes no cimento. O teor de C_3A no cimento também está relacionado com o surgimento da corrosão da armadura, pois o mesmo determina a reação com os íons de cloreto. Com isso quanto maior o teor de C_3A , menor a concentração de cloretos livres (Cl^-), possibilitando a maior formação de cloroalu-

minatos, reduzindo a ocorrência de corrosão da armadura. [33]

A troca iônica consiste num mecanismo ou processo de transferência de íons, que ocorre geralmente entre duas fases, que são a parte aquosa e sólida. Como o concreto se trata de uma mistura complexa, o mesmo sofre um processo intenso de troca iônica, quando a estrutura do concreto é instalada no meio aquoso, como por exemplo em pontes, postes e estruturas portuárias. Nas áreas de influência de mares há um intenso contato entre a estrutura de concreto (soluto) e o meio aquoso (solvente), onde intensas reações de troca iônica se processam, promovendo o envelhecimento precoce das estruturas. [44]

2.6.1 Hidratação do cimento

O termo hidratação em relação à química do cimento refere-se a todas as trocas ou alterações que ocorrem no cimento quando o mesmo entra em contato com a água. Essa reação é de alta complexidade, por isso são abordados somente os produtos da reação de hidratação. O mecanismo de hidratação do cimento Portland pode ser compreendido em duas formas, através da dissolução-precipitação que ocorre nos estágios iniciais da reação e topoquímico ou hidratação no estado sólido que ocorre nos estágios seguintes da reação. [57]

O processo de dissolução-precipitação compreende-se na dissolução dos compostos anidros e na formação de hidratos devido a sua baixa solubilidade na solução, ocasionando a precipitação do hidrato. Esse processo proporciona uma reorganização completa dos compostos e corresponde a 30% de todo o processo, tendo uma duração de a 24 horas. O processo topoquímico pode ser compreendido quando ocorre a movimentação iônica da solução e torna-se restrita ocorrendo na superfície cimento anidro quando o mesmo não entra em solução.

A hidratação do cimento compreende-se na hidratação dos seus principais componentes que são: silicato tricálcio (C3S), silicato dicálcio (C2S), aluminato tricálcio (C3A) e ferroaluminato tetracálcio (C4AF), conforme mostrado anteriormente na tabela

Através da hidratação dos aluminatos (C3A e C4AF) é que ocorre o endurecimento da pasta e a resistência é obtida através da hidratação dos silicatos (C3S e C2S). Já a velocidade da hidratação é variável de acordo com cada um dos principais compostos sendo que o do C3A é a maior, sendo seguida respectivamente pelos demais compostos C3S, C4AF e C2S. [48]

Apesar que cada composto possui sua hidratação, há uma interação entre eles durante o processo total da hidratação do cimento, mas é interessante analisar como se comporta a hidratação de cada composto. Isso pode ser observado através dos compostos C3S e C2S que são originados da hidratação do silicato de



cálcio hidratado ($C_3S_2H_3$) e hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$). O volume de sólidos presente na pasta do cimento após sua hidratação total tem uma representação de 50% a 60% de CSH, e pode se apresentar na forma de fibras cristalinas até retículos cristalinos, tendo também uma variação de área específica na faixa de 100 m^2/g a 700 m^2/g . [37]

O composto $Ca(OH)_2$ possui uma forma definida de prismas hexagonais que se expende até ocupar todo espaço disponível, tem uma representação de 20% a 25% do volume de sólidos da pasta totalmente hidratada. Esse composto não contribui na resistência do concreto, por possuir baixa força de Van Der Waals, que são forças de ligação fraca, dissolvendo-se facilmente na presença de água. Esse fenômeno favorece formação de alcalinidade do meio e a e passivação da armadura. [20]

As reações químicas da hidratação do cimento podem ser expressas, de forma resumida, pelas seguintes equações:

$2C_3S + 6H_2O \rightarrow C_3S_2H_3 + 3Ca(OH)_2$		(1)
(61%)	(39%)	
$2C_2S + 4H_2O \rightarrow C_3S_2H_3 + Ca(OH)_2$		(2)
(82%)	(18%)	

A formação da microestrutura do cimento pode ser dividida em três estágios, tendo cada estágio um tempo de atuação diferente dos demais, conforme descrito a seguir:

- **Estágio 1:** etapa inicial que compreende a pré-indução e indução, pois após o primeiro contato com a água há uma formação de uma membrana rica em alumina e sílica que fica envolta dos grãos. Após 10 minutos há uma pequena formação de etringita (Aft) e todo esse processo ocorre na área superficial do grão, não tendo contato direto sobre o mesmo.
- **Estágio 2:** denominado como o período da hidratação que ocorre num período de 3 a 24 horas, onde ocorre a formação de 30% do volume sólido do cimento, com a presença de $Ca(OH)_2$ e $C_3S_2H_3$. O $C_3S_2H_3$ envolve os grãos possibilitando o envolvimento total da Aft, onde a mesma é arrastada para o centro da membrana. Nessa fase ocorre a formação de espaços entre o anidro e a camada externa da membrana, onde esse espaço é preenchido por uma solução concentrada de silicatos anidros, pois essa é a etapa da dissolução precipitação, a dissolução dos silicatos e a precipitação na camada externa do grão.
- **Estágio 3:** denominado período final da hidratação, onde há uma redução da permeabilidade da membrana envoltória dos grãos, ocorre o depósito de $C_3S_2H_3$ na região interna do grão tendo esse processo uma duração de 7

dias. Há uma queda da concentração de sulfatos devido a transformação de AFt em monossulfato (AFm).

Na figura a seguir (FIG.12), mostra uma representação simbólica do processo de hidratação do cimento:

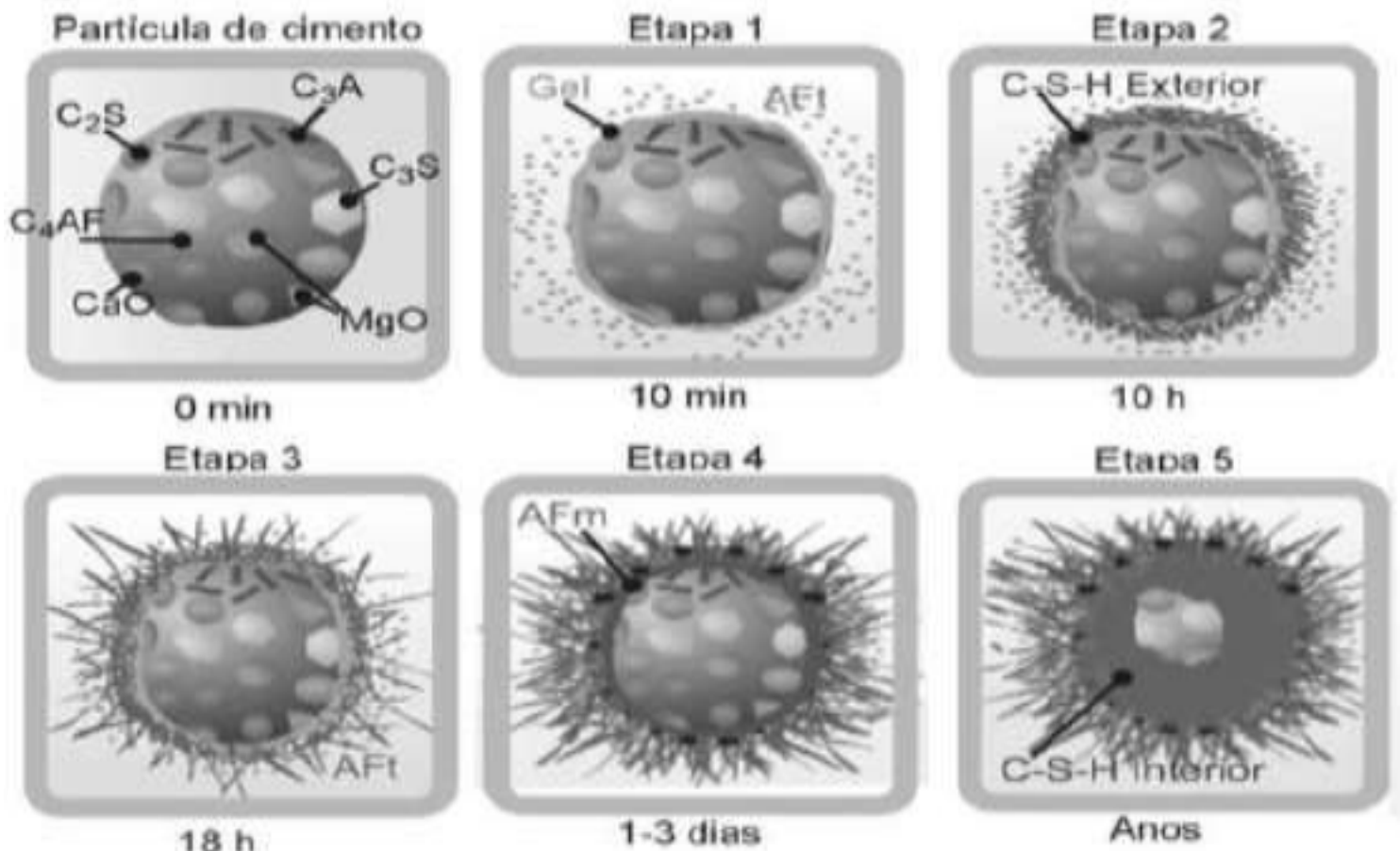


Figura 12 - Etapas do processo de hidratação do cimento. (Fonte: Scrivener apud Taylor, 1997)

O composto C_3A é o grande responsável pela quantidade de álcalis (Na_2O) que estarão presentes na pasta, onde esse fator estará ligado diretamente as propriedades do escoamento, da plasticidade e da viscosidade da pasta. [3]

Quando o C_3A está na forma cúbica, ele é altamente reativo com os íons de sulfato, formando uma camada envoltória de etringita (AFt) sobre o composto do C_3A , onde o C_3A é responsável pela inibição do processo da hidratação, com isso os íons de sulfatos estão liberados na pasta de uma forma mais rápida. Quando o C_3A está na forma ortorrômbica, sua reação com o etringita (AFt) é mais lenta e expansiva.

Deve haver um equilíbrio entre os elementos como os íons sulfato, cálcio e alumínio no interior da pasta no estado fresco, afim de se evitar uma pega instantânea, devido a formação rápida de aluminato de cálcio hidratado.

2.7 Concreto de cimento Portland

O concreto é um material muito utilizado na construção em todo mundo. Devido a sua propriedade de fácil aplicação, por estar em um estado maleável, que possibilita ser moldado da forma que se deseja, e após o seu processo de pega, apresenta uma grande rigidez, possibilitando que o mesmo resista aos esforços. Mas a negligência no processo de fabricação, dosagem, execução, manutenção são fatores agravantes para a degradação acelerada das estruturas.

O concreto é um dos grandes marcos da tecnologia, pois o mesmo possibilitou um grande avanço na civilização e no desenvolvimento de grandes cidades. Mesmo sendo considerado um material recente utilizado na construção civil, ele pode ser considerado um avanço no desenvolvimento e na qualidade de vida das civilizações. Os materiais cimentícios usados na construção, possibilitaram suprir as necessidades de moradia, lazer e saúde de uma determinada população. [25]

Conforme Martin (2005), o concreto é um dos materiais de importância vital para civilização e o desenvolvimento da mesma. Tendo uma ótima triagem dos componentes, um bom controle tecnológico na parte de dosagem, esses cuidados interferem no resultado final do concreto, que pode ser de boa ou péssima qualidade, atendendo ou não às exigências solicitadas. De posse dessas variáveis, é possível gerenciar o tempo de pega, a resistência, a trabalhabilidade, a porosidade e a densidade, e especialmente a durabilidade estendendo a vida útil da estrutura. [31]

A combinação das características do aço, que é de grande resistência à tração e flexão, e do concreto, que é de grande resistência à compressão axial, abre um grande leque de possibilidades de uso, tornando o concreto armado um dos materiais mais utilizados no mundo.

Há diferentes tipos de causa para deterioração da armação do concreto, e as causas mais comuns são: ataque por sulfatos, reação álcali-agregado, e corrosão devido à carbonatação ou atuação de cloretos, entre outros. Devido ao oneroso valor econômico que se tem para reabilitação da estrutura comprometida, ou a garantia da durabilidade da mesma impulsiona a geração de frentes de pesquisas para melhoria da produção e execução das estruturas.

2.7.1 Agregados

No início dos estudos sobre o concreto, os agregados eram considerados materiais inertes e com a finalidade de reduzir o custo na produção. Agregado é o material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos. [14]



Com o avanço das pesquisas, fez-se necessário um maior conhecimento da interferência que o agregado tem na composição do concreto, pois pode-se observar que o mesmo influencia em muitas propriedades como: porosidade, granulometria, textura, resistência mecânica, absorção d'água, módulo de deformação entre outras propriedades.

Os agregados constituintes do concreto são materiais disponíveis na natureza, originadas de rochas metamórficas, ígneas e sedimentares. Os mesmos são classificados de acordo com a origem, densidade e forma.

Dentre todas as rochas disponíveis na natureza, as que apresentam uma melhoria na composição do concreto são as ígneas e metamórficas, por possuírem maior densidade, já as sedimentares apresentam condições inferiores, devido a sua alta porosidade e baixa resistência mecânica. [14]

Além da sua origem e composição química dos agregados, também deve-se considerar a sua parcela de atuação na composição do concreto, um desses fatores é a questão da absorção de água e a tensão superficial que o agregado irá impor na composição do concreto, pois esses fatores influenciam na resistência e na durabilidade do mesmo.

Também deve-se ter um controle rigoroso na distribuição granulométrica e no tamanho dos grãos, pois a grande presença de finos no agregado requererá uma maior quantidade de água de mistura, trazendo uma variação no teor água/cimento, modificando assim as propriedades finais do concreto.

O formato dos grãos e sua superfície, são responsáveis pela ligação da pasta e do agregado, com isso influenciando na trabalhabilidade e no adensamento do concreto. Quanto maior a porosidade da superfície do agregado maior será a interação do agregado com a matriz do cimento. Sendo assim, os agregados originados de rocha britada, trazem uma maior aderência em relação aos agregados provenientes de pedregulhos e seixo.

As formas geométricas dos agregados também devem ser levadas em consideração, pois alongadas e chatas tendem acumular água, possibilitando que ocorra exsudação, trazendo uma maior porosidade à zona de transição, aumentando o aparecimento de fissuras. Além de que as partículas desse tipo exigem mais água de amassamento, por possuírem uma área superficial maior para um mesmo volume, em relação as outras formas geométricas dos agregados. [51]

A distribuição granulométrica do agregado deve ser feita a fim de trazer uma maior densidade no empacotamento das partículas, gerando um menor consumo de cimento, mantendo uma boa trabalhabilidade e um reduzindo os custos da obra. Sendo assim, as características físicas e químicas dos agregados têm sido bastante estudadas, visando-se à obtenção de um melhor adensamento do concreto. [37]



2.7.2 Água

A água tem uma ligação direta com o fator resistência do concreto, pois através da relação água/cimento é possível determinar alguns aspectos do concreto como: trabalhabilidade, resistência mecânica, transporte, tempo de lançamento e adensamento, tempo de pega e cura.

Quanto mais água estiver disponível na mistura, há uma maior susceptibilidade para o surgimento de vazios, pois durante o processo exotérmico do concreto, essa água irá evaporar, deixando pontos falhos no concreto. [64]

A água que será utilizada no processo de produção do concreto deve possuir boa qualidade, e ser armazenadas de forma que não haja contaminação de substância como óleos, graxas e outras substâncias que irão interferir no arranjo químico e nas propriedades físicas do concreto.

2.7.3 Microestrutura do concreto com cimento Portland

O concreto possui uma estrutura de alta complexidade, pois a relação entre a estrutura e as propriedades, depende de vários fatores que vão desde da escolha do material, forma de aplicação e manutenção da estrutura final. O concreto é uma solução heterogênea que passa por diversas reações químicas, que resulta em seu estado final na forma sólida, e essa alteração possibilita o surgimento de vazios em seu interior de formas e tamanhos variados. Esses vazios estão intrinsecamente ligados a uma das principais propriedades do concreto que é sua permeabilidade.

As propriedades mecânicas do concreto não dependem somente das propriedades e características individuais dos aglomerantes e agregados, mas principalmente da interação entre eles, que pode ser vista através da zona de transição interfacial – ITZ. Pois quando a estrutura de concreto é solicitada, é na zona de transição interfacial que ocorre a propagação das microtrincas presentes, e as mesmas se propagam até a interface do concreto. [48]

A zona de transição possui características distintas do restante da mistura, que se modifica de acordo com seus componentes. Trata-se de uma camada de alta porosidade que envolve todo o agregado e sua espessura varia entre 10 de 50 μm . Por ser considerado o ponto de menor resistência do concreto em relação as outras zonas, tendo ela uma maior influência no comportamento mecânico e na durabilidade da estrutura de concreto. [32]

Dentre toda a estrutura do concreto a ITZ, não aparece somente entre os agregados, mas também nas zonas do concreto que estão em contato com a armação. Os dois efeitos no concreto que são oriundos da ITZ são o efeito na superfície do agregado e a exsudação interna. Pois é nessa zona que há maior tendência



de acúmulo de água que envolve o agregado, aumentando a porosidade do local, propiciando a expansão dos cristais de hidróxido de cálcio (CH) e etringita, possibilitando o surgimento das primeiras fissuras. Essa expansão ocorre de uma forma aleatória no interior da pasta do cimento, mas em sua grande parte possuem uma orientação perpendicular em relação a superfície do agregado (FIG. 13). [32]

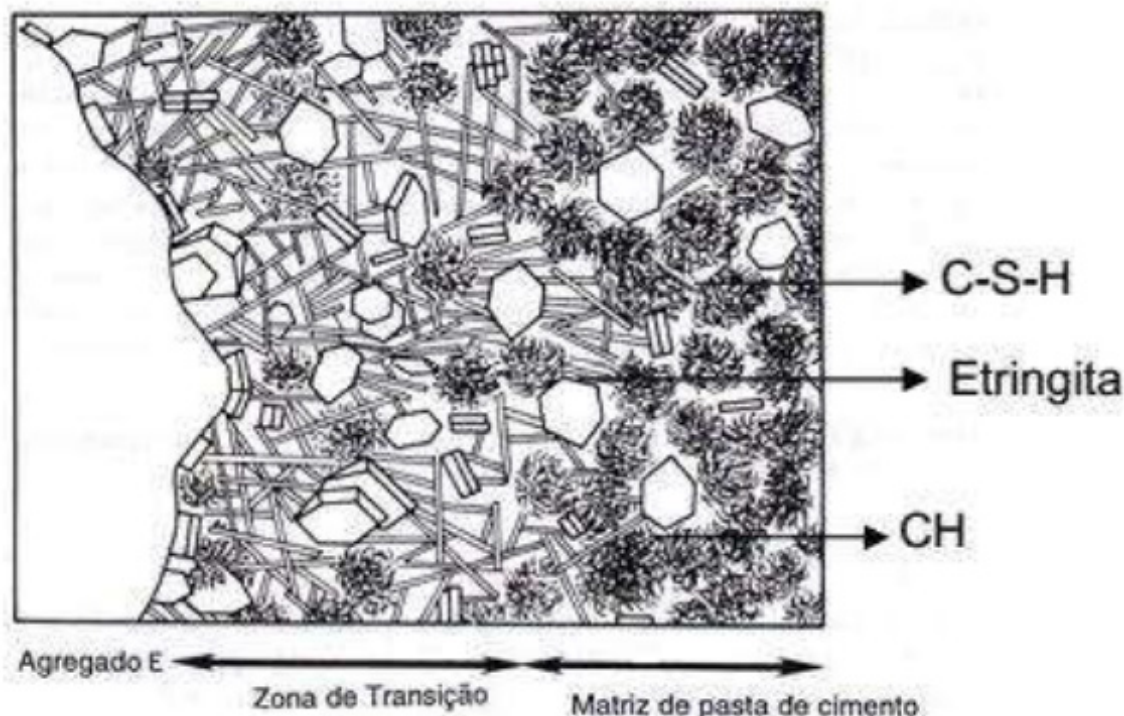


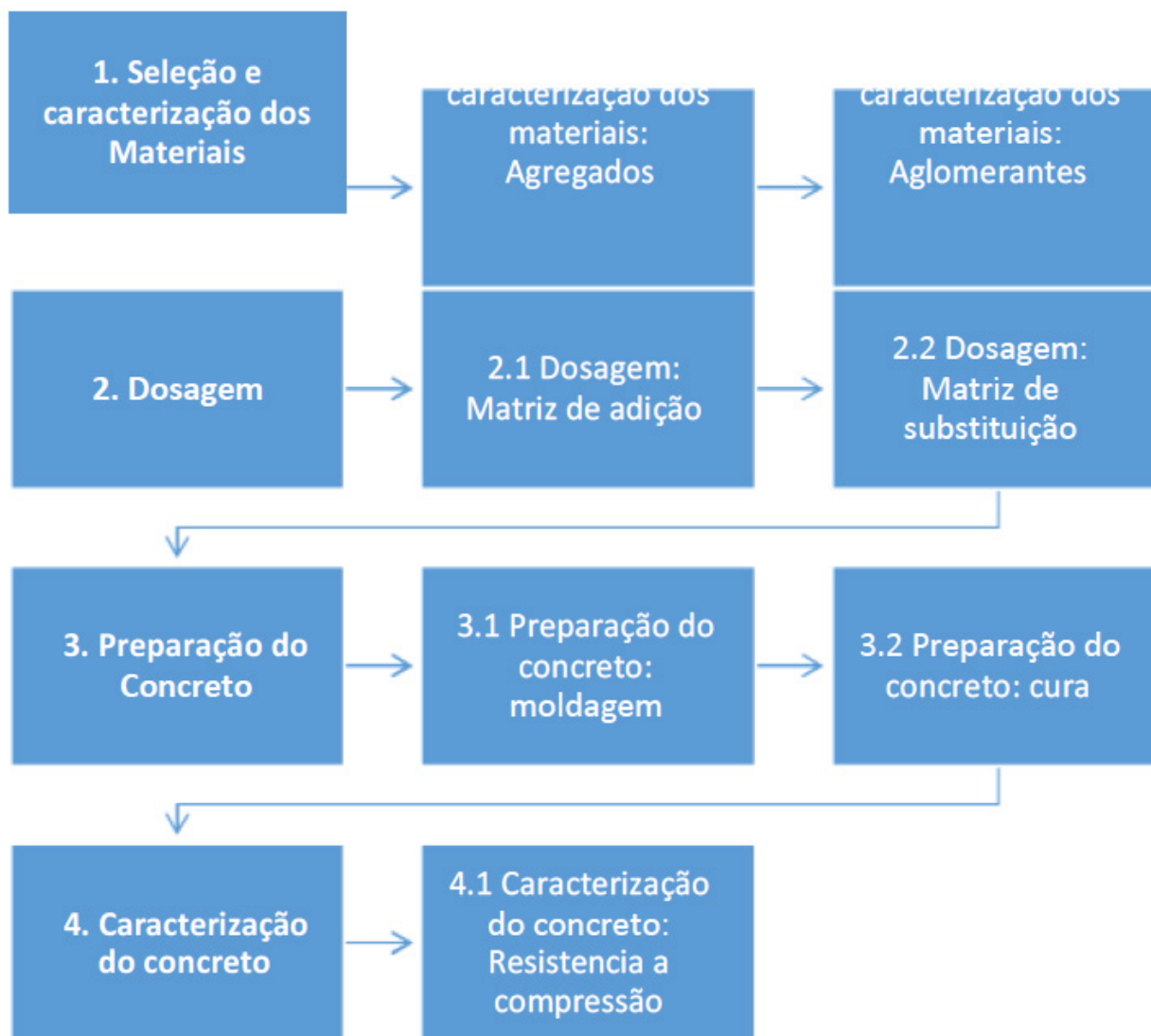
Figura 13 - Zona de transição entre o agregado e a pasta de cimento. (Fonte: Mehta e Monteiro, 2008.)

Quando se trata do processo de hidratação do cimento e principalmente em regiões costeiras, onde as estruturas de concreto interagem diretamente com água de elevada concentração de cloreto, necessita-se de conhecimentos mais detalhados das interações do concreto com a água do mar.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizados estudos do comportamento das estruturas de concreto, tendo como objetivo à avaliação da resistência à compressão com adição e substituição das cinzas volantes. Para compreensão dos cenários, foram verificadas as seguintes variáveis, como: dosagem do concreto (traço), a relação água\cimento e condições de cura.

Na presente pesquisa, a metodologia utilizada teve as seguintes etapas: seleção e caracterização dos materiais; definição do traço de concreto (dosagem); preparação do concreto; caracterização do concreto.



3.1 Seleção dos materiais

Para a produção de concreto deste estudo foram utilizados: cimento, areia, brita, água e cinzas volantes.

3.1.1 Agregados

Os agregados selecionados para este estudo foram areia (agregado miúdo) e brita (agregado graúdo). A areia utilizada foi do tipo de dragagem e o agregado graúdo foi a brita 0, ambos cedidos pela Prefeitura do CAMPUS Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão.

Os agregados foram caracterizados quanto à massa específica, umidade e a composição granulométrica no laboratório de concreto do departamento de estruturas e construções da Universidade Estadual do Maranhão. Antes dos ensaios de caracterização, os agregados foram submetidos a secagem em uma estufa a 110° C durante 24 horas.

3.1.1.1 Massa específica e massa específica aparente

A massa específica aparente do agregado miúdo foi determinada de acordo com a norma Mercosul [33], a partir da equação 3.1.

$$d_1 = \frac{m}{V_f - V_a} \quad (3.1)$$

Onde:

d_1 é a massa específica aparente do agregado miúdo (g/cm³); V_f é o volume do frasco (cm³);

V_a é o volume de água adicionado (cm³).

Massa específica aparente é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, incluindo os poros permeáveis.

Já a massa específica foi calculada pela equação 3.2, conforme a norma 9776/1987 da ABNT. O resultado obtido foi a partir da média de duas amostras.

$$Y = 500/L - 200 \quad (3.2)$$

Onde:

Y é a massa específica do agregado miúdo (g/cm³);

L é a leitura do frasco (volume ocupado pela mistura água-agregado miúdo).

A massa específica e a massa específica aparente do agregado graúdo foram determinadas de acordo com a Norma Mercosul 53 [33], em que se utilizaram as equações 3.3 e 3.4 respectivamente.

$$d = \frac{m}{m_s - m_a} \quad (3.3)$$

Onde:

d é a massa específica do agregado seco (g/cm³); m_a é a massa da água da



amostra (g);

m_s é a massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca (g).

$$d = \frac{m}{m_s - m_a} \quad (3.4)$$

Onde:

d_a é a massa específica aparente (g/cm³);

m é a massa ao ar da amostra seca em estufa (g);

m_a é a massa em água da amostra saturada (g).



Foto 2 – Ensaio de agregado graúdo no laboratório de concreto da UEMA. (Fonte: *acervo do autor*)

3.1.1.2 Umidade do agregado miúdo

A umidade do agregado miúdo foi determinada de acordo com a norma DNER-ME 213/94 pela equação 3.5

$$h = \frac{m_{bu} - m_{bs}}{m_{bs} - m} \times 100 \quad (3.5)$$

Onde:

h é a umidade (dada em porcentagem);

m_u é a massa úmida correspondente à massa do recipiente mais a amostra do material úmido (g);

m é a massa do recipiente (g);

m_s é a massa seca correspondente à massa do recipiente mais a amostra do material seco (g).



Foto 3 – Cápsulas na estufa para determinação de teores de umidade. (Fonte: *acervo do autor*)

3.1.1.3 Composição granulométrica

A determinação granulométrica dos agregados foi executada por peneiramento, de acordo com as exigências da norma Mercosul 248 – agregados – Determinação da composição granulométrica.

Foram utilizadas a seguinte sequência de peneiras: 4,75mm; 2,36mm; 1,18mm; 600 µm; 300µm e 150µm. Já para a brita, as peneiras de 25mm; 19mm; 12,5mm; 9,5mm; 6,3mm; 4,75mm; 2,36mm; e 1,18mm foram utilizadas.

3.1.2 Aglomerantes

O cimento selecionado foi o cimento Portland CP IV – 32 RS, marca Apodi usado em obras correntes, sob a forma de argamassa, concreto simples, armado e protendido, elementos pré-moldados e artefatos de cimento. Especialmente indicado em obras expostas à ação de água corrente e ambientes agressivos, também com alta resistência à expansão devido à reação álcali-agregado. O cimento utilizado foi cedido pela Prefeitura do CAMPUS Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão.

As cinzas volantes foram obtidas da termelétrica ENEVA, situada na cidade de São Luís – MA. Os aglomerantes foram caracterizados quanto ao peso específico, de acordo com a norma NBR 6474/2001 no laboratório de concreto do departamento de estruturas e construções da Universidade Estadual do Maranhão.

3.1.2.1 Peso específico

Os pesos específicos dos aglomerantes foram determinados de acordo com a norma NBR 6474/2001, pela equação 3.6.

$$\gamma = m / (v_1 - v_2) \quad (3.6)$$

Onde:

γ é o peso específico dado em (g/cm³);

m é massa do aglomerante (g);

V1 é a leitura do volume inicial em (cm³);



V2 é a leitura do volume final em (cm³).



Foto 4 – Ensaio de peso específico dos aglomerantes. (Fonte: *acervo do autor*)

3.2 Dosagem

Para a elaboração dos corpos de prova, foram utilizados os insumos acima listados, para obtenção de um concreto sem característica de resistência específica, fator água/cimento de 0,70 e com um traço de 1:2:3. Os materiais foram misturados com o auxílio de uma betoneira, marca CSM e modelo CS 150L, de eixo inclinado até que a perfeita homogeneização dos constituintes fosse alcançada. O adensamento foi realizado com o auxílio da haste de socamento, com as dimensões de acordo com a NBR 5738/1994.

Foram confeccionados 24 unidades de corpos de prova adicionando as cinzas volantes a 10, 20 e 30% da massa de cimento. Os corpos de prova são no formato cilíndrico nas dimensões de 200x100mm, sendo que após 24 horas da confecção estes corpos foram submetidos a uma cura por via úmida (imersão no tanque de água), de acordo com a NBR 9479/1994, com tempo de cura de 7 e 14 dias.

Para o concreto com substituição do cimento por cinzas volantes foram confeccionados 18 unidades de corpos de prova cilíndricos com as seguintes dimensões 200x100mm. Os corpos de prova foram submetidos a cura por via úmida com

tempo de cura de 7 e 14 dias. Todos os corpos foram postos em solução comum de água potável.

	Formulações	Porcentagem de adição
		Cinza volante
1	Concreto REF (referência)	Sem adição
2	Concreto CV – 10	10%
3	Concreto CV – 20	20%
4	Concreto CV – 30	30%

Tabela 6 – Formulações e porcentagens de adição de concretos

	Formulações	Porcentagem de substituição	
		Cimento (subtração)	Cinza Volante (adição)
1	Concreto REF (referência)	0%	0%
2	Concreto 5 - 20	5%	20%
3	Concreto 10 - 20	10%	20%

Tabela 7 – Formulações e porcentagens de substituição de concretos

3.3 Preparação do concreto

3.3.1 Moldagem dos corpos de prova

Os corpos de prova foram moldados em formato cilíndrico, com dimensões, anteriormente citadas, de 200x100mm, de acordo com a norma NBR 5738 – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto [8].

Antes de iniciar a moldagem dos corpos de prova, os moldes e suas bases foram revestidos internamente com uma fina camada de óleo diesel queimado, para facilitar a posterior desmoldagem.

Os corpos foram moldados em duas camadas adensadas em mesa vibratória.

A vibração foi finalizada quando a superfície do concreto apresentou aspecto relativamente liso e praticamente sem o aparecimento de bolhas de ar.



Foto 6 – Preparação do concreto (Fonte: *acervo do autor*)

Na tabela a seguir, é apresentada a quantidade de corpos de prova para o ensaio realizado. Para a resistência a compressão foram ensaiados 6 corpos de prova para cada formulação, 3 para 7 dias de idade e 3 para 14 dias de idade.

Quantidade de corpos de prova por formulação de adição			
Formulação	Resistencia a compressão		Total
	Idade		
	7 dias	14 dias	
Concreto REF (referencia)	3	3	6
Concreto CV - 10	3	3	6
Concreto CV - 20	3	3	6
Concreto CV - 30	3	3	6
			24

Tabela 8 – quantidade de corpos de prova para a formulação de adição

Quantidade de corpos de prova por formulação de substituição			
Formulação	Resistencia a compressão		Total
	Idade		
	7 dias	14 dias	
Concreto REF (referencia)	3	3	6
Concreto 5 - 20	3	3	6
Concreto 5 - 20	3	3	6
			18

Tabela 9 – quantidade de corpos de prova para formulação de substituição.

Foram executadas 7 formulações, sendo 6 corpos de prova para cada uma delas, totalizando 42 corpos de prova. Após a moldagem, os moldes foram colocados sobre uma superfície horizontal rígida, livre de vibrações e de qualquer outra causa que possa perturbar o concreto, conforme a foto 7.



Foto 6 – Corpos de prova moldados. (Fonte: *acervo do autor*)

3.3.2 Cura

Após 24 horas da moldagem, os corpos de prova foram desmoldados. A cura de todos os corpos de prova foi com imersão no tanque de água, até atingir a idade de 7 e 14 dias.

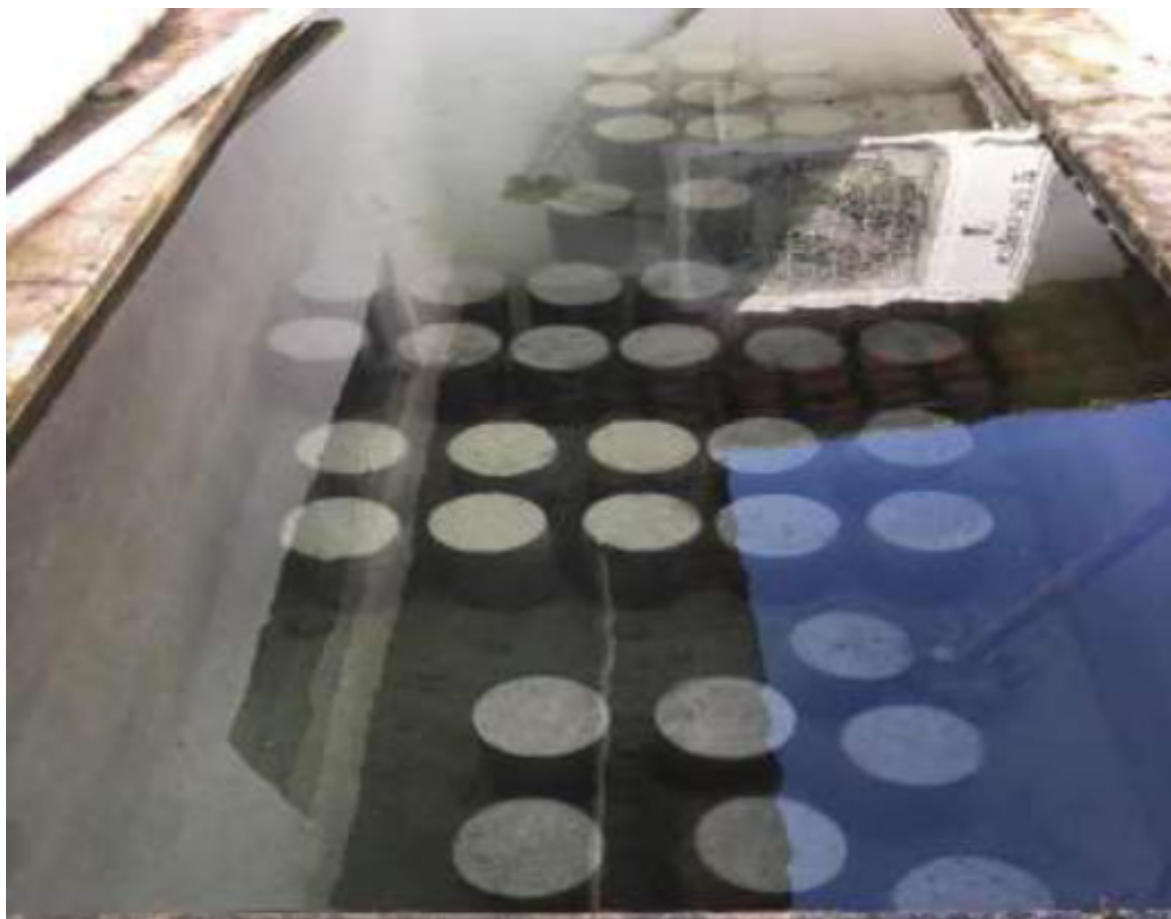


Foto 7 – Cura dos corpos de prova (Fonte: *acervo do autor*)

3.4 Caracterização dos concretos

3.4.1 Resistencia à compressão

O capeamento das faces dos corpos de prova para a aplicação das cargas no ensaio de compressão axial foi realizado pelo método do capeamento colado, com a utilização de pasta de cimento e gesso. Segundo a norma DNER-ME 046/98, o material a ser utilizado no capeamento deve ter: aderência ao corpo de prova, compatibilidade química com o concreto, fluidez no momento da aplicação, acabamento liso e plano após o endurecimento.

O ensaio de resistência a compressão foi feito aos 7 e 14 dias, obedecendo as recomendações da norma brasileira NBR 5739 [9]. Para cada idade, foram ensaiados 3 corpos de prova para cada formulação.

Foi utilizada uma máquina universal de ensaios, marca SOLOTEST, modelo ST 20000, capacidade máxima de carga de 200 toneladas, que se encontra no laboratório de Concreto da Universidade Estadual do Maranhão. Para isto, foi utilizada uma velocidade de carga de 0,45 MPa/s para todo os corpos de prova ensaiados.

A ABNT [9] recomenda que a resistência a compressão deve ser obtida, dividindo-se a carga da ruptura pela área da seção transversal do corpo de prova, devendo o resultado ser expresso com aproximação de 0,1 MPa.



Foto 8 – Ensaio de compressão axial (Fonte: acervo do autor)

Os dados da caracterização do concreto foram analisados estatisticamente, através do software Assistat 7.7. Foram realizados os testes de normalidade; para verificar se os dados terão distribuição normal, uma condição exigida para a realização de muitas inferências válidas a respeito de parâmetros populacionais; e o teste de Tukey, para a verificação de contraste entre duas médias ou mais de tratamentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização das matérias-primas

4.1.1 Agregados

4.1.1.1 Agregado graúdo

A tabela 10 apresenta as porcentagens de massa retida acumulada e passando, o diâmetro máximo, o módulo de finura e o índice de material pulverulento do agregado graúdo.

Peneira (mm)	Massa retida acumulada (%)	Massa passante (%)
25	0.00	100
19	0.00	100
12.5	4.98	95.02
9.5	33.21	66.79
6.3	69.19	30.81
4.75	91.93	8.07
2.36	99.84	0.16
1.18	99.92	0.08
Diâmetro Máximo (mm)		12,5
Módulo de finura		3,25
Índice de material pulverulento (%)		0,917

Tabela 10 – Distribuição granulométrica do agregado graúdo

O diâmetro máximo de 12,5mm e o módulo de finura de 3,25 do agregado graúdo encontram-se dentro de intervalos normalmente encontrados para a brita 0. A

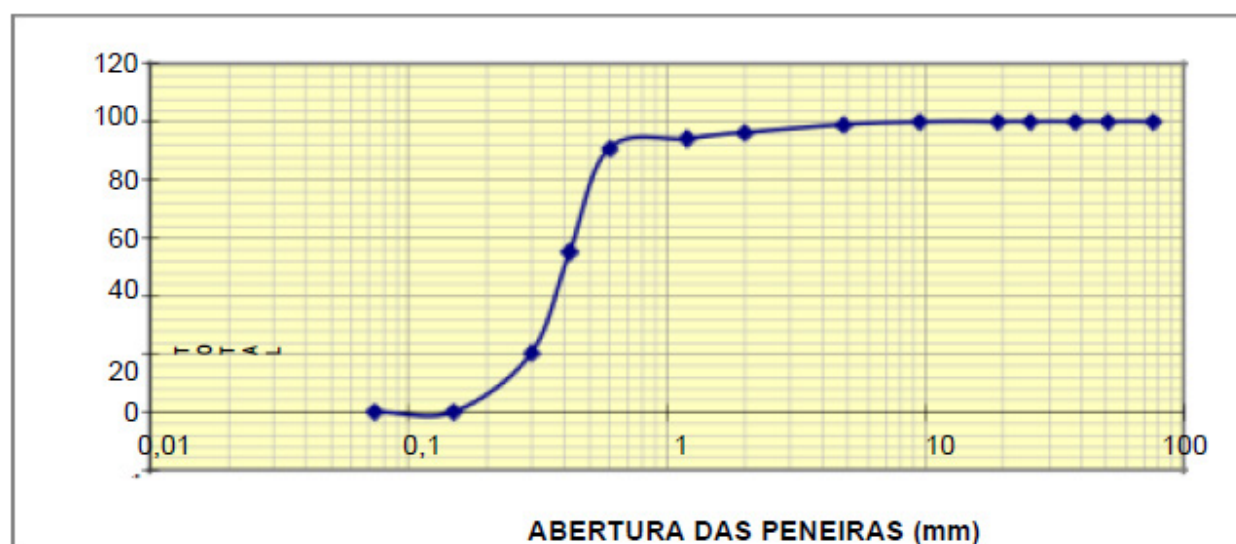


Gráfico 1 – Curva de distribuição granulométrica do agregado graúdo

Pode-se observar no gráfico 2 que o agregado graúdo apresenta maior porcentagem de massa retida acumulada no intervalo de 12,5mm a 6,5mm. O agregado apresentou massa específica de 2,85 g/cm³, entretanto o índice material pulverulento encontra-se abaixo do limite estabelecido (1%) pela NBR 7211 (2009).

4.1.1.2 Agregado miúdo

A tabela 11 apresenta as porcentagens de massa retida acumulada e passante, diâmetro máximo, o módulo de finura e o índice de material pulverulento do agregado miúdo.

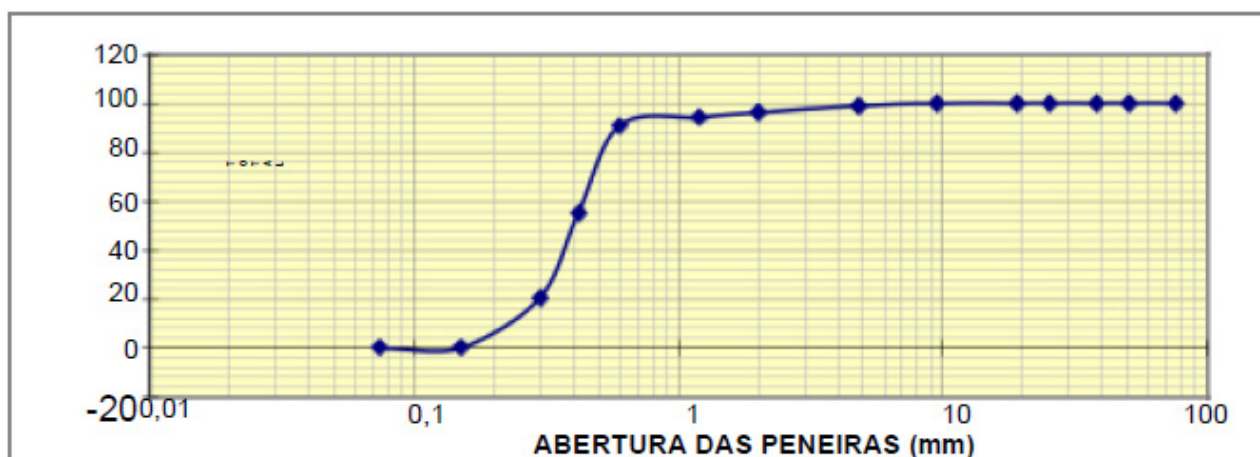


Peneira (mm)	Massa retida acumulada (%)	Massa passante (%)
4.75	0.91	99.09
2.36	3.72	96.28
1.18	5.57	94.43
0.6	9.13	90.87
0.3	44.75	55.25
0.15	79.63	20.37

Diâmetro Máximo (mm)	4.75
Módulo de finura	2.44
Índice de material pulverulento (%)	2.65

Tabela 11 – Distribuição granulométrica do agregado miúdo

A curva de distribuição granulométrica do agregado miúdo está apresentada.



Observa-se, a partir da distribuição granulométrica do agregado miúdo mostrado na Tabela 11 e no gráfico 3, a predominância do tamanho de partículas entre 600µm e 150µm. O índice de material pulverulento do agregado miúdo de 2,65% é considerado ótimo para utilização em concreto submetido a desgaste superficial, uma vez que está abaixo do limite estabelecido (3%) pela NBR 7211.

Quanto menor o módulo de finura e maior o índice de material pulverulento, maior será a área superficial, consequentemente maior será a quantidade de água necessária para a mistura do concreto fresco e maior a quantidade de pasta de cimento para revestir as partículas.

A umidade do agregado miúdo foi tomada para cada formulação, tanto de adição quanto de substituição. Para a formulação de adição, o teor de umidade resultou em 4,23% e para a formulação de substituição, o teor resultou em 1,18%.

4.1.2 Aglomerantes

Durante o desenvolvimento deste trabalho, foi avaliado o peso específico dos aglomerantes, afim de que se determinasse tal característica segundo a norma NBR 6474

– Determinação de peso específico para cimento Portland e outros materiais em pó. O cimento Portland apresentou peso específico de $2,715 \text{ g/cm}^3$, enquanto a cinza volante apresentou $2,625 \text{ g/cm}^3$.

4.2 Resistencia a compressão

A resistência característica do concreto apresentou um aumento ao se adicionar as cinzas volantes em relação ao concreto de referência. Este comportamento também foi encontrado em estudos similares. [48,56]

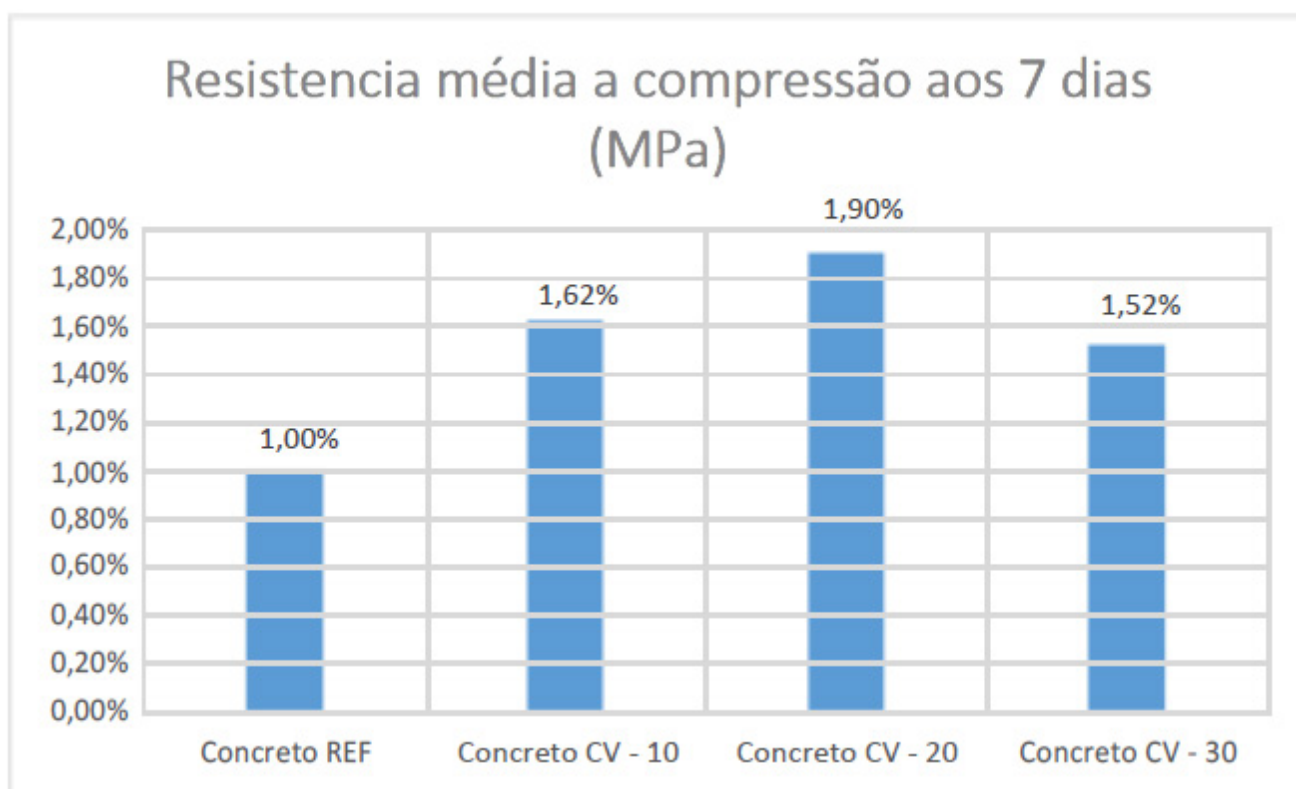


Gráfico 3 - Resistencia média a compressão aos 7 dias, em MPa.

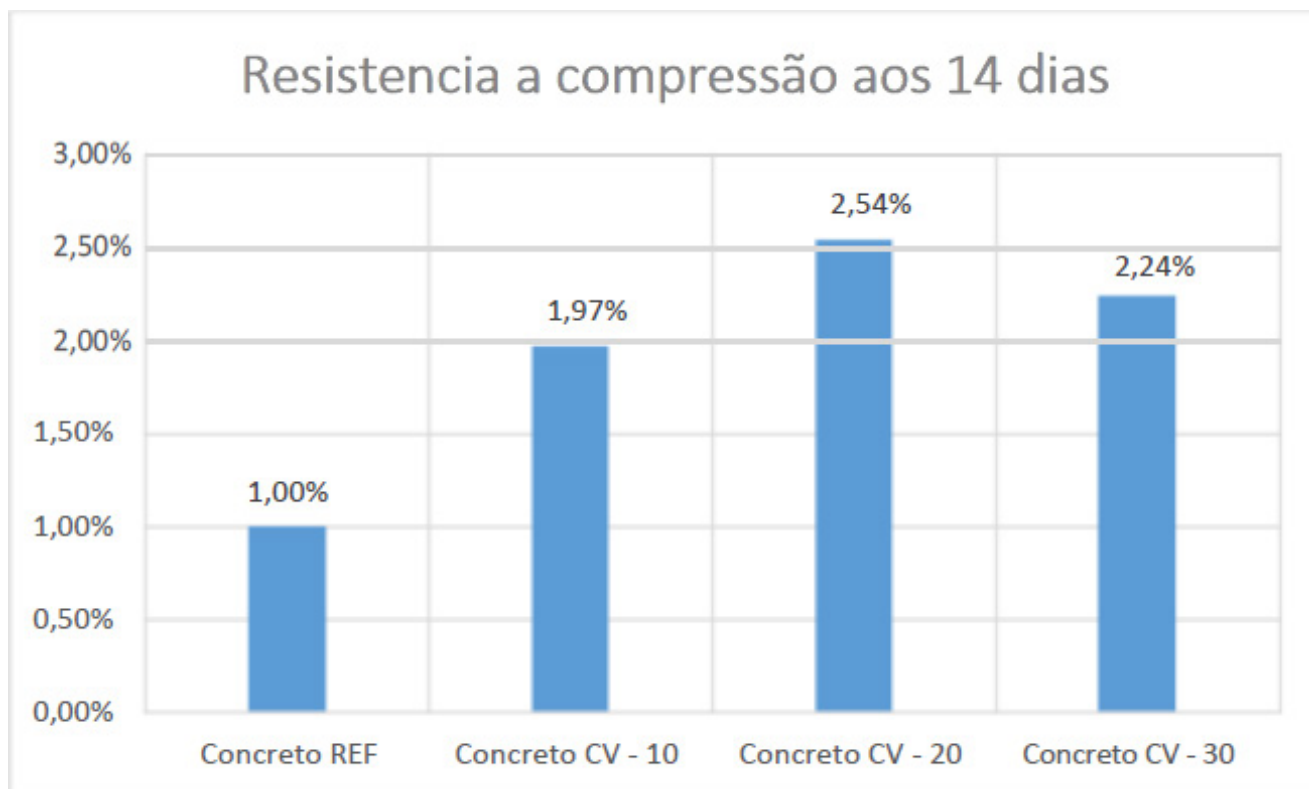


Gráfico 4 – Resistencia a compressão aos 14 dias, em MPa.

Para a formulação de adição, observou-se que aos 14 dias de idade, também houve um aumento na resistência ao se adicionar as cinzas volantes. Entretanto, houve uma ligeira perda de resistência a compressão na adição de 30%, assim como no concreto de adição com idade de 7 dias.

No concreto com as formulações de substituição de cimento pelas cinzas volantes, com idade de 7 dias, houve uma queda na resistência de 14%, na formulação de 20% de cinza volante com subtração de 5% de cimento. Outra queda, mais significativa na formulação de 20% de cinza com subtração de 10% de cimento, cerca de 57% conforme é mostrado na tabela a seguir.

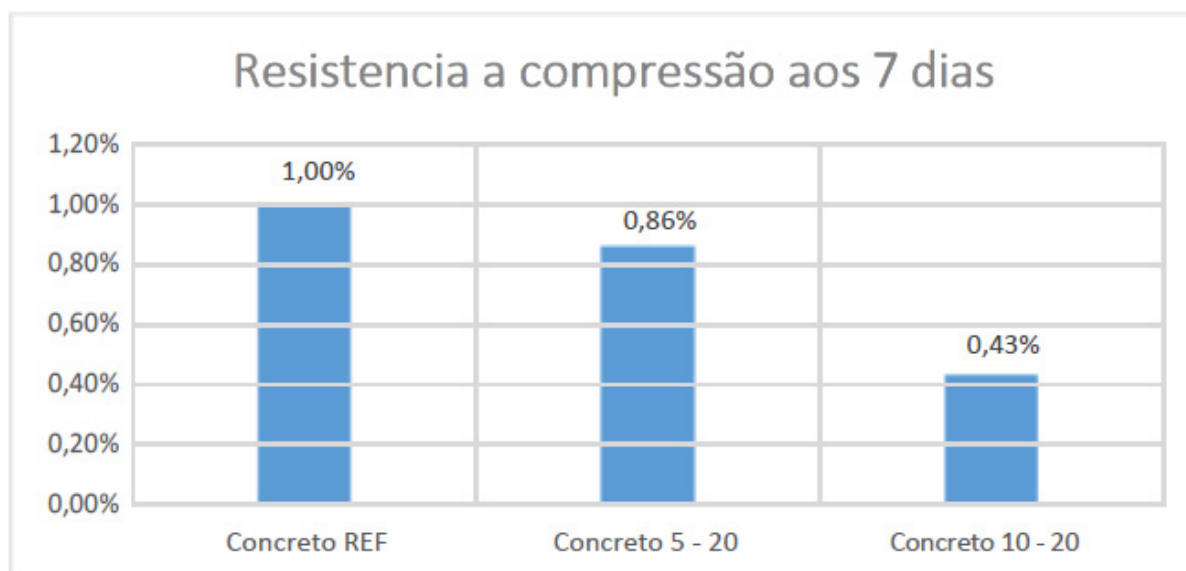


Gráfico 5 – Resistência média a compressão aos 7 dias.

Já no mesmo concreto com formulação de substituição com idade de 14 dias, houve um incremento de 9% na sua resistência na formulação de subtração de 5% de cimento com 20% de cinzas volantes.

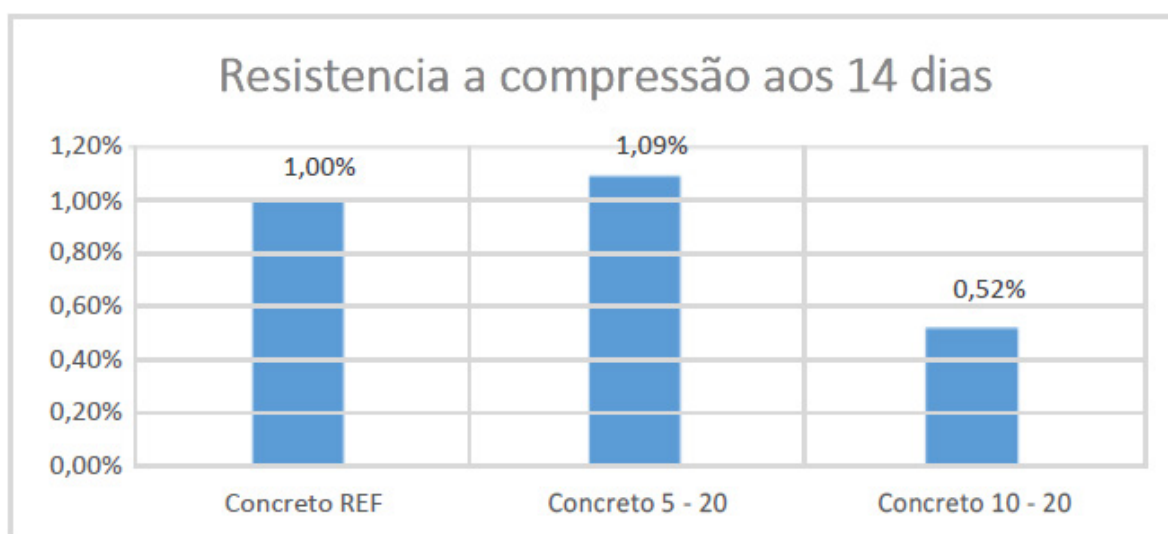


Gráfico 6 – Resistencia a compressão aos 14 dias

O comportamento de aumento da resistência do concreto com adição de cinzas volantes se assemelha com o comportamento do ensaio de compactação de solos, onde o aumento do teor de umidade aumenta a peso específico do material. Ao se adicionar as cinzas, há um preenchimento dos interstícios do concreto e uma atuação como um micro agregado e como uma pozolana, melhorando a ligação interfacial entre o ligante e os agregados no concreto. [55,56]

Aruman, Ilangovan e James [4] observaram que as amostras de concreto com



20% de cinza volante e subtração de 5% de cimento mostraram melhora na resistência à compressão sobre a amostra de referência, na idade de 14 dias, fato que corrobora com os resultados deste trabalho.

Estudos similares, com substituições de cinza volante, observaram que com o aumento da substituição na formulação há uma diminuição da resistência a compressão.

O efeito da cinza volante na resistência à compressão pode ser devido ao efeito *filler* e ao efeito pozolânico. Nas primeiras idades, a maior contribuição para a resistência à compressão vem do efeito *filler*, com função de empacotamento e da criação de pontos para a nucleação dos produtos de hidratação ajudando na aceleração do processo de hidratação modificando a estrutura da pasta de cimento endurecida. [4]

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho investigou-se a possibilidade de utilização de cinzas volantes como aglomerante na confecção de bloquetes, meios-fios e bancos de concreto. De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que:

Para as adições de cinza volante, houve um aumento da resistência à compressão com o aumento do tempo de cura. Até 20% de adição, há um ótimo crescimento no valor da resistência em relação ao valor de referência.

Para as substituições de cimento pelas cinzas volantes, houve um aumento de 9% de resistência na formulação de 20% de cinzas com subtração de 5% de cimento.

Algumas formulações superaram significativamente a resistência do concreto de referência, tais quais as de adição de cinzas com 20%, com idade de 7 dias e 14 dias. Houve um incremento de 89% e 254% respectivamente, em relação à resistência de referência.

Em resumo, pode-se reduzir em até 5% no consumo de cimento para 20% de adição de cinzas no uso de concretos para artefatos como bloquetes, meios-fios e bancos de concreto.

REFERÊNCIAS

1. ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland. **A versatilidade do cimento brasileiro**, 2009. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/tipos/a-versatilidade-do-cimento-brasileiro>>. Acesso: 17 fev. 2014.
2. _____. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7.ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106).
3. AÏTCIN, P.C. **Concreto de Alto Desempenho**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2000. 667p
4. ARUMUGAM, K.; ILANGO VAN, R.; JAMES, M. D. **A study on characterization and use of pond ash as fine aggregate in concrete**. **International Journal of civil and Structural Engineering**, v.2, p.466-474, 2011.
5. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 201: **Guide to durable concrete**. Detroit, 1991.
6. ARAUJO, Luís Eduardo dos Santos. **Crise Hídrica e Potencial Energético da Região Sudeste** / Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica / Departamento de Engenharia Elétrica, 2015.
7. _____. **Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado: Análises das Manifestações Patológicas nas Estruturas no Estado de Pernambuco**. Porto Alegre, 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS. 148p.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5738. **Moldagem e cura de corpos-de-prova de concreto cilíndricos ou prismáticos**. Rio de Janeiro, 2003.
9. _____. NBR 5739. **Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.
10. _____. NBR 6118. **Projeto de estruturas de concreto** - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
11. _____. NBR 9479. **Câmaras úmidas e tanques para cura de corpos-de-prova de argamassa e concreto**. Rio de Janeiro, 1993.
12. _____. NBR 11578. **Cimento Portland Composto**. Rio de Janeiro, 1991.



13. BAKKER, R.F.M. Initiation period. In: SCHIESSL, P. (Ed.) **Corrosion of Steel in Concrete**: report of technical committee 60CSC RILEM. London: Chapman & Hall Ltda, 1988, p.22-55
14. BAUER, R.J.F. et. al. **Estudo da característica física e mecânica do concreto pelo efeito de vários tipos de cura**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO-IBRACON, 41,1999. Salvador-BA. Anais. Salvador: Instituto Brasileiro do Concreto, 1999. 1 CD-ROM
15. CALLISTER Jr, W. **Ciência e engenharia dos materiais**: Uma introdução. Editora LTC, Rio de Janeiro, 2002, 587 p.
16. CHIES; SILVA; ZWONOK. Desenvolvimento de blocos e tijolos a partir de cinzas de fundo de carvão: CIPECAL. In: ROCHA, J. **Utilização de resíduos na construção habitacional**. Porto Alegre: ANTAC, v.4 – Coletanea Habitare, 2003. P 218-239.
17. CHEN, S. W.; SCHNEIDER, U. **Microhardness and Mechanical Behavior of the Expanded Shale Concrete**. In: KATZ A et al. (ed.) The Interfacial Transition Zone in Cementitious Composites. Londres: E&FN SPON, 1998. p. 243-250.
18. CHRISTOPHER, L Page and Geogi Sergi. **Developments in Cathodic Protection Applied to Reinforced Concrete**. Journal of materials in civil engineering/february 2000.
19. CINCOTTO, M. A. Reações de hidratação e pozolánicas. In: IBRACON **Concreto**: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, v.1, 2011., Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2001.
20. DAL RI, M. **Efeitos da adição de cal hidratada em concretos com altos teores de adição mineral na penetração de cloretos e na solução aquosa dos poros do concreto**. 2002. 111f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002
21. ELSHARIEF, A.; COHEN, M. D.; OLEK, J. **Influence of Lightweight Aggregate on the Microstructure and Durability of Mortar**. Cement and Concrete Research, v. 35, n. 7, p. 1368-1376, 2005.
22. FUNASA, Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 2ª ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 146 p.
23. GENTIL, V. **Corrosão**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos. 2003.



24. GLASS, G.K.; Buenfeld, N.R., **Corrosion Science**, V.39, pp. 1001, 1997
25. HELENE, P.R.L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. 1993. 271f. Tese (Livre Docência em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, São Paulo, 1993.
26. HISADA, H.; NAGATAKI, S.; OTSUKI, N. **Evaluation of mineral admixture on the viewpoint of chloride ion migration through mortar**. Cement & Concrete Composites, Great Britain: Elsevier Science, v.21, p. 443-448, 1999
27. HOLM, T. A.; BREMNER, T. W. **State-of-the Art Report on High-Strength, High-Durability Structural Low-Density Concrete for Applications in Severe Marine Environments**. US Army Corps of Engineers - Engineer Research and Development Center. ERDC/SL TR-00-3. 2000. 116 p.
28. ISAIA, G.C. **Validade do ensaio de penetração de cloretos (ASTM C 1202) para avaliação da durabilidade de concreto de elevado desempenho com pozolanas**. In: International Congress on High-Performance Concrete, And Performance and Quality of Concrete Structures, 1996. Florianópolis-RS. Proceedings. Florianópolis, 1996, p. 554-565.
29. ISAIA, G.C. **Efeito de Misturas Binárias e Ternárias de Pozolanas em Concreto de Elevado Desempenho: um estudo de Durabilidade com Vista à Corrosão da Armadura**. 1995. 280f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, São Paulo, 1995.
30. LIMA, E. **Tratamento de estruturas em concreto aparente**. Revista Tèchne, n.11, jul/ago, p. 22-24, 1994.
31. MARTIN, Juan Fernando Matías. **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. Rio de Janeiro, RJ: IBRACON, 2005. 1v.
32. MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: Pini, 2008.
33. ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. **NM 52 Agregado miúdo, determinação de massa específica e massa específica aparente**. 1. Ed. [S.I.]: [s.n], 2002.
34. ASSOCIAÇÃO MERCOSUL DE NORMALIZAÇÃO. **NM 248 – Agregados Determinação da composição granulométrica**. 1. Ed. [S.I.]: [s.n.], 2001



35. MENEZES, R. R.; H. S. Ferreira; G. A. Neves; H. C. Ferreira, **Sais solúveis e eflorescência em blocos cerâmicos e outros materiais de construção** – revisão, cerâmica v.52 n.321, São Paulo, jan./mar. 2006
36. NARDI, J.V. **Estabilização de areia com cinza volante e cal – efeito do cimento como aditivo e de brita na mistura**. Rio de Janeiro: COPPE - Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ., 1975.
37. MONTEIRO, P. J. M. **Caracterização da Microestrutura do Concreto: fases e interfaces: aspectos de durabilidade e de microfissuração**. 1993. 138 f. Tese (Livre-docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
38. NETO, C.S. **Agregados para concreto, Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações**” - IBRACON, 2005, São Paulo
39. NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1997. 828p.
40. PAULON, V. A. A **Microestrutura do Concreto Convencional**. In: ISAIA, G. C. (Org.). **Concreto: Ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: Ibracon, 2005. v. 1, p. 583-604.
41. PIRES, Arhur Martinez. **Impactos da crise hídrica na matriz energética brasileira: uma abordagem via teoria de portfólios**, /A.M. Pires – São Paulo, 2015.
42. POURBAIX M. **Atlas of Electrochemical Equilibria in Aqueous Solutions**. 1974. Nace International Cebelcor.644 p.
43. RAMANATHAN, L. V., **Corrosão e seu Controle**, Ed. Lemus, 1990.
44. REYNOLDS, T. D., **Unit Operations and Processes in Environmental Engineering**, BC Engineering Division, Edition II, Boston, MA, 1982.
45. ROHDE. Contextos e Significados da palavra “Cinza”. In: ROHDE **Cinzas de carvão**. Porto Alegre: [s.n], v.1, 2006.
46. ROHDE, G. M. et al. **Cinzas de Carvão Fóssil no Brasil: Aspectos Técnicos e Ambientais**. Porto Alegre: CIENTEC,, v. 1, 2006.
47. _____. **Princípios da corrosão eletroquímica**. Cap. 2, Daniel Vêras Ribeiro. (Org.). **Corrosão em estruturas de concreto armado: Teoria, Controle e Métodos de Análise**. 1ed.Rio de Janeiro: ELSEVIER, 2013, v. 1, p. 13-35.



48. SANTIAGO, Pauline Dulcinéia Mesquita. **Utilização de cinzas pesadas e volante de carvão mineral em concreto**. Dissertação de Mestrado. São Luís, 2016.
49. SCRIVENER, K. L. **The microstructure of concrete**. In: SKALNY, J. Materials Science of concrete I. Westerville: The American Ceramic Society. p. 127-162, 1989.
50. _____. **The Development of Microstructure During the Hydration of Cement**, PhD Thesis, University of London, (1984), referida em Taylor H.F.W., Cement Chemistry, Thomas Telford, p.194, 2ª Ed. (1997)
51. SILVA, F. G.; LIBORIO, J. B. L. **A Study of Steel Bar Reinforcement Corrosion in Concretes with SF and SRH Using Electrochemical Impedance Spectroscopy**. Materials Research, São Carlos, v. 9, n. 2, p. 209-215, 2006.
52. SILVA, F.G. **Estudo de concretos de alto desempenho frente à ação de cloretos**. 2006. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, 2006.
53. SILVA, N. I. W. **Caracterização de cinzas volantes para aproveitamento cerâmico**. *Ceramica*, 45, 1999. 184-187.
54. SMITH, F.S. **Princípios de ciência e engenharia dos materiais**. Editora McGraw-Hill, Portugal, 1996, 892 p.
55. SONG, G. **Equivalent circuit model for SAC electrochemical impedance spectroscopy of concrete**. *Cement and Concrete Research*, v.30, n 11, p.1723-1730, 2003.
56. TOPCU, I. B.; BILIR T. **Effect of bottom ash as fine aggregate on shrinkage cracking of mortars**. *ACI materials journal* Part 2. Experimental evaluation. Cement and Concrete Research, USA: Pergamon, v.107, p. 48-56, 2010.
57. TAYLOR, H. F. W. **Cement chemistry**. 2nd Edition. Thomas Telford Edition, 1997.
58. TUUTTI, K. **Corrosion of steel in concrete**. Stockholm, Swedish Cement and Concrete. Research Institute, 1982. 469p
59. UNGARO, D. A.; SILVA, M. G. Utilização de zeólita preparada a partir de cinza residuária de. **Química Nova**, v.25, 2002.



60. VAN DER TOORN, A. **The Maintenance of Civil Engineering Structures**. Heron. v.39, nº 4, 1992. p. 3-34
61. VIRTANEN, S. **Electrochemical Theory** – Corrosion. Encyclopedia of Electrochemical Power Sources, p. 56–63, 2009
62. WARNECK, P. **Chemistry of the natural atmosphere**. Academic Press, Inc. New York, 1988.
63. WASSERMAN, R.; BENTUR, A. **Interfacial interactions in lightweight aggregate concretes and their influence on the concrete strength**. Cement and Concrete Composites, v. 18, p. 67-76, 1996.
64. YAZIGI, W. A **Técnica de Edificar**. PINI. 2007.
65. ZWONOK, Oleg, SILVA, Neli Iloni W., CHIES, Fradique; SILVA. **Identificação dos usos possíveis para as cinzas carboníferas de termelétricas brasileiras**. Porto Alegre: CIENTEC, 1996



UTILIZAÇÃO DE CINZA VOLANTE COMO SUBSTITUTO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND NA CONFECÇÃO DE BLOQUETES

Filipe Alexandrino Farias De Brito

Clebson Santos Cândido

Jurandir Amorim Moraes Filho

Marcos André Silva Araújo

RESUMO

Na geração de energia termelétrica a base de carvão mineral, são geradas as cinzas volantes que são encontrados nas paredes das chaminés das usinas termelétricas. O material é estabilizado com calcário e lançado no meio ambiente. Muitos estudos têm mostrado que a cinza volante apresenta características pozzolânicas e em algumas das vezes com benefícios para as propriedades mecânicas e de durabilidade quando usados na produção do concreto. O seu grande potencial de utilização como material de construção, sua grande disponibilidade e o seu potencial risco ambiental justifica o tema abordado. Este trabalho tem como objetivo analisar a utilização da cinza volante como substituto parcial do cimento Portland na confecção de bloquetes. Para tal, será realizada a confecção de corpos de prova e blocos de concreto com diferentes dosagens de água e teores de substituição da cinza pelo cimento para serem ensaiados quanto à resistência à compressão, absorção de água, análise de pH e consistência do concreto.

Palavras-chave: Concreto. Cinza volante. Bloquetes.

ABSTRACT

On the generation of thermoelectric energy the based on mineral coal, fly ashes are generated which are found on the walls of the chimneys of the thermoelectric plants. The material is stabilized with limestone and released into the environment. Many studies have shown that fly ash has pozzolanic characteristics and sometimes with benefits for mechanical properties and durability when used in concrete production. Its great potential for use as a construction material, its high availability and its potential environmental risk justifies the subject matter. This work aims to analyze the use of fly ash as a partial replacement of Portland cement in the manufacture of bloques. For this purpose, concrete specimens and concrete blocks with different water dosages and cement substitution contents will be made to be tested for compressive strength, water absorption, pH analysis and concrete consistency.

Keywords: Concrete. Fly ash. Blocks.



1. INTRODUÇÃO

Bloquetes são blocos pré-moldados de concreto utilizados como material de pavimentação e sua produção obedece à ABNT NBR 9781:2013. De acordo com os itens 3.1 e 3.2 da norma, a peça de concreto é um componente utilizado como material de revestimento em pavimento intertravado cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto.

Os pavimentos intertravados têm sua origem nos pavimentos revestidos com pedras, executados na Mesopotâmia há quase 5.000 anos a.C. e muito utilizados pelos romanos desde 2.000 a.C. Este tipo de pavimento evoluiu, primeiro, para o uso de pedras talhadas, resultando em pavimentos conhecidos como paralelepípedos. As dificuldades da produção artesanal dessas pedras e a falta de conforto de rolamento impulsionaram o desenvolvimento das peças de concreto pré-fabricadas. A utilização de blocos intertravados de concreto para pavimentação surgiu no final do século XIX, mas só após a Segunda Guerra Mundial, os blocos passaram a ser produzidos em fábricas maiores e com grande produção na Europa e no período de 1990 passaram a ter espaço no Brasil, tanto em vias quanto calçamentos.

O concreto é um material de construção que resulta da mistura, em quantidades racionais, de aglomerante (cimento), agregados graúdos e miúdos e água. Em alguns casos são adicionados aditivos que modificam suas características físicas e químicas. De acordo com a ABNT NBR 5732:1991, o cimento Portland é um aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, a quantidade necessária de uma ou mais formas, sulfato de cálcio durante a operação.

O cimento Portland é um material caro e no seu processo produtivo são emitidos alguns poluentes como o dióxido de carbono, óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio. De acordo com um estudo feito pela World Business Council for Sustainable Development (2018), a indústria do cimento é responsável por 7% do uso da energia industrial e 7% da emissão de CO₂, sendo a terceira maior consumidora de energia industrial e a segunda maior emissora industrial de CO₂.

De tal forma, existe uma busca por técnicas, materiais e processos que visem minimizar os impactos ambientais e melhorar o desempenho desses materiais de construção quanto à durabilidade. Um dos materiais que apresentam características aceitáveis para ser usado como substituto do cimento Portland no concreto é a cinza volante gerada por usinas termelétricas.

Atualmente, a principal aplicação do carvão mineral no mundo é a geração de energia elétrica por meio de usinas termelétricas. Em segundo lugar vem a aplicação industrial para a geração de calor (energia térmica) necessário aos processos



de produção, tais como secagem de produtos, cerâmicas e fabricação de vidros.

As usinas termelétricas a base de carvão mineral constitui uma fonte de energia elétrica considerável e são responsáveis por boa parte da demanda de energia dentro do país. Durante a produção de energia elétrica pelas usinas termelétricas, ocorre a combustão do carvão pulverizado, em um ambiente gasoso oxidante. Durante o processo de queima de carvão mineral nas termelétricas são gerados dois tipos de cinzas, a cinza volante e a cinza pesada.

As cinzas volantes possuem uma textura mais fina e por serem mais leves, são arrastadas pelos gases de combustão das fornalhas da caldeira e captadas em precipitadores eletrostáticos e posteriormente são levadas aos setores de armazenamentos, sendo que uma quantidade considerável ainda é disposta em aterros ou a céu aberto. Entretanto, as cinzas pesadas possuem uma textura mais grosseira que caem no fundo da fornalha em tanques de resfriamento e posteriormente removidas por fluxo intenso de água

Segundo Rohde et al. (2006), a produção de resíduos da queima de carvão fóssil é uma consequência inevitável da utilização deste recurso natural não renovável como combustível. Cerca de apenas 30% de todas as cinzas provenientes da queima do carvão mineral em usinas termelétricas no Brasil são comercializadas. Daí a importância do desenvolvimento de pesquisas, produtos e técnicas que busquem o aproveitamento destes resíduos. Ainda de acordo com os autores, a cinza é qualitativamente e quantitativamente diferente da matéria-prima que a originou, ou seja, o carvão mineral.

Como o acervo sobre utilização da cinza volante no concreto ainda não é tão vasto e devido ao fato das cinzas volantes possuírem características pozolânicas, serem de origem silicosa e possuir reatividade com a cal, pode-se fazer uso das cinzas como material cimentante na produção de concreto. De tal forma, propõe-se um trabalho que venha a contribuir para o estudo do concreto com propriedades melhoradas, em específico para fabricação de blocos de concreto utilizados em pavimentos intertravados, além de uma alternativa de aproveitamento de resíduos minerais que contribua para o desenvolvimento sustentável a partir da retirada de rejeitos sólidos depositados ao ar livre e diminuição do uso de um material com um dos processos de fabricação mais agressivos ao ambiente.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é analisar a influência da adição de cinza volante como substituto parcial do Cimento Portland na confecção de bloquetes.



1.1.2 Objetivos específicos

Definir o traço mais compatível e economicamente viável com as qualidades requeridas para concretos utilizados para a confecção de bloquetes;

Avaliar por meio de estudos teóricos e ensaios laboratoriais o potencial do uso de cinza volante como material cimentante na confecção de bloquetes;

Contribuir com uma alternativa ao cimento por meio do uso de cinza volante visando causar um impacto positivo nos segmentos: econômico; técnico e ambiental.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Blocos de concreto para pavimentação

A norma brasileira ABNT NBR 9781:2013 é responsável por regulamentar as condições exigíveis para aceitação das peças pré-moldadas de concreto destinada à pavimentação de vias urbanas, pátios de estacionamento e similares. A NBR 9781 (ABNT, 2013, p.6) define peça de concreto como “componente pré-moldado de concreto, utilizado como material de revestimento em pavimento intertravado”. A mesma define pavimento intertravado:

Pavimento intertravado: pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto justapostas em uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p.7).

São realizados os ensaios de resistência à compressão e absorção de água com os blocos produzidos. A quantidade da amostra obedece a segunda tabela:

Tabela 1: Amostragem para ensaios

Propriedade	Amostra
Absorção de água	3
Resistência à compressão	6

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

2.1.1 Resistência à compressão

O Anexo A da NBR 9781:2013 determina como deve ser realizado os ensaios de resistência característica à compressão de blocos de concreto para pavimentos



intertravados. Para que se realize o ensaio de compressão dos blocos, são usadas duas placas auxiliares acopladas à máquina de ensaio de compressão, uma no prato inferior e outra no superior, de tal forma que ambos eixos centrais verticais fiquem alinhados.

As duas placas auxiliares de ensaio devem ser circulares, com diâmetro de $(85 \pm 0,5)$ e espessura mínima de 20 mm, confeccionadas em aço, com dureza superficial maior que 60 RC. Suas superfícies não podem apresentar afastamento com relação a uma superfície plana de contato, tomada como referência, de mais de 0,01 mm em 85 mm. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p.15).

A resistência à compressão da peça, expressa em megapascals (MPa), é obtida dividindo-se a carga de ruptura pela área de carregamento, multiplicando-se o resultado pelo fator p , função da altura da peça, conforme tabela abaixo:

Tabela 2: Fator multiplicativo p		
Espessura nominal da peça (mm)		p
60		0,95
80		1,00
100		1,05

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013

Admite-se que as resistências à compressão obedeçam à distribuição normal, sendo o valor característico estimado pela equação:

Sendo:

$$f_{pk, est} = f_p - t \cdot s \quad (2.1)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f_p - f_{pi})^2}{n-1}} \quad (2.2)$$

Onde:

f_p é a resistência média das peças, expressa em MPa;

f_{pi} é a resistência individual das peças, expressa em MPa;

$f_{pk, est}$ é a resistência característica estimada à compressão, expressa em

Mpa;

n é o número de peças da amostra;

s é o desvio padrão da amostra, expresso em MPa;

t é o coeficiente de Student, fornecido na tabela abaixo, em função do tamanho da amostra:

Tabela 3: Coeficiente de Student

n	t
6	0,920
7	0,906
8	0,896
9	0,899
10	0,883
12	0,876
14	0,870
16	0,866

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

2.1.2 Absorção de água

De acordo com a NBR 9781 (ABNT, 2013, p.19), "A absorção de água, expressa em porcentagem, representa o incremento de massa de um corpo sólido poroso devido a penetração de água em seus poros permeáveis, em relação à sua massa em estado seco."

O ensaio de absorção consiste em duas etapas: saturação e secagem. Na primeira etapa, ocorre a imersão dos corpos de prova em água à temperatura de $(23 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, por 24 horas.

então pesado individualmente cada corpo de prova na condição saturada com superfície seca e anotado o valor encontrado. Repete-se o mesmo procedimento a cada 2 horas, até que em duas determinações sucessivas não se registre para o corpo de prova diferença de massa superior a 0,5% em relação ao valor anterior. Anota-se então a sua massa saturada m_2 .

Na segunda etapa, leva-se os corpos de prova saturados à estufa com temperatura a $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, por 24 horas. Pesa-se os corpos de prova na condição seco em estufa e anota-se o valor encontrado. Repete-se o mesmo procedimento a cada 2 horas, até que em duas determinações sucessivas não se registre para o corpo de prova diferença de massa superior a 0,5% em relação ao valor anterior. Anota-se



então a sua massa seca m_1 .

Calcula-se o valor da absorção de água de cada corpo de prova utilizando-se a seguinte equação:

$$A = \frac{m_2 - m_1}{m_1} * 100$$

Onde:

A é a absorção de cada corpo de prova, expressa em porcentagem (%);

m_1 é a massa do corpo de prova seco, expresso em gramas (g);

m_2 é a massa do corpo de prova saturado, expresso em gramas (g).

2.2 Concreto

Mehta e Monteiro (2014, p.13) conceituam concreto como “um material composto que consiste, essencialmente, de um meio aglomerante no qual estão aglutinadas partículas ou fragmentos de agregado”. Entende-se que concreto é uma mistura hidráulica composta de cimento, agregado, água e, frequentemente, aditivos. Segundo Carvalho e Filho (2017), associando alguns dos materiais citados temos os seguintes resultados:

- Pasta: cimento + água;
- Argamassa: pasta + agregado miúdo;
- Concreto: argamassa + agregado graúdo.

Segundo Helene (1993 apud Nogueira, 2017), o concreto é um dos grandes marcos da tecnologia por possibilitar um grande avanço na civilização e no desenvolvimento de grandes cidades. Apesar de o concreto ser um material recente, ele pode ser considerado um avanço no desenvolvimento e na qualidade de vida das civilizações. Martin (2005 apud Nogueira, 2017) reitera a ideia de que o concreto é um dos materiais de maior importância para a civilização e seu desenvolvimento. Cuidados como a qualidade da triagem dos componentes do concreto e bom controle tecnológico na dosagem interferem na qualidade final do concreto, podendo ou não atender às exigências solicitadas. Com tais variáveis é possível gerenciar o tempo de pega, a resistência, a trabalhabilidade, a porosidade, a densidade e especialmente a durabilidade, estendendo a vida útil da estrutura.



Segundo Kosmatka e Paraneze (1994 apud Witzke, 2018), a pasta de cimento representa de 25 a 40% do volume do concreto endurecido, sendo composta de 7 a 15% de cimento, 14 a 21% de água e 8% de ar. Sendo assim, os agregados representam de 60 a 75% de volume do concreto. Reitera-se que para se ter uma dosagem adequada desses materiais, é necessário que haja uma harmonia entre a qualidade e quantidade desses componentes. Mehta e Monteiro (2004) chegaram a mesma conclusão, afirmando que a dosagem do concreto influencia nas propriedades mecânicas e microestruturais do material, influenciando na relação entre a quantidade de concreto e o índice de vazios.

Segundo Carvalho e Filho (2017), o principal objetivo da utilização do agregado de maiores dimensões no concreto é reduzir os custos sem prejudicar a qualidade do material, visto que o cimento é um material caro.

Como o concreto é um dos materiais mais consumidos no mundo, muitas pesquisas, estudos e tecnologias são desenvolvidos visando a otimização do uso e desempenho do concreto e benefícios ambientais e econômicos.

2.2.1 Componentes do concreto

2.2.1.1 Agregados

Conforme Nogueira (2017), com o avanço das pesquisas, fez-se necessário um maior conhecimento da interferência que o agregado tem na composição do concreto, pois pode-se observar que o mesmo influencia em muitas propriedades como: porosidade, granulometria, textura, resistência mecânica, absorção d'água, módulo de deformação entre outras propriedades.

Segundo Bauer (2008), o agregado é um material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos.

O formato dos grãos e sua superfície, são responsáveis pela ligação da pasta e do agregado, assim influenciando na trabalhabilidade e no adensamento do concreto. Quanto maior a porosidade da superfície do agregado maior será a interação do agregado com a matriz do cimento, sendo assim, os agregados originados de rocha britada, trazem uma maior aderência em relação aos agregados provenientes de pedregulhos e seixo.

Os agregados constituintes do concreto são materiais disponíveis na natureza, originadas de rochas metamórficas, ígneas e sedimentares. Os mesmos podem ser classificados de acordo com a origem, densidade e forma.

Pela NBR 7211 (ABNT, 2009), os agregados devem ser compostos por grãos de



minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, não devendo conter substâncias de natureza e em quantidade que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento. Para uso em concretos, a mesma norma classifica os agregados de acordo com a sua granulometria. São denominados agregados miúdos, aqueles cujos grãos são menores que 4,75 mm e maiores que 150 µm e graúdos, aqueles cujos grãos são menores que 75 mm e maiores que 4,75 mm.

2.2.1.2 Água

A água além de ser indispensável para a sustentação da vida e ser o material mais consumido no mundo, é indispensável na produção do concreto. Segundo Kosmatka e Paraneze (1994 apud Witzke, 2018), a água pode chegar a representar 21% do volume do concreto.

Carvalho e Filho (2017) deixam bem claro que existe uma forte correspondência entre a relação água/cimento (relação entre a quantidade de água e quantidade de cimento usada na mistura do concreto), a resistência do concreto e sua durabilidade.

Segundo Petrucci (1998), os compostos presentes no cimento Portland são anidros, mas assim que reagem com a água, formam produtos hidratados. Segundo o mesmo, não deve haver impurezas na água usada no amassamento do concreto que possam prejudicar as reações entre a mesma e os compostos do cimento Portland.

Segundo a ABNT NBR 15900:2009, a água para ser utilizada no concreto deve atender a uma série de parâmetros, de acordo com sua origem, atestados por meio de ensaios. A água de abastecimento público, porém, é considerada adequada para uso em concreto sem a necessidade de ser ensaiada.

2.2.1.3 Cimento Portland

A ABNT NBR 11578:1991, conceitua o cimento Portland da seguinte forma:

Aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland ao qual se adiciona, durante a operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a esta mistura materiais pozzolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1991, p.2).

Mehta e Monteiro (2014) definem o cimento como sendo um material seco,



fino e com propriedades aglomerantes, além de ser hidráulico quando os seus produtos ficam estáveis sob meio aquoso, possuindo os silicatos de cálcio como responsáveis por essa estabilização.

A ABNT NBR 16697:2018 especifica os requisitos dos tipos de cimentos produzidos no Brasil, conforme quadro abaixo:

Quadro 1: Designação normalizada, sigla e classe do cimento Portland					
Designação				Classe de	
normalizada		Subtipo	Sigla	Resistência	Sufixo
(tipo)					
Cimento Portland		Sem adição	CP I		
comum		Com adição	CP I-S		
Cimento Portland		Com escória granulada de alto forno	CP II-E		
		Com material carbonático	CP II-F	25, 32 ou 40	RS
composto					
		Com material pozolânico	CP II-Z		ou
					BC
Cimento Portland de alto forno			CP III		
Cimento Portland pozolânico			CP IV		
Cimento Portland de alta resistência inicial			CP V	ARI	
Cimento Portland		Estrutural	CPB	25, 32 ou 40	
branco		Não estrutural	CPB	–	–

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018.



2.2.1.3.1 Composição do cimento Portland

Segundo dados da Federal Highway Administration (2017), o cimento é constituído principalmente de cálcio e sílica, havendo outros minerais em pequenas proporções. O percentual representativo dos óxidos básicos e ácidos, que constituem a matéria-prima no processo de produção do clínquer, são os seguintes de acordo com a tabela a seguir

Tabela 4: Proporção de óxidos no cimento Portland

Óxidos	Teor %
CaO	64
SiO ₂	23
Al ₂ O ₃	4
Fe ₂ O ₃	2
SO ₃	2
MgO	2

Fonte: Federal Highway Administration, 2017.

De acordo com Neville e Brooks (2013), o cimento Portland é formado, principalmente, de calcário, sílica, alumina e óxido de ferro. Essas substâncias reagem entre si e dão origem a uma série de outros produtos, até alcançar um estado de equilíbrio químico.

Tabela 5: Composição do cimento Portland

COMPOSTO	TEOR %
Silicato tricálcio	42-60
Silicato dicálcio	10-35
Aluminato tricálcio	6-13
Ferroaluminato tetracálcio	5-12

Fonte: Adaptado de Neville e Brooks, 2013.

2.2.1.3.2 Hidratação do cimento

Segundo Taylor (1997 apud Nogueira, 2017), o termo hidratação em relação à química do cimento refere-se a todas as trocas ou alterações que ocorrem no cimento quando o mesmo reage com a água. Essa reação é de alta complexidade, por isso são abordados somente os produtos da reação de hidratação. O mecanismo de hidratação do cimento Portland pode ser compreendido em duas formas, através da dissolução-precipitação que ocorre nos estágios iniciais da reação e topoquímico ou hidratação no estado sólido que ocorre nos estágios seguintes da reação. O processo de dissolução-precipitação compreende-se na dissolução dos compostos anidros e na formação de hidratos devido a sua baixa solubilidade na solução, ocasionando a precipitação do hidrato. Esse processo proporciona uma reorganização completa dos compostos e corresponde a 30% de todo o processo,

tendo uma duração de 3 a 24 horas. O processo topoquímico pode ser compreendido quando ocorre a movimentação iônica da solução e torna-se restrita ocorrendo na superfície cimento anidro quando o mesmo não entra em solução.

Santiago (2016) explica a hidratação do cimento como sendo a hidratação dos seus principais componentes: silicato tricálcio (C3S), silicato dicálcio (C2S), aluminato tricálcio (C3A) e ferroaluminato tetracálcio (C4AF). O endurecimento da pasta ocorre através da hidratação dos aluminatos (C3A e C4AF) e a resistência é obtida a partir da hidratação dos silicatos (C3S e C2S). 2.2.1.3.3 A produção e indústria do cimento Portland

De acordo com o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC)(2018), foram produzidos 45.337.031 toneladas de cimento no Brasil em 10 meses, entre os meses de janeiro a outubro de 2017.

A World Bussines Council for Sustainable Development (2009) divide a produção do cimento em 10 etapas: extração de matéria-prima; britagem; “pré-homogenização” e moagem; pré-aquecimento; pré-calcinação; produção do clínquer; resfriamento e estocagem; mistura; moagem do cimento; estocagem e expedição. Explicando cada etapa:

- Extração da matéria-prima: É a etapa em que ocorre a extração de materiais calcários, como a cal, marga e calcário (geralmente a fábrica de cimento é instalada próximo a esses depósitos calcários naturais). Pequenas quantidades de materiais “corretivos” que contenham óxido de ferro (Fe_2O_3), alumina (Al_2O_3) e sílica (SiO_2) podem ser minerados para adaptar a composição química da mistura bruta. Após a coleta, a matéria-prima é levada aos britadores primários e secundários;
- Britagem: A matéria-prima é britada em pedaços com cerca de 10 cm de diâmetro;
- “Pré-homogenização” e moagem: A pré-homogenização ocorre quando as diferentes matérias-primas são misturadas para manter a composição química desejada e os pedaços britados são moídos juntos para produzir a “farinha moída”, ou raw meal;
- Pré-aquecimento: O produto da moagem é pré-aquecido antes de entrar no forno rotativo, assim as reações químicas ocorrem mais rápido e com mais eficiência;
- Pré-calcinação: Nessa etapa ocorre em temperaturas entre 600 a 900 °C, a dissociação do carbonato de cálcio, contido no calcário, em óxido de cálcio;
- Produção do clínquer: O produto que passou pela pré-calcinação entra em forno a temperaturas de até 1450 °C e se transforma em clínquer devido a



reações químicas e físicas causadas pelo calor intenso;

- Resfriamento e estocagem: Do forno, o clínquer quente cai em uma grelha de resfriamento, que ocorre pelo ar de combustão de entrada, minimizando a perda de energia do sistema. O clínquer é então armazenado;
- Mistura: O clínquer é misturado com outros componentes minerais. Todos cimentos contêm cerca de 5% de gipsita, para controlar o tempo de pega do cimento;
- Moagem do cimento: Após ocorrer o resfriamento e mistura do clínquer com demais materiais, a mistura é moída e transformada em pó, logo, em cimento. Pode-se moer outros minerais juntos com o cimento;
- Estocagem e expedição: O produto final é homogeneizado, estocado em silos de cimento e enviados para ensacamento.

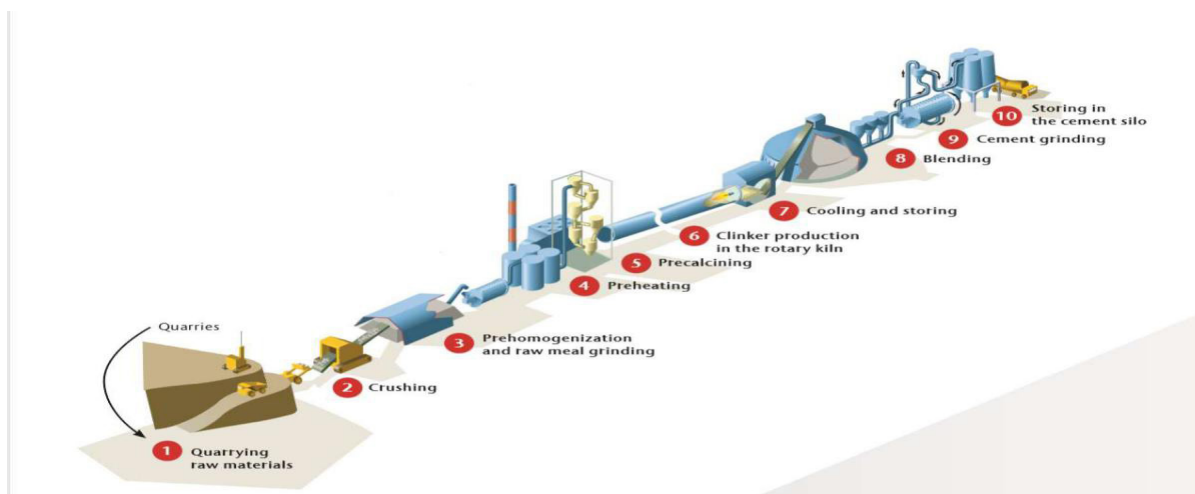


Figura 1: Etapas da fabricação do cimento

Fonte: World Business Council for Sustainable Development, 2009.

O processo em si da produção do cimento é considerado muito poluente, visto que são emitidos gases como dióxidos de carbono, óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio. Ainda de acordo com a World Business Council for Sustainable Development (2018), a indústria do cimento é responsável por 7% do uso da energia industrial e 7% da emissão de CO₂, sendo a terceira maior consumidora de energia industrial e a segunda maior emissora industrial de CO₂. Acompanhando o crescimento da população e urbanização, a produção de cimento tende a crescer globalmente em 12 a 23% até o ano de 2050, e apesar do desenvolvimento de tecnologias sustentáveis, estima-se o aumento de emissões de carbono da indústria cimentícia em 4% até o ano de 2050.

2.2.1.4 Adições minerais

Segundo Cezar (2011), as adições minerais podem ser pozolânicas, cimentantes ou cimentantes e pozolânicas. Mehta e Monteiro (2014) apontam diversos tipos de materiais e resíduos que podem ser utilizados como pozolanas, tal como a escória de alto-forno, a sílica ativa, o metacaulim, a cinza de casca de arroz e as cinzas volantes. Ainda de acordo com Mehta e Monteiro (2008 apud Cezar, 2011), a pozolana é um material silicoso ou sílico-aluminoso que em si mesmo possui pouca ou nenhuma propriedade cimentante. Todavia, numa forma finamente dividida e na presença de umidade, reage quimicamente com hidróxido de cálcio a temperaturas ambientes para formar compostos com propriedades cimentantes.

A utilização desses rejeitos como pozolanas tem ganhado mais relevância nos últimos anos devido a razões econômicas e ambientais, principalmente. Com a redução do consumo de matérias-primas e energia usada na produção do ligante, é clara a economia; e com a utilização de rejeitos agressivos ao meio ambiente no produto final, causa-se um impacto ambiental positivo através da preservação do meio ambiente.

A NBR 12653 – Materiais Pozolânicos (ABNT, 2014b) classifica os materiais pozolânicos em três classes distintas:

Quadro 2: Tipos de materiais pozolânicos	
Classe N	Pozolanas naturais e artificiais, como materiais vulcânicos petrográficos,
	cherts silicosos, terras diatomáceas e argilas calcinadas
Classe C	Cinzas volantes produzidas pela queima do carvão mineral
Classe E	Qualquer pozolana com características diferentes das classes C e N

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014.

2.3 A geração de energia elétrica no Brasil

Na matriz energética brasileira a participação da energia hidrelétrica é da ordem de 63%, e com isso gera cerca de 70% de toda eletricidade consumida no país. Mesmo com os

problemas econômicos, ambientais e com incentivos para o crescimento de outras fontes geradoras de energia, estima-se que nos próximos anos pelo menos



50% da energia consumida continuará sendo de origem hídrica de acordo com uma projeção feita pela Empresa de Pesquisa Energética (2012).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), O potencial hidrelétrico brasileiro é estimado em 260 gigawatts (GW), onde mais de 100 GW do potencial hidrelétrico está localizada na Bacia do Rio Amazonas (40,5%). Além desta, podemos ainda destacar outras, tais como: Bacia do Rio Paraná (23%), Bacia do Rio Tocantins (10,6%) e Bacia do Rio São Francisco. A tabela abaixo representa o potencial hidrelétrico por bacias, dividindo em potencial inventariado, que se compõe do potencial de usinas em diferentes níveis de estudo, potencial de usinas já em construção e potencial remanescente.

Quadro 3: Potencial hidrelétrico brasileiro por bacia hidrográfica							
		Inventariado [a]		Remanescente [b]		Total [a+b]	
Bacia Hidrográfica	Código	(MW)	(%)	(MW)	(%)	(MW)	(%)
Rio Amazonas	1	31.899	19,4	73.510	77,0	105.410	40,5
Rio Tocantins	2	24.831	15,1	2.709	2,8	27.540	10,6
Atlântico	3	2.047	1,2	1.355	1,4	3.402	1,3
Norte/Nordeste							
Rio São Francisco	4	23.847	14,5	2.472	2,6	26.319	10,1
Atlântico Leste	5	12.037	7,3	2.055	2,2	14.092	5,4
Rio Paraná	6	51.708	31,4	8.670	9,1	60.378	23,2
Rio Uruguai	7	10.903	6,6	2.434	2,5	13.337	5,1
Atlântico Sudeste	8	7.327	4,5	2.290	2,4	9.617	3,7
Brasil		164.599	100,0	95.496	100,0	260.095	100,0

Fonte: Atlas de energia do Brasil, 2002.

Apesar das usinas hidrelétricas representarem o maior potencial de geração de energia elétrica no país, existem outras fontes que possuem números expressivos. Recentemente procura-se ter maior aproveitamento da energia solar no país, utilizando-se de sistemas fotovoltaicos para a geração de eletricidade. Sabendo que ainda existem muitas comunidades que não possuem total acesso às redes de distribuição do sistema elétrico brasileiro, a energia solar pode vir a ser a solução em muitos desses casos, visto que de acordo com Pais (2012), o Brasil tem grande potencial de energia solar fotovoltaica, devido ao fato de que a irradiação solar no país é aproximadamente o dobro da média mundial, porém com potencial ainda pouco explorado.

A energia eólica é outra fonte de energia elétrica de grande potencial no país.



De acordo com a ANEEL, o potencial eólico brasileiro é de 143 GW, tendo em destaque as regiões litorâneas do norte e nordeste do país. Segundo Pais (2012), o potencial instalado no Brasil atualmente é da ordem de 131 GW somando-se todas as fontes geradoras de energia no país, sendo ainda inferior ao potencial eólico brasileiro. De acordo com Neta (2010), a participação da energia eólica na geração de energia elétrica ainda é muito pequena no país, mas tem crescido graças à redução de custos de instalação e manutenção e com a atuação do Programa de Incentivo ao Uso de Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA).

Machado (2012) aponta que no início dos anos 70 o governo brasileiro optou por investir em usina nuclear, visando conhecer melhor a tecnologia, assim como ocorreu em vários outros países na época. No ano de 1977 teve início a construção de Angra I, com capacidade nominal de 600 megawatts (MW), depois de diversos problemas, apenas em 1995 a usina passou a operar regularmente. Alguns anos depois foram ainda construídas outras duas usinas, Angra II e Angra III. Atualmente, 1,18% da eletricidade gerada no Brasil atualmente é proveniente de usinas nucleares.

As usinas termelétricas podem ser abastecidas por carvão, petróleo, gás natural, bagaço de cana entre outros. De acordo com Machado (2012), no ano de 1970, a principal matriz energética era a lenha, representando 48% das necessidades do país no uso final de energia, e no mesmo ano o petróleo já representava aproximadamente 36% da demanda.

De acordo com os dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (2002), o Brasil possui 15 centrais termelétricas a óleo combustível, com uma capacidade instalada próxima de 0,95 gigawatts (GW). Atualmente o Brasil gera 15 terawatts-hora (TWh) de energia proveniente do petróleo, representando cerca de 2,7% da matriz energética nacional. Isso se deve a novos empreendimentos feitos por pequenos grupos para atender as pequenas comunidades isoladas da rede elétrica, principalmente na região norte do país.

Segundo Moraes (2015), O carvão mineral é responsável por 62% da geração de energia elétrica no mundo e 1,3% no Brasil, e a projeção do uso do insumo deve manter-se nessa posição pelo menos nos próximos 30 anos. É estimado que as reservas de carvão mineral ainda possam durar cerca de 200 anos pois o carvão é o recurso fóssil mais abundante no mundo, e assim como acontece com o petróleo, os Estados Unidos e a China são os maiores consumidores. Ainda segundo Moraes (2015), o grande problema para o uso do carvão mineral é ambiental, por causar degradação do solo nas áreas de extração e ser o maior responsável por emissões de gás carbônico. Ainda que a tendência mundial atualmente seja o aumento da participação de fontes renováveis de energia, o carvão mineral continua se destacando como a principal fonte mundial de energia elétrica. No Brasil, por sua vez, o caso é bastante diferente, já que aqui a participação de fontes renováveis é elevada e o carvão mineral é adotado como fonte complementar, possuindo porcentagens pouco expressivas comparadas com outros países.



A partir de dados fornecidos pela ANEEL, é apresentado um gráfico representando a matriz de energia elétrica do ano de 2018 na figura abaixo.

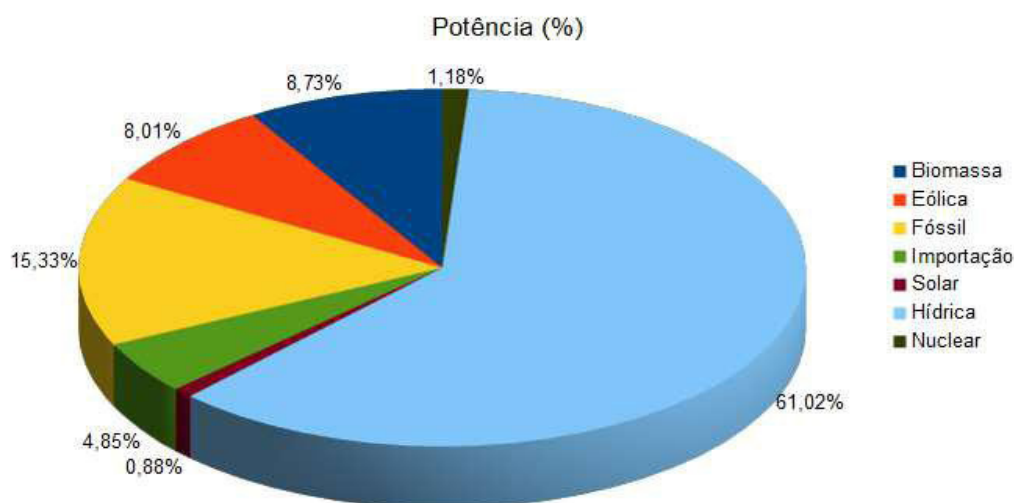


Figura 2: Matriz de energia elétrica
Texto 1: Fonte: ANEEL, 2018.

2.5 Cinzas volantes

2.5.1 Definição e obtenção

A ABNT NBR 12653:2014 define cinzas volantes como: “resíduos finamente divididos que resultam da combustão de carvão mineral pulverizado ou granulado com atividade pozolânica”.

Cinza leve, também chamada de cinza volante (fly ash) ou cinza seca: Constituída por partículas extremamente finas (100% menor que 0,15mm), transportada pelo fluxo dos gases da combustão, coletada nos ciclones mecânicos ou precipitadores eletrostáticos, ou lançada na atmosfera. (Pozzobon, 1999, p. 18).

Mehta e Monteiro (2014) relacionam a produção de cinzas com a geração de energia elétrica em usinas termelétricas a base de carvão mineral, onde o carvão pulverizado passa pela zona de queima, à elevadas temperaturas, queimando o carbono e os materiais voláteis, proporcionando a fusão das impurezas, tais como a argila, o feldspato e o quartzo. Essa matéria fundida se solidifica na forma de partículas esféricas vítreas, e passa a ser movida para zonas com temperaturas mais baixas. O material é então transportado pelo exaustor de gás e é capturada por precipitadores eletrostáticos.

Segundo Kalkreuth et al. (2008), na geração de eletricidade as usinas termelétricas do Brasil produzem cinzas na ordem de três milhões de toneladas por ano, compostas de 65 até 85% de cinzas volantes e 15 até 30% de cinzas pesadas. Fun-

garo e Silva (2002) ainda afirmam também que as cinzas volantes, parte capturada por precipitadores eletrostáticos, representam três quartos do total produzido por caldeiras. As demais cinzas, que são mais densas e permanecem no fundo da caldeira são chamadas de cinzas pesadas.

Recena (2011) afirma que as cinzas volantes têm como principal componente a sílica, além do carbono, mesmo que em pequenas quantidades. Complementando, Cezar (2011) indica além da sílica, a presença de alumina na composição das cinzas. A quantidade desses componentes presentes nas cinzas é usada como parâmetro para a sua classificação.

2.5.2 Classificação

De acordo com a ASTM C 618 (2005), as cinzas volantes são classificadas dependendo da sua composição em duas classes distintas: classe C e classe F. Além de ambas classes possuírem propriedades pozolânicas, as cinzas de classificação C possuem propriedades cimentantes. Quando a soma dos teores dos compostos de silicato, alumina, óxido de ferro e de cálcio for maior que 50%, elas são classificadas como classe C. Quando os teores ultrapassam os 70%, elas são classificadas como classe F.

Segundo Cezar (2011), o motivo das cinzas de classe F não possuírem propriedades cimentantes é devido ao fato de serem originários da queima de carvão betuminoso e por isso possuírem baixo teor de cálcio. As cinzas de classe C, originárias da queima de carvão sub-betuminoso, apresentam propriedades cimentantes na presença de água por possuírem grandes quantidades de óxido de cálcio (CaO).

2.5.3 Propriedades físicas e químicas

As propriedades físicas e químicas das cinzas podem variar bastante de uma usina termelétrica para outra, devido as diferentes características químicas entre os carvões e jazidas. Cinzas com altos níveis de carbono são resultados de perdas no processo de ignição e dos resultados incompletos dos processos de combustão

2.5.3.1 Propriedades físicas

Ahmaruzzaman (2010) afirma que devido ao fato de as cinzas volantes serem resultado da parte inorgânica do carvão, remanescentes da combustão em temperaturas compreendidas entre 1200 °C e 1700 °C, são compostas por materiais não



combustíveis.

Argiz, Menéndez e Sanjuan (2013 apud Witzke, 2018) afirmam que as partículas de cinza apresentam morfologia esférica, podendo apresentar formato sólido ou oco. Segundo Mehta e Monteiro (2014), quando as partículas apresentam formato oco, podem ser chamadas de cenosferas (quando são internamente vazias), ou plerosferas (completa de numerosas esferas reduzidas). Xie e Xi (2001 apud Witzke, 2018) também apontam que o material é formado por combinações de fases amorfas e cristalinas.

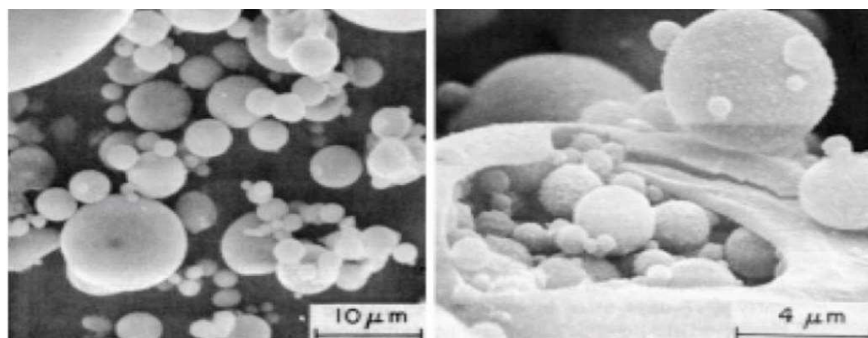


Figura 3: Micrografia da cinza volante
Fonte: Mehta; Monteiro (2014)

De acordo com a Federal Highway Administration (2017), as cinzas volantes são tipicamente mais finas que o cimento e a cal, e Cezar (2011) reforça a ideia indicando que as partículas de cinza volante podem variar entre menos que 1 µm (micrometro) até 100 µm de diâmetro. Isaia (2007) afirma ainda que cerca de 50% das partículas não chegam a ter 20 µm de diâmetro. Fernandez-Jimendéz e Palomo (2003 apud Witzke, 2018) explicam que a variação de tamanho das partículas ocorre devido ao grau de pulverização do carvão, do tipo de filtro instalado na usina e o processo químico envolvido. De acordo com Ahmaruzzaman (2010), a tonalidade das cinzas pode variar entre cinza e preto, dependendo do teor presente de carbono que ainda não foi queimado. As fases predominantes na mineralogia das cinzas volantes são o quartzo, a caulinita, a ilita e a siderita. Ahmaruzzaman (2010) indica ainda que os principais constituintes cristalinos presentes nas cinzas são o quartzo e a mulita.

Cesari (2015) relaciona as propriedades físicas das cinzas volantes de sua pesquisa, originárias da Usina de Jorge Lacerda, situada no estado de Santa Catarina (SC), às encontradas em outros estudos. A massa específica das cinzas de sua pesquisa foi de 2,36 g/cm³ e diâmetro médio das partículas de 25,66 µm. Sabedot et al.(2011) apresentam a caracterização física e mineralógica das cinzas provenientes de usinas termelétricas localizadas no sul do país, onde a massa específica apresentou variação entre 2,17 e 2,18 g/cm³ e demonstraram variações de pH (potencial de Hidrogênio) entre 9,6 e 12,6, demonstrando ser um material alcalino. Tutikian e Dal Molin (2011) apresentaram o valor de 1,92 kg/dm³ para as cinzas de seu estudo.

2.5.3.2 Propriedades químicas

As cinzas volantes relacionam-se diretamente com a química mineral do carvão original e com quaisquer combustíveis ou aditivos adicionais utilizados nos processos de combustão ou de pós-combustão. A tecnologia de controle de poluição que é usada também pode afetar a composição química da cinza volante. Estações geradoras elétricas queimam grandes volumes de carvão de múltiplas fontes. Os carvões podem ser misturados para maximizar a eficiência de geração ou melhorar o desempenho ambiental da estação. A química da cinza volante é constantemente testada e avaliada para aplicações de uso específico. Algumas estações queimam seletivamente carvões específicos ou modificam sua formulação de aditivos para evitar a degradação da qualidade da cinza ou para conferir uma química e características desejáveis às cinzas volantes. (Federal Highway Administration, 2017, p.13, tradução do autor).

Segundo Ahmaruzzaman (2010), os principais constituintes das cinzas volantes são a sílica, a alumina, o óxido de ferro e de cálcio. De acordo com a Federal Highway Administration (2017), magnésio, potássio, sódio, titânio e enxofre também estão presentes em menor quantidade.

Ainda segundo a Federal Highway Administration (2017), quando usado como aditivo mineral no concreto, as cinzas volantes são classificadas como cinza de Classe C ou Classe F com base em sua composição química. Diferentes estudos apontam a composição química do material apresentando quantidades diferentes dos compostos químicos, mas sempre possuindo sílica seguido de alumina em sua composição. No estudo de Soares et al. (2016 apud Witzke, 2018), a partir da caracterização química do material de classe F, foi constatado a presença de 48,81% de sílica e 21,77% de alumina, além de alguns elementos em menor quantidade, tais como o sódio, cálcio e ferro. Chousidis et al. (2016 apud Witzke, 2018) constataram a presença de 37,02% de sílica e 16,8% de alumina. Cerasi (2015 apud Witzke, 2018) encontrou percentuais de 64,1% de SiO_2 e 22,9% de Al_2O_3 .

Sushil e Batra (2006), estudaram os metais mais pesados, onde foi constada a presença de alguns elementos, como Cr, Mn, Pb, Zn, Cu, Ni e Co. Dentre eles, os elementos encontrados com concentrações mais elevadas foram o Cr e Zn, já o elemento em menor concentração foi o Co.



Componentes	Cinza Volante		Cimento Portland
	Classe F	Classe C	
SiO ₂	55	40	23
Al ₂ O ₃	26	17	4
Fe ₂ O ₃	7	6	2
CaO	9	24	64
MgO	2	5	2
SO ₃	1	3	2

Tabela 6: Análise de óxidos da composição em porcentagem da cinza e do cimento Portland
Fonte: Federal Highway Administration, 2017

2.5.4 O emprego das cinzas volantes na engenharia civil

Segundo Rohde (2006), com o objetivo de evitar que as usinas termelétricas se transformassem em grandes poluidores atmosféricos, foram desenvolvidos processos de remoção de matéria mineral sólida dos gases de combustão. A valorização das cinzas passou a se tornar uma medida necessária pois grandes quantidades do material passaram a ser estocados nas próprias usinas e começaram a criar sérios problemas de disposição. De acordo com Zwonok et al. (1996 apud Pozzobon, 1999), desde o princípio do funcionamento das usinas termelétricas a base de carvão, pensou-se na possibilidade de transformar o produto da queima do carvão em um subproduto vendável. Tendo em vista a excelência da cinza e escória como materiais de construção, não demorou para que fossem usadas na engenharia civil e consequentemente estudos e pesquisas sistemáticas acerca de suas propriedades fossem realizados mais tarde.

De acordo com apanhados históricos de Silva e Ceratti (1980 apud Pozzobon, 1999), a primeira utilização das cinzas do carvão mineral como agente cimentante no concreto ocorreu no ano de 1936, nos Estados Unidos. No ano de 1937 foi publicado um estudo no American Institute of Concrete pelo Dr. Raymond E. Davis da Universidade da Califórnia, expondo os resultados de ensaios realizados com 15 amostras de fontes diferentes e 7 composições distintas de cimento. No ano de 1938, a Chicago Sanitary District utilizou de 20% a 50% de cinza volante em substituição ao cimento na pavimentação de meia milha.

Ainda segundo Silva e Ceratti (1980 apud Pozzobon, 1999), no ano de 1953, a ASTM criou um método de amostragem e de ensaios da cinza volante a ser utilizada como aditivo no concreto de Cimento Portland, tendo sofrido sucessivas modificações. Segundo Abreu (1993), durante a década de 1970, a cinza volante passou a ser estudada e normalizada em vários países.

Com o avanço de estudos e pesquisas acerca do potencial de uso e qualidade das cinzas como material de construção, a tendência é que haja um acréscimo ao

decorrer dos anos do aproveitamento destes resíduos. No quadro abaixo é representado o aproveitamento das cinzas produzidas por continente.

Continente	Porcentagem de uso
Europa	42,50
Ásia	30,00
América	27,50
África	19,00
Oceania	10,50

Quadro 4: Usos percentuais aproximados dos resíduos da combustão do carvão

Fonte: Pozzobon, 1999.

Segundo Vianchá e Roldan (2007 apud Witzke, 2018), as cinzas podem ser utilizadas na construção civil na produção de cimento Portland, como ligante e agregado na produção de concreto in loco, e como material de enchimento na estabilização de solos. Modesto et al. (2014) indica que as cinzas ainda podem ser usadas na produção de clínquer, na estabilização de resíduos e utilização na área agrícola.

2.5.4.1 Utilização de cinza volante no concreto

Os muitos benefícios da incorporação de cinzas volantes no concreto de cimento Portland foram comprovados através de várias pesquisas e inúmeros projetos de construção de pontes e rodovias. Os benefícios para o concreto variam dependendo do tipo de cinza volante, proporção usada, outros ingredientes da mistura, procedimento de mistura, condições de campo e posicionamento (Federal Highway Administration, 2017, p.16, tradução do autor).

Segundo a Federal Highway Administration (2017), esses são alguns dos benefícios do uso da cinza volante no concreto:

- Maior resistência final;
- Melhora na trabalhabilidade;
- Redução do calor de hidratação; Redução da permeabilidade;
- Aumento da resistência a ataques de sulfato;
- Custos reduzidos;
- Aumento da durabilidade.
- Menor resistência nas datas iniciais;



- Possível redução da capacidade de entrada de ar com cinzas volantes contendo alto teor de carbono pode reduzir a durabilidade;
- Redução do calor de hidratação em climas/ambientes mais frios.



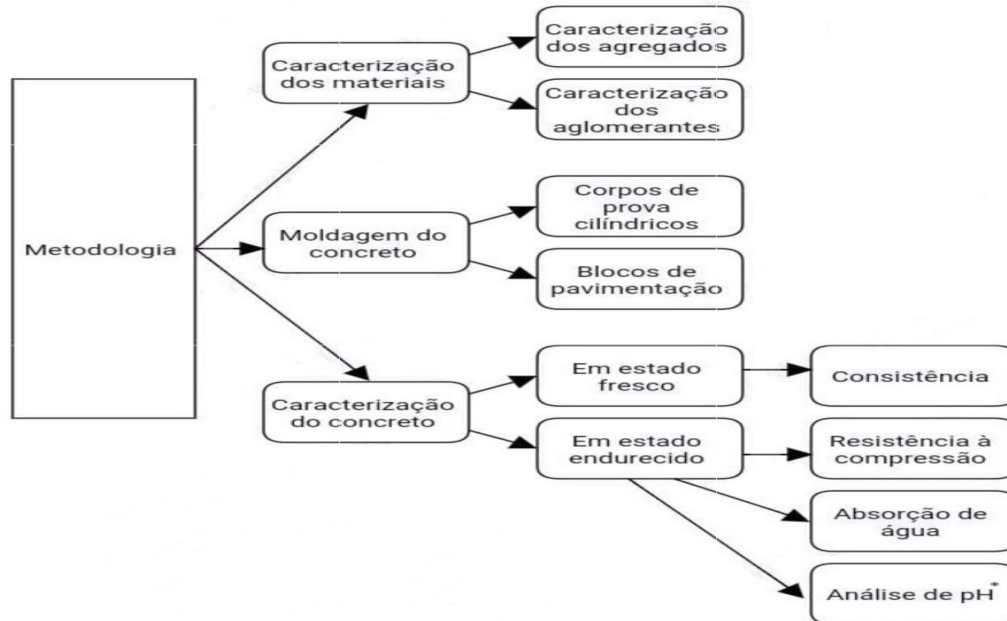
Figura 4: Ponte Sunshine Skyway onde foi usado concreto com cinza volante em muitas das etapas da construção

Fonte: Federal Highway Administration, 2017.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Na presente pesquisa foram realizados ensaios de caracterização dos materiais usados na produção do concreto para definir a quantidade de material em cada traço. Foram realizados ensaios com o concreto tanto no estado fresco quanto no endurecido para analisar algumas de suas propriedades, tais quais a resistência à compressão, análise de pH, absorção de água e consistência do concreto. Vários aspectos foram levados em conta para melhores condições de produção e caracterização do concreto, como: dosagem, moldagem dos corpos de prova e condições de cura.

Figura 9: Fluxograma da metodologia adotada



*: Para análise de pH, ainda foram moldados corpos de prova de pasta com os aglomerantes

Fonte: Autor, 2018

A metodologia usada nesse trabalho foi dividida nas seguintes etapas: caracterização dos materiais; dosagem; produção de corpos de prova cilíndricos e blocos de concreto; caracterização do concreto no estado fresco e endurecido.

3.1 Materiais

Como já citado no trabalho anteriormente, o concreto é formado pela associação do cimento, água, agregados graúdos e miúdos, podendo conter ainda adições. A escolha dos materiais é de suma importância para garantir a qualidade do concreto, visto que se escolhido um material de qualidade insuficiente, o resultado final será comprometido. Os seguintes materiais foram usados para produzir o concreto estudado neste trabalho:

- Agregado graúdo: foi utilizada a brita "0", comercializada em uma loja de materiais de construção da região. Como o estudo é destinado à blocos de concreto utilizados em pavimentos intertravados, a brita 0 é mais indicada por conter menores dimensões e consequentemente tende a deixar menos vazios no concreto sem comprometer o adensamento;
- Agregado miúdo: a areia utilizada no trabalho foi cedida pela Prefeitura do CAMPUS Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão;
- Água, obtida a partir da rede de abastecimento público de água da cidade de São Luís/MA;

- Cimento Portland da marca ITAQUI do tipo CP IV – RS cedido pela Prefeitura do CAMPUS Paulo VI da Universidade Estadual do Maranhão, sendo empregado em obras correntes, sob a forma de argamassa, concreto simples, armado e protendido, elementos pré-moldados e artefatos de cimento.
- Cinza volante obtida através da queima do carvão mineral pela Eneva – Itaquí Geração de Energia S/A. As cinzas foram cedidas pelo Me. Clebson Cândido.



Figura 5: Aterro de cinzas da queima do carvão mineral no município de Rosário. Fonte: Acervo do autor, 2017

3.2 Caracterização dos materiais

A caracterização de todos os materiais ocorreram no LABCOM – Laboratório de Concreto e Materiais da Universidade Estadual do Maranhão, localizada no CAMPUS Paulo VI.

3.2.1 Caracterização dos agregados

3.2.1.1 Determinação da massa específica dos agregados

Os agregados foram caracterizados quanto à massa específica, umidade (areia

apenas), composição granulométrica, módulo de finura e dimensão máxima.

A massa específica da areia foi calculada pela equação 3.1, conforme a norma ABNT NBR 9776: 1987.

$$P_m = \frac{500}{L - 200} \quad (3.1)$$

p_m é a massa específica do agregado miúdo em g/cm^3 ;

L é a leitura do frasco (volume ocupado pela mistura água-agregado miúdo).



Figura 6: Realização do ensaio de massa específica da areia
Fonte: Autor, 2018.

A massa específica da brita foi determinada seguindo a norma NM 53:2003, em que as seguintes equações são estabelecidas.

$$d = \frac{m}{m_s - m_a} \quad (3.2)$$

Onde:

d é a massa específica do agregado seco (g/cm^3);

m_a é a massa de água da amostra (g);

m_s é a massa ao ar da amostra na condição saturada superfície seca (g).

$$d_a = \frac{m}{m_a - m_s} \quad (3.3)$$

Onde:

d_a é a massa específica aparente (g/cm³);

m é a massa ao ar da amostra seca em estufa (g);

m_a é a massa em água da amostra saturada (g).

3.2.1.2 Granulometria dos agregados

Para caracterizar os agregados quanto à sua granulometria, é adotada a norma NM 248:2003 – Agregados – Determinação da composição granulométrica.

Para realização do ensaio com a areia, foram utilizadas as peneiras com as seguintes aberturas: 6,3mm; 4,75mm; 2,36mm; 1,18mm; 0,6mm; 0,3mm; 0,15mm. Para a brita, foram usadas as seguintes: 12,5mm; 9,5mm; 6,3mm; 4,75mm; 2,36mm.

A amostra deve obedecer a seguinte tabela

Dimensão máxima nominal do agregado	Massa mínima da amostra de ensaio
Mm	Kg
4,75	0,3
9,5	1
12,5	2
19	5
25	10
37,5	15
50	20

Tabela 7: Massa mínima por amostra de ensaio
Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003.

3.2.1.3 Umidade do agregado

A umidade do agregado é a relação entre a quantidade de água entre seus vazios e a massa dos grãos. Se negligenciada, a mesma pode comprometer a qualidade do concreto aumentando a quantidade de água no concreto e assim, a relação



água/cimento. Para a realização do ensaio, são separadas 3 amostras de 60g cada. A umidade do agregado miúdo foi determinada de acordo com a norma DNER-ME 213/94 pela seguinte equação:

$$h = \frac{\mu - m_s}{m_s - m} \quad (3.4)$$

Onde:

h é a umidade da amostra (%);

μ é a massa úmida correspondente à massa do recipiente mais a amostra do material úmido (g);

m é a massa do recipiente (g);

m_s é a massa seca correspondente à massa do recipiente mais a amostra do material seco (g).

3.2.2 Caracterização dos aglomerantes

Foram realizados os ensaios de massa específica do cimento e da cinza volante obedecendo a ABNT NBR 6774:2001. A massa específica foi definida a partir da seguinte fórmula:

$$p = \frac{m}{V_2 - V_1} \quad (3.5)$$

Onde:

p é a massa específica do aglomerante ensaiado (g/cm³);

m é a massa do aglomerante (g);

v_2 é a leitura do volume final (cm³);

v_1 é a leitura do volume inicial (cm³)



4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados neste tópico os resultados de todos os ensaios realizados durante o trabalho. Será discutido a partir dos resultados encontrados a viabilidade da cinza volante como substituto parcial do cimento Portland na confecção de bloquetes.

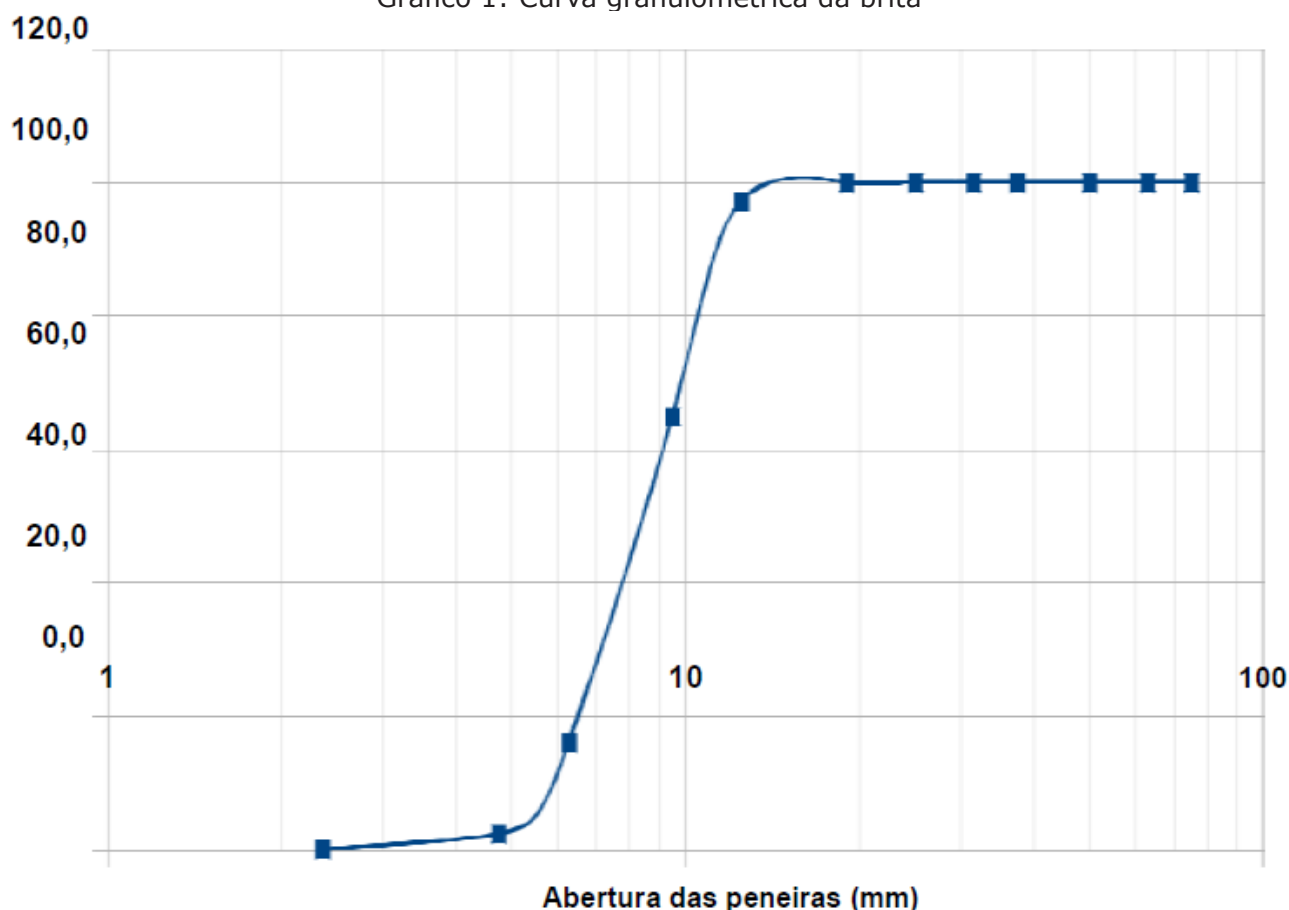
4.1 Caracterização dos materiais

O agregado graúdo ensaiado apresentou uma massa específica de $2,77\text{g/cm}^3$. Uma amostra de 2005,5g de brita foi submetida ao ensaio de granulometria. A dimensão máxima dos grãos foi de 12,5mm, e sua composição granulométrica é apresentada na figura abaixo.

Abertura (mm)	Peso retido (g)	Peso retido acumulado (g)	Peso passante (g)	Peso acumulado (%)	Peso passante (%)
19	0,0	0,0	2005,5	0,0	100,0
12,5	58,4	58,4	1947,1	2,9	97,1
9,5	646,9	705,3	1300,2	35,2	64,8
6,3	977,3	1682,6	322,9	83,9	16,1
4,75	276,1	1958,7	46,8	97,7	2,3
2,36	46,6	2005,3	0,2	100,0	0,0
Fundo	0,2	2005,5	0,0	100,0	0,0
Total	2005,5				

Tabela 8: Composição granulométrica da brita
Fonte: Autor, 2018

Gráfico 1: Curva granulométrica da brita



Fonte: Autor, 2018.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho investigou-se a influência de utilização de cinzas volantes como substituto parcial do cimento Portland na confecção de bloquetes. De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que:

Em todas as dosagens que se utilizou a cinza, apesar de haver um decréscimo na resistência à compressão, o ganho de resistência ao longo das idades após o 7 dia de cura foi maior que no concreto sem cinzas. Nas dosagens feitas com cinza, houve um ganho de até 91% de resistência aos 28 dias se comparada a resistência no sétimo dia, enquanto o maior acréscimo de resistência sem cinza foi de 50%.

Apesar de todas as resistências das dosagens sem cinza terem sido inferiores, houve uma proximidade de valores aos 28 dias. Comparando a resistência aos 28 dias da demais dosagens com a resistência do concreto sem cinzas, houveram variações de 82,5 a 98,5% da resistência, sendo considerado um valor satisfatório para valores inferiores. Leva-se em conta também que a resistência dos concretos com cinza tendia a aumentar, mesmo após os 28 dias, enquanto a tendência da resistência dos concretos sem cinza era se manter estável.

A baixa resistência do concreto com uso de cinzas se deve ao fato do baixo calor de hidratação proporcionado pela mesma, que influencia diretamente nas características do concreto endurecido, como proporcionando um ganho de resistência mais tardio além do refinamento dos poros da pasta.

Quanto ao concreto no estado fresco e dentro dos limites estudados, não houve influência da cinza na sua trabalhabilidade, sendo influenciada apenas pelo fator água/cimento. O teor de cinza teve influência na absorção de água, que apresentou menores valores em concretos com maiores teor de cinza. Apesar de se tratar de um material alcalino, a pasta de cinza não apresentou mudança de coloração quando aplicada a fenolftaleína, que reagiu em todos os outros corpos de prova.

A utilização da cinza volante como substituto parcial do cimento Portland se mostrou vantajosa do ponto de vista técnico, econômico e ambiental, o que motivou seu uso como material de construção e o desenvolvimento de estudos e pesquisas visando outras aplicações do material

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Atlas de energia elétrica do Brasil. Brasília, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Matriz de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 22 nov.. 2018.

ALAKA, Hafiz A.; OYEDELE, Lukumon O.. High Volume Fly Ash Concrete: The Practical Impact of Using Superabundant Dose of High Range Water Reducer. Journal of Building Engineering. v. 8, n. 1, p. 81-90, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710216302029>>. Acesso em 22 nov. 2018.

ALMEIDA, L.C. Concreto AU414 - Estruturas IV- Concreto armado. São Paulo, 2002. Disponível: < <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf>> Acesso em: 31 nov. 2018.

ARAÚJO, Myrela Vieira de. Avaliação da interferência da carbonatação na resistência do concreto através de ensaios não destrutivos. São Luís, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

_____. NBR 9781. Peças de concreto para pavimentação -Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 15900. Água para amassamento do concreto - Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

_____. NBR 5739. Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

_____. NBR 7211. Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR NM 248. Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

_____. NBR NM 53. Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. 1. Ed. [S.I.]: [s.n], 2003.

_____. NBR NM 52 Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.



- _____. NBR NM 67. Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone Rio de Janeiro, 1998.
- _____. NBR 9776. Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1987.
- _____. NBR 9778. Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por imersão - Índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 1987.
- _____. NBR 6474. Cimento Portland e outros materiais em pó – determinação da massa específica: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1984
- BAUER, L. A. Falcão. Materiais de construção 1. Revisão Técnica de João Fernando Dias. 5ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- CASTRO, A. Influência das adições minerais na durabilidade do concreto sujeito à carbonatação. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil), Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, 2003.
- CEZAR, Daiana de Souza. Características de Durabilidade de Concretos com Cinzas Volante e Cinza de Casca de Arroz com e sem Beneficiamento. 2011. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Centro de Tecnologia. Santa Maria. 2011.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2013-2022) . Rio de Janeiro, 2012.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATIO. Fly Ash Facts for Highway Engineers. 2017 HELENE, P.R.L. Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. 1993. 271f. Tese (Livre Docência em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, São Paulo, 1993.
- HOOD. Rogério da Silva Scot. Análise da viabilidade técnica da utilização de resíduos de construção e demolição como agregado miúdo reciclado na confecção de blocos de concreto para pavimentação. Porto Alegre, 2006.
- ISAIA, Geraldo Cechella. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. São Paulo: IBRACON, 2007. 2v.
- ISAIA, G. I.; GASTALDINI, A. L. G.. Sustentabilidade do Concreto com Altos Teores de Escória e Cinzas Volantes. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais. v. 2, n.3, p. 244 – 253, 2009.
- KALKREUTH, W. D.; et al. Avaliação dos impactos ambientais das cinzas pesadas e leves provenientes da Usina Termelétrica de Figueira, Paraná. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. In: SANTOS, W. Avaliação da Cinza “Pesada” Gerada no Complexo Termoelétrico Jorge Lacerda Para Uso em Aterros de Trecho da Duplicação da BR 101. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, SC, 2008.
- KURDA, Rawaz; BRITO, Jorge de; SILVESTRE, José D.. Influence of recycled aggregates and high contents of fly ash on concrete fresh properties. Cement and Concrete Composites. v. 84, n. 11, p. 198-213, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958946517302457>>.
- MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J.M.. Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.
- MODESTO, Rivana B. et al. Estudo Mineralógico de Carvão e Cinzas Volantes de Usinas Termelétricas: Prevenção de Depósitos de Recuperação. In: Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. 9. 2014, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ABES, 2014. p 1-11.
- MORAIS, Luciano Cardoso de. Estudo sobre o panorama da energia elétrica no Brasil e tendências futuras. São Paulo, 2016.
- NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J.. Tecnologia do Concreto. 2 ed. São Paulo: BOOKMAN, 2013.
- NOGUEIRA, Allen Gabriel Pereira. Utilização de cinzas volantes como aglomerante na confecção de bloqueios, meios-fios e bancos de concreto. São Luís, 2017.
- PAGNUSSAT, D. Utilização de Escória Granulada de Fundição em Blocos de Concreto para pavimentação. Dissertação (Mestrado). PPGE/UFRGS, Porto Alegre, 2004.



PORTLAND, Associação Brasileira de Cimento. Manual de Pavimento Intertravado: Passeio Público. Associação Brasileira de Cimento Portland. São Paulo, 2010.

QUEIROZ, R.; GRASSI, P.; LAZZARE, K.; KOPPE, E.; TARTAS, B.; KEMERICH, P. Geração de Energia Elétrica através da Energia Hidráulica e seus impactos ambientais. *Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, Santa Maria, v. 13, n. 13, p. 2774 – 2784, Ago. 2013.

RECENA, Fernando Antônio Piazza. Método de Dosagem de Concreto pelo Volume de Pasta Com Emprego de Cinza Volante. 2011. 263 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Escola de Engenharia. Porto Alegre. 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/36331>>. Acesso em 13 out. 2018.

ROHDE, G. M.; ZWONOK, O.; CHIES, O.; DA SILVA, N. L. W. Cinzas de Carvão Fóssil no Brasil: Aspectos Técnicos e Ambientais. Porto Alegre: CIENTEC, v. 1, 202 p., 2006.

SALUM, Paula de Lima. Efeito da elevação de temperatura sobre a resistência à compressão de concretos massa com diferentes teores de cinza volante. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Centro Tecnológico. Florianópolis, 2016.

SANTIAGO, Pauline Dulcinéia Mesquita. Utilização de cinzas pesadas e volante de carvão mineral em concreto. Dissertação de Mestrado. São Luís, 2016.

STAMM, R. H. Método de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) em Projetos de Grande Porte: Estudo de Caso de uma Usina Termelétrica. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - PPGE, Florianópolis, SC, 200

SUSHIL, Snigdha; BATRA, Vidya. Analysis of Fly Ash Heavy Metal Content and Disposal Thermal Power Plants in India. *Fuel*. v. 85. n. 12. p. 2676-2679, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236106001529>>. Acesso em 01. mar. 2011

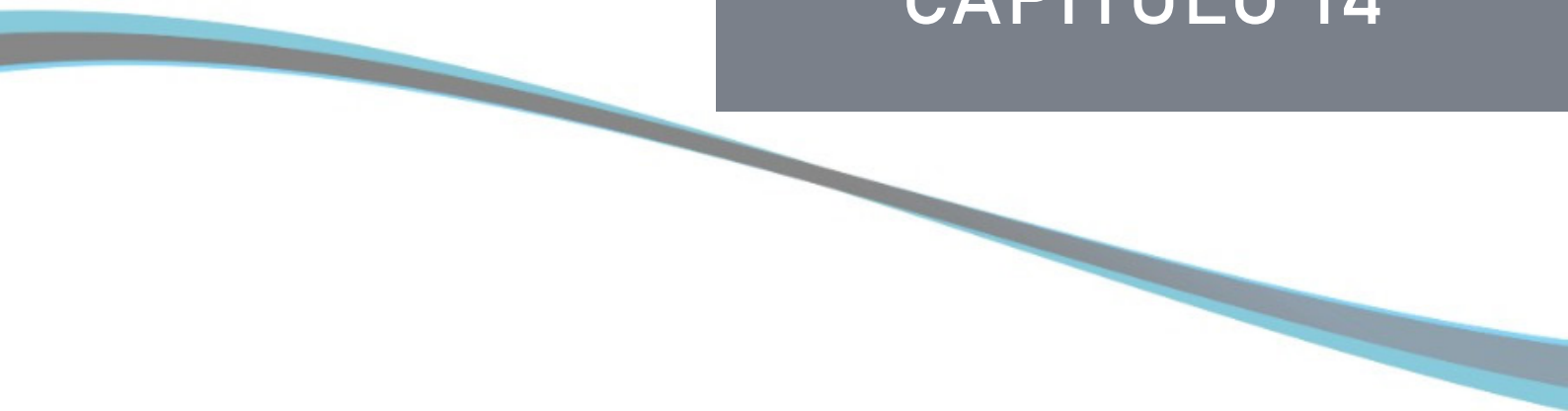
TOLMASQUIM, Mauricio T.(Coord.). Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear. Rio de Janeiro, 2016.

WITZKE. Franky Bruno. Propriedades de concretos estruturais contendo cinza volante em substituição parcial ao cimento Portland. Joinville, 2018.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUNSTAINABLE DEVELOPMENT. Cement Technology Roadmap 2009, 2009.

XIE, Z.; XI, Y. Hardening Mechanism of an Alkaline-Activated Class F Fly Ash. *Cement and Concrete Research*. v. 31, n. 9, p. 1245-1249, 2001.





CAPÍTULO 14

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE MARMORARIA PARA FABRICAÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETO SEM FUNÇÃO ESTRUTURAL

André Fernandes Lima

Welane Patrícia Nunes Do Nascimento

Marcos André Silva Araújo

RESUMO

Com a expansão da construção civil as rochas ornamentais têm sido cada vez mais utilizadas por grandes e pequenos consumidores, em aplicações como revestimentos internos e externos, de pias e lavatórios, bancadas, peitoris, soleiras, divisórias e fachadas de edifícios. Nas marmorarias da cidade de São Luís, não há uma preocupação quanto ao descarte dos resíduos gerados pelas mesmas, o pó e os fragmentos de rochas proveniente dos cortes das chapas são dispostos de forma inadequada no meio ambiente, acarretando impactos ambientais como contaminações aos corpos hídricos, supressão da camada vegetal e danos à saúde humana. Neste estudo avalia-se a viabilidade da utilização dos resíduos de corte de mármore e granito (RCMG) para a produção de blocos vazados de concreto simples sem função estrutural. Foi utilizado um traço de 1:4:4 para a produção de blocos de concreto com resíduos e blocos de concreto com agregados convencionais. O RCMG foi utilizado em substituição ao agregado graúdo, brita de graduação 0 e pó da brita. Os blocos produzidos com os resíduos foram avaliados quanto a dois critérios, resistência à compressão e absorção de água. Os resultados obtidos indicam viabilidade do uso do RCMG em substituição ao agregado graúdo convencional haja visto que a resistência obtida aos 28 dias (14,97 MPa) com esse resíduo, supera a exigência mínima especificada pela norma vigente.

Palavras-chave: Bloco de concreto simples; Marmoraria; Rochas ornamentais; resíduos de marmoraria.

ABSTRACT

With the expansion of construction ornamental rocks have been increasingly used by large and small customers, in applications such as internal and external coatings, sinks and sinks, countertops, window sills, thresholds, partitions and facades of buildings. In the marble shops in the city of St. Louis, there is a concern about the disposal of waste generated by them, dust and rock fragments coming from the sheet cuts are arranged improperly in the environment, leading to environmental impacts such as contamination to water bodies, suppression of vegetation layer and damage to human health. This study evaluates the feasibility of the use of cutting waste marble and granite (RCMG) for the production of hollow blocks of plain concrete without structural function. It used a trace of 1: 4: 4 for the production of concrete blocks with debris and concrete blocks with conventional aggregates. The RCMG was used instead of coarse aggregate, undergraduate gravel and crushed stone 0 powder. The blocks produced with residues were evaluated by two criteria, compression strength and water absorption. The results indicate the feasibility of using RCMG replacing conventional coarse aggregate there as the strength obtained at 28 days (14.97 MPa) with this residue exceeds the minimum requirement specified by current regulations.

Key-words: Simple concrete block; Marble factory; Ornamental Rocks; Marble factory waste.



1. INTRODUÇÃO

A rocha é um dos recursos naturais de grande importância e valor econômico para o setor da construção civil tendo seu uso como aplicação direta ou como matéria prima. Entre os vários tipos de classificação das rochas a forma mais conhecida refere-se a sua origem. Nessa divisão há três tipos: rochas ígneas ou magmáticas, metamórficas e sedimentares.

Rochas magmáticas são originadas no interior da crosta terrestre, ocorrendo com a solidificação do magma pastoso. Tem como produto rochas de elevada resistência, são exemplos os granitos e os diabásios. As rochas metamórficas originam-se a partir de outras rochas quando são submetidas à elevada pressão ou altas temperaturas. São exemplos desse tipo de rocha, o mármore, ardósia, gnaiss, etc. Já as rochas sedimentares são resultantes da decomposição de rochas preexistentes pela ação de intempéries. Calcário, carvão, dolomitos e sal são exemplos deste tipo de rocha.

Também conhecidas como rochas lapídeas, pedras naturais e materiais de cantaria, as rochas de revestimento e ornamentais são materiais geológicos naturais que podem ser extraídos em forma de blocos ou placas, amplamente usadas na construção civil por suas características estéticas. De acordo com a ABNT, rochas de revestimento são materiais rochosos passíveis de diversos beneficiamentos e desdobramentos com aplicações em acabamentos de superfícies de paredes e pisos.

Rochas ornamentais são aquelas submetidas a diferentes graus de modelamento ou beneficiamento com fins estéticos, geralmente utilizados em esculturas, adorno em construções, balcões, arte funerária, revestimentos externos e internos, dentre outros tipos de aplicações geralmente com fins decorativos. Comercialmente as rochas ornamentais dividem-se em duas categorias, granitos e mármore.

O processo de extração das rochas ornamentais dá-se na forma de matacões (blocos de pedra) e é feito de diversas formas, dentre elas o jato de água e o Jet-Flame (maçarico) são os mais dispendiosos. A massa expansiva e os agentes explosivos são os mais utilizados. Após esta etapa os blocos são encaminhados as empresas responsáveis pelo corte, o corte é feito através de máquinas com fio diamantado, dividindo o bloco em chapas de tamanho variável e espessura em torno de 1 a 3 centímetros para depois seguir as operações do processo de polimento e finalmente serem encaminhadas as marmorarias.

O setor de rochas ornamentais do Brasil, somente no ano de 2015 totalizou 1,22 milhão de toneladas de chapas exportadas (beneficiamento secundário) e 1,35 milhão de toneladas de rochas processadas somando 0,63% do total de exportações brasileiras naquele ano. Com o aumento dessas exportações, além do



consumo interno, a quantidade de resíduos estimada gerados nas etapas de beneficiamento primário (retirada dos blocos de rocha) e secundário (polimento e produtos finalizados) é de 800.000 toneladas por ano (Chiodi Filho, 2005 apud Moura, 2011, pg. 2).

Nas marmorarias da cidade de São Luís não há uma preocupação quanto ao descarte dos resíduos gerados pelas mesmas, o pó e os fragmentos de rochas proveniente dos cortes das chapas são dispostos de forma inadequada no meio ambiente, acarretando impactos ambientais como contaminações aos corpos hídricos, supressão da camada vegetal e danos à saúde humana.

Desta forma, devido ao volume de resíduos decorrente das atividades de extração e beneficiamento das rochas ornamentais, este trabalho tem como objetivo avaliar tecnicamente a viabilidade dos resíduos de marmoraria, (fragmentos de rochas) em substituição ao agregado graúdo, brita 0, para a fabricação de blocos vazados de concreto simples sem função estrutural, utilizando um traço referencial e parâmetros de qualidade e desempenho (análise dimensional, absorção e resistência a compressão) do bloco de concreto de acordo com as normas vigentes.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL OU PRIMÁRIO

Avaliar tecnicamente a viabilidade dos resíduos de marmoraria, (fragmentos de rochas) em substituição ao agregado graúdo, brita 0, para a fabricação de blocos de concreto vazado sem função estrutural.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS OU SECUNDÁRIOS

- Visitar três marmorarias do município de São Luís e coletar os resíduos (mármore e granito) fragmentados para trituração do material coletado e realizar o ensaio de qualidade dos materiais.
- Reproduzir um traço de concreto com o material coletado e determinar o abatimento do concreto (*Slump test*) para moldar os corpos de prova e acompanhar o processo de cura.
- Realizar o ensaio de resistência à compressão em 14, 21 e 28 dias de idade, ensaio de análise dimensional e absorção de água.
- Fabricar o bloco de concreto com os resíduos de marmoraria e comparar a



viabilidade técnica, econômica e ambiental.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 HISTÓRICO

O povo egípcio foram os pioneiros na extração e utilização das pedras naturais em suas próprias construções como túmulos faraônicos e monumentos. Tem como principal construção, a Pirâmide de Quéops (figura 1), a maior das pirâmides de Gizé, construída com blocos de calcário polido, há mais de 2500 anos. A câmara funerária do Faraó, foi construída com blocos de granitos talhados.



Figura 1 – Pirâmide de Quéops

Fonte: <http://www.infoescola.com/civilizacao-egipcia/piramide-de-queops/>

Na antiga Grécia as construções eram feitas de madeira lhes causando grandes prejuízos em situações de incêndio, com isso o mármore passou a ser utilizado em suas construções, como o Parthenon, Templo de Zeus e o Templo de Ártemis, que era composto por 127 colunas de mármore com 20 metros de altura cada.

Os gregos foram os primeiros a fazer uso das pedras naturais dentro de seus lares, a antiga literatura grega faz referências a banhos e piscinas revestidas em mármore. Em seguida o império romano fez uso do mármore e granito em suas construções como as termas, colunas e pavimentação de estradas.

Durante a colonização portuguesa no Brasil, foram empregadas rochas graníticas e gnáissicas talhadas, isto é, sem polimento, na forma de revestimento de colunas de prédios, escadas externas, molduras de janelas, dentre outras aplicações. Neste mesmo período registrou-se também importações de mármore polido do continente europeu.



3.2 CLASSIFICAÇÃO DAS ROCHAS

Entre os vários tipos de classificação das rochas (figura 2) a forma mais conhecida refere-se a sua origem, ou seja, quanto ao seu modo de formação. Nessa divisão há três tipos: rochas ígneas ou magmáticas, metamórficas e sedimentares. A textura, mineralogia, granulometria e estrutura são propriedades que determinam o aspecto de uma rocha.

A textura define os tamanhos e as formas de como os cristais (grãos) estão unidos. A mineralogia é a proporção dos minerais constituintes de uma rocha, a granulometria é capaz de distinguir macroscopicamente as rochas pelo tamanho de seu grão. Já a estrutura está relacionada com as posições de massas rochosas numa determinada área, o resultado de processos geológicos tais como, dobramentos, intrusões ígneas, etc.

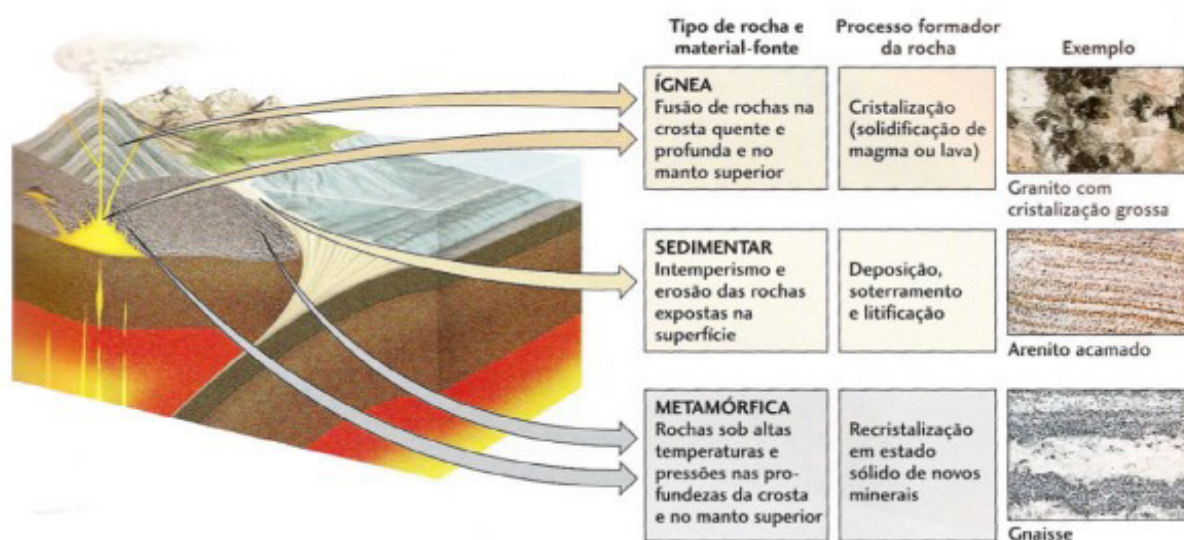


Figura 2 - Classificação das Rochas
Fonte: (Press, 2006 p. 105)

3.3 ROCHAS ÍGNEAS

As rochas ígneas ou também conhecidas como rochas magmáticas tem origem nas profundezas da crosta e do manto terrestre e formam-se através do processo de cristalização do magma. Tem como subdivisão, as rochas intrusivas ou plutônicas e extrusivas ou vulcânicas (figura 3).

[...] Uma grande variedade de rochas ígneas é gerada pela tectônica de placas. Especificamente, as rochas ígneas formam-se em centros de expansão, onde as placas afastam-se mutuamente, e nos limites convergentes, onde uma placa mergulha por baixo da outra (PRESS, 2006, p. 117).

Rochas ígneas intrusivas se originam no interior da Terra pelo lento resfriamento do magma quando o mesmo força caminho por entre as fissuras das rochas

vizinhas, esse resfriamento proporciona um maior acúmulo de cristais grossos característicos desse tipo de rocha. O granito é um exemplo dessa categoria de rocha.

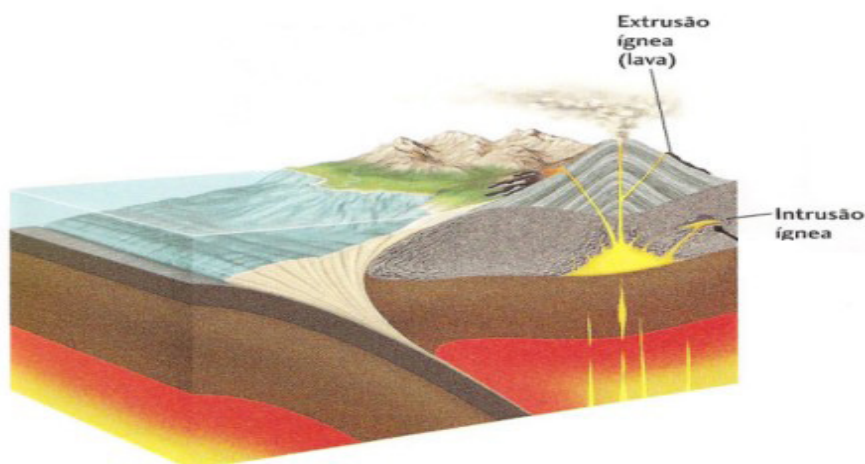


Figura 3 - Rochas ígneas intrusivas e extrusivas
Fonte: Press (2006, p. 106)

As rochas ígneas extrusivas contêm quantidades variáveis de vidro vulcânico e tem origem quando o magma expelido pelos vulcões se resfria de modo rápido na superfície terrestre, apresentando textura de granulação fina (cristais finos) ou aparência vítrea. O basalto é um exemplar desse tipo de rocha e é encontrado em grande parte da crosta terrestre e em fundos de oceanos.

3.4 ROCHAS SEDIMENTARES

Esse grupo de rocha (figura 4) é um registro das condições do manto terrestre do lugar e época onde foram depositados. Grande parte da crosta terrestre, incluindo o assoalho oceânico, é revestida por sedimentos. As rochas sedimentares apresentam diversas origens, divididas em três grupos, sendo o primeiro o intemperismo dos continentes, o segundo, o resto de sedimentos e acúmulo de matéria de origem biológica, o terceiro, cristais inorgânicos precipitados através da combinação de elementos químicos dissolvidos em lagos e oceanos para a formação de novos minerais.

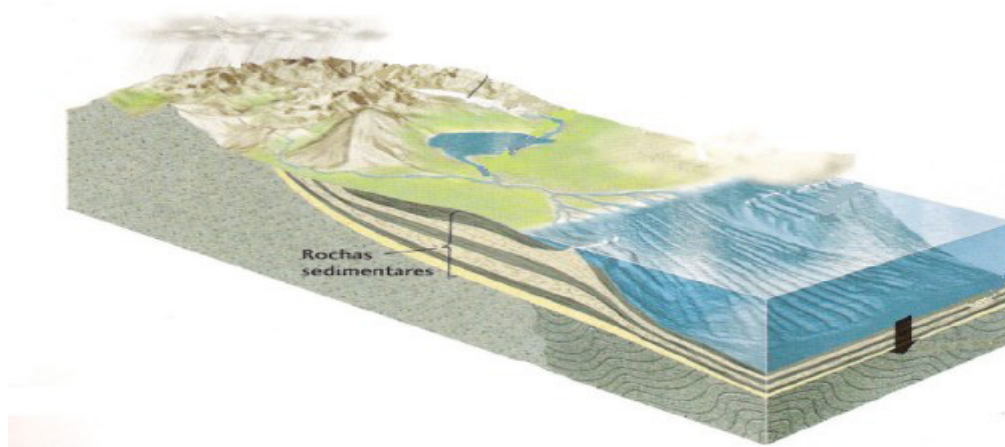


Figura 4 – Rochas sedimentares
Fonte: Press (2006, p. 196)

O processo de formação dessas rochas tem início com o intemperismo que é responsável por alterar física e quimicamente as rochas, em seguida a erosão se encarrega de transportar as partículas produzidas morro abaixo. As partículas se adensam ou os minerais dissolvidos se precipitam ocorrendo a sedimentação.

Os sedimentos acumulam-se e depositam-se sobre as camadas anteriormente depositadas. A pressão, calor e reações químicas são responsáveis pela litificação dos sedimentos dando origem as rochas sedimentares (PRESS, 2006).

3.5 ROCHAS METAMÓRFICAS

São produzidas quando uma rocha seja ígnea, sedimentar ou até mesmo metamórfica é submetida a altas temperaturas e intensa pressão característica das profundezas da Terra, mudando sua mineralogia, textura ou composição química porém mantendo sua forma sólida. A gnaiss, ardósia, xistos, anfibolitos e o mármore são exemplos de rochas decorrentes desse processo de formação.

Os três principais tipos de metamorfismos são: metamorfismo regional, metamorfismo de contato e o metamorfismo de assoalho oceânico (figura 5). O processo metamórfico das rochas pode acontecer numa superfície limitada ou extensa, o metamorfismo regional é o tipo mais comum e tem como causa altas temperaturas e pressões elevadas. Acompanha as colisões das placas tectônicas formando cadeias de montanhas.

O metamorfismo de contato ou termal ocorre no processo de intrusão das rochas ígneas quando as mesmas abrem caminho por entre as rochas vizinhas propagando seu calor e pressão sobre as rochas adjacentes submetendo a novas condições os minerais das rochas daquele local. Esse tipo de metamorfismo ao contrário do primeiro processo explicado anteriormente atinge somente uma estreita região.

No metamorfismo de assoalho oceânico ou conhecido também como metasomatismo, a água do mar percola pelas fraturas dos basaltos e é aquecida. Essa mudança de temperatura promove reações químicas entre a água e a rocha dando origem a um basalto alterado com composição química diferente do original.

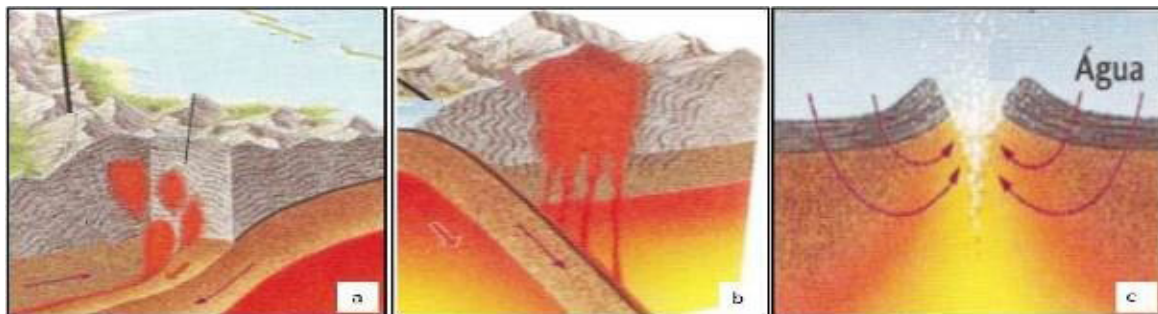


Figura 5 - Principais tipos de metamorfismos: (a) Regional; (b) Termal; (c) Metassomatismo
Fonte: Autores (2016)

3.6 GRANITOS

Originada no interior da Terra, o granito é um exemplar de rocha ígnea intrusiva é constituído por quartzo, feldspato e mica, podendo conter outros elementos que não influenciam em suas propriedades, como a apatita, zirconita, magnetita e outros (figura 6).

O granito é excelente pedra de construção desde que não se apresente alterado. Sua resistência e durabilidade são as maiores dentre as demais pedras de construção. Sua dureza, entretanto, dificulta o trabalho da pedra, sendo por isto vantajoso executar este trabalho próximo à extração, porque a água da pedreira, que permanece em seus interstícios e vazios, facilita muito a ação das ferramentas. É muito indicado para calçamento, por resistir excepcionalmente bem ao desgaste e ao choque. Em todas as obras em que predominam os esforços de compressão, é aconselhado o seu uso, como muros de arrimo e mesmo pontes em arco (PETRUCCI, 1987, p. 270).



Figura 6 – Granito
Fonte: <http://www.grupomodular.com.br/pecom.html>

De acordo com a ASTM C 615 – 03 o granito apresenta dureza entre 6 e 7 na escala de Friedrich Mohs, massa específica variável de 2600 a 2850 quilogramas por metro cúbico, porosidade total em torno de 0,4 a 1,2%, resistência à compressão de 131 Megapascal e resistência a flexão de 8,27 Megapascal.

3.7 MÁRMORE

Os mármore são os produtos metamórficos da ação do calor e da pressão sobre os calcários e dolomitos. Alguns mármore brancos e puros, como o famoso mármore italiano de Carrara, apreciado pelos escultores, mostram uma textura lisa, homogênea, de cristais intercrescidos de calcita com tamanho uniforme. Outros mármore mostram um bandamento irregular ou mosqueado de silicatos ou outras impurezas minerais do calcário original (PRESS ET AL, 2006, p. 236).

Apresenta dureza de 3 a 4 na escala de Friedrich Mohs, massa específica de 2,40 a 2,80 quilogramas por metro cúbico e porosidade total de 5,0 a 12%. Entre os vários tipos de mármore (figura 7) disponíveis em mercado, destacam-se o Bege Bahia (travertino), Aurora Pérola e o Carrara (calcário).



Figura 7 – Bloco de mármore

Fonte: <http://portuguese.alibaba.com/product-gs/arabescato-white-marble-slab-364018207.html>

O mármore apresenta cores variadas, há tons que variam entre a cor rosa, o amarelo, o salmão, o marrom e outros tons que tem origem na composição química e grau metamórfico.

Atualmente, o “mármore” brasileiro cobre quase inteiramente o consumo nacional, além de ser amplamente exportado. Sendo diferente dos “granitos”, a exploração é totalmente de afloramento, porém, a profundidade de escavação ainda é baixa. Os mármore de ótima qualidade que estão em maior profundidade são importados (VARGAS ET AL, 2001, p. 06).

3.8 CENÁRIO ECONÔMICO

O setor de rochas ornamentais do Brasil, somente no ano de 2015 totalizou 1,22 milhão de toneladas de chapas exportadas e 1,35 milhão de toneladas de rochas processadas somando 0,63% do total de exportações brasileiras naquele ano (gráfico 1). O volume físico da exportação das chapas no ano de 2015 corresponde

a cerca de 22,6 milhões de metros quadrados equivalentes, com 2 centímetros de espessura (CHIODI, 2016).

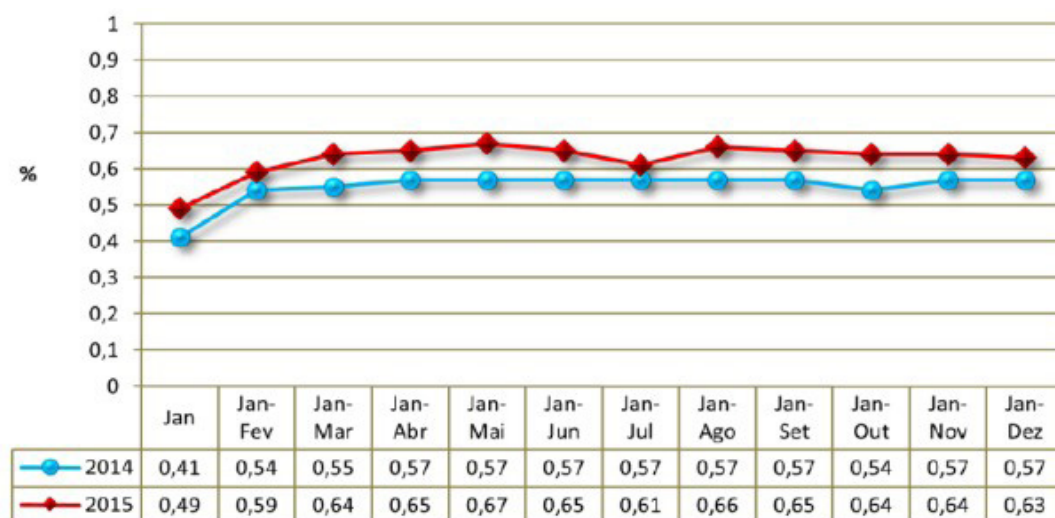


Gráfico 1 – Participação percentual do faturamento das exportações de rochas no total das exportações brasileiras em 2014 e 2015
Fonte: Chiodi (2016, p. 09)

Quanto as importações de materiais rochosos naturais, houve uma redução significativa no volume físico, totalizando 73,3 mil toneladas (uma queda 25,87%), os materiais rochosos artificiais tiveram uma queda de 15,18% e volume físico de 53,2 mil toneladas (CHIODI, 2016).

Os Estados Unidos da América é o principal mercado de rochas brasileiras, as exportações para os EUA geraram uma renda de USD 792,2 milhões e volume físico de (1.036.261,97 t) somente no ano de 2015. As exportações para este país representam 83,5% das exportações brasileiras (chapas), com a redução do preço médio (USD 810 por tonelada no ano de 2014, para USD 760 por tonelada em 2015) o cenário não é favorável para o ano de 2016.

Em seguida a China e a Itália, segundo e terceiro maiores importadores de rochas brasileiras, somando USD 104,4 milhões e 568,4 mil toneladas. A Itália tem como consumo rochas brutas carbonáticas e silicáticas fazendo o beneficiamento secundário para atender obras no mercado internacional e também os Estados Unidos da América.

3.9 CICLO DO MÁRMORE E DO GRANITO

O processo de produção das rochas ornamentais em grande parte das empresas nacionais segue as etapas descritas de acordo com a figura 8.



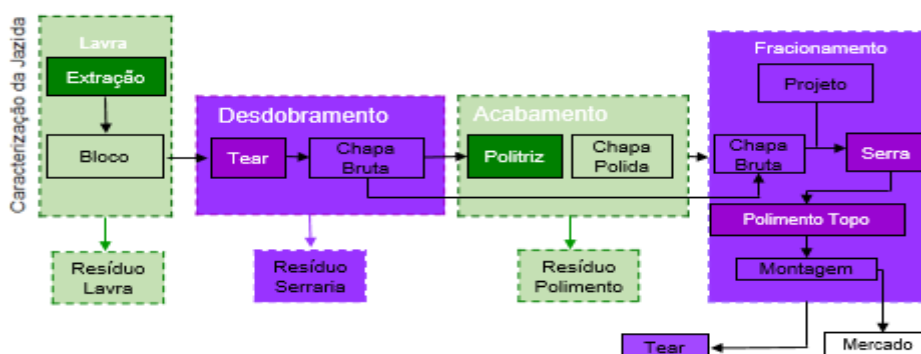


Figura 8 – Etapas da produção das rochas ornamentais
Fonte: Autores (2016)

3.9.1 - Pesquisa e definição do local de extração

Nessa etapa é realizada um levantamento das características geológicas da área escolhida tendo como principais parâmetros: fotos aéreas que permitem identificar afloramentos (massa rochosa que soergue na crosta terrestre por processos naturais), documentação geológica e exame de coleção das rochas existentes (GONÇALVES, 2000).

3.9.2 - Extração

Nas jazidas, as rochas são lavradas em matacões e/ou maciços rochosos através de métodos já previamente estudados visando a redução de custos. Nesta etapa geram-se resíduos, como pedaços de rochas que não atinjam as dimensões padrões ou que apresentam fissuras e trincas. Quanto as técnicas utilizadas na lavra das rochas as mais utilizadas são:

Corte com fio helicoidal, onde três arames de aço estão dispostos em forma de trança operando com o auxílio de duas ou mais redes de forma simultânea realizando cortes horizontais, verticais ou inclinados. Essa técnica possui algumas limitações quanto ao uso, como o alto custo do abrasivo, o número de operários necessários para o controle da operação, em média 5 operários, além da velocidade do corte que é de 0,5 a 1,5 metros quadrados por hora.

Corte a fio diamantado (figura 9), consiste num cabo de aço galvanizado de 5 mm de diâmetro servindo de suporte para as pérolas diamantadas separadas ao longo desse cabo por um conjunto de molas metálicas, quando usado para a extração de blocos de mármore ou por molas de borracha ou material plástico para a extração de rochas silicatadas.

Para a remoção de granitos, geralmente usa-se fio diamantado com compri-

mento de 50 a 70 metros de perímetro. Tem como vantagem sobre os outros métodos, um acabamento de qualidade superior na superfície de corte, maior produção devido à alta velocidade de corte e níveis de vibrações, poeiras e ruídos inferiores as demais técnicas.

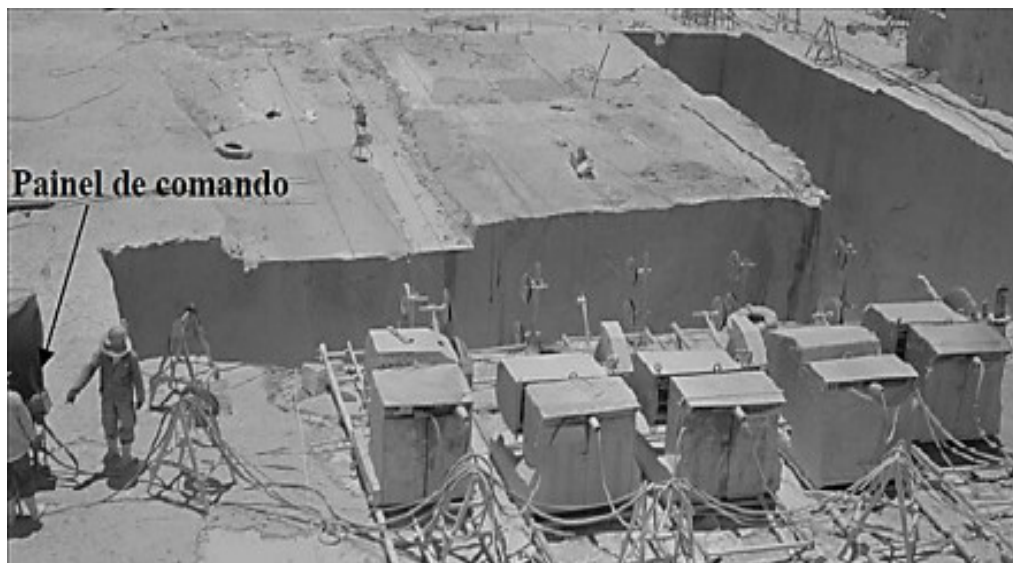


Figura 9 – Técnica do corte a fio diamantado
Fonte: (PAULA, apud REGADAS, 2006)

Flame jet (chama térmica) é um método utilizado principalmente em rochas silicosas (granitos) onde o corte é realizado através de uma haste (figura 10) que contém um maçarico em uma de suas pontas lançando um jato de chama de alta pressão e temperatura média de 1.500°C , capaz de pulverizar os minerais contidos como o quartzo promovendo uma dilatação diferencial no bloco.

A profundidade indicada para este método de corte depende do material explotado variando de 6 a 10 metros. É uma técnica de custo relativamente baixo por empregar uma quantidade mínima de mão de obra e pouco insumo. Como desvantagem tem a possibilidade de gerar trincas de até 30 cm nas superfícies dos cortes aumentando a perda do material.



Figura 10 – Flame Jet
Fonte: (REGADAS, 2006)

O equipamento é composto por um alimentador (câmara de combustão) com combustíveis fosseis (querosene ou diesel), carburante (oxigênio ou ar) de forma pressurizada e a haste com o maçarico, necessita de apenas um operador para o manuseio (MENEZES, 2005).

Segundo (REGADAS, 2006), cortador a corrente (figura 11) consiste em uma máquina com um dispositivo (braço mecânico) pelo qual desliza uma corrente com dentes metálicos ou diamantados. Geralmente é indicada para jazidas que possuem baixos níveis de fraturas. Uma das principais vantagens deste método está em obter uma superfície de corte praticamente perfeita, sendo desnecessário a execução de trabalhos preparatórios.



Figura 11 – Cortador a corrente
Fonte: (REGADAS, 2006)

Jato d'água (*waterjet*) trata-se de um procedimento utilizado para a extração de blocos regulares de maior qualidade, através de um jato de água com velocidade

de de 300 a 500 m/s e pressão de 400 MPa. Promovendo um seccionamento dos grãos, a erosão provocada pela água está relacionada com a descontinuidade dos grãos da rocha.

As técnicas de corte cíclicas realizam cortes através de procedimentos sucessivo e repetitivo podendo conter ou não outras técnicas para a complementação de sua atividade. A perfuração contínua e descontínuas com explosivos, cunhas ou agentes expansivos são exemplos de técnicas de corte cíclica (MENEZES, 2005).

A perfuração contínua consiste na execução de furos colineares, onde são encaixados marteletes pneumáticos que se deslocam sobre um trilho realizando as perfurações com diâmetros menores e em seguida perfurações com diâmetros maiores de forma que sejam intercalados aos primeiros furos seccionando a face do bloco resultando no destacamento do mesmo. É indicado para o corte de rochas silicatadas.

Na perfuração descontínua também se realizam furos coplanares os quais são preenchidos com explosivos (pólvora negra e cordel detonante) e em seguida sua detonação para se obter o destacamento do maciço rochoso. Essa técnica possui um baixo custo devido a sua fácil operacionalidade e pela sua versatilidade, pois os furos podem ser executados por perfuratrizes ou martele manuais de avanço pneumático.

A divisão mecânica por cunhas é realizada com furos verticais colineares com espaçamento de 10 a 15 centímetros, após a execução dos furos são inseridas cunhas através de golpes de marreta até que a tensão aplicada pelas cunhas seja suficiente para causar fissuras e conseqüentemente o desprendimento do bloco. Os furos podem ser executados com marteletes manuais ou perfuratrizes.

Essa técnica é empregada na exploração de rochas graníticas. Tem como vantagens o excesso de tempo aplicado nas percussões, problemas como o desvio dos cortes que compromete o acabamento das áreas cortadas.

Na divisão por cunhas mediante o emprego de agentes explosivos, o princípio é semelhante à técnica anterior, entretanto as cunhas são substituídas por uma massa auto expansiva, quando o pó dessa massa é misturado a água ocorre uma reação que gera uma pressão de 800 Kg/cm² sobre as paredes dos blocos rochosos. Esse procedimento pode ser utilizado tanto no esquadreamento de blocos quanto no isolamento de painéis.



3.9.3 Transporte

Posteriormente aos processos de exploração, os maciços rochosos são enca-minhados para as empresas responsáveis pelo desdobramento (beneficiamento primário). Os blocos seguem dimensões padronizadas (3,0x2,0x1,5) m definidas pelos equipamentos que realizarão os cortes sobre o carro porta bloco (figura 12).



Figura 12 – Transporte do bloco: a) carro porta-bloco; b) bloco sobre quadro de lâminas do tear
Fonte: http://www.cimef.com.br/imagens/produtos/td800_diamantado%287%29.jpg

O carro porta-bloco possui duas funções simultâneas, servir de apoio e condução do bloco sobre o conjunto de lâminas do tear.

3.9.4 Beneficiamento

Conjunto de procedimentos que tem como objetivo promover uma série de tratamentos aos blocos rochosos como, polir, cortar e dar acabamento conforme a finalidade de seu uso. Divide-se em duas etapas, beneficiamento primário e beneficiamento secundário.

3.9.4.1 Beneficiamento Primário

Conhecido também como desdobramento, nesta etapa o bloco (maciço rochoso) geralmente com dimensões de 5 a 12 metros cúbicos é serrado em placas através de teares ou talha-blocos, a escolha do tipo de equipamento (figura 13) a ser utilizado depende da espessura dos blocos.



Figura 13 – Equipamentos de corte: a) Tear multifios; b) Talha-blocos
Fonte: <http://hedel.ind.br/images/190/multi-fios-cortando-granito.jpg>

O talha-bloco é equipado com discos diamantados com diâmetros variados executando cortes mais profundos, são mais indicados para a serragem de blocos com espessura de 1 centímetro. Como vantagens, tem sua produtividade (em m²) superior à do tear e possibilidade de movimentação do eixo em ângulos diferentes permitindo novas formas de desdobramento.

O tear é composto por um conjunto de lâminas dispostas em sentido longitudinal, sendo mantidas em tensão para que haja um perfeito nivelamento e as lâminas estejam alinhadas entre si. É utilizado um fluido composto de polpa de água, cal e granalha (fragmentos metálicos decorrentes do desgaste das lâminas) o qual é derramado sobre a superfície do corte com o objetivo de se garantir a lubrificação e o resfriamento das lamina, esse fluido é aplicado somente em teares convencionais, em teares com fio diamantado usa-se apenas água.

O tear convencional funciona com uma velocidade média de corte entre 20 a 30 centímetros por hora para mármore e 2 centímetros por hora para granitos, a diferença da velocidade está associada a dureza do material. No tear com lâmina diamantada a velocidade é dobrada alcançando valores de 50 ou 60 centímetros por hora para blocos de mármore e 4 centímetros por hora para granitos (IDEMBURGO, 2012).

De acordo com (MAURO, 2011), o tempo de serragem de um maciço rochoso, bloco, depende do equipamento empregado. No tear convencional pode chegar a 150 horas (variando com o tipo de granito), no tear com fio diamantado a duração é mais curta, chegando a 30 horas apenas (também de acordo com o tipo de granito a ser desdobrado).

Após o desdobramento dos blocos (serragem), as chapas obtidas são lavadas para a remoção de resíduos e então é feito um tratamento químico para evitar a oxidação devido a presença de granalha, geralmente usa-se a substancia conhecida como oxilene (MAURO, 2011).

Após a lavagem, as chapas são encaminhadas para o processo de polimento,

onde uma politriz automática (figura 14) é responsável por proporcionar diversos tratamentos as chapas como, jateamento, flameamento, apicoamento e aplicação da tela



Figura 14 – Politriz de borda automática
Fonte: Autores (2016)

O jateamento é um tratamento realizado no material bruto através de uma bomba de pressão e substancia corrosiva (ácido) onde se obtém uma superfície rustica e sem brilho, usualmente aplicada em bordas de piscina e como pisos antiderrapantes.

O flameamento também é realizado ainda na chapa em estado bruto por meio de água e um maçarico com de alta pressão com temperatura em torno de 1.500° C sobre a superfície da placa. O choque térmico agride a chapa promovendo uma descamação.

O apicoamento consiste em obter uma aparência encrespada sobre a superfície, realizado na politriz com uso de um abrasivo e através de um martelamento que retira pequenas lascas da área escolhida para receber esse tratamento. A aplicação da tela é indicada para peças mais frágeis ou materiais exóticos que necessitem de uma maior resistência. Uma malha é colada com resina em uma das faces da chapa.

3.9.4.2 Beneficiamento Secundário

As marmorarias representam a fase final do beneficiamento das rochas ornamentais. Esse setor atende demandas mais específicas com produtos mais elaborados tendo como consumidores unidades residenciais, comércios, hospitais, setor da construção civil, dentre outros clientes.

As placas encaminhadas a marmoraria são estocadas no pátio (figura 15) em cavaletes metálicos de onde são içadas pelo guindaste para o pátio de máquinas de corte.



Figura 15 – Estoque de chapas
Fonte: Autores (2016)

No pátio onde se encontram as máquinas (figura 16) incumbidas de fazer o corte das placas é possível digitalizar o corte de acordo com o projeto ou as exigências do cliente para que a máquina execute o corte automático.



Figura 16 – Serra ponte com painel digital
Fonte: Autores (2016)

Em outro setor da marmoraria é realizado o processo de furação, onde é feito furos nas bancadas de pia e lavatórios para o encaixe das torneiras e outras tubulações.



Figura 17 – Cortadeira longitudinal fixa
Fonte: Autores (2016)

A figura 17 ilustra outro processo responsável por dar um acabamento chanfrado a peça proporcionando um corte de 45° a chapa de granito ou mármore.

3.10 IMPACTOS AMBIENTAIS

Nas marmorarias da cidade de São Luís, não há uma preocupação quanto ao descarte dos resíduos gerados pelas mesmas, o pó e os fragmentos de rochas provenientes dos cortes na fase de acabamento das chapas são dispostos em pilhas (figura 18) no terreno da marmoraria. Muitas marmorarias não possuem um destino final aos resíduos e os dispõem no meio ambiente.

Acarretando impactos ambientais como contaminações aos corpos hídricos, supressão da camada vegetal e danos à saúde humana (como exemplo, a poeira expelida durante o polimento das chapas pode-se acumular nos pulmões dos operários provocando uma doença chamada silicose).

Segundo a ABNT NBR 10004:2004 – Resíduos Sólidos: classificação, define-se resíduos como:

“Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”.



Figura 18 – Pilha de resíduos de corte de mármore e granitos
Fonte: Autores (2016)

A norma Brasileira NBR 10004:2004, classifica os resíduos quanto ao seu risco potencial a saúde pública e ao meio ambiente. Os resíduos são classificados como: Classe I – perigosos e Classe II – resíduos não perigosos (Classe II A – resíduos não inertes e Classe II B – resíduos inertes). Pode-se classificar esses resíduos (RCMG) de acordo com a NBR 10004:2004, como Classe II B – Inerte, isto é, não é perigoso e nem tóxico.

3.11 BLOCO DE CONCRETO

A seguir estão apresentadas algumas informações sobre bloco de concreto como, sua história e materiais constituintes.

3.11.1 HISTÓRICO

Os blocos vazados de concreto simples surgiram no século XX, como o material é incomum ao tijolo de barro na construção civil. A fabricação dos blocos de concreto no Brasil, (figura 19) teve seu início no final dos anos 50. A partir da década de 70, a utilização e aceitação evoluíram aceleradamente, pois adota a melhor opção em diversas situações. O bloco vazado de concreto simples para alvenaria – requisitos segundo a NBR 6136:2014 é componente de alvenaria, fabricado a partir da mistura de cimento Portland, agregado miúdo e graúdo (areia e pedrisco) e água (sendo permitido uso de aditivo).

Bloco de concreto são componentes de grande anuência na construção civil, gerando qualidade, rapidez e economia para a construção atendendo vários tipos de obras, com racionalização do processo construtivo e redução do tempo de execução. Com aplicação na execução, alvenaria estrutural, escolas, edifícios de médio e alto padrão, muros e alvenaria de vedação dentre outras. Os blocos devem atender a resistência característica a compressão axial obtidas aos 28 dias de no mínimo 3,0 MPa, conforme a NBR 6136/2014.



Figura 19 - Oficina de blocos de concreto para construção do muro do cais
Fonte: www.flickr.com

Em quase 100 anos de existência os blocos de concreto deixaram de ser uma alternativa inovadora para torna-se em um dos componentes mais usados na indústria da construção civil americana e mundial. Hoje, o grande número de fábricas automatizadas de alta produtividade tem incentivado a aceitação de novas ideias incorporadoras aos projetos que empregam blocos de concreto como componente principal.

3.11.2 MATERIAIS (AGLOMERANTE, AGREGADOS, RCMG E ÁGUA)

Os materiais empregados na produção dos blocos de concreto são: cimento Portland, agregados graúdo, miúdo e água. De acordo com os requisitos específicos, a dosagem do concreto poderá também adotar outros segmentos, como adições minerais, pigmentos, aditivos etc. Os materiais integrantes do bloco de concreto devem ser referidos e utilizados de acordo com suas propriedades, para que o produto final esteja em conformidade com os objetivos projetados.

3.11.2.1 Índices Físicos dos Agregados

Massa específica: De acordo com a ABNT NBR NM 52:2009, é a razão entre a massa de um agregado seco e seu respectivo volume, não excluindo os vazios permeáveis e os vazios entre os seus grãos. Pode ser determinado através dos instrumentos: picnômetro, balança hidrostática e frasco de Chapman.

Módulo de finura: Quando se soma as porcentagens retidas de cada peneira da série normal e se divide o resultado por 100, obtém-se a grandeza, módulo de finura do agregado.

Dimensão máxima característica: Segue abaixo o conceito de acordo com a norma:

“É a Grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, correspondente à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa” (ABNT – NBR 7211, 2005).

Massa Específica Aparente: De acordo com a ABNT NBR NM 52:2009 é a razão entre a massa do agregado seco e o seu volume, considerando os poros permeáveis desse agregado.

Materiais pulverulentos: Partículas minerais com dimensão inferior a 0,075 mm, incluindo os materiais solúveis em água presentes nos agregados.

3.11.2.2 Cimento Portland

O cimento Portland é um conglomerado obtido pela fragmentação do *clinker*, composto essencialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com certa dimensão de sulfato de cálcio natural, contendo adição de algumas substâncias que alteram suas propriedades permitindo elevada resistência mecânica. *Clinker* é um material granular de 3mm a 25mm de diâmetro, decorrente da calcinação de uma mistura de calcário, argila e de segmentos químicos como o silício, o alumínio e o ferro. O mesmo tem a matéria prima básica de vários tipos de cimento, inclusive o cimento Portland, onde, no seu procedimento de fabricação.

3.11.2.3 Agregados

O agregado é o material característico, incoesivo de execução química praticamente improdutiva, constituído de conjuntos de elementos ocultando extensa



gama de grandeza. O termo “agregado” é uso generalizado na técnica do concreto e em outros meios de construção, é conhecido pelo nome específico: fíler, pedra britada rachão dentre outros. Os agregados se se classificam segundo sua origem, no tamanho das partículas e o peso específico visível. De acordo com sua origem os já tem uma forma particulada na natureza: areia e cascalho e os industrializados tem sua ação particulada tem um resultado obtido por procedimentos industriais, como a matéria prima da rocha, escoria de alto forno e argila.

O agregado utilizado na prática do conhecimento científico do concreto é dividido em: Miúdo que é a areia e graúdo que são os pedregulhos e as britas utilizados. Segundo peso específico aparente a condensação do material que estabelece as partículas, os agregados são classificados como leves, médios e pesados.

3.11.2.3.1 Agregado Miúdo

Quanto a dimensão das partículas é de $0,075 \text{ mm} < f < 4,8 \text{ mm}$. Como, pó de pedra, areia e siltes. O pó de pedra é um material afilado provêm da fragmentação das rochas em britadores e após passar em peneiras adequadas são classificadas de acordo com sua proporção média, variável de 4,8 a 76 mm.

A areia geologicamente, é um sedimento clástico inconsolidado, de grão em geral quartzosos entre 0,06 e 2,0 mm tendo em consideração como material de construção, a areia variam conforme o ponto de vista do material, precisa ter grãos formado de material consistente não necessariamente quartzosos. As origens das areias como material de construção provêm: De rios. São depósitos sedimentares que se formam nos leitos de alguns rios, a extração se faz por dragas de sucção que bobeiam a água contendo cerca de 5 – 10% de areia para as lagoas decantação, de onde o material é retirado.

De cava são depósitos aluvionares em fundos de vales coberto por capa de solo, as vezes muito profundos, a areia é extraída por escavação mecânica ou por desmonte hidráulico, que é caso mais comum que segue o mesmo tratamento dado as areias de rios.

De britagem que é a areia de brita, obtida no processo de classificação a seco nas pedreiras, este material contém certa porcentagem de material impalpável (abaixo de 0,075mm) que pode ser retirado pelo processo úmido. De escória, a escória vem de alto-forno, granulada, é a que é resfriada bruscamente por jato de água, fragmentando-se em grãos em geral inferiores de 12,7mm. Siltes são fragmentos de mineral ou rocha inferior do que areia fina e maior do que argila e que na escala de Wentworth.



3.11.2.3.2 Agregado Graúdo

Define-se como agregado graúdo $\geq 4,8$ mm, como, seixo rolado, brita e argila expandida. Procedente de rochas que tem estabilidade, ou misturas de ambos, na qual os grãos passam por uma peneira de malha quadrada com abertura de 152 mm e ficam retidos na peneira de 4,8 mm.

O resíduo de corte de mármore e granitos (RCMG) é proveniente da fase de corte e polimento das chapas das rochas ornamentais. Que foram trituradas na granulometria de 6 a 12 mm,

O pó da brita, material mais fino que o pedrisco, sua graduação genética, mais não rigorosa, é /4,8 é muito aplicado para aquisição do concreto com textura fina. De acordo com procede a caracterização exposta, que incluem composição granulométrica, módulo de finura e dimensão máxima característica, foram realizados em conformidade com a NM 248 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001).

O pó do RCMG é gerado através do processo de britagem dos resíduos do mármore e o granito, seguindo para o processo de peneiramento com o objetivo de atingir a granulometria do pó dos resíduos.

3.11.2.3.3 Água

Segundo as especificações da NBR 6136 (ABNT, 1994), a água utilizada para fabricação dos blocos de concreto deve ser isenta de substâncias prejudiciais à hidratação do cimento (material orgânico, ácido). Cabe aqui mencionar a normalização específica para água destinada ao amassamento de concreto, qual seja: NBR NM 137 (ABNT, 1997), onde estão especificados padrões exigíveis para água de mistura do concreto. Seguindo as especificações destas normalizações, presumem-se como satisfatórias as águas tratadas e **utilizadas no abastecimento público, sendo as águas potáveis quase sempre adequadas para a produção dos blocos.**

3.12 CLASSE A, B e C - FAMÍLIA DE BLOCOS

A NBR 6136:2014 determina três classes quanto ao uso da resistência do bloco vazado de concreto simples para alvenaria (tabela 1), conforme seu uso pode ser estrutural ou não estrutural, acima ou abaixo do nível do solo. As três classes estão divididas em A, B e C.

Classe A: Blocos com função estrutural, para uso em fundamentos a alvenaria acima ou abaixo do nível do solo.



Classe B: Blocos com função estrutural, para uso da execução de alvenaria acima do nível do solo.

Classe C: Bloco com ou sem função estrutural, para uso exclusivo acima do nível do solo.

CLASSIFICAÇÃO	CLASSE	MPa
Com função estrutural	A	$F_{bk} \geq 8,0$
	B	$4,0 \leq F_{bk} < 8,0$
Com ou sem função estrutural	C	$F_{bk} \geq 3,0$

Tabela 1- Resistência Característica à Compressão Axial Mpa
Fonte: ABNT NBR 6136 (2014, p. 07)

De acordo com a NBR 6136-2014 a chamada família de blocos é estabelecida por um conjunto de modelos de blocos relativos as classes (A, B e C) provenientes da mesma uniformidade fabril e do mesmo procedimento produtivo. De acordo com a tabela (2)

FAMILIAS	MODELOS		
	Designação de Módulo	Dimensões (L x H x C)	Tipo
CLASSE A	M -20	20 X 20 X 40	Inteiro
	M -20	20 X 20 X 40	Meio bloco
	M - 15	15 X 20 X 40	Inteiro
	M - 15	15 X 20 X 30	Inteiro
	M - 15	15 X 20 X 20	Meio bloco
	M - 15	15 X 20 X 15	Meio bloco
	M - 15	15 X 20 X 35	Amarração L
	M - 15	15 X 20 X 55	Amarração T
	M - 15	15 X 20 X 45	Amarração T
	M - 15	15 X 20 X 45	Amarração T
CLASSE B	M -20	20 X 20 X 40	Inteiro
	M -20	20 X 20 X 40	Meio bloco
	M - 15	15 X 20 X 40	Inteiro
	M - 15	15 X 20 X 30	Inteiro
	M - 15	15 X 20 X 20	Meio bloco
	M - 15	15 X 20 X 15	Meio bloco
	M - 15	15 X 20 X 35	Amarração L
	M - 15	15 X 20 X 55	Amarração T
	M - 15	15 X 20 X 45	Amarração T
	M - 15	15 X 20 X 45	Amarração T
Blocos de mesmo processo produtivo e mesma unidade fabril	M -20	20 X 20 X 40	Inteiro
	M -20	20 X 20 X 40	Meio bloco

FAMILIAS	MODELOS		
	Designação de Módulo	Dimensões (L x H x C)	Tipo
CLASSE C Blocos de mesmo processo produtivo e mesma unidade fabril	M - 15	15 X 20 X 40	Inteiro
	M - 15	15 X 20 X 30	Inteiro
	M - 15	15 X 20 X 20	Meio bloco
	M - 15	15 X 20 X 15	Meio bloco
	M - 15	15 X 20 X 35	Amarração L
	M - 15	15 X 20 X 55	Amarração T
	M - 15	15 X 20 X 45	Amarração T
	M - 12,5	12,5 X 20 X 40	Inteiro
	M - 12,5	12,5 X 20 X 25	Inteiro
	M - 12,5	12,5 X 20 X 37,5	Inteiro
	M - 12,5	12,5 X 20 X 20	Meio bloco
	M - 12,5	12,5 X 20 X 12,5	Meio bloco
	M - 12,5	12,5 X 20 X 37,5	Amarração T
	M - 10	10 X 20 X 40	Inteiro
	M - 10	10 X 20 X 30	Inteiro
	M - 10	10 X 20 X 20	Meio bloco
	M - 10	10 X 20 X 15	Meio bloco
	M - 10	10 X 20 X 30	Amarração T
	M - 7,5	7,5 X 20 X 40	Inteiro
	M - 7,5	7,5 X 20 X 20	Meio bloco

Tabela 2 – Divisão das Classes dos Blocos

Fonte: Ambrozewics (2015, p. 156)

3.13 DOSAGEM

Entende-se por dosagem, o procedimento utilizado para determinar a composição do concreto de forma que se obtenha uma proporção adequada dos materiais constituintes de um traço (aglomerante, agregados, água e/ou aditivos) desde que se atinja os requisitos definidos pelo engenheiro calculista ou qualquer profissional habilitado a elaborar a dosagem de um traço.

Na dosagem não-experimental, o traço é definido através de bases arbitrárias (tabelas) definidas apenas pela experiência, geralmente é usada em obras de pequeno porte. O contrário disso, dosagem racional, tem como bases estudos teóricos e práticos com finalidade de se obter um traço mais econômico com os materiais disponíveis fornecendo um concreto com característica de acordo com as condições de serviço especificadas.



3.14 ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE – (SLUMP TEST)

O Abatimento de tronco de cone ou *slump test* é responsável por constatar a trabalhabilidade do concreto e sua unidade de medida é o centímetro. O ensaio é feito num molde de chapa metálica, com forma de tronco de cone de 20 cm de diâmetro na base, 10 cm no topo e 30 cm de altura, apoiado em uma superfície rígida, o concreto fresco é moldado em três camadas iguais, adensadas, cada uma com 25 golpes, por uma barra de 16 mm de diâmetro e 60 cm de comprimento figura (20), de acordo com a ABNT NBR NM 67:1998.

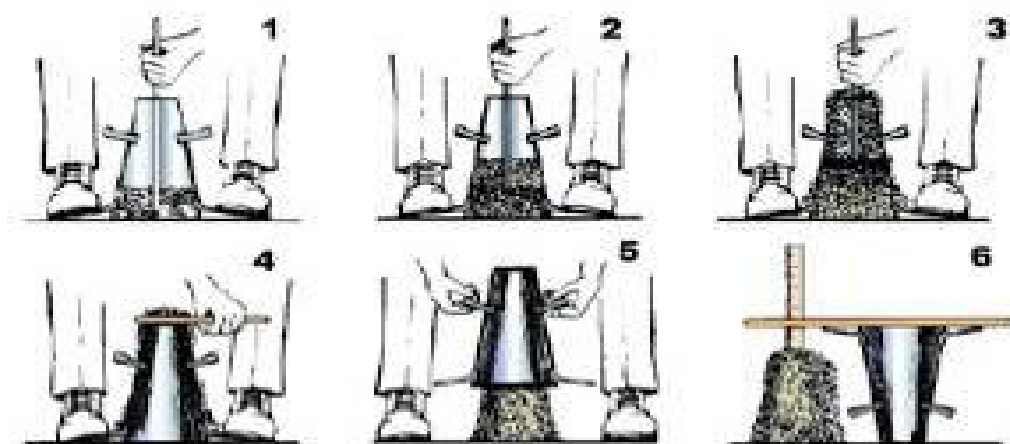


Figura 20 – Passo a passo do Slump Test

Fonte: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/08/ensaio-do-slump-test-ensaio-de.html>

Em seguida o molde é retirado verticalmente, deixando o concreto sem suporte lateral. Sob a força da gravidade, a massa abate mais ou menos semiticamente, aumentando seu diâmetro médio, enquanto sua altura diminui, pode acontecer, também, que haja certo abatimento com cisalhamento da parte superior, ou ainda um colapso total. O abatimento slump test corresponde à diferença entre 30 cm e a altura após a remoção do molde.

3.15 MOLDAGEM E CURA DOS CORPO DE PROVA

A cura do concreto tem a importância preponderante nas características de resistência. A cura do concreto submerso em água permite a progressiva formação de gel na parte do cimento, tornando-o mais resistente e impermeável. Para obtenção de um concreto impermeável, além da adoção de um baixo fator água/cimento, é indispensável a proteção contra a evaporação logo após o lançamento. No caso de execução de cobertura, é aconselhável a colocação de um lençol de água sobre a fim de que a formação do gel se processe de maneira tal que os capilares sejam segmentados. A (tabela 2) indica o tempo de cura necessário para seccionamento dos capilares.

Fator a/c	Tempo de Cura
0,40	3 dias
0,45	7 dias
0,50	14 dias
0,60	180 dias
0,70	360 dias
> 0,70	Impossível

Tabela 3 – Tempo de Cura em Água
Fonte: Bauer (2008, p. 384)

Observa-se que a cura em água reduz a retração da peça na fase em que o concreto tem pouca resistência, e de fundamental importância, por evitar formação de fissuras de retração, que podem comprometer a impermeabilidade de todo o conjunto. A cura pode ser feita também por meio de aplicação de produtos químicos especiais.

3.16 ENSAIOS DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

Consiste em um ensaio mecânico que é realizado em materiais, com objetivo de observar e constatar o comportamento dos materiais e propriedades em várias situações. Neste teste podemos avaliar como o material reage quando é pressionado. A máquina exerce uma força gradual de compressão sobre o CP até que o mesmo venha a romper.

Geralmente, usa-se capear os CP's com um material para retirar pequenas falhas de planicidade que porventura houver. O método consiste no revestimento dos topos dos corpos-de-prova com uma fina camada de um material que tenha uma boa aderência, seja compatível quimicamente com o concreto, seja fluido no momento da aplicação, quando endurecido apresente um acabamento liso e plano e que tenha uma resistência à compressão compatível com os valores obtidos em concreto. A força exercida é dividida pela área de topo do CP em cm², temos então a relação de kgf (exercido pela máquina) por cm², que, para chegarmos ao MPa, basta verificar a formula abaixo:

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

Onde:



D= Diâmetro do corpo de prova

S= Seção do corpo de prova

A segunda formula é para achar tensão de compressão

$$T = \frac{F}{S}$$

Onde:

F= Força de compressão

S = Seção do corpo de prova

T= Tensão de compressão

Com essas duas formulas será possível encontrar a seção do corpo de prova, que será utilizada em todos os ensaios, é de 7853,98 mm².

4. METODOLOGIA

4.1 - Materiais

As características dos materiais empregados neste estudo para a fabricação dos blocos são descritas a seguir.

4.1.1 Resíduos

O material estudado neste trabalho é proveniente da Carrara Mármore e Granitos, uma marmoraria de grande porte, localizada em São Luís – MA. Os resíduos são gerados pelo processo de beneficiamento das placas de mármore e granitos.





Figura 21 – Transformação do RCMG em agregado
Fonte: Autores 2016

De acordo com a (figura 21) os fragmentos do corte das chapas estão sendo triturados para atingir sua granulometria segundo a NM 248 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001).

4.1.2 Cimento Portland

O cimento utilizado foi Elizabeth CP II – Z – 32 (Cimento Portland composto com pozolana) este cimento possui em sua composição cerca de 6 a 14 % de pozolana (material que possui sílica reativa e quando é finamente moído reage com hidróxido de cálcio atuando como ligante hidráulico, garantindo uma maior impermeabilidade ao concreto) sendo indicado para obras com alto grau de agressividade ambiental e obras marítimas.

ELIZABETH CP II – Z – 32 (NBR 11578)	
Massa Específica	3,01g/cm ³
Início de Pega	>1 h
Fim de pega	<10 h
Resistência à Compressão (Mpa)	
1 dia	11,8
3 dias	26,0
7 dias	33,8
28 dias	42,1

Tabela 4 – Característica do Cimento Elizabeth CP II – Z – 32
Fonte: Autores (2016)



As propriedades do cimento aplicado neste trabalho estão apresentadas na (tabela 3) fornecida pelo próprio fabricante.

4.1.3 Agregado Miúdo

A areia utilizada na produção do traço desenvolvido no estudo foi a areia média natural, a qual foi fornecida pela jazida Sarara/Vila Maranhão, localizada no estado do Maranhão.

4.1.4 Agregado Graúdo

O agregado graúdo utilizado nos concretos desta pesquisa foi a brita de graduação 0, proveniente da pedreira Periz de Baixo, localizada na Rodovia Br-402, S/N Km 45, cidade de Bacabeira – MA.

O agregado de RCMG que fora utilizado em substituição a brita de graduação zero para a produção do traço com resíduos é proveniente da fase de corte das chapas de rochas ornamentais. Os mesmos foram triturados na granulometria de 6 a 12 mm, segundo a NM 248 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001).

4.1.5 Pó da brita – (RCMG)

O pó da brita zero usado no concreto desta pesquisa foi doado pela empresa Concreto Engenharia de Pré-fabricados Ltda., localizada em São Luís – MA.

O pó do RCMG utilizado nesta pesquisa foi gerado através do processo de britagem dos resíduos de mármore e granito, seguindo para o processo de peneiramento com o objetivo de atingir a granulometria de acordo com a NM 248 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001).

4.1.6 Água

A água utilizada para fabricação do concreto é proveniente da rede do abastecimento público.



4.2 METÓDOS

Esse método consiste em uma pesquisa experimental utilizando no desenvolvimento desse trabalho estudos dos materiais, ensaios de caracterização dos materiais, moldagem dos corpos de provas e ensaio de compressão axial.

4.2.1 Estudo dos Materiais

Este estudo teve como início uma visita técnica a três empresas no setor de beneficiamento de rochas ornamentais localizadas na capital do estado do Maranhão, (Marmo Pedras, Objetos Diretos Mármore e granitos e Carrara Mármore e Granitos) com objetivo de coletar os resíduos (fragmentos) gerados pelo processo de serragem das placas. Foi definida uma marmoraria de grande porte para ser fornecedora dos fragmentos dos resíduos estudados nesse trabalho. A empresa Carrara Mármore e Granitos foi escolhida por apresentar uma grande quantidade de produção de resíduos embora a mesma já os reutilizam na produção de lastro de concreto.

Em seguida o material coletado foi encaminhado ao processo de britagem primária para que atendesse a granulometria correspondente a brita de graduação zero e ao pó da brita. O material resultante desse processo foi encaminhado para o laboratório onde realizou-se o ensaio de controle de qualidade para determinação de sua massa específica real, massa unitária, módulo de finura e dimensão máxima característica dos agregados graúdos e miúdos.

Este estudo inicia com o intuito de entender o comportamento do cimento Portland com a substituição do agregado graúdo pelos fragmentos triturados de marmoraria e também melhorar a resistência à compressão do concreto utilizando os RCMG. Visando sua melhor utilização, este estudo vem através de ensaios e testes laboratoriais comprovar esta teoria.

4.2.2 Materiais e Equipamentos

MATERIAIS	EQUIPAMENTOS
50 kg Cimento Portland Elizabeth CP II – Z – 32	Colher de pedreiro
Areia para construção	Pá
Brita de graduação zero	16 Moldes cilíndricos
Resíduo de corte de mármore e granito- RCMG	Prensa hidráulica



MATERIAIS	EQUIPAMENTOS
Pó da Brita Zero	Balança digital de precisão
Pó do RCMG	Peneiras
Água	Estufa de secagem
	1 balde metálico
	Tronco de cone
	Betoneira de eixo inclinado de 120L
	Paquímetro universal analógico de 200 mm
	Escala metálica de 60 cm

Tabela 5 - Materiais e Equipamentos Utilizados
Fonte: Autores (2016)

4.2.3 Processo de Dosagem

Com fundamentos em estudos anteriores para produção de blocos de vedação, foi utilizado traço como referência (Moura, 2011), definiu-se, iniciar a elaboração de blocos com o traço 1: 4,0: 4,0: 0,66 (cimento: agregados e água). Foram confeccionados um total de 16 corpos de prova para realização de dois ensaios de compressão.

4.2.4 Coleta dos Materiais

Os agregados de RCMG foram recolhidos de uma Marmoraria em São Luís - MA (Figura 22). Os outros materiais foram adquiridos em lojas de Materiais de Construção.



Figura 22 - Trituração dos Fragmentos
Autor: Autores (2016)

4.2.5 Caracterização dos Agregados

Inicialmente foi realizada a separação dos materiais e equipamentos necessários a serem utilizados. Os agregados foram processados por peneiras, separando-os resíduos de acordo com a NM 248 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001).

4.2.5.1 Agregado Miúdo

COMPOSIÇÃO GRANULOMETRICA AREIA - (NBR NM 248-2003)				
N.º	Abertura (mm)	Peso (g)	Retida (%)	Acumulada (%)
3/8"	9,5	-	-	//////////
1/4"	6,3	-	-	-
4	4,8	9,10	0,4	0,4
8	2,4	6,80	0,3	0,7
16	1,2	17,30	0,9	1,6
30	0,6	200,0	10,0	11,6
50	0,3	850,0	42,5	54,1
100	0,15	740,0	37,0	91,1
	RESÍDUOS:	176,0	8,8	//////////
	TOTAL:	200,0		99,9
Módulo de Finura = 1,6				
Dimensão máxima característica = 1,2 mm				

COMPOSIÇÃO GRANULOMETRICA AREIA - (NBR NM 248-2003)
Massa específica real = 2,64 Kg/dm³
Massa unitária = 1,54

Tabela 6 - Distribuição granulométrica utilizada (Areia)
Fonte: Autores (2016)

Foram realizados os ensaios de caracterização, que incluem composição granulométrica, módulo de finura, dimensão máxima característica, massa específica real e massa unitária. Todos em conformidade com a NM 248 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001). A caracterização está exposta na tabela 4.

4.2.5.2 Agregado Graúdo

COMPOSIÇÃO GRANULOMETRICA DA BRITA 0 - (NBR NM 248-2003)				
Abertura (mm)	Peso Retido (g)	ENSAIO		
		Normal	Acumulado	Cálculo do M.F
9,5	960,0	19,2	19,2	19.0,02
6,3	2250,0	45,0	64,2	//////////
4,8	990,0	19,8	84,0	84.0,00
2,4	750,0	15,0	99,0	99.0,00
RESÍDUO:	50,0	1,0	100,0	400,0
TOTAL:	5000,0		//////////	0,0
Módulo de Finura = 6,0				
Dimensão máxima característica = 12,5 mm				
Massa específica real = 2,78 Kg/dm³				
Massa unitária = 1,43				
Material pulverulento = 2,0				

Tabela 7 - Distribuição granulométrica utilizada (Brita 0)
Fonte: Autores (2016)

Segundo a NM 248 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001). Foram executados os ensaios de caracterização, que incluem composição granulométrica, módulo de finura, dimensão máxima característica, Massa específica real, massa unitária e material pulverulento. Realizados em conformidade com a NM 248 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001). A caracterização está na tabela 5.

COMPOSIÇÃO GRANULOMETRICA DO RCMG - (NBR NM 248-2003)				
Abertura (mm)	Peso Retido (g)	ENSAIO		
		Normal	Acumulado	Cálculo do M.F
6,3	460,0	9,2	9,2	//////////
4,8	3132,0	62,6	71,8	71,8
2,4	1400,0	28,0	99,8	99,8
RESÍDUO:	8,0	0,2	100,0	400,0
TOTAL:	5000,0	//////////		0,0
Módulo de Finura = 5,7				
Dimensão máxima característica = 9,5 mm				
Massa específica real = 2,69 Kg/dm³				
Massa unitária = 1,48				

Tabela 8 - Distribuição granulométrica utilizados (RCMG)
Fonte: Autores (2016)

Os ensaios de caracterização, que incluem composição granulométrica, módulo de finura, dimensão máxima característica, Massa específica real e massa unitária. Foram realizados em conformidade com a NM 248 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001). A caracterização está exposta na tabela 6.

COMPOSIÇÃO GRANULOMETRICA DO PÓ DA BRITA - (NBR NM 248-2003)				
N.º	Abertura (mm)	Peso (g)	Retida (%)	Acumulada (%)
3/8"	9,5	-	-	//////////
1/4"	6,3	-	-	-
4	4,8	17,37	0,90	0,9
8	2,4	500,00	25,00	25,9
16	1,2	432,00	21,60	47,5
30	0,6	340,00	17,00	64,5
50	0,3	240,00	12,00	76,5
100	0,15	180,63	9,00	85,5
	RESÍDUOS:	290,00	14,50	//////////
	TOTAL:	2.000,00		100,0
Módulo de Finura = 3,0				
Dimensão máxima característica = 4,8 mm				
Massa específica real = 2,78 Kg/dm³				
Massa unitária = 1,60				

Tabela 9 - Distribuição granulométrica utilizados (Pó da Brita)
Fonte: Autores (2016)

Na tabela 7 indica-se a composição granulométrica, módulo de finura, dimen-



são máxima característica, massa específica real e massa unitária foram realizados em conformidade com a NM 248 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001).

COMPOSIÇÃO GRANULOMETRICA DO PÓ DO RCMG - (NBR NM 248-2003)				
N.º	Abertura (mm)	Peso (g)	Normal (%)	Acumulada (%)
3/8"	9,5	-	-	//////////
1/4"	6,3	100,0	5,0	5,0
4	4,8	10,00	0,5	5,5
8	2,4	380,00	19,0	24,5
16	1,2	340,00	17,0	41,5
30	0,6	230,0	11,5	53,0
50	0,3	270,0	13,5	66,5
100	0,15	350,0	17,5	84,0
	RESÍDUOS:	320,0		//////////
	TOTAL:	2000,0		100,0
Módulo de Finura = 2,8				
Dimensão máxima característica = 6,3 mm				
Massa específica real = 2,69 Kg/dm³				
Massa unitária = 1,66				

Tabela 10 - Distribuição granulométrica utilizados (Pó do RCMG)

Fonte: Autores (2016)

Conforme a tabela 8 a caracterização que incluem composição granulométrica, módulo de finura e dimensão máxima característica, foram realizados em conformidade com a NM 248 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001).

4.2.6 Produção do Concreto

Foram realizadas duas dosagens, um deles utilizando todos agregados citados anteriormente e a outra com a substituição do agregado graúdo com RCMG. O processo de confecção dos corpos de provas com RCMG foi realizado no dia (10/03/2016), onde foram executados os ensaios de abatimento de tronco do cone (*Slump test*) e em seguida foram confeccionados 8 corpos de provas.

No dia (24/03/2016) foi realizado o ensaio de abatimento de tronco do cone (*Slump test*) e confeccionados 8 corpos de prova com concreto convencional. Todos os ensaios foram realizados no laboratório de controle tecnológico de concreto da empresa Azevedo Engenharia localizada em Raposa – MA.

4.2.6.1 Concreto RCMG

Para a confecção do concreto com RCMG, foi utilizado os seguintes materiais:



uma betoneira de eixo inclinado com capacidade nominal de 120 litros, 3 Kg de Cimento Elizabeth CP II – Z – 32, 10,26 Kg de Areia, 12,15 Kg (RCMG), 4,59 Kg de pó e 3,100 L de água. Conforme a figura 23 (a) e (b).



Figura 23 - Materiais para fabricação do traço do RCMG
Fonte: Autores (2016)

4.2.6.2 Concreto Convencional

Para confecção do concreto convencional, foi utilizado os seguintes materiais; uma betoneira de eixo inclinado com capacidade nominal de 120 L, 3 Kg de Cimento Elizabeth CP II – Z – 32, 10,26 Kg de Areia, 12,15 Kg de brita 0, 4,59 Kg de pó e 3,100 L de água. De acordo com a figura 24 (a) e (b).



Figura 24 – Materiais para fabricação do traço convencional
Fonte: Autores (2016)

4.2.7 Abatimento do Tronco de Cone – (*Slump Test*)

4.2.7.1 *Slump Test* – RCMG

Após a obtenção da mistura de concreto com os RCMG, deu-se sequência ao ensaio de *Slump test*, com molde de chapa metálica, a forma de tronco de cone de 20 cm de diâmetro na base, 10 cm no topo e 30 cm de altura, apoiado em uma superfície rígida. Conforme a figura 25 (b), (c) e (d) foi introduzido no tronco de cone três camadas de concreto cada uma com aproximadamente um terço de altura do molde compactado, no intervalo de cada camada foi dado 25 golpes, distribuindo uniformemente os golpes sobre a seção até atingir o topo do cone.

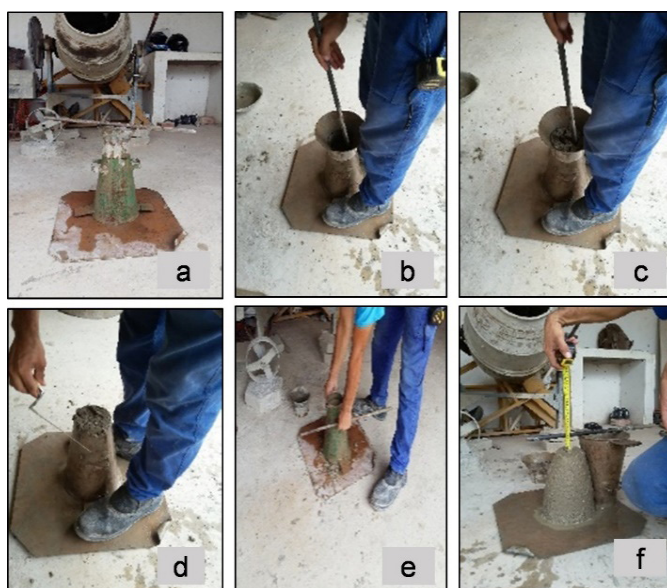


Figura 25 - Slump test do concreto feito com RCMG
Autor: Autores (2016)

O índice de consistência alcançado foi de 5 cm com textura compacta, conforme a figura 25 (e) e (f)

4.2.7.2 *Slump test* do Concreto Convencional

Após a mistura de concreto convencional, foi feito o ensaio de *Slump test* com molde de chapa metálica, com a forma de tronco de cone de 20 cm de diâmetro na base, 10 cm no topo e 30 cm de altura, apoiado em uma superfície rígida. De acordo com a figura 26 (b), (c) e (d) foi introduzido no tronco de cone três camadas de concreto cada uma com aproximadamente um terço de altura do molde compactado, no intervalo de cada camada foi dado 25 golpes, distribuindo uniformemente os golpes sobre a seção até atingir o topo do cone. O índice de consistência alcançou os 4 cm com textura compacta, conforme a figura 26 (e) e (f).

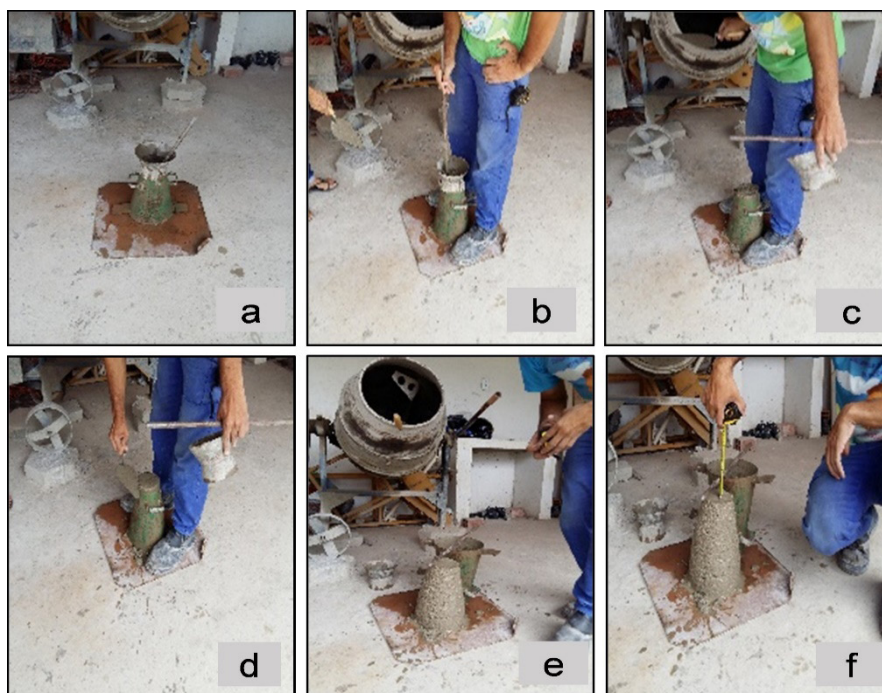


Figura 26 - Slump test do concreto feito com RCMG
Autor: Autores (2016)

4.2.7.3 Moldagem dos Corpos de Prova – RCMG / CONVENCIONAL

Foram moldados 8 corpos de prova cilíndricos (com dimensões de 10x20 cm) para cada traço de concreto, em sua moldagem foram divididos em duas camadas, cada camada sofreu doze golpes conforme a figura 27 (a). Após 24 horas (dia 10/03/2016) do concreto com RCMG e (dia 24/03/2016) do concreto convencional, foram desmoldados conforme a figura (e) e passaram para o tanque (cura), pelos períodos de 14, 21 e 28 dias.

Após moldagem, os corpos de prova dos RCMG e do concreto convencional foram identificados e mantidos à sombra evitando as intempéries figura (b) e a figura 28 (e) por 24 horas, como está indicado na figura 27 (c) e a figura 28 (f) após (dia 10/03/2016), foram desformados e mantidos em uma câmara úmida conforme a figura 27 (d) e a figura 28 (g) pelos períodos de 14, 21 e 28 dias. A moldagem e a cura dos corpos-de-prova foram realizadas de acordo com a NBR 5738 (2003) – Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova.



Figura 27 - Moldagem e cura dos Corpos de Provas - RCMG
Fonte: Autores (2016)



Figura 28 - Moldagem e cura dos Corpos de Provas Convencional
Fonte: Autores (2016)

4.2.8 Ensaios de Compressão

Foram feitos 6 (seis) ensaios, referentes a cada concreto mostrado anteriormente, utilizando a prensa hidráulica de acionamento elétrico com a capacidade de 100KN, com o intuito de alcançar a máxima resistência. Os corpos de prova cilíndricos foram retirados do tanque, com três idades distintas (com 14, 21 e 28 dias). Após os corpos de prova passarem 14, 21 e 28 dias na cura, foram retirados e ficaram em um local seco, onde secaram para facilitar os ensaios.

4.2.8.1 Ensaio de Compressão do Concreto com RCMG

Com idade de 14 dias, no (dia 24/03/2016) foi colocado 3 corpos de prova de concreto com RCMG cada um por vez na prensa hidráulica e alcançou cargas conforme a figura 29 (a), (b) e (c).



Figura 29 - Ensaio de Resistência a Compressão (RCMG – 14 dias)
Fonte: Autores (2016)

Com idade de 21 dias, no (dia 31/03/2016) foi colocado 3 corpos de prova de concreto com RCMG cada um de uma vez na prensa hidráulica e alcançando cargas conforme a figura 30 (a), (b) e (c).



Figura 30 - Ensaio de Resistência a Compressão (RCMG – 21 dias)
Fonte: Autores (2016)

Com idade de 28 dias, no (dia 07/04/2016) foram colocados 2 corpos de prova de concreto com RCMG cada um por vez na prensa hidráulica e alcançando cargas conforme a figura 31 (a) e (b).



Figura 31 - Ensaio de Resistência a Compressão (RCMG – 28 dias)
Fonte: Autores (2016)

4.2.8.2 Ensaio de Compressão do Concreto convencional

Com idade de 14 dias, no (dia 04/04/2016) foi colocado 3 corpos de prova de concreto convencional cada um por vez na prensa hidráulica e alcançando cargas conforme a figura 32 (a), (b) e (c).



Figura 32 - Ensaio de Resistência a Compressão (Convencional – 14 dias)
Fonte: Autores (2016)

Com idade de 21 dias, no (dia 14/04/2016) foi colocado 3 corpos de prova de concreto convencional cada um por vez na prensa hidráulica e alcançando cargas conforme a figura 33 (a), (b) e (c)



Figura 33 - Ensaio de Resistência a Compressão (Convencional – 21 dias)
Fonte: Autores (2016)

Com idade de 28 dias, no (dia 21/04/2016) foi colocado 2 corpos de prova de concreto convencional cada um por vez na prensa hidráulica e alcançando cargas conforme a figura 34 (a) e (b)



Figura 34 - Ensaio de Resistência a Compressão (Convencional – 28 dias)
Fonte: Autores (2016)

4.2.9 Produção dos Blocos

Para a fabricação do bloco, primeiramente é necessário agregar os materiais. O bloco é feito com cimento, areia, brita zero e pó da brita. A mistura dos materiais segue para uma máquina vibro prensa e molda o bloco a cada 30 segundo fazendo três unidades.

Em seguida o bloco vai para cura segundo a NBR 6136 onde, são hidratados

com o auxílio de uma mangueira e depois são cobertos por uma lona plástica com a finalidade de impedir a troca de temperatura com o ambiente e proteger do vento e sol que são responsáveis pela rápida evaporação da água nos blocos causando fissuras.

Os materiais devem ser armazenados em baias planas, de preferência deve ser pavimentado, evitado o contato direto com o terreno natural e ter contenções laterais para evitar a escoação da água da chuva. Conforme a figura 35 (a), (b) e (c) mostra, areia, pó de brita e brita zero.



Figura 35 – Baias de Materiais
Autor: Autores: 2016

Os materiais armazenados nas baias são retirados com auxílio de uma jérica figura 36 (a) logo em seguida são despejados em um compartimento que está ligado à esteira conforme a figura (figura b) encarregada de transportar o material até a máquina de fabricação dos blocos.

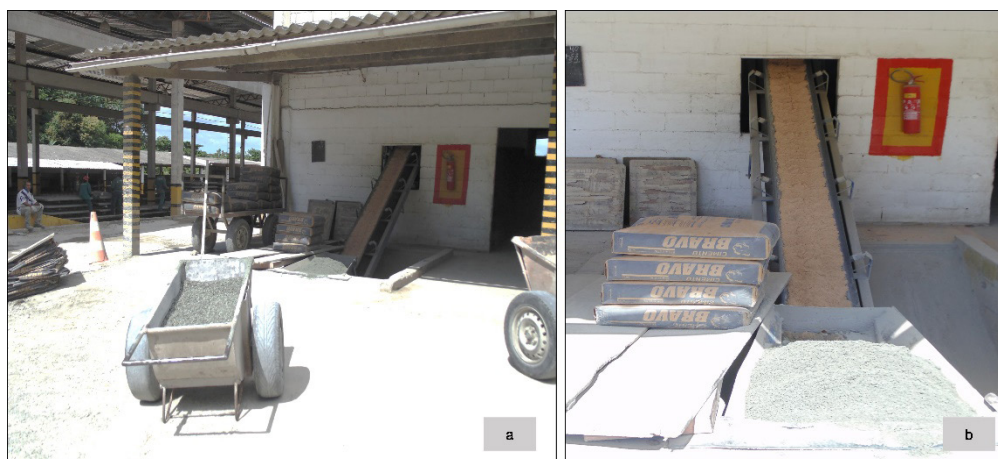


Figura 36 – Transporte do Material
Autor: Autores: 2016

Para a confecção da dosagem do concreto, os materiais passam por correias transportadoras até o misturador conforme a figura 37 (a) em seguida (figura b) um operário regula a quantidade de água conforme o traço definido, posteriormente a massa homogeneizada segue para vibroprensa onde é feita a prensagem dos blocos (figura c) e em seguida os blocos (figura d) seguem para o ambiente de cura.



Figura 38 – Misturador e Prensa do Material
Autor: Autores: 2016



Figura 39 - Cura
Autor: Autores: 2016

Os blocos são transportados para a cura figura 38 (a) e (b), eles são empilhados sobre os paletes figura (c) e mantidos por 24 horas, figura (d). Com o processo de cura o bloco ganha resistência a temperatura ambiente dependendo do tipo de cimento e do procedimento da cura pode durar até sete dias. Os blocos são estocados sobre estrados de madeira, paletes, podendo ficar em até 6 fiadas figura (d) e em seguida são encaminhados para o cliente.



Figura 40 - Rompimento do bloco
Autor: Autores: 2016

Após os dias de cura alguns blocos de cada lote são escolhidos para o teste de resistência a compressão. Conforme mostra figura 39.

Também fora realizado um estudo comparativo de custos com base na produção dos blocos em fábrica, levando-se em conta apenas o custo do insumo (material). Nas tabelas 11 e 12, estão apresentados os resultados obtidos.

BLOCO CONVENCIONAL		
INSUMO	UNIDADE	PREÇO
Cimento	50 Kg	R\$ 24,90
Areia Média	M3	R\$ 50,00
Brita de graduação 0	M3	R\$ 69,75
Pó da brita	M3	R\$ 52,15
Total:		R\$ 196,80

Tabela 11 - Custos dos Materiais (Convencional)

Autor: Autores: 2016

BLOCO RCMG		
INSUMO	UNIDADE	PREÇO
Cimento	50 Kg	R\$ 24,90
Areia Média	M3	R\$ 50,00
Resíduo	M3	R\$ 0,00
Pó do Resíduo	M3	R\$ 52,15
Total:		R\$ 127,05

Tabela 12 - Custos dos Materiais (RCMG)
Autor: Autores: 2016

4.2.10 Ensaios dos Blocos

A seguir estão descritos os três ensaios realizados nos blocos de concreto convencional e RCMG, ensaio análise dimensional, ensaio de absorção de água e ensaio de resistência a compressão.

4.2.10.1 Análise Dimensional

As dimensões dos blocos foram medidas, de acordo com ABNT NBR 12118:2013, através da utilização de um paquímetro universal analógico em aço de 200 mm e uma escala metálica de 60 cm. Definiu-se a área bruta do bloco, através da média das dimensões totais das seções dos blocos, sem abater áreas de furos ou reentrâncias, sendo o resultado da média de três determinações executadas em pontos diferentes anotado como valor médio de cada dimensão do bloco. Na Figura 40 (a) mostra as medições da largura, altura, (b) comprimento (c) e espessura das paredes (d) dos blocos.

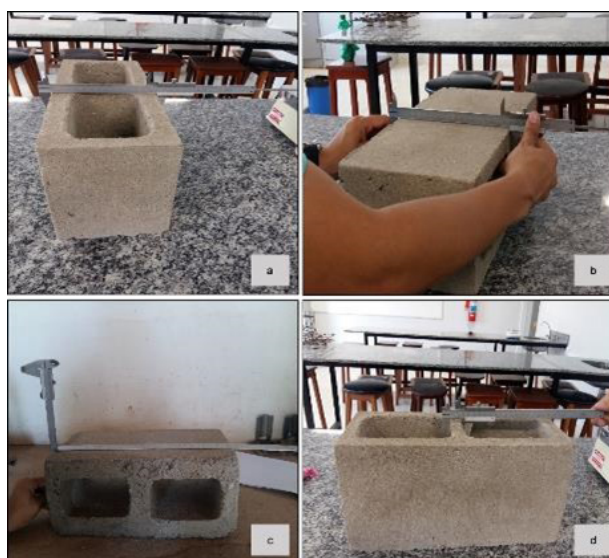


Figura 41 – Análise dimensional
Fonte: Autores: 2016

Neste ensaio é feita a verificação das três principais dimensões do corpo de prova (figura 41), largura (L), altura (H) e comprimento (C), deve ser realizado pelo menos três determinações em pontos distintos de cada face com resolução de 1 mm de acordo com as prescrições da NBR 12118:2013.

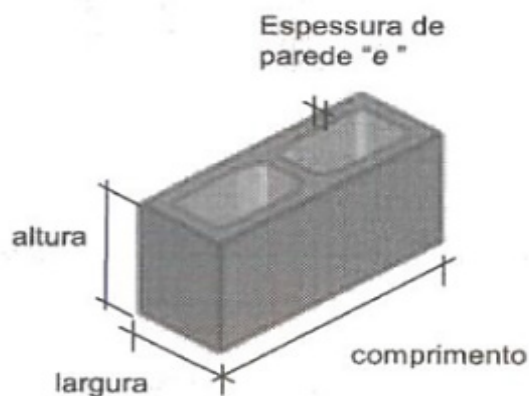


Figura 42 - Dimensões do Bloco
Fonte: ABNT NBR 12118 (2013, p. 02)

BLOCOS DE CONCRETO COM RCMG					
Blocos	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)	Espessura da parede (mm)	Área Bruta (mm ²)
1	139	188	390	25	54210
2	140	187	390	25	54600
3	140	187	390	25	54600

Tabela 13 - Valores do ensaio de análise dimensional (RCMG)
Autor: Autores:2016

BLOCOS DE CONCRETO CONVENCIONAL					
Área Bruta (mm ²)	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)	Espessura da parede (mm)	
4	138	187	390	25	53820
5	140	187	390	25	54600
6	140	187	390	25	54600

Tabela 14 - Valores do ensaio de análise dimensional (Convencional)
Autor: Autores: 2016

Para o cálculo da área bruta nas tabelas 11 e 12, foi utilizado a formula $A_b = b \cdot l$, onde "b" é igual à largura e "l" é comprimento do corpo de prova.

4.2.11.2 Ensaio da Absorção de água

O ensaio de absorção de água seguiu a metodologia e os critérios especificados pela NBR 12118 (ABNT, 2013) – "Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio".

Fora utilizada uma balança de precisão figura 41 (a) para realizar a aferição da massa dos blocos após sua permanência de 24 horas no ambiente do laboratório. Em seguida os blocos foram levados a uma estufa com temperatura ajustada de 110° C figura 41 (b), onde permaneceram por mais um período de 24 horas.

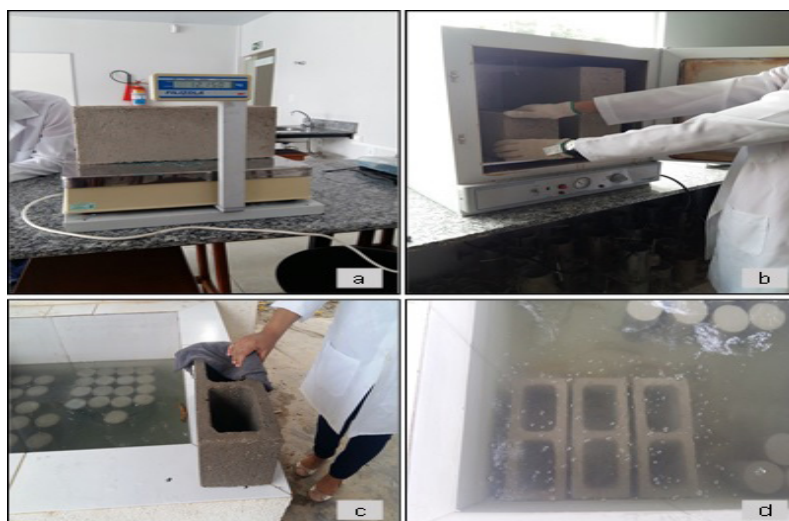


Figura 43 – Etapas do ensaio de absorção de água
Fonte: Autores:2016

Após esse período de secagem figura 41 (c), os blocos foram removidos da estufa e pesados para a obtenção de suas respectivas massas, o processo de pesagem dos blocos não excedeu 10 minutos, tempo máximo indicado pela norma para que os blocos permaneçam fora da estufa. Após essa segunda pesagem os blocos seguiram para a estufa por mais 2 horas e então foram pesados novamente. Nas tabelas 13 e 14 são apresentados os resultados da absorção de água dos blocos de concretos convencionais e com resíduos RCMG.

Depois de resfriados naturalmente, os blocos foram imergidos num tanque de cura figura 41 (d) permanecendo neste, por um período de 24 horas. Passado as 24 horas os blocos foram retirados da cura e pesados na condição de saturados. A determinação de ensaio e absorção – Saturação, segue as mesmas etapas do ensaio de secagens.

BLOCOS DE CONCRETO COM RCMG							
Blocos	Massa após 24 h (laboratório)	Massa após 24 h (estufa)	Massa após 2 h	Massa após 2 h	Massa Seca (Kg)	Massa Saturada (Kg)	Absorção de Água (%)
1	12.540	12.120	12.120	12.120	12.120	13.000	7,26
2	12.540	12.150	12.150	12.150	12.150	12.960	6,67
3	12.570	12.230	12.220	12.220	12.230	13.030	6,54

Tabela 15 - Ensaio da absorção de água (RCMG)
Autor: Autores:2016

BLOCOS DE CONCRETO CONVENCIONAL							
Blocos	Massa após 24 h (laboratório)	Massa após 24 h (estufa)	Massa após 2 h	Massa após 2 h	Massa Seca (Kg)	Massa Saturada (Kg)	Absorção de Água (%)
4	12.650	12.430	12.250	12.250	12.430	13.400	7,80
5	13.240	13.080	12.870	12.860	13.080	13.830	5,73
6	12.840	12.640	12.460	12.450	12.640	13.480	6,65

Tabela 16 - Ensaio da absorção de água (Convencional)
Autor: Autores:2016

4.2.11.3 Ensaio de resistência à Compressão

Para a determinação da resistência à compressão dos blocos de concreto foram utilizados os procedimentos preconizados pela norma brasileira, ABNT NBR 12118 -2010. Determinação da resistência aos 3 e 7 dias de idade. Essa norma orienta que nos corpos-de-prova, devem ser utilizados pastas ou argamassas para resistir as tensões do ensaio, as faces dos corpos-de-prova podem ser regularizadas por meio de uma retifica adequada ou pastas sobre o molde de capeamento, da qual a superfície não se deve distanciar do plano mais que 8×10^2 para cada 4×10^2 mm.

A superfície deve ser rígida e estar apoiada de modo a evitar modificações durante a ação do capeamento. O capeamento deve ser uniforme, no momento do ensaio não pode ter remendos, a espessura média do capeamento é de 3 mm figura (c). A força exercida é dividida pela área de topo do CP em cm^2 , temos então a relação de kgf (exercido pela máquina) por cm^2 , e então transformada para MPa, conforme está na tabela 15 e 16.



Figura 44 - Ensaio de resistência a compressão
Autor: Autores:2016

Esse ensaio deve possuir uma prensa que atenda os seguintes requisitos: ter dois pratos de apoio, de aço, um dos quais planeando a face superior do corpo-de-prova figura (a) e (b). Os pratos de apoio não devem apresentar desníveis superiores a 8×10^{-2} mm para cada 4×10^{-2} mm. As placas monolíticas de aço devem ter a espessura no mínimo, 50 mm para uma carga de até 1000 kN, 75 mm para uma carga de até 2000 kN e 100 mm para cada carga de até 3000 kN.

BLOCOS COM RESÍDUOS DE MARMORARIA – RCMG			
Idade (dias)	Corpo de Prova	Carga (T)	Resistência a Compressão (MPa)
3	BL1	8090	1,45
	BL2	10210	1,83
	BL3	9030	1,62
7	BL4	16570	2,98
	BL5	17500	3,14
	BL6	16990	3,05

Tabela 17 - Valores do ensaio de resistência à compressão (RCMG)
Autor: Autores:2016

BLOCOS CONVENCIONAL			
Idade (dias)	Corpo de Prova	Carga (T)	Resistência a Compressão (MPa)
3	BL1	8160	1,47
	BL2	6830	1,23
	BL3	7420	1,33

BLOCOS CONVENCIONAL			
Idade (dias)	Corpo de Prova	Carga (T)	Resistência a Compressão (MPa)
7	BL4	14420	2,23
	BL5	11998	2,15
	BL6	11760	2,11

Tabela 18 - Valores do ensaio de resistência à compressão (Convencional)

Autor: Autores: 2016

A máquina de ensaio deve atender aos requisitos da ABNT NBR NM 75001 e pertence à classe II no mínimo, deve ter os instrumentos que permitam a proporção da leitura de carga máxima com proximidade de mais ou menos 2%. Deve ser provida de dispositivos que assegure distribuição uniforme dos corpos de provas a ser capaz de transmitir a carga do modo progressivo sem choques.

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Como fora descrito no item 3.2.9, foram realizados seis ensaios; de resistência a compressão para cada tipo de concreto, com idades distintas de 14, 21 e 28 dias.

CONCRETO COM RESÍDUOS DE MARMORARIA - RCMG			
Idade (dias)	Corpo de Prova	Carga (T)	Resistência a Compressão (MPa)
14	CP1	7610	9,50
	CP2	8810	11,00
	CP3	8910	11,13
21	CP1	9540	11,91
	CP2	9910	12,37
	CP3	10710	13,37
28	CP1	11950	14,92
	CP2	11990	14,97

Tabela 19 - Valores médios de resistência à compressão (RCMG)

Autor: Autores: 2016



CONCRETO CONVENCIONAL			
Idade (dias)	Corpo de Prova	Carga (T)	Resistência a Compressão (MPa)
14	CP1	4440	5,54
	CP2	4720	5,89
	CP3	5510	6,88
21	CP1	5530	6,90
	CP2	5500	6,87
	CP3	5910	7,38
28	CP1	6520	8,14
	CP2	7020	8,77

Tabela 20 - Valores médios de resistência à compressão (Convencional)
Autor: Autores:2016

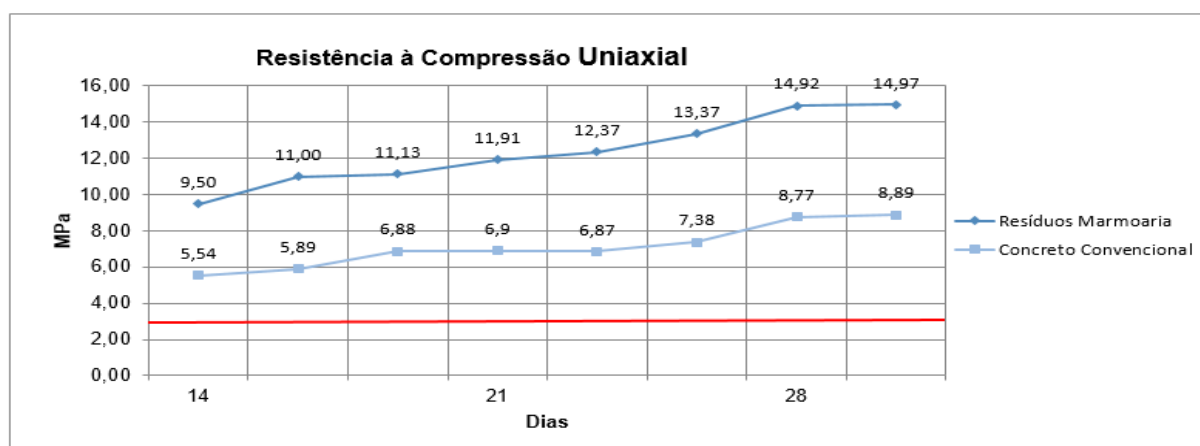


Gráfico 2 - Resistência dos Corpo de provas RCMG - Convencional
Autor: Autores:2016

Observa-se no gráfico 2 que todos os resultados alcançados com o ensaio de resistência à compressão descrito na tabela 19 (concreto com resíduos de marmorearia) são superiores aos resultados obtidos na tabela 20 (concreto convencional). Com isso é possível afirmar que há uma influência significativa do uso de resíduos (RCMG) em substituição aos agregados graúdos (brita de graduação 0 e pó da brita).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo do pressuposto de que os resíduos de marmoraria possuem um potencial poluidor, buscou-se uma alternativa frente a geração desses resíduos. Haja visto que os mesmos não possuem uma destinação final visando a sua reciclagem. O estudo da utilização dos resíduos de corte de mármore e granito (RCMG) no setor da construção civil visa contribuir para a redução do impacto ambiental devido a inadequada disposição destes resíduos.



O agregado extraído através do beneficiamento de rochas ornamentais, o corte das chapas de mármore e granito, apresentou características adequadas para a fabricação de blocos de concreto simples sem função estrutural. O presente estudo demonstrou que é viável o aproveitamento desses agregados (RCMG) para a fabricação de concretos sem nenhuma correção ou adição de aglomerantes ou agregado miúdo.

Fato este comprovado pela elevada resistência alcançada por todos os corpos de prova, atendendo o requisito mínimo de 3 MPa de acordo com a NBR 6136:2014. O concreto produzido com os resíduos de mármore e granito apresentou maior resistência mecânica e menor absorção de água devido ao efeito fíler que reduziu os espaços vazios da pasta de cimento garantindo as melhorias citadas (Alves, 2008). Pode-se ressaltar ainda a viabilidade econômica destes resíduos uma vez que estes resíduos não têm utilização em grande parte das marmorarias e o custo seria apenas com a logística desse material.

Diante disso, poder-se-ia realizar novas pesquisas que levem em consideração o uso dos resíduos de corte de mármore e granito (RCMG) para a fabricação de blocos vazados de concreto simples com função estrutural, uma vez que os resultados alcançados com o ensaio de compressão estão de acordo com os critérios exigidos para esse uso.

Sugere-se ainda o uso apenas de resíduos de rochas silicosas (granito) em substituição ao agregado convencional utilizado na fabricação de blocos, por apresentar maior grau de resistência e menor absorção de água em relação ao mármore.



REFERÊNCIAS

- ALVES, Moisés Silva. 2008. **Estudo das características e da viabilidade do uso de resíduos gerados no polimento de rochas graníticas como adição em concretos**. Programa de pós-graduação em construção civil UFMG, Belo Horizonte, MG.
- Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais – ABIROCHAS. **Balanco das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais em 2015**. 2015. 14p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11578**: Cimento Portland composto – Especificação. Rio de Janeiro, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 137**: Argamassa e concreto – Água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**: Agregado miúdo – Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- GONÇALVES, Jardel Pereira. Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos. 2000. 135 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre.
- History of Natural Stone Applications. Disponível em: <<http://marble.com/articles/history-of-natural-stone-applications#>>. Acesso em 28 abr. 2016.
- IDEMBURGO, Karina. Estudo do corte de rochas ornamentais utilizando disco diamantado. 2012. 161 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- Materiais de construção, 1 / coordenador L. A. Falcão Bauer; revisão técnica João Fernando Dias. – 5.ed. revisada, (reimpr.). – Rio de Janeiro: LTC, 2008. 488p.
- MAURO, Giovanna Callegari. Estudo do processo produtivo dos granitos no estado do espírito santo objetivando a aplicação destes na construção civil. 2011. 55 f. Monografia (Curso de especialização em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- MENEZES, Ricardo Gallart de. **Tecnologias de lavra em maciços rochosos**. 2005. 48 p. Monografia (Especialização em Tecnologia e Valorização em Rochas Ornamentais) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.
- PRESS, Frank et al. **Para entender a terra**. 4 ed. São Paulo: Bookman, 2006.
- REGADAS, Isaura Clotilde Martins da Costa. **Aspectos relacionados às lavras de granitos ornamentais com fio diamantado no norte do estado do Espírito Santo, Brasil**. 2006. 128 p. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
- VARGAS, Thais; MOTOKI, Akihisa; NEVES, José Luíz Peixoto. **Rochas ornamentais do brasil, seu modo**



de ocorrência geológica, variedade tipológica, exploração comercial e utilidades como materiais nobres de construção. 2001. 11 p. Artigo (Revista de Geociências) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.



AUTORES

Adriano Nunes Pereira

Graduado em Engenharia ambiental pela faculdade Pitágoras São Luís (2019), formado em técnico em informática pela instituição de estudo profissionalizante Fundação Bradesco (2017) onde atualmente trabalha.

Allen Gabriel Pereira Nogueira

Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Estruturas.

Ana Clara Pinho Rabelo

Graduada em Engenharia Ambiental, Pós-graduanda em Gestão, Licenciamento e Auditoria Ambiental. Atuou na monitoria da disciplina Meio Ambiente e Sustentabilidade. Além de participar dos projetos de extensão como: Adote uma Comunidade, no Bairro do São Raimundo, na Comunidade Novo Horizonte, realizado no período de 20 de Março de 2016 à 20 de Maio de 2016, , na qualidade de pesquisadora, onde foram levantados dados que caracterizaram as seguintes situações: Esgotamento Sanitário, Resíduos Sólidos Urbanos, Qualidade de Água e cuidados com a Dengue; Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Estado do Maranhão em parceria com a Universidade Federal Fluminense (UFF-RJ) e a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), um projeto que abrangeu 113 municípios do Estado, as equipes eram responsáveis por coletar dados dos quatro eixos do saneamento , além de capacitar os comitês de coordenação e execução de cada município. O projeto deu-se início no ano de 2017, tendo dado continuidade até o ano de 2019, participei participei do ano de 2017 e 2018 . Projeto de Fossa biodigestora para tratamento de esgoto e reutilização da água no meio rural como alternativa de acessibilidade e popularização, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - MA (FAPEMA) e apresentado na Semana de Tecnologia em Imperatriz - MA. Fez parte dos Jovens Profissionais do Saneamento (JPS), um programa vinculado a ABES, criado a partir da conscientização, sensibilização, formação e divulgação de conteúdos técnicos das áreas correlatas ao saneamento e da troca de knowhow.

André Fernandes Lima

Possui graduação em Engenharia Civil pela Faculdade Pitágoras de São Luís (2016). Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará – UFPA (2018) e aluno do MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas – FGV. Tem experiência na área de Construção Civil, Orçamento de Obras Públicas e Elaboração de Projetos Estruturais e Complementares.



Arthur Silva Soares

Especialista em Estruturas e Fundações, Possui graduação em Engenharia Civil (2016). Atualmente é Instrutor de Ensino Superior - SENAI - Departamento Regional do Maranhão e Faculdade Pitágoras . Tem experiência na área de Construção Civil, com ênfase em Estruturas e estudo de comportamento de Solos para Fundações. Especialização em Projeto, Execução e Desempenho de Estruturas e Fundações - Instituto de Pós-Graduação e Graduação, IPOG, Brasil.

Eduardo Mendonça Pinheiro

Doutorado em Agroecologia pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA, em andamento). Mestre em Agroecologia pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA, 2017). Especialista em Gestão Agroindustrial pela Universidade Federal de Lavras-MG (UFLA, 2006), Especialista em Engenharia de Produção pelo Centro Universitário Internacional (UNINTER, 2017). Graduado em Agronomia pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA, 2004), Licenciatura Plena pela Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL, 2008). Mestrado em Engenharia pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA, interrompido em 2014). Técnico Nível Superior - Engenheiro Agrônomo pela Secretaria Municipal de Agricultura, Pesca e Abastecimento de São Luís (SEMAPA). Sócio Proprietário da Editora Pascal LTDA. Professor substituto do Curso de Engenharia de Produção na Universidade Estadual do Maranhão (2014-2016). Professor dos cursos de Engenharia de Produção, Engenharia Mecânica e Engenharia Ambiental pela Faculdade Pitágoras/FAMA. Professor Conteudista e Pesquisador do Curso de Tecnologia de Alimentos pela UEMANET. Consultor pelo Programa Alimentos Seguros (PAS). Têm experiência em agricultura, gestão e processo produtivo industrial com ênfase em alimentos e bebidas. Já atuou como consultor e instrutor no setor de alimentos e bebidas pelo SENAI-MA (2004-2014). Atuou na Assessoria técnica na Secretária de Estado de Agricultura do Maranhão (2015-2017).

Eduardo Witalo Maia de Souza

Graduação em Engenharia Civil pela Faculdade Pitágoras São Luís Maranhão (2019), Especialização em Docência do ensino superior pelo Instituto Ser8 de Educação Superior (2020), Especializado em Engenharia da Qualidade e Seis Sigma pelo Instituto Ser8 de Educação Superior (2020).

Filipe Alexandrino Farias de Brito

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Maranhão. Estágio do LABCON da Universidade Estadual do Maranhão.



Glauce Danielle Gonçalves dos Santos

Graduada em Engenharia Ambiental pela faculdade Pitágoras de São Luís – MA (2019). Formada em Técnico em Meio Ambiente pelo Instituto Superior Francisco-IESF (2016). Já atuou como estagiária na Secretária de Saúde de São José de Ribamar nos setores de Vigilância Sanitária e Vigilância Ambiental.

Isabella Fernanda Gouveia Santos

Possui graduação em Engenharia Civil pela Faculdade Pitágoras (2020), graduação em Administração pela Faculdade Estácio (2013). Autora de trabalhos de conclusão de curso, como: Pavimentos Flexíveis: Estudo do Revestimento Areia Asfalto Usinado a Quente e as Patologias Causada Pela Má Aplicação Desse Revestimento. Análise do Ambiente Organizacional: Uma abordagem sobre a empresa Pavetec Construções LTDA.

Jacyara Araujo Costa

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Maranhão (2008) e Graduada em Tecnologia em Eletrônica Industrial (2003) pelo CEFET-MA, Especialização em Engenharia Ferroviária pela Universidade Estácio de Sá-RJ (2015) e Especialização em Engenharia Geotécnica pelo Instituto Navigare (em curso). Experiência em desenvolvimento de Projetos, atuando principalmente em hidrologia, solos e pavimentação; Implantação e Fiscalização de Obras Industriais envolvendo execução e fiscalização, compatibilização de projetos, coordenação de mão de obra, controle de qualidade, suprimentos e controle de orçamento, medições. Experiência em Orçamentação de Obras através do Sicro II. Programas em Autocad e Geoslope. Experiência em Coordenadoria de Projetos e Planejamento, orçamentos, fiscalização de serviços terceirizados, além de medições. Desenvolvimento de projetos para empresas como VLI/FNS, VALE, Petrobrás, Geramar, Alcoa, Eneva, dentre outras.

James Werllen de Jesus Azevedo

Graduação em Ciências Aquáticas pela Universidade Federal do Maranhão. Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas por esta mesma Universidade. Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal (Rede-BIONORTE). Tenho experiência na área de Recursos Pesqueiros, Aquicultura, Gestão Ambiental, Avaliação de Impactos Ambientais atuando principalmente nos seguintes temas: ecologia, estatística uni e multivariada, sustentabilidade e pesquisa. Atualmente sou professor adjunto da Universidade Federal do Maranhão, vinculado à coordenação de Engenharia de Pesca campus Pinheiro-MA.



Joelber Costa de Oliveira

Mestrando em Processos Construtivos e Saneamento Urbano pela Universidade Federal do Pará - UFPA; Especialista em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos pelo Instituto Federal do Ceará - IFCE, em parceria com a Agência Nacional de Águas - ANA; Tecnólogo em Gestão em Saúde e Segurança do Trabalho pela Universidade Estadual do Maranhão - UEMA; Possui graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Ceuma. Tem experiência na área de Ciências Ambientais.

Jurandir Amorim Moraes Filho

Técnico em Edificações pelo Senai (2008). Projetista Cadista na Fundação Sossândrade de Apoio a UFMA, programa de regularização fundiária do governo do estado do Maranhão (Atual). Técnico Laboratorista do Laboratório de Concreto e Materiais de Construção da UEMA, desenvolvendo projetos voltados ao uso de materiais alternativos incorporados ao concreto (Atual). Graduando de Engenharia Civil pela Faculdade Pitágoras de São Luís. Pós Graduando Latus Senso em Docência do Ensino Superior pela instituição Dom Alberto. Co-autor de artigos científicos, como: Utilização de cinza volante como substituto parcial do cimento Portland na confecção de bloquetes.

Letícia Coelho Madeira

Graduada em Engenharia Ambiental pela faculdade Pitágoras de São Luís (2019).

Mariana dos Santos Nascimento

Graduada em Engenharia Ambiental, Pós-graduanda em Direito Ambiental. Atuou na monitoria da disciplina Meio Ambiente e Sustentabilidade. Além de participar dos projetos de extensão como extensão como Adote uma Comunidade, no Bairro do São Raimundo, na Comunidade Novo Horizonte, realizado no período de 20 de Março de 2016 à 20 de Maio de 2016, , na qualidade de pesquisadora, onde foram levantados dados que caracterizaram as seguintes situações: Esgotamento Sanitário, Resíduos Sólidos Urbanos, Qualidade de Água e cuidados com a Dengue; Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Estado do Maranhão em parceria com a Universidade Federal Fluminense (UFF-RJ) e a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), um projeto que abrangeu 113 municípios do Estado, as equipes eram responsáveis por coletar dados dos quatro eixos do saneamento , além de capacitar os comitês de coordenação e execução de cada município. O projeto deu-se início no ano de 2017, tendo dado continuidade até o ano de 2019, porém só participei do ano de 2017 e 2018 , e o projeto de Fossa biodigestora para tratamento de esgoto e reutilização da água no meio rural como alternativa de acessibilidade e popularização, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico - MA (FAPEMA) e apresentado na Semana de Tecnologia em Imperatriz - MA. Fez parte dos Jovens Profissionais do Saneamento (JPS), um



programa vinculado a ABES, criado a partir da conscientização, sensibilização, formação e divulgação de conteúdos técnicos das áreas correlatas ao saneamento e da troca de knowhow.

Mariana Nunes de Oliveira

Graduada em Engenharia Ambiental pela Faculdade Pitágoras de São Luís/MA (2019). Estagiou no período de três meses na Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Naturais do Estado do Maranhão - Sema (2018). Atualmente é coordenadora Adjunta do CREA JUNIOR MARANHÃO (2020). Atualmente é Estagiária na M assessoria e Consultoria.

Naara Suzany da Silva Reis

Graduada em Engenharia Ambiental, Pós-graduanda em Perícia e Auditoria Ambiental e Engenharia de Segurança do Trabalho. Atuou na monitoria da disciplina Meio Ambiente e Sustentabilidade. Além de participar dos projetos de extensão como extensão como Adote uma Comunidade, no Bairro do São Raimundo, na Comunidade Novo Horizonte, realizado no período de 20 de Março de 2016 à 20 de Maio de 2016, , na qualidade de pesquisadora, onde foram levantados dados que caracterizaram as seguintes situações: Esgotamento Sanitário, Resíduos Sólidos Urbanos, Qualidade de Água e cuidados com a Dengue; Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Estado do Maranhão em parceria com a Universidade Federal Fluminense (UFF-RJ) e a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), um projeto que abrangeu 113 municípios do Estado, as equipes eram responsáveis por coletar dados dos quatro eixos do saneamento , além de capacitar os comitês de coordenação e execução de cada município. O projeto deu-se início no ano de 2017, tendo dado continuidade ate o ano de 2019, porem só participei do ano de 2017 e 2018 , e o projeto de Fossa biodigestora para tratamento de esgoto e reutilização da água no meio rural como alternativa de acessibilidade e popularização, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa ao Desenvolv. Científico e Tecnológico - MA (FAPE-MA) e apresentado na Semana de Tecnologia em Imperatriz - MA. Fez parte dos Jovens Profissionais do Saneamento (JPS), um programa vinculado a ABES, criado a partir da conscientização, sensibilização, formação e divulgação de conteúdos técnicos das áreas correlatas ao saneamento e da troca de knowhow.



Roberto Silva de Queiroz

Engenheiro Civil com 13 anos de experiência na área de gerenciamento, planejamento e controle de obras. É graduado pela Universidade Federal de Santa Catarina (2007) e MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (2013). Trabalha na iniciativa privada com Gerenciamento de Projetos atuando nos mais variados tipos de situações, projetos e compromissos, conquistando os objetivos propostos dentro de um prazo e de um parâmetro de qualidade determinados, sempre cumprindo o cronograma e orçamento. Atua em obras de médio e grande porte, industriais, comerciais, residenciais ou públicas, nas áreas de coordenação, fiscalização e qualidade, focado em resultados com base em custo, prazo e qualidade, norteados por políticas sólidas em Saúde, Segurança e Meio Ambiente.

Samia Raquel F. Carvalho

Graduada em Engenharia Civil, pela Faculdade Pitágoras de São Luís - MA (Kroton Educacional - Organização Educacional) - 2016; Tecnóloga em Eletromecânica pelo IFMA (Instituto Federal do Maranhão) - 2014; Pós-graduada em Engenharia de Segurança no Trabalho pela Faculdade Laboro - 2019; Graduando em Engenharia Ambiental pela Faculdade Pitágoras de São Luís - MA (Kroton Educacional - Organização Educacional); Coordenadora do Projeto "Hipervulneráveis e o acesso ao Saneamento básico: do esgoto ao mínimo existencial", conhecido como Defensores do Saneamento, teve Premiação na Competição INOVAR e na I Competição do Conhecimento - 2016/2017.

Welane Patrícia Nunes Do Nascimento

Possui graduação em Engenharia Civil pela Faculdade Pitágoras de São Luís (2016). Aluna do MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas - FGV. Tem experiência na área de Construção Civil, Obras Ferroviárias, Projetos e Orçamentos e Sistemas de Gestão de Convênios e Contratos de Obras Públicas.

Wellington Santos Araújo

Possui graduação em Licenciatura em Física pelo Instituto Federal do Maranhão (2009), com experiência na área da Docência desde 2009, Pós Graduação em Matemática e estatística e Estudante de Mestrado na Área do ensino de Física Com ênfase em Física Geral e Experimental Mecânica, Física Geral e Experimental Energia, Física Geral e Experimental Eletromagnetismo, Gravitação, Onda, Termodinâmica, Eletromagnetismo, Ótica e Física Moderna, Probabilidade e Estatística, Métodos quantitativa, Cálculo Vetorial, Empreendedorismo, Sistema de Informação Gerencial. Professor de Física do Ensino Fundamental, Médio e Superior Professor de Matemática do Ensino Fundamental, Médio e Superior.



ORGANIZADORES

Clebson Santos Cândido



Graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual do Maranhão (2008), Graduação em Química pela Universidade Cruzeiro do Sul (2016), Especialização em Auditoria e Perícia Ambiental pela Universidade Gama Filho (2011), Especialização em Recursos Hídricos pelo Instituto Federal do Ceará (2018), Mestrado em Agroecologia pela Universidade Estadual do Maranhão (2011) e Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia pela Universidade Federal do Maranhão (2018). Tem experiência na área de Química, com ênfase em Química Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: hidráulica, hidrologia, solos e materiais alternativos para cons-

trução civil.

Marcos André Silva Araújo



Possui graduação em Engenharia civil pela faculdade Pitágoras (2020), possui pós graduação *latus sensu* em Docência do ensino Superior pela instituição Dom Alberto (2020). Fundador e membro da GPIC, Grupo de Pesquisas e Iniciação Científica, com ênfase nos mais diversos seguimentos de Pesquisas voltado para engenharia civil. Autor e Co-autor de artigos científicos como, tipos de fundações e suas aplicações. Argamassa com Adição de Poliuretano no Setor da Construção Civil. Patologia em Estrutura Metálicas e Métodos para Combatê-las. Pavimentos Fléxiveis: Estudo do Revestimento Areia Asfalto Usinado a Quente e as Patologias Causada Pela Má Aplicação Desse Re-

vestimento. Argamassa; Classificações e Aplicações. Aproveitamento de Resíduos de Marmoraria para Fabricação de Blocos de Concreto sem Função estrutural. Utilização de Cinza Volante como Aglomerante na Confecção de bloquetes, Meio-fio e banco de Concreto. Utilização de Cinza Volante como Substituto Parcial do Cimento Portland na Confecção de Bloquetes.



A engenharia é um curso que abre caminho para diversas áreas. Seguir a área da Engenharia é uma ótima opção para pessoas com criatividade, imaginação e que gostam de desafios. A Engenharia como um todo é fascinante.

Algumas características de Engenheiros é saber identificar e solucionar problemas, pois assim o profissional poderá desenvolver-se intelectualmente e enxergar as soluções necessárias para a otimização de seu trabalho.

Além do conhecimento na engenharia, é importante saber utilizar os conhecimentos adquiridos, para comunicação com eficácia. Desta forma, para o sucesso profissional, é necessário a qualidade do trabalho realizado e a habilidade de fazer com que as pessoas entendam o que foi feito. Ser compreendido é tão importante quanto ser competente tecnicamente.

Estudar não é apenas captar um assunto, mas principalmente organizar na mente, com fluidez, continuidade e encadeamento lógico, diversos tópicos, formando uma postura crítica e coerente, estabelecendo relações entre o assunto aprendido e o mundo a nossa volta.

Conhecer as diversas áreas da Engenharia é de fundamental importância para decidirmos que em que área iremos atuar, desta forma a coletânea a seguir nos mostrará diversas vertentes deste aspecto.

