

# Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil

Atena Editora



 Editora  
**Atena**  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

Ano  
**2018**

Atena Editora

**IMPACTOS DAS TECNOLOGIAS NA ENGENHARIA  
CIVIL**

---

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora  
Copyright © da Atena Editora  
**Editora Chefe:** *Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira*  
**Edição de Arte e Capa:** *Geraldo Alves*  
**Revisão:** *Os autores*

**Conselho Editorial**

Profª Drª Adriana Regina Redivo – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez – Universidad Distrital de Bogotá-Colombia  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª. Drª. Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª. Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª. Drª. Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> <b>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>
A864i Atena Editora. Impactos das tecnologias na engenharia civil / Atena Editora. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. 12.908 kbytes  Formato: PDF ISBN 978-85-93243-56-1 DOI 10.22533/at.ed.561181412 Inclui bibliografia  1. Construção civil. 2. Engenharia civil. 3. Tecnologia. I. Título. CDD-690

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

2018

Proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem autorização da Atena Editora

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

E-mail: [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## Sumário

### CAPÍTULO I

ACESSIBILIDADE E SUA RELAÇÃO COM A SEGURANÇA NO TRÂNSITO: ESTUDO DAS CONDIÇÕES DAS CALÇADAS NA REGIÃO PERIFÉRICA DE BELÉM

*Regina Célia Brabo Ferreira, Thiago Cezar Oliveira e Saulo Elam Vilches da Costa.. 6*

### CAPÍTULO II

ALTERAÇÃO DO MÉTODO DE GRAVAÇÃO DE EIXOS FERROVIÁRIOS – UM ESTUDO DE CASO

*Marcus Vinicius Souza Dias e Giorgio Eugênio Oscare Giacaglia ..... 24*

### CAPÍTULO III

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE DIFERENTES CONCRETOS NA ADERÊNCIA COM A ARMADURA

*Tamiris Evangelista Martins e Wellington Mazer ..... 32*

### CAPÍTULO IV

ANÁLISE DA OCUPAÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE FRANCISCO BELTRÃO ATRAVÉS DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

*Tatiana Cristina Shneider Ghisi, Ediane Cristina Daleffe, Simone Minuzzo, Ticiane Sauer Pokrywiecki e Ney Lissandro Tabalipa ..... 52*

### CAPÍTULO V

ANÁLISE DE INDICADORES GEOMÉTRICOS PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS PARAMÉTRICOS EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES DE ENSINO FUNDAMENTAL

*Tiago Alves Cardoso, Ricardo Rocha de Oliveira, Matheus Henrique Anderle e Adriana de Paula Lacerda Santos..... 61*

### CAPÍTULO VI

APLICAÇÃO DE CONDUTO CORRUGADO EM AIR STRIPPING DE NITROGÊNIO AMONÍACAL

*Abel Sidney Bravin Junior, Thalita Pereira Delduque, Kátia Valéria Marques Cardoso Prates e Ajadir Fazolo..... 70*

### CAPÍTULO VII

AVALIAÇÃO DA TENACIDADE À FLEXÃO ENTRE PRISMAS E TUBOS DE CONCRETO COM FIBRAS DE AÇO

*Marco Antonio Barbosa de Oliveira, Bernardo Borges Pompeu Neto, Mike da Silva Pereira e Laércio Gouvêa Gomes..... 80*

### CAPÍTULO VIII

AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO FLEXÍVEL: ESTUDO DE CASO - TRECHO DA RODOVIA RN-016

*Deize Daiane Pinto Guilherme, Allan Araújo Veloso, Marcos Antonio Araújo Da Costa, Edvanilson Jackson Da Silva e Manoel Jobson Costa Da Silva ..... 88*

## CAPÍTULO IX

### COMPORTAMENTO DE SOLOS ESTABILIZADOS COM CCA, CAL E CIMENTO VISANDO APLICAÇÃO EM CAMADAS DE PAVIMENTOS

*Luís Eduardo Figueiredo de Carvalho, Elisa Degrandi Fochesato, Valkiria Zucchetto Padilha e Sílvia Santos.....* 96

## CAPÍTULO X

### CONCRETO REFORÇADO COM FIBRA DE POLIETILENO EM TÚNEIS

*Amauri Castilho Dias e Vitor Preto Guerra .....*105

## CAPÍTULO XI

### DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE COMPRESSIBILIDADE EM SOLOS PROVENIENTES DA FORMAÇÃO BARREIRAS EM MOSSORÓ-RN

*Jerfson Moura Lima, Marcelo Tavares Gurgel, Lucas Ramos da Costa e Bruno Ítalo Franco de Oliveira.....*115

## CAPÍTULO XII

### DIFERENTES TIPOS DE DOSAGENS DA CAMADA POROSA DE ATRITO UTILIZANDO NANO FIBRAS DE GRAFENO.

*Bruno Henrique Simão Soares, Fábio Luis Neves Araújo e Maurides Paulo Dutra Junior.....*122

## CAPÍTULO XIII

### ESTUDO DOS RISCOS OCUPACIONAIS INERENTES AS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM EMISSORAS DE RÁDIO: O CASO DA RÁDIO OBELISCO DE PAU DOS FERROS-RN

*Carla Caroline Alves Carvalho, Luzia Luana da Silva Medeiros, Gabriel Ferreira da Silva, Sara Moraes da Silva e Almir Mariano Sousa Junior.....*144

## CAPÍTULO XIV

### GERENCIAMENTO DE COMUNICAÇÃO EM PROJETOS DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO

*Roberta Cristina de Abreu, Ana Lúcia Cabanas Nascimento e Marcos Yoshio Fujisawa .....*162

## CAPÍTULO XV

### INFLUÊNCIA DA PAVIMENTAÇÃO DAS RUAS NA TEMPERATURA DA CIDADE DE SOBRAL

*Rodrigo Nunes de Sousa, Francisco Yuri Rios Osterno e Gerson Luiz A Poliano Albuquerque.....*173

## CAPÍTULO XVI

### INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND PELA CINZA DE LODO DE ESGOTO PROVENIENTE DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO

*Tharlys Híkaro Pinheiro Silva, Hellen de Araújo Costa Rodrigues e Maria de Lourdes Teixeira Moreira.....*181

CAPÍTULO XVII

LOCALIZAÇÃO DE CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO LOGÍSTICO: UMA QUESTÃO ESTRATÉGICA

*Magalhães, Renato Sandi, Sawamura, Henrique Haruo, Silva, Ingrid Lemos Caetano, Silva, Marcio Araujo Costa e Freitas Jr., Moacir.....191*

CAPÍTULO XVIII

NOVA TRANSVERSAL FERROVIARIA ALPINA (NTFA): IMPACTOS SOCIAIS E ECONÔMICOS

*Amauri Castilho Dias, Jefherson Deconto, Edilson Redon Battini, Oliver Jürg Lips e Bruno Toribio Xavier.....200*

CAPÍTULO XIX

O EMPREGO DO BAMBU EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO

*Audrei Felipe Lucatelli, Káthia J. Bitencourt Franco, Gustavo Augusto Bebber e Michele Gheller Dias.....207*

CAPÍTULO XX

PAINEL LAMINADO DE MADEIRA E TETRA PAK

*Dixon Gomes Afonso, Suelem Marina de Araújo Pontes, Daniel do Nascimento Lima e Claudiane Beatriz Gurgel do Amaral Canto Sales.....237*

CAPÍTULO XXI

REABILITAÇÃO DA FACHADA EM MÁRMORE DE UM EDIFÍCIO – ESTUDO DE CASO

*Angélica Arruda de Oliveira, Juliana Maria Mccartney da Fonseca, Rogério Rodrigues Sousa, Angelo Just Da Costa e Silva e Dione Luiza da Silva.....244*

CAPÍTULO XXII

REUSO DE ÁGUA E USO DA ENERGIA SOLAR

*Julio Cesar Ludwig, Marcelo Petrycoski, Michelle Gheller Dias. e Vitor Guerra .....251*

CAPÍTULO XXIII

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS

*Leandro Sbarain e Adernanda Paula dos Santos.....263*

*Sobre os autores.....280*

# **CAPÍTULO I**

## **ACESSIBILIDADE E SUA RELAÇÃO COM A SEGURANÇA NO TRÂNSITO: ESTUDO DAS CONDIÇÕES DAS CALÇADAS NA REGIÃO PERIFÉRICA DE BELÉM**

---

**Regina Célia Brabo Ferreira  
Thiago Cezar Oliveira  
Saulo Elam Vilches da Costa**

# ACESSIBILIDADE E SUA RELAÇÃO COM A SEGURANÇA NO TRÂNSITO: ESTUDO DAS CONDIÇÕES DAS CALÇADAS NA REGIÃO PERIFÉRICA DE BELÉM

**Regina Célia Brabo Ferreira**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Civil  
Belém - Pará

**Thiago Cezar Oliveira**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Civil  
Belém - Pará

**Saulo Elam Vilches da Costa**

Engenheiro Civil  
Belém - Pará

**RESUMO:** O espaço para circulação do pedestre no meio urbano é a calçada. Existem leis e normas que regulamentam suas dimensões e promovem adaptações para a circulação de portadores de necessidades especiais. Este trabalho tem como objetivo verificar se as condições das calçadas da área periférica de Belém estão de acordo com NBR 9050/15 e o Código de Postura Municipal, e a sua relação com a segurança no trânsito da cidade. Para tanto, foi feita uma comparação entre o que as legislações ordenam e a realidade encontrada nas calçadas, registradas por meio de pesquisa visual e levantamento físico, identificando a potencialidade de conflitos dentre os componentes de trânsito, e sua não aplicabilidade das normas. Este fato gera passeios irregulares e consequentes acidentes de trânsito, colocando em constante risco a circulação dos pedestres. Ao final foi estudado o caso específico da Rua Tambés, comprovando que as calçadas na periferia de Belém são inseguras, precárias e geralmente obstruídas, fruto de uma ocupação desordenada, falta de conscientização dos proprietários dos lotes e descaso do poder público. Aponta-se a necessidade de definição quanto à responsabilidade da execução da calçada na legislação municipal e de se ter um guia de como a calçada deve ser feita para garantir uma padronização e segurança ao pedestre.

**PALAVRAS-CHAVE:** Acessibilidade, Calçadas, Código de Postura, NBR 9050/15, Segurança.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização, o homem já carecia o desejo de ir e vir. Deslocava-se de um lado para o outro em busca de alimentos ou lugares melhores para habitar. Desbravava florestas e montanhas, atravessando rios e pântanos em sua jornada de locomoção, enfrentando obstáculos dos mais diversos e perigosos, marcando o seu trajeto de ida e volta para não se perder, buscando melhorar o seu caminho para melhor viver.

Nos tempos modernos, as leis vêm buscando garantir o direito à população de ir e vir com segurança, mas para usufruir desse direito em segurança são



necessários espaços de circulação adequados para todos os participantes do trânsito, sobretudo os pedestres, considerado o elemento mais vulnerável na circulação. Contudo, o crescimento desordenado das cidades, associado a vários fatores, vem comprometendo a segurança desse agente no tráfego urbano.

O espaço para a calçada é definido por uma legislação municipal, onde regulamenta suas dimensões mínimas, contudo, dependendo do município, a lei que a regulamenta não deixa claro a quem compete sua construção e manutenção, se ao poder público ou ao morador, este fato ocorre em muitas das cidades brasileiras. Em algumas cidades, é obrigação do proprietário do imóvel adjacente; em outras, do poder público. Ainda, existem casos onde o dever é dividido entre ambos. Daí tem-se a primeira problemática, pois não estando claro a quem cabe à responsabilidade, fica mais difícil cobrança de melhorias.

Outro fator presente nas cidades é a diferença de infraestrutura entre a área central e a periferia. A área central apresenta uma infraestrutura com melhor situação que a zona periférica, pois possui vias e calçadas, na sua maioria, pavimentadas, o que ocorre até mesmo pelo maior valor que se paga para ter imóvel na área central. E ainda assim, nota-se que as calçadas não são padronizadas em sua totalidade, apresentando vários problemas ao caminhar.

Mesmo diante do crescimento da frota de veículos, andar a pé faz parte do dia a dia de milhões de pessoas, que precisam ser cada vez mais atenciosas para não sofrer acidentes. Dados divulgados pela Seguradora Líder-DPVAT (2015) apontam para a importância da preocupação com a segurança do pedestre no Brasil: do total das 652.349 mil indenizações pagas à população em 2015, 18% foram para pedestres. Esse tipo de vítima, aliás, é a que mais sofre acidentes fatais, representando, em 2015, 27% das indenizações por morte, com mais de 11 mil casos. O automóvel é o principal vilão em acidentes com mortes de pedestres, representando 55% das indenizações pagas do Seguro DPVAT (Seguradora Líder-DPVAT, 2015).

A cidade de Belém reflete bem essa realidade, pois apresenta vários problemas de mobilidade por ausência e/ou precariedade das condições de calçadas, sendo comum encontrar ao caminhar, principalmente na periferia da cidade, obstáculos que comprometem a segurança do trânsito dos transeuntes. Este fato remete aos dados levantados pela Secretaria Municipal de Saúde, em parceria com o Detran e o Samu, revelando que somente no primeiro semestre do ano de 2014 ocorreram 115 atropelamentos que deram entrada em hospitais, sem contar os que não são computados. Desses acidentes, cerca de 80% foi na periferia de Belém (BELÉM, 2014).

Dentro desse contexto, o objetivo desse trabalho é analisar se as calçadas da área periférica de Belém estão de acordo com a NBR 9050/15 (Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos) e o Código de Postura Municipal (BELÉM, 1977), e a sua relação com a segurança no trânsito da cidade, de modo a dar subsídios para melhorias que garantem a segurança do meio urbano.

## 2. A CALÇADA E SEUS RESPONSÁVEIS

Para o Código de Trânsito Brasileiro (CTB, 1998), passeio público ou calçada é a parte da via pública, normalmente segregada e em nível diferente, destinada à circulação de qualquer pessoa, independente de idade, estatura, limitação de mobilidade ou percepção, com autonomia e segurança.

Se a calçada faz parte da via pública, a quem compete sua construção e manutenção? Esse questionamento causa ainda polêmica em várias cidades no Brasil e no mundo. Aguiar (2003), ao estudar sobre as calçadas em São Paulo, revela que apesar de a população contribuir com o pagamento de taxas de conservação e manutenção de vias e calçadas, a ausência da ação dos órgãos competentes faz com que o pedestre não receba a atenção necessária e adequada dentro do sistema de transporte, embora as legislações municipais, estaduais e federais privilegiem os pedestres em leis e códigos, entre outros, que os define como prioritários na circulação urbana. É a ABNT que apresenta inúmeros padrões e medidas para calçamentos, sem apresentar um ideal, mas sempre orientando sobre a importância da acessibilidade nas obras.

O trabalho de Rocha (2015) faz uma discussão sobre o assunto, onde cada cidade adota um modelo diferente acerca da responsabilidade sobre a calçada. Segundo a autora, há três passos básicos para garantir o nascimento e a vida longa de uma calçada: **planejamento, construção e manutenção**. Contudo, a existência de calçadas 'órfãs' são frequentemente comuns porque a responsabilidade por essas tarefas não é clara.

Algumas cidades o poder público é responsável tanto pela construção como manutenção da calçada. Outras atribuem esse dever ao proprietário do lote adjacente, e existem casos em que essa responsabilidade é dividida, tanto ao poder público quanto ao morador.

Os dados apresentados por Rocha (2015) revelam que no Brasil, a maior responsabilidade fica a cargo dos proprietários dos lotes, acarretando várias polêmicas sobre o assunto. Cerca de 61% dos moradores entrevistados em uma enquete eletrônica em 2012, sobre a quem cabe construir e manter as calçadas, opinaram que deveriam ser das prefeituras, por ser um bem público (ROCHA, 2015).

O que se discute e requer atenção é como melhorar, atrair e garantir a circulação dos pedestres nas cidades, que cada vez mais estão deixando de andar a pé pela falta de segurança.

Para reverter esse quadro, algumas cidades estão delegando funções, respaldado por legislações quanto a execução e controle das calçadas.

Nova York, São Paulo e Porto Alegre são exemplos dados por Rocha (2015) de cidades onde os moradores são responsáveis pela calçada. Nestes casos as prefeituras efetuam programas de incentivo aos proprietários, fornecendo cartilhas com padrões para execução, fiscalizando e notificando caso de descumprimento.

As cidades de responsabilidade das prefeituras cita-se Austin, no Texas, Washigton D.C e Londres. Neste caso os moradores que fiscalizam e solicitam os reparos. Contudo, a execução está sempre vinculada à disponibilidade de recursos.

Quando a calçada possui responsabilidade compartilhada entre governo e morador, a exemplo da cidade de San Diego, na Califórnia, o reparo nas calçadas vai depender de quem ocasionou o dano. Se for por algum problema público, a prefeitura é encarregada. Se for ocasionada por proprietário privado, este é responsabilizado e deve reparar a calçada.

Para Rocha (2015), essa discussão envolve não apenas questões econômicas, mas também técnicas e políticas. Melhorar e esclarecer a legislação, incentivar princípios de cidadania e conscientização do uso do bem público são práticas que devem ser adotados para minimizar os problemas de circulação dos pedestres.

### 3. A CALÇADA IDEAL

Em muitas cidades brasileiras, independentemente da responsabilidade da construção e manutenção da calçada ser da prefeitura ou do morador, já se discute pelos órgãos de construções, o modelo de “Calçada Ideal”. Algumas instituições adotam esse causa e promovem informações de como uma calçada deve ser para atender os deslocamentos de todos, seja portador de necessidades especiais ou não, orientando inclusive o poder público como se planejar executar uma calçada.

Baseados em fundamentos de engenharia de tráfego, como HCM (TRB, 2010) e legislações como NBR 9050/2015, discute-se como deveria ser uma calçada ideal. E a literatura nos aponta que esta calçada deve ser dividida em faixas (Figura 1), a saber:

- **Faixa de serviço** – Destinada à colocação de árvores, rampas de acesso para veículos ou portadores de deficiências, poste de iluminação, sinalização de trânsito e mobiliário urbano como bancos, floreiras, telefones, caixa de correio e lixeiras, com largura mínima de 0,75 m.
- **Faixa livre** – Área do passeio ou calçada, de largura mínima de 1,20 m, destinada exclusivamente à circulação de pedestres., conforme NBR 9050:2015.
- **Faixa de acesso** – Área em frente a imóvel ou terreno, onde podem estar à vegetação, rampas, toldos, propaganda e mobiliário móvel como mesas de bar e floreiras, desde que não impeçam o acesso aos imóveis. É, portanto, uma faixa de apoio à sua propriedade.



Figura 1. Rebaixamento de travessia de pedestres

Fonte: (CREA-BA, 2009).

Além disso, no Guia Prático de Construção de Calçadas (CREA-BA, 2009), certifica que a calçada ideal deve oferecer: acessibilidade – assegurar a completa mobilidade dos usuários; largura adequada – deve atender as dimensões mínimas na faixa livre; fluidez – os pedestres devem conseguir andar a velocidade constante; continuidade – piso liso e antiderrapante, mesmo quando molhado, quase horizontal, com declividade transversal para escoamento de águas pluviais de não mais de 3%. Não devem existir obstáculos dentro do espaço livre ocupado pelos pedestres. Dar segurança – não oferece aos pedestres nenhum perigo de queda ou tropeço; espaço de socialização – deve oferecer espaços de encontro entre as pessoas para a interação social na área pública. Sinalização tátil – composição do piso tátil de alerta (Para situações de risco) e direcional. Rebaixamentos e inclinações que assegure a passagem de pedestres.

#### 4. LEGISLAÇÕES E SUAS APLICAÇÕES NA ÁREA PERIFÉRICA DE BELÉM

A cidade de Belém, capital do Estado do Pará, em 400 anos de história, possui uma população cerca de 1.500.000 habitantes (BRASIL, 2015), IDH de 0,74, o maior da região norte. O município possui uma área de 1 064,918 km<sup>2</sup>, divididos em um total de 75 bairros oficiais, distribuídos em 8 distritos administrativos (BELÉM, 2016).

A Figura 2 mostra o mapa de Belém com seus bairros. Neste mapa foi delimitado o que se considera como área central e periférica da cidade. A área central possui uma predominância de melhor infraestrutura comparada às demais regiões da cidade, geralmente nela se localizam os principais corredores de tráfego e os bairros mais nobres da cidade.

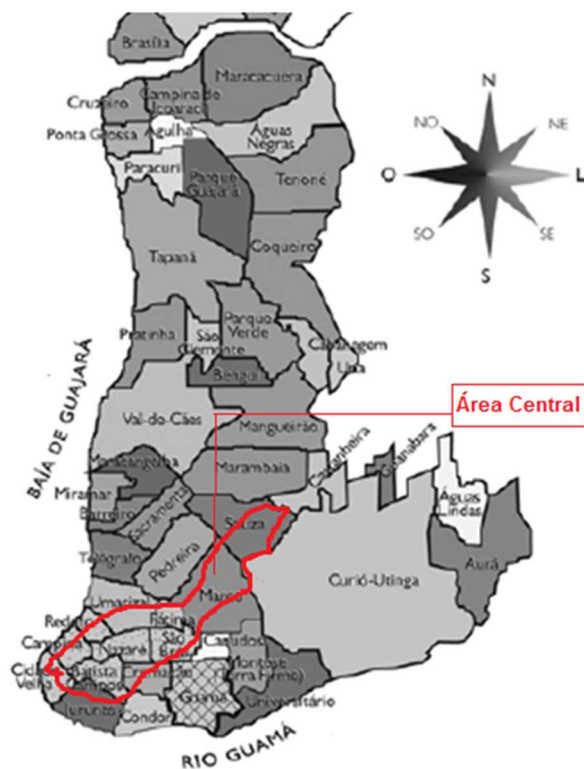


Figura 2: Mapa com delimitação da área de Belém. Fonte: Adaptado de PDU, 2008.

A área central, geralmente encontra-se o que seria ideal de condições de calçadas para pedestres. Observam-se passeios de maior largura, chegando, em média até 4,50 metros (Figura 3), obedecendo a um alinhamento padronizado, com sinalização tátil, desobstruídos de obstáculos que possam atrapalhar os usuários em seu percurso de ir e vir.

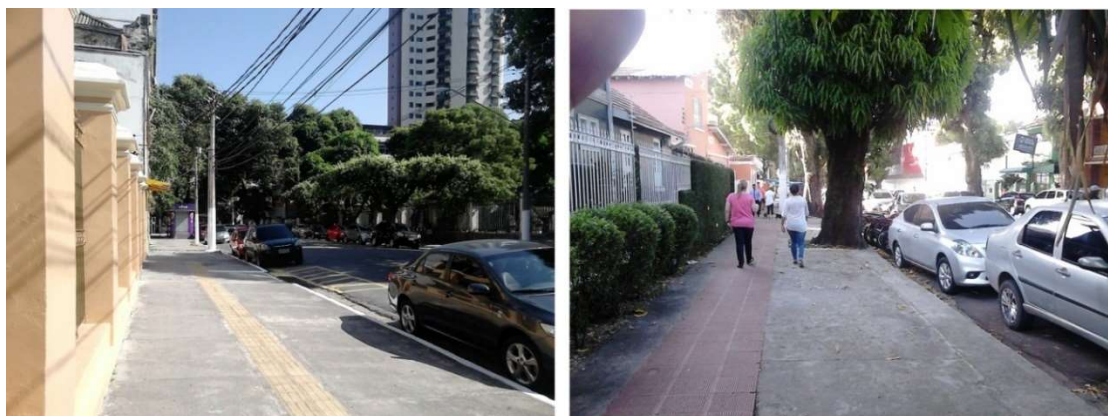


Figura 3. Passeios padronizados na Área Central

Fonte: Pesquisa de campo (Av. Serzedelo Corrêa e Tv. Presidente Pernambuco).

Por outro lado, a periferia de Belém tem como perfil, em sua maioria, a ocupação desordenada, onde muitas áreas foram invadidas, com lotes sem registros, sem padronização de arruamentos e sem preocupação e/ou conhecimento da necessidade de implantação dos serviços públicos de uma cidade. Com a consolidação da área é que a população solicita a legalização e os serviços de

infraestrutura para o local, o que muitas vezes se torna inviável por falta de espaço para a implantação de calçadas, vias com uma ou mais faixas de tráfego, ciclofaixas, etc. E assim surgem os conflitos que colocam em risco a segurança da população na mobilidade urbana.

Na área periférica, caminhar pelas calçadas quase nunca foi tranquilo, seguro e confortável, tornando-se, cada vez mais, uma espécie de disputa pelo espaço urbano entre os pedestres, vendedores ambulantes, veículos, etc., na qual, todos sempre perdem no final, pois as condições físicas e ambientais dos espaços urbanos destinados à circulação dos pedestres, quase nunca são as ideais. Em vez disso, ao invés de se constituírem em caminhos acessíveis e seguros, estes espaços acabam obrigando pedestres a enfrentarem obstáculos que, de certa forma, dificultam a sua movimentação, obrigando os transeuntes, muitas das vezes a caminharem pelo meio da rua.

Nem toda via na periferia possui calçamento, o que a torna difícil fazer um levantamento das condições das calçadas em lugares que não existe passeio. A Figura 4 mostra a Avenida Bernardo Sayão, próxima a Avenida José Bonifácio sem o calçamento para pedestres, que caiu pela erosão do solo.



Figura 4. Vista de ausência de passeio  
Fonte: Pesquisa de campo (Av. Bernardo Sayão)

Entretanto, quando se vê uma via com calçamento na periferia, mesmo não tendo largura reduzida, há bastantes interferências que tornam um desafio o acesso. É tão trabalhoso seu uso que é preferível andar pelo meio da via, correndo o risco de ser atropelado.

As legislações têm o papel de orientar e disciplinar o uso desses espaços, porém entre o que se propõe e a realidade, existe ainda uma grande diferença. A NBR 9050/04 preconiza os parâmetros para acessibilidade dos pedestres e o Código de Postura do Município regulamenta o uso de espaços públicos na cidade de Belém.

A partir disso, foi feita uma avaliação de alguns itens do tópico 6.10 da Norma com a real situação dos passeios em Belém. A Tabela 1 sintetiza a análise comparativa identificada.

Tabela 1. Principais problemas encontrados na região periférica de Belém segundo a NBR 9050/15

PARÂMETRO (NRB 9050)	DESCRIÇÃO (Realidade das calçada)
Inclinação	Inúmeras calçadas com inclinação superior a 8,33%
Interferência na Faixa livre	Muitos casos onde a faixa livre está obstruída com lixo doméstico, carro, ambulantes, comércio, obras irregulares.
Dimensão mínima de faixa livre	Não é considerado a largura mínima recomendável de 1,50 m na grande maioria dos casos.
Rebaixamento de calçadas para travessia de pedestres	Em muitas travessias de pedestres é inexistente rampas para facilitar o fluxo de pessoas, ou quando há não estão adequadas
Manutenção	Com buracos ou falhas em vários pontos, inexistência de manutenção

A figura 5 mostra imagens de problemas mais usuais encontrados na região periférica:



Figura 5. Exemplos de problemas na periferia.

Existem locais com pontos, nos passeios, onde a faixa livre está totalmente obstruída, como mostra a figura 12. Se uma pessoa que deveria transitar por essa calçada tiver algum tipo de deficiência, física, motora, seja cadeirante, precise utilizar muletas, ou, por ser cardíaco, não puder fazer muito esforço, estará irremediavelmente impossibilitado de exercer seu direito de ir e vir.

Parece que as leis estão somente de enfeite na vida do morador que se acha o dono da rua e cria dificuldades para o acesso do pedestre. Ele domina o espaço

público, impõe limites, faz uma cerca, define altura e largura do passeio, impedindo que o pedestre possa caminhar.

Por onde se anda na periferia de Belém se vê tais abusos (Figura 6). E poucos reclamam, como se isso fosse algo normal, fosse algo a ser admitido num país, numa cidade paraense com mais 400 anos de idade.



Figura 6: Obstruções nas calçadas fazendo o pedestre caminhar no meio da rua, na área periférica de Belém.

Para completar, os infratores raramente são punidos ou notificados a uma mudança de conduta pela prefeitura de Belém. Alguns possuem a certeza da impunidade em um país que vive uma crise moral, por conta disso, usam e abusam do privilégio de não serem incomodados mesmo quando infringem o Código de Posturas.

## 5. ESTATÍSTICAS DE ACIDENTES

É comum em nossas cidades a presença de espaços desorganizados, normalmente na periferia, onde é frequente o desrespeito às posturas municipais e a ausência de infraestrutura. O trânsito de veículos e seus conflitos com os pedestres em busca de espaços são inevitável e, muitas das vezes causam acidentes e incidentes.

Não é difícil notar, que nossas calçadas estão em péssimas condições de uso, e que o pedestre ferido em quedas e escorregões, quase sempre permanece calado, isto é, não dispõe de tradição de fazer registro de ocorrência, tampouco de buscar compensação pelo prejuízo e danos morais sofridos. As quedas em calçadas ruins e, os atropelamentos leves, são encarados com certa vergonha pela vítima que busca fugir do foco de atenção dos transeuntes que a cercam, naquele momento de suposto constrangimento.

Segundo Nitahara (2014) como parte mais frágil do trânsito, o pedestre foi o segundo tipo de vítima que mais pediu indenizações do Seguro de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Vias Terrestres (Dpvat), depois dos motociclistas, somente no primeiro semestre. De acordo com levantamento da



Seguradora Líder-Dpvat, uma média diária de 370 pedestres, se envolveram em acidentes de trânsito, entre os que pediram indenização por morte, invalidez permanente e reembolso de despesas médicas.

Foram pagas 7.806 indenizações por morte de pedestre, uma média de 43 óbitos por dia, o que corresponde a 31% dos pagamentos por morte no período. Nos casos de invalidez permanente, foram mais de 50 mil indenizações para pedestres, 20% do total de casos desse tipo que acionaram o Dpvat.

Um dos registros que se conseguiu, mostra claramente que a falta de calçadas expõe os pedestres a risco de acidentes dos mais diversos. Ocorrido no distrito de Icoaraci, periferia de Belém, em março de 2015, uma câmera de segurança registrou o atropelamento de uma mulher (Figura 7). Divulgado no jornal local televisionado, O Liberal 1ª Ed. (CARRERA, 2015).



Figura 7: Pedestre atropelada por ônibus ao caminhar no meio da via. Fonte: CARRERA, Mar/2015).

Na descrição do acidente, através das filmagens e reportagens com os envolvidos (vítima, motorista e diretor do órgão responsável), observa-se que a vítima estava caminhando na via, junto ao meio fio, pois não havia calçada no local, e foi atropelada por um transporte coletivo por ônibus, quando este fazia uma curva, sendo atingida pela lateral traseira do veículo, jogando-a no chão. A vítima sofreu distensões musculares, sem fraturas.

Em nota sobre esse acidente, o diretor de Código de Postura da Secretaria Municipal de Urbanismo, em 2015, Jacinto Campina, informou que a Seurb identificou mais de mil pontos de calçadas irregulares. Segundo o diretor, 120 deles vão passar por obras e que em Icoaraci a secretaria ainda aguarda o levantamento. Ou seja, são mais de mil pontos de risco de acidentes em potencial, que poderiam ser evitados.

Porém, mesmo sem grandes registros oficiais, sabe-se que muitos acidentes acontecem em decorrência de não ter uma calçada adequada para caminhar, faltando comprovar o quanto esse fato interfere na mobilidade urbana da cidade, seja na área periférica ou na área central.

## 6. ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DA CALÇADA NA RUA TAMBÉS

Nesse estudo de caso escolhemos a Rua Tambés (Figura 8), localizada no bairro do Jurunas, região periférica da cidade, para exemplificar de forma mais pontual as condições das calçadas segundo parâmetros da NBR 9050 e do Código de Postura Municipal. Conhecida pelas grandes festas juninas de rua, a nossa amostra de análise compreende o perímetro entre Avenida Roberto Camelier, valiosa por escoar o trânsito do centro para a periferia, e Travessa Tupinambás, via que escoo o fluxo da periferia para o centro, importantes entrepostos de ligações que cortam o nosso objeto de estudo.

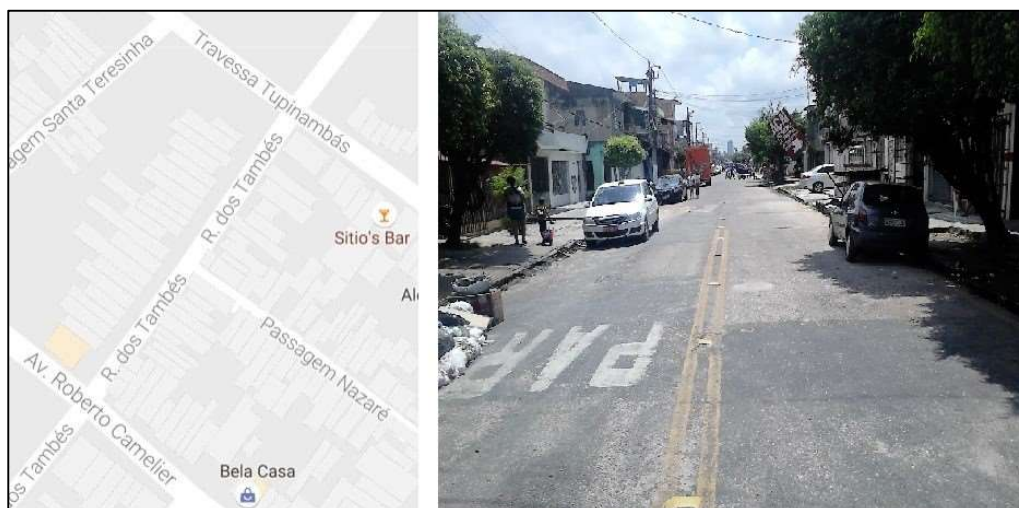


Figura 8: Localização e identificação da área.

O objeto de nosso estudo, não foi escolhido por acaso, pois já recebeu atenção do poder público, mesmo que insuficiente. A Rua Tambés foi asfaltada no segundo governo do Prefeito Edmilson Rodrigues (2000-2004) e recebeu calçamento dos dois lados da via.

### 6.1. METODOLOGIA APLICADA

O estudo foi estruturado em conceitos de acessibilidade, seguindo a padronização da NBR 9050 e a Lei nº 7055 do Código de Postura do Município de Belém. A metodologia aplicada foi à observação na pesquisa de campo, desenvolvida e estruturada através das seguintes atividades: vistoria de reconhecimento preliminar, identificação de locais que apresentem conflitos no trânsito, medições de

larguras, desníveis, interferências e outros dados, entrevista e coleta de depoimentos de pedestres insatisfeitos, registros fotográficos.

## 6.2. RESULTADOS

Foram coletadas as medidas da Rua Também no sentido Av. Roberto Camelier – Tv. Tupinambá, dividido em calçamento do lado direito e calçamento do lado esquerdo.

Tabela 2. Dados coletados da Rua Também

Medida	Valores(m)
Comprimento total da rua	131,50
Largura da pista	8,65
Largura da calçada direita da via	1,60
Largura da calçada esquerda da via	1,50
Alinhamento direito inicial	4,15
Alinhamento direito final	4,60
Alinhamento esquerdo inicial	5,85
Alinhamento esquerdo final	4,32

Após a vistoria de reconhecimento preliminar, caminhando pelo lado direito da via e regressando pelo calçamento do lado esquerdo, podemos constatar que quase todos os pedestres caminham na via, disputando o espaço com veículos, colocando-se em pleno risco de acidentes. Os problemas encontrados serão descritos a seguir: há obstruções de comércios ferindo a Lei Nº 7055, o Art. 30 do Código de Postura do Município de Belém (Figura 9):



Figura 9. Pontos comerciais de açai no calçamento.

Existem veículos estacionados nas calçadas (Figura 10), obrigando o pedestre a caminhar no meio da via, o que não é recomendado pela NBR 9050 - 6.10.6, a

qual descreve que a acomodação transversal de circulação deve ser dentro do lote do morador para não estreitar a largura do passeio.



Figura 10. Vista de veículo no meio do passeio.

Há vegetação instalada no meio da largura do passeio, além de placas, impedindo que pedestres se desloquem pelo calçamento, em desacordo com a NBR 9050 - 6.10.5 que fala que não deve haver interferências na faixa livre. Segundo a figura e:



Figura 11. Vista de vegetação e placas na calçada

Não existe rebaixamento para travessia de pedestres (Figura 12), para não haver desnível entre o término do rebaixamento da calçada e o leito carroçável conforme NBR 9050 - 6.10.11 que deveria ser da largura do passeio e bem sinalizada.



.Figura 12. Vista de esquina sem rebaixamento

Há declividade acentuada em alguns pontos, maior que 8,33 %, podendo propiciar área de escorregamento e acidente para deficientes, conforme a NBR 9050 - 6.10.3, que fala que essa inclinação não pode compor rota acessível. Veja Figura 13:



Figura 13. Vista de declividade transversal maior que 8.33%

Observa-se a largura da calçada de 1.50 m que atende a NBR 9050 - 6.10.4 onde cita as dimensões mínimas de faixa livre, porém, quando há duplas em trânsito, principalmente com crianças, em sentidos opostos, o passeio torna-se insuficiente para a demanda, uma vez que, não foi explorado o espaço maior do alinhamento (Figura 14).



Figura 14. Vista de pedestres fora da largura do passeio

Essa análise apresenta, de uma maneira geral, as condições das calçadas e hábitos da população na periferia, o que nos faz refletir algumas questões: Quem nunca teve dificuldades para se locomover, ao sair de casa, usando as calçadas irregulares das vias públicas? Quem nunca passou sufoco em seu caminhar nos passeios cheios de obstáculos que dificulta o ir e vir com segurança? Quando se quer ir andando a um lugar, o pedestre, ao sair de casa, tende a usar a via que lhe é destinado, que nesse caso é a calçada. Porém, é grande o transtorno ao usar o passeio público, principalmente aos portadores de necessidades especiais, onde as pessoas são obrigadas a caminhar no meio da rua ou avenida, disputando o espaço com veículos motorizados ou não. Essa dissonância entre os componentes do trânsito compromete a segurança de todos, principalmente, nas regiões periféricas das cidades, como foi mostrado.

## 7. CONCLUSÕES

Ao final deste estudo ficou evidente que as calçadas da área periférica de Belém não estão de acordo com a NBR 9050/04 e o Código de Postura Municipal. Essa situação precária é ocasionada pelo: abandono dos passeios por parte do estado, processo natural de deterioração decorrente do tempo de utilização, má execução de projetos ou ausência deles, desconhecimento dos moradores das leis de adequação e total falta de educação e respeito de muitos cidadãos.

No que tange à Legislação Municipal, há a necessidade de sua revisão para deixar claro a quem cabe a construção da calçada, e planejar uma política de subsídios, gratificações e informações para executar a calçada de maneira correta, de modo a incentivar os moradores e esclarecê-los que esse é um espaço de uso comum, pertencentes a todos, e valorizar sua padronização e manutenção.

As condições das calçadas têm relação direta com a segurança no trânsito, uma vez que, passeios mal cuidados causam quedas, lesões, traumas e inúmeros processos de recuperação que distanciam as boas relações de viver dos seres

humanos. Além de altos custos, tanto para o governo quanto a vítima. Entretanto, quando a via é bem projetada, com acostamento para veículos, ciclovias, calçamento dentro das normas de regulamentação, as pessoas circulam com segurança, diminuindo os riscos de acidentes e despesas do estado com reparação, aumentando a qualidade de vida de todos os cidadãos.

É fato que, muitos problemas do trânsito têm relação direta com a própria construção das cidades, à medida que esta construção é isenta de planejamento e de controle, obrigando o cidadão a conviver com o trânsito como ele se apresenta. Enquanto a própria cidade não é alterada, a convivência depende substancialmente do comportamento de cada indivíduo, de fazer valer o seu direito a uma circulação segura e rápida, respeitando o direito dos outros.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.** Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, RJ. 2015.

AGUIAR, F. O. **Análise de métodos para avaliação da qualidade de calçadas.** São Carlos, 2003. 111p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos. 2003.

BELÉM. Código de Postura do Município de Belém. **Lei nº 7.055**, de 30 de dezembro de 1977.

\_\_\_\_\_, Secretaria Municipal de Saúde. **Acidentes de trânsito em Belém.** Relatório Interno. 2014.

\_\_\_\_\_, **Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém – CODEM.** Distritos Administrativos de Belém. Disponível em: <http://www.belem.pa.gov.br/app/c2ms/v/?id=18&conteudo=4762>. Acesso em: mar/2016.

CARRERA, J. Falta de calçadas expõem pedestres a acidentes em Icoaraci, no Pará. **TV Liberal 1ª Ed.** Belém, mar/2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pa/para/noticia/2015/03/falta-de-calçadas-expoe-pedestres-riscos-de-acidentes-em-icoarac.html>>. Acessado em 23./08/2016. Reportagem: Jackie Carrera, imagem Álvaro Ribeiro, apresentação.

CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO: **Lei nº 9.503** de setembro /1997.

CREA – BA. **Guia Prático de construção de calçadas.** Disponível em: [http://www.creaba.org.br/Imagens/FCKimagens/12-2009/Guia\\_Pratico\\_web\\_Construcao\\_de\\_Calcadas\\_CREA.pdf](http://www.creaba.org.br/Imagens/FCKimagens/12-2009/Guia_Pratico_web_Construcao_de_Calcadas_CREA.pdf)

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico.** 2015.

Disponível em:  
[https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa\\_dou.shtm](https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_dou.shtm). Acesso em: set, 2016.

NITAHARA, A. Acidentes de trânsito matam 43 pessoas por dia no Brasil. 2014. **Agência Brasil**. Edição: Stênio Ribeiro. Disponível em <<http://www.ebc.com.br/noticias/brasil/2014/09/acidentes-de-transito-matam-43-pedestres-por-dia-no-brasil> >. Acessado em 23/08/2016.

ROCHA, P. S. Nossa Cidade: as calçadas e seus vários donos. In: **The City Fix Brasil**. Mobilidade Urbana Sustentável. Abril, 2015. Disponível em: <http://thecityfixbrasil.com/2015/04/15/nossa-cidade-a-calcada-e-seus-varios-donos/>. Acesso em: set, 2016.

SEGURADORA LIDER DPVAT. **Boletim estatístico Volume 04**. 2015. Disponível em: <http://www.seguradoralider.com.br/Documents/boletim-estatistico/Boletim-Estatistico-Ano-05-Volume-04.pdf>. Acessado em 13/09/2016.

TRB (2010) **Highway Capacity Manual 2010**. Transportation Research Board, Washington, D.C.



## **CAPÍTULO II**

### **ALTERAÇÃO DO MÉTODO DE GRAVAÇÃO DE EIXOS FERROVIÁRIOS – UM ESTUDO DE CASO**

---

**Marcus Vinicius Souza Dias  
Giorgio Eugênio Oscare Giacaglia**

# ALTERAÇÃO DO MÉTODO DE GRAVAÇÃO DE EIXOS FERROVIÁRIOS – UM ESTUDO DE CASO

**Marcus Vinicius Souza Dias**

Universidade de Taubaté (Unitau), Depto. de Engenharia (JUTA)  
Taubaté - SP

**Giorgio Eugênio Oscare Giacaglia**

Universidade de Taubaté (Unitau), Depto. de Engenharia (JUTA)  
Taubaté - SP

**RESUMO** - Com a competitividade cada dia mais acirrada no mercado, empresas se desenvolvem e aprimoram suas estratégias e tecnologias. Com este cenário é imprescindível o olhar crítico dos responsáveis pelo processo, na busca da melhoria contínua dentro do processo de manufatura, buscando aprimorar as atividades através de novos métodos e ferramentas. Sendo assim, este artigo busca apresentar, por meio de um estudo de caso, dentro de uma empresa metalúrgica do ramo ferroviário, de médio porte, no setor de usinagem de eixos ferroviários, como a alteração do método de gravação em eixos ferroviários trouxe ao processo: economia (R\$), maior rastreabilidade (controle do produto) e melhoria ergonômica; itens de extrema importância em um cenário de alta competitividade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eixos Ferroviários; Método de Gravação; Economia; Rastreabilidade; Ergonomia.

## 1. INTRODUÇÃO

O presente artigo tem como motivação apresentar características de ergonomia, rastreabilidade e custos (com gravação), em uma empresa do setor ferroviário brasileiro, com a seguinte ótica:

- Ergonomia, na perspectiva em projetar e/ou adaptar situações de trabalho compatíveis com as capacidades do ser humano, bem como respeitando os seus limites (ABRAHÃO, 2009 *apud* BAHIA; MACEDO; BLATTMANN, 2011). Conforme Slack (2002) deve haver adequação entre as pessoas e o trabalho que elas realizam; para atingir essa adequação, há somente duas alternativas: ou o trabalho pode ser adequado às pessoas que o fazem ou, alternativamente, as pessoas podem ser adequadas ao trabalho. A ergonomia direciona para o primeiro.
- Rastreabilidade, que possui como objetivo conhecer e acompanhar a “vida” do produto, desde sua produção até à sua comercialização e uso. Segundo Gonçalves (2009) este conceito visa traçar o caminho da história, aplicação, uso e localização de um produto. Sendo assim a rastreabilidade permite conhecer, através de um código, a identidade de uma mercadoria e as suas origens.

- Custos, o valor necessário gasto para fabricação de determinado produto ou para execução de determinado serviço. Campos (2009) nos leva a uma reflexão sobre custo, dizendo:

“todo custo é custo e não existe custo grande ou pequeno. Se quiser criar uma cultura feroz de combate a custos, dê importância a todos os custos”.

Desta maneira, além do artigo evidenciar a alteração realizada pela substituição do método de gravação, que antes era realizada de maneira manual com martelo e dígitos de metal (também conhecidos como tipo), o mesmo tem como objetivo apresentar os resultados gerados após a substituição para gravação de micropuncionamento.

## 2. METODOLOGIA

O artigo apresentado caracteriza-se como um estudo de caso explanatório, uma vez que possui como objetivo não apenas mostrar a determinada realidade como ela é, mas também mostrá-la em termos de causa e efeito (YIN, 2001).

Por fim, conforme STAKE (2000), podemos distinguir este estudo de caso como intrínseco, pois se busca a melhor compreensão de um caso, apenas pelo interesse despertado por si.

Sendo assim, este estudo de caso tem por finalidade descrever a situação, com dados comprobatórios do cenário levantado antes e depois à alteração do método de gravação em eixos ferroviários. Portanto, o estudo constituiu no levantamento dos custos (R\$), pois são dados mensuráveis de fácil compreensão (em moeda, R\$), gerados com o método de gravação por tipagem (método manual, tradicional) e com a gravação realizada por micropuncionamento, dentro de um mesmo período de tempo.

## 3. RESULTADOS

Os resultados gerados são expressos abaixo, divididos em suas categorias: rastreabilidade, ergonomia e custos (com a gravação).

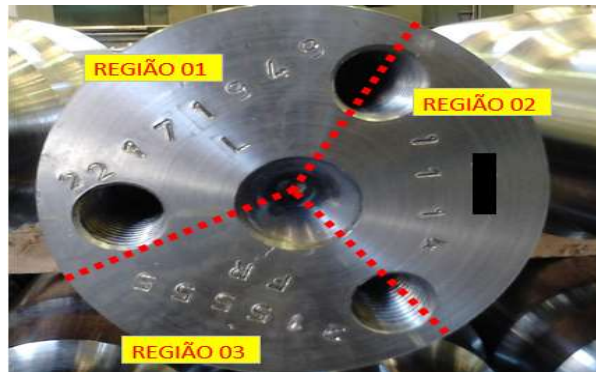
- Rastreabilidade - alterando o método de gravação exige o funcionário da necessidade da seleção de dígitos para gravação dos eixos, uma vez que o leitor de código de barras o faz. Dessa maneira, o problema com seleção de dígito / gravação errada é excluída, trazendo maior confiabilidade e robustez ao processo.

Para um melhor entendimento, a Figura 1 ilustra a gravação em um eixo ferroviário, onde:

- Região 01 - número da corrida (8 caracteres) e marca de laboratório (1 caractere).

- Região 02 - marca da empresa (2 caracteres; por questões de sigilo a marca da empresa está oculta), mês e ano da produção (4 caracteres).
- Região 03 - número de série do eixo (6 caracteres), grau do eixo / material do eixo (1 caractere) e marca de ensaio de ultrassom (1 caractere).

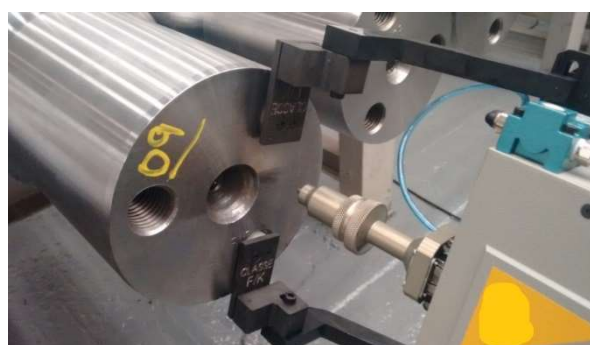
Figura 1- Gravação no eixo ferroviário.



Fonte: o autor.

- Ergonomia - Com a alteração do método manual pelo da máquina de micropuncionamento, o funcionário faz apenas a aproximação da máquina no local de gravação, posicionando-a. Durante a gravação a máquina é fixada através dos dispositivos que ficam acoplados nos furos roscado do eixo, conforme ilustrado na Figura 2, não sendo necessário ao funcionário suportar o peso da máquina, bem como a repetição no movimento gravação, que antes era realizado através de batidas do martelo no dígito de gravação, evitando dessa maneira problemas com lesões de esforço repetitivo (LER).

Figura 2 - Máquina de micropuncionamento.



Fonte: o autor.

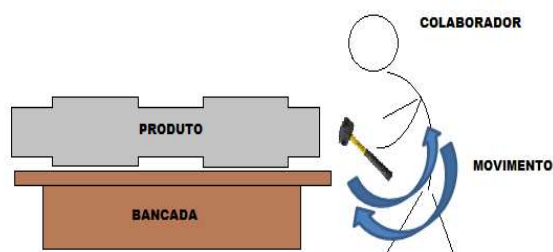
- Custos - A mudança proporcionou um custo de gravação consideravelmente menor, um valor de R\$ 0,004 por caractere; em outras palavras, menos de um centavo por caractere, contra R\$ 0,18 do método anterior (método manual).

## 4. DISCUSSÃO

Assim como o tópico de “Resultados”, este tópico também será dividido nas categorias: rastreabilidade, ergonomia e custos (com a gravação).

- Rastreabilidade - com o método de gravação manual (através do uso de martelo e dígito), é de responsabilidade do funcionário a seleção do dígito para gravação, ou seja, existe um alto potencial para erro na seleção do dígito; uma vez que um eixo possui de 20 a 32 caracteres, variando conforme o modelo. Dessa maneira, ocorrendo o erro o eixo pode perder sua rastreabilidade, o que ocasiona a sua segregação.
- Ergonomia - Slack (2002) chama atenção para dano físico. A repetição continuada de uma gama muito estreita de movimentos pode levar, em casos extremos, a danos físicos. A superutilização de algumas partes do corpo (especialmente braços, mãos e pulsos) pode resultar em dor e em redução da capacidade física. Isso é, em algumas vezes, chamado lesão por esforço repetitivo (LER). Visando eliminar tal problema o novo método, de micropuncionamento, tem por objetivo substituir o operador, que por muitas das vezes chega a fazer a gravação de mil ou mais caracteres ao dia, pela máquina; eliminando a “super-repetição” de movimentos.

Figura 3 - Ilustração da gravação manual (dígito e martelo).



Fonte: o autor.

- Custos - com a gravação manual, método anterior, cada caractere possuía um custo de R\$ 0,18 (considerando apenas os insumos utilizados, os dígitos), que pode ser expresso pela equação:

Custo (R\$) = preço do dígito ÷ vida útil do dígito (máximo número de caracteres gravados)

$$\therefore \text{Custo (R\$)} = 19,00 \div 104 \rightarrow \text{Custo (R\$)} = 0,18$$

O investimento inicial, consideravelmente alto, para aquisição da máquina de gravação por micropuncionamento é de R\$ 45.702,00.

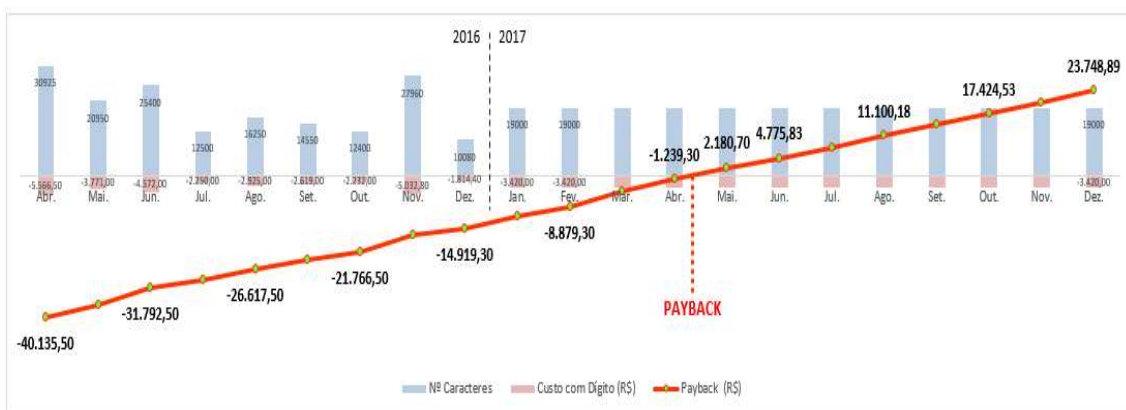
Tendo em vista que a empresa possuiu um gasto mensal em 2015 de R\$ 4.633,40 e anual de R\$ 55.600,80 com a compra de dígitos, o “payback” da máquina é concluído em 10 meses. Já com os dados atuais de 2016 (a partir de abril), a programação média mensal com gastos de dígitos é de aproximadamente R\$ 3.420,30 ao longo de 2016.

O gráfico a seguir detalha claramente o cenário de 2016, onde as barras em azul mostram o número de caracteres gravados por mês, tendo o seu maior número de gravações realizadas no mês de Abril (30.925 caracteres); já as barras em vermelho mostram o custo (R\$) que a gravação representaria sendo realizada com dígitos (baseado no cálculo apresentado anteriormente); por fim a linha vermelha faz a projeção do “payback” durante o ano de 2016 (dados concretos, baseados nos pedidos já firmados pela empresa junto aos seus clientes) e 2017 (baseado na média de 2016 de 19 mil caracteres/mês e um custo mensal de R\$ 3.420,00).

Desta maneira o “payback” da máquina se faz em poucos meses, mais precisamente no 13º mês (Abril de 2017) e já obtendo retorno no 14º mês (Maio de 2017).

Além do “payback” de 13 meses, a vida útil do punção (ferramenta responsável pela gravação do caractere) da máquina é consideravelmente maior a de um dígito de gravação, possibilitando a gravação de 200.000 caracteres antes de sua substituição, dados esses informados pelo fabricante e conferidos junto a uma empresa que possui a mesma máquina, porém a utiliza em gravações de produtos diferentes, mas com composição química e tratamento térmico similares. No gráfico 1 já é contemplado o valor (R\$ 800,00) da troca do punção no mês Fevereiro de 2017.

Gráfico 1 - Projeção do payback.



Fonte: o autor.

Adicionando a informação de que cada punção custa R\$ 800,00, o preço por caractere é de R\$ 0,004, podendo ser denominado pela equação já mencionada anteriormente (na página que sucede a essa). Com isso conseguimos comprovar e comparar os valores dos métodos, manual e por micropuncionamento, sendo possível ilustrarmos através do gráfico abaixo, para uma melhor visualização.

Gráfico 2 – Comparativo entre custos (R\$), dígito x máquina de micropuncionamento.



Fonte: o autor.

## 5. CONCLUSÃO

Tendo em vista os resultados benéficos apresentados sobre os três pontos em que foram realizadas as análises e comparações (rastreadibilidade, ergonomia e custo), justifica-se a compra e implantação da máquina de micropuncionamento pneumática.

Outro ponto de destaque é a redução / eliminação de dígitos no estoque e seu gerenciamento, uma vez que, baseados na projeção de produção de eixos, é necessário apenas 1 (um) punção ao ano para suprir toda a necessidade de gravação, resultando em um gasto extremamente baixo (R\$ 800,00).

Por fim, este trabalho mostra como é possível reduzir os gastos se cada situação for estudada, de maneira “crítica”, dentro de uma empresa, e como a organização pode, além de melhorar o aspecto fabril, na aquisição de novas tecnologias, trazer maior robustez e confiabilidade ao processo, além de enxugar seus custos, dessa maneira podemos refletir sobre o pensamento de Campos (2002), “*todo custo é custo...*”.

## REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, Júlia *et al.* **Introdução à ergonomia : da prática à teoria**. São Paulo: Blucher. 2009.

BAHIA, Eliana Maria dos Santos; SANTOS, Raimundo Nonato Macedo; BLATTMANN, Ursula. **Ergonomia: Estudo bibliométrico na base LISA**. *Biblios*, n.42. março. 2011.

CAMPOS, Vicente Falconi. **O verdadeiro poder**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviço Ltda, 159 p. 2009.

GONÇALVES, João José Guerreiro. **Criação de fluxo e implementação de sistema de rastreabilidade da produção**. Dissertação de mestrado (Engenharia eletrônica e de computadores) da Universidade do Porto. 2009.

SLACK, Nigel. **Administração da produção**. 2ªed. São Paulo: Atlas, 2002.

YIN, R. **Estudo de Caso. Planejamento e Métodos**. 2ª edição, Porto Alegre / RS: Bookman, 2001.

**ABSTRACT** - With increasingly competitiveness in the market, companies develop and improve their strategies and technologies. With this scenario it is essential a critical look in the process, in the search for a continuous improvement into the manufacture process, seeking to improve the activities through new methods and tools. Thus, this article seeks to present, through a case study, within a metallurgical company of the railroad sector, of medium size, in the sector of machining of railway axles, as the change of the method of recording in railroad axles bring to the process: economy (R\$), greater traceability (product control) and better ergonomics; items of extreme importance in a scenario of high competitiveness.

**KEYWORDS:** Railway Axles; Marking Method; Economy; Traceability; Ergonomics.



## **CAPÍTULO III**

### **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE DIFERENTES CONCRETOS NA ADERÊNCIA COM A ARMADURA**

---

**Tamiris Evangelista Martins  
Wellington Mazer**

# ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE DIFERENTES CONCRETOS NA ADERÊNCIA COM A ARMADURA

**Tamiris Evangelista Martins**

Engenheira Civil, UTFPR, Curitiba-PR, tami\_rmc@hotmail.com

**Wellington Mazer**

Prof. Dr., UTFPR, Curitiba-PR, wmazer@utfpr.edu.br

**RESUMO:** Nas últimas décadas, o concreto tornou-se o material mais utilizado na construção civil. O concreto armado, objeto de estudo deste trabalho, é uma estrutura de concreto que possui uma armadura com barras de aço em seu interior. Sua função é resistir aos esforços de compressão, e a do aço resistir à tração. A aderência é a responsável por garantir que esses dois elementos distintos, concreto e aço, trabalhem de forma conjunta para resistir aos esforços aos quais forem solicitados. Este trabalho visa analisar a influência que a resistência à compressão do concreto confere na aderência do conjunto aço-concreto. Realizando o ensaio de arrancamento direto, o *PULL-OUT-TEST (POT)* que se caracteriza por um ensaio de tração. Os concretos especiais CAA, CAD e CPR possuem uma melhor seleção de materiais, delimitando a dimensão do agregado graúdo, utilizam aditivos e compostos que fazem com que a quantidade de vazios dentro da estrutura de concreto seja bem menor do que em concretos convencionais. Portanto esses concretos especiais possuem uma resistência à compressão maior do que o convencional, analogamente uma maior resistência à compressão implica em maior resistência de aderência.

**Palavras chaves:** Aderência. Arrancamento direto. Concreto auto adensável. Concreto alto desempenho. Concreto de pós reativo.

## 1. INTRODUÇÃO

O concreto é o material mais utilizado na construção civil sobressaindo-se em relação a outros elementos estruturais, tais como estruturas metálicas e de madeiras, sendo que este material tem a capacidade de assumir diversos formatos, além de ser uma opção economicamente viável. Além disso, existem diversos tipos de concreto disponíveis no mercado hoje em dia, se adequando às mais variadas necessidades. Como exemplo, é possível citar: concreto projetado, que é utilizado no revestimento de túneis e contenção de encostas; o concreto rolado, que é utilizado como sub-base para pavimentação; e o concreto leve, que possui como agregado isopor ou argila expandida e é utilizado para fabricação de blocos e enchimento de lajes; entre outros (PEDROSO, 2009; REDIMIX, 2015).

Entre 2005 e 2012, enquanto o consumo de cimento avançou mais de 80%, o aumento do concreto preparado em centrais foi de 180%. Estima-se que as usinas de concreto tenham produzido 51 milhões de m<sup>3</sup> de concreto no ano de 2012. Esta é uma das conclusões da pesquisa realizada em parceria pela Associação Brasileira

de Cimento Portland (ABCP), e inteligência UBM *Brazil* para traçar um perfil e projetar tendências para o setor (ABCP, 2013).

Em se tratando de concreto armado a aderência é um dos principais fatores a ser estudado, pois ela é a responsável por garantir que os dois elementos distintos, concreto e aço, trabalhem de forma conjunta para resistir aos esforços aos quais forem solicitados e garanta o bom desempenho do elemento estrutural (TAVARES, 2012).

Conseqüentemente, constata-se a importância de estudar a aderência da armadura nos elementos de concreto armado, uma maior compreensão de como esse mecanismo funciona possibilita determinar padrões de comportamento. Possibilitando assim, estabelecer regras para os cálculos de dimensionamentos das armaduras, das ancoragens, das emendas e das cargas que a estrutura é capaz de resistir (CASTRO, 2002).

Dentro deste contexto, o presente trabalho visa analisar a influência que a resistência à compressão do concreto confere na aderência do conjunto formado entre a armadura e o concreto em concretos de alto desempenho, concreto auto-adensável e concreto de pós reativos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. CONCRETO AUTO ADENSÁVEL (CAA)

O concreto auto adensável (CAA), surgiu no Japão, em 1988, devido da necessidade de se obter estruturas mais duráveis que dispensassem o trabalho de vibração ou adensamento mecânico (ALMEIDA FILHO, 2006).

O Japão, sendo um país que sofre com uma grande quantidade de abalos sísmicos, tem em suas estruturas de concreto uma demanda alta na taxa de aço, o que pode atrapalhar na fluidez do concreto através da forma. Nesse cenário, Okamura desenvolveu estudos para um concreto que não precisasse de vibração mecânica, compactando-se com seu peso próprio (ALMEIDA FILHO, 2006; PALARETI, 2009, OKAMURA; OUCHI, 2003). Este concreto foi chamado de “concreto de alta resistência auto adensável”, com os seguintes estágios:

- Fresco: alta adensabilidade;
- Idade recente: redução de defeitos iniciais;
- Após endurecimento: proteção contra agentes externos.

O concreto auto adensável se caracteriza por ter uma baixa relação água-cimento, pelo uso de aditivos superplastificantes e por limitar o tamanho do agregado graúdo. A limitação do tamanho do agregado se faz necessária, pois, a energia exigida para que o concreto flua na forma é consumida pela tensão interna que existe entre o agregado e a armadura. Isto resulta no aparecimento de blocos de partículas de agregado que impedem a passagem da argamassa. Esse problema

não ocorre se o tamanho do agregado for limitado a uma dimensão menor do que a normalmente utilizada (OKAMURA; OUCHI, 2003).

Segundo o EFNARC (2002) para ser classificado como CAA, o concreto precisa atender, no estado fresco, as propriedades de fluidez, habilidade passante e resistência à segregação. Definindo fluidez como a habilidade do concreto auto adensável de fluir para dentro da forma preenchendo completamente todos os espaços, usando apenas o seu peso próprio. Habilidade passante como a habilidade de fluir através da forma por entre as barras de reforço, sem que haja segregação ou bloqueio. E por fim, a resistência à segregação como a capacidade do CAA de se manter homogêneo durante todo o transporte e a concretagem.

No Brasil o CAA é regulamentado pela NBR 15823 (ABNT, 2010), a norma define esse tipo de concreto como:

Concreto que é capaz de fluir, auto adensar pelo seu peso próprio, preencher a forma e passar por embutimentos (armaduras, dutos e insertos), enquanto mantém sua homogeneidade, ausência de segregação, nas etapas de mistura, transporte, lançamento e acabamento (ABNT, 2010).

A norma está dividida em seis partes, na primeira parte são definidos os requisitos para a classificação do CAA no estado fresco e as metodologias de ensaios. Também são determinados os termos utilizados, a classificação do material segundo seu comportamento e desempenho, estabelece os ensaios que obrigatoriamente têm de ser realizados. As demais partes descrevem e detalham os ensaios exigidos.

## 2.2. CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO (CAD)

Até meados da década de 60 a maioria dos projetistas estava satisfeito em projetar estruturas com resistências entre 15 e 20 MPa, que se mostravam seguras e econômicas. No início dos anos 60, na cidade de Chicago, um projetista e um produtor de concreto começaram a trabalhar em conjunto para criar um novo tipo de material, que apresentasse uma resistência à compressão muito superior aos padrões da época (AÏTCIN, 1998).

Desde o início, a produção de concreto de alta resistência faz uso de aditivos químicos, primeiramente foram os redutores de água a base de lignossulfonatos, que passou por uma grande evolução e mudanças conceituais no que diz respeito a seus teores e aplicações. Em seguida, com o aumento do uso de aditivos superplastificantes que garantiam uma boa trabalhabilidade com relações água/aglomerante cada vez menores, foi observado que além de maiores valores de resistência a compressão, o material mostrou uma maior durabilidade. O que resultou em uma gama mais ampla de especificações e um concreto de alto desempenho (AÏTCIN, 1998).

Outro importante material que colaborou muito para o aumento da *performance* dos concretos de alto desempenho foi a sílica ativa. A primeira

utilização da sílica ativa, segundo Aïtcin (1998), foi em 1952 por um pesquisador norueguês, mas começou a ser utilizada como material cimentício apenas no final da década de 70 na Escandinávia. O uso da sílica ativa viabilizou a elaboração de um concreto com resistência a compressão com valores acima de 100 MPa (MARTINS, 2005).

No início, a única característica desejada era de que este concreto apresentasse uma alta resistência à compressão, mas nos dias atuais outras características são importantes na obtenção do CAD. Dentre elas a baixa porosidade, alta durabilidade, maior velocidade nas construções, diminuição na seção estrutural e soma-se a todas estas vantagens uma diminuição no custo final da obra. Apesar de todas as vantagens que o CAD oferece, ele necessita de um maior controle de qualidade e seleção mais cuidadosa dos materiais constituintes (MARTINS, 2005).

### 2.3. CONCRETO DE PÓS REATIVO (CPR)

O concreto de pós reativo (CPR) foi desenvolvido através de pesquisas realizadas por volta dos anos 90 na França e no Canadá. Esse novo material de alta tecnologia surgiu como uma alternativa ao CAD para satisfazer as exigências do mercado civil e militar. O CPR é capaz de resistir a esforços de compressão em uma faixa de 200 a 800 MPa (VANDERLEI, 2004).

O CPR se caracteriza por ser um concreto formado basicamente de pós, com partículas de diâmetro máximo menor que 2 mm e por possuir uma baixa relação água/cimento, na ordem de 0,15. Os materiais que o constituem são basicamente cimento, pó de quartzo, areia de quartzo, sílica ativa, fibras de aço de pequenas dimensões, superplastificantes e água. A adição das fibras de aço garante ao material uma boa resistência à tração e à flexão, somadas a boa resistência à compressão já característica do material. Contudo, o desafio na produção desse tipo de concreto é a necessidade de alta precisão na dosagem e rígida análise na composição granulométrica (VANDERLEI, 2004; VANDERLEI; GIONGO, 2006).

A distribuição granulométrica é muito importante na composição do CPR, uma vez que ele é tido como um material de alta densidade. Para possibilitar essa densidade é necessário que as partículas maiores estejam envoltas pelas partículas da classe imediatamente abaixo, e assim sucessivamente, de modo que os espaços entre as partículas sejam preenchidos, dando origem ao chamado empacotamento de partículas (VANDERLEI; GIONGO, 2006).

De acordo com Vanderlei (2004), é necessário obedecer aos seguintes princípios na obtenção do CPR:

- aumento da homogeneidade pela eliminação dos agregados graúdos;
- aumento da densidade pela otimização da distribuição granulométrica dos grãos e/ou aplicação de pressão no preparo;
- melhor microestrutura utilizando tratamento térmico durante a cura;
- aumento da ductilidade pela incorporação de fibras de aço;
- realizar a mistura e a moldagem de tal modo a gastar o menor tempo

possível entre as operações.

Ao aplicar os três primeiros princípios obtém-se uma matriz com alta resistência a compressão, mas que possui baixa ductilidade. Para contornar esse problema é adicionada a mistura fibras de aço, o que atribui uma resistência à tração a esta estrutura. A cura térmica e/ou de pressão ajuda a melhorar o desempenho, mas a necessidade de sua aplicação deve ser avaliada em cada caso (VANDERLEI, 2004).

#### 2.4. ADERÊNCIA

A aderência tem o papel de transferir os esforços entre a barra de aço e o concreto e ainda compatibilizar as deformações entre eles. Além disso, é responsável pela ancoragem da armadura no concreto e também impede o escorregamento dessa armadura nos segmentos entre fissuras, ajudando a limitar a sua abertura (TAVARES, 2012).

O conjunto aço-concreto apresenta as mesmas deformações até que a tensão limite de tração do concreto é atingida. Após esse valor, o mecanismo responsável por impedir o deslocamento relativo entre os dois materiais é a aderência (TAVARES, 2012).

A chamada “tensão de aderência” é conhecida através da análise do comportamento da aderência entre a barra da armadura e o concreto. Com isso, é possível avaliar a capacidade de carga das estruturas de concreto armado, controlar a fissuração das estruturas, definir as especificações do projeto de ancoragem e das emendas por transpasse nas estruturas (DUCATTI, 1993 *apud* VALE SILVA, 2010; FERNANDES, 2000).

O deslizamento que ocorre no início do carregamento é causado em parte pela deformação elástica do concreto. No entanto, para cargas mais altas, ele é causado pelo esmagamento do concreto em frente às nervuras existentes nas barras nervuradas (FRANÇA, 2004).

Nas barras nervuradas, ainda que se desenvolva a adesão química e o atrito, a resistência ao deslizamento no concreto se deve essencialmente às pressões exercidas pelas nervuras. Isto é, nas barras nervuradas a aderência depende principalmente da ação mecânica entre o concreto e as nervuras. (FRANÇA, 2004).

Segundo Vieira (1994), a ocorrência da ruptura da aderência nas barras nervuradas se deve aos seguintes fatores:

- esmagamento do concreto junto aos flancos das nervuras;
- corte do concreto em torno da barra ou entre nervuras;
- fendilhamento longitudinal do concreto de recobrimento ao longo da barra;
- pela combinação destes três modos de ruptura.

Conforme a NBR 6118 (ABNT, 2014), que estabelece os requisitos básicos exigíveis para projeto de estrutura de concreto, a posição da barra durante a

concretagem influencia na aderência. Considera-se em boa situação de aderência os trechos das barras que estejam em uma das posições seguintes:

- com inclinação maior que 45° sobre a horizontal;
- horizontais ou com inclinação menor que 45° sobre a horizontal, desde que:
  - para elementos estruturais com  $h < 60$  cm, localizados no máximo 30 cm acima da face inferior do elemento ou da junta de concretagem mais próxima;
  - para elementos estruturais com  $h \geq 60$  cm, localizados no mínimo 30 cm abaixo da face superior do elemento ou da junta de concretagem mais próxima.

Os trechos das barras em outras posições, e quando do uso de formas deslizantes, devem ser considerados em má situação quanto à aderência. Na figura 1 estão ilustradas as condições de aderência citadas acima.

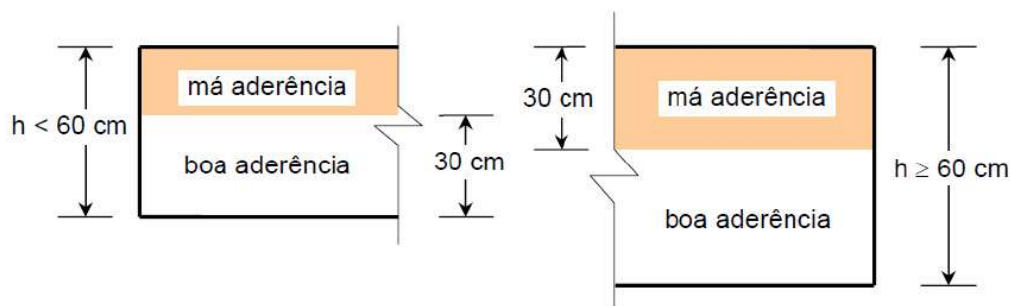


Figura 1 - Situações de boa e má aderência para armaduras horizontais  
Fonte: OLIVEIRA (2011).

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), a resistência à aderência de cálculo entre armadura e o concreto na ancoragem de armaduras passivas é obtida conforme a equação 1.

$$f_{bd} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 f_{ctd} \quad (1)$$

Onde,

$$f_{ctd} = f_{ctk,inf} / \gamma_c$$

$f_{ctd}$  = Tensão de tração de cálculo

$\eta_1 = 1,0$  para barras lisas;

$\eta_1 = 1,4$  para barras entalhadas;

$\eta_1 = 2,25$  para barras nervuradas;

$\eta_2 = 1,0$  para situações de boa aderência;

$\eta_2 = 0,7$  para situações de má aderência;

$\eta_3 = 1,0$  para  $\phi < 32$  mm;

$\eta_3 = (132 - \phi) / 100$ , para  $\phi \geq 32$  mm.

Onde,  $\phi$  é o diâmetro da barra, expresso em milímetros (mm).

Atualmente o estudo da ancoragem de barras solicitadas a tração se baseia, em maior parte, na realização de ensaios de arrancamento das barras de aço de

blocos de concreto e modelagem numérica dos resultados. O ensaio mais comum é o de arrancamento direto, também conhecido como *pull-out-test* (CAETANO, 2008).

## 2.5. PULL-OUT TEST

Um dos ensaios mais conhecidos e tradicionais de aderência é o de arrancamento direto, o *pull-out test*, que é regulamentado pelo RILEM/CEB/FIP RC6 (1983) e pela ASTM C234 (1991). Este ensaio tem como propósito avaliar a resistência de ligação entre o concreto e a armadura (TAVARES *et al.*, 2014).

Os ensaios são caracterizados pelo uso de corpos de prova compostos apenas por uma barra de aço passante inserida em um bloco de concreto. O deslizamento, ou escorregamento, relativo entre a barra e o bloco de concreto é medido na extremidade livre da barra. Na outra extremidade é aplicada uma força de tração sobre o conjunto buscando extrair a barra do bloco (CAETANO, 2008).

Na figura 2 está ilustrado o modelo do corpo de prova do RILEM/CEB/FIP RC6 (1983).

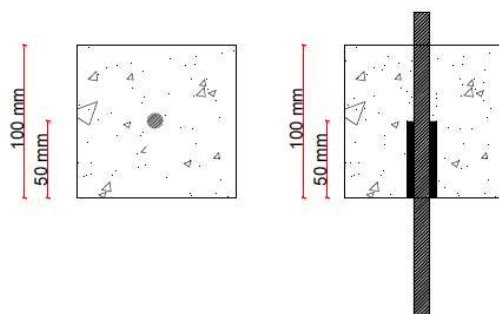


Figura 2 - Ensaio de arrancamento direto  
Fonte: Autora, 2016.

Ainda que o modelo tradicional do experimento seja de um corpo de prova quadrado, Almeida Filho (2006) escolheu trabalhar com corpos de prova cilíndricos. Segundo ele, a forma cilíndrica fornece um cobrimento do concreto igual em todas as direções, fazendo com que a distribuição de tensões seja uniforme. De acordo com ele, a posição e a inclinação das barras durante a concretagem também influenciam significativamente a resistência de aderência, assim como a posição da concretagem, corpos de prova concretados na direção vertical possuem maior resistência de aderência do que os concretados na horizontal.

A resistência à compressão do concreto e o diâmetro da barra apresentam grande influência no resultado da resistência de aderência. Concretos com maior resistência a compressão possuem maior resistência de aderência, bem como menor diâmetro da barra de aço significa maior resistência à aderência (ALMEIDA FILHO, 2006).



### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

No presente trabalho foi realizado um ensaio de arrancamento direto, o *pull-out-test (POT)* em três diferentes tipos de concretos, sendo eles um CAA, CAD e CPR, comparando com um concreto convencional.

As formas dos corpos de prova foram confeccionadas com tubos de PVC de 100 mm de diâmetro e 100 mm de altura, conforme o desenho esquemático apresentado na figura 3. Para fechar a extremidade inferior da forma colocou-se como base uma placa de compensado, de formato quadrado com 100 mm de lado. No centro da base, fez-se um furo com diâmetro de 10 mm, mesma medida do diâmetro da barra, a fim de que a mesma atravessasse o furo e ficasse corretamente posicionada. Em seguida, o componente de PVC foi colado à base de compensado com uma cola adesiva instantânea universal, tomando o cuidado de que o furo estivesse corretamente centralizado.

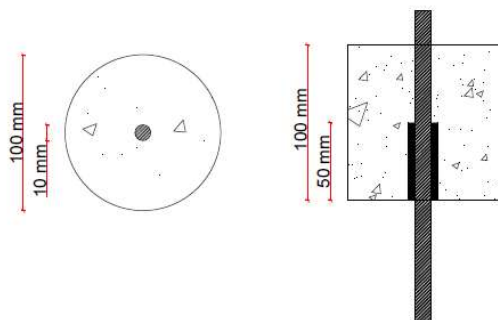


Figura 3 - Modelo esquemático do corpo de prova  
Fonte: Autora, 2015.

Na parte não aderente do corpo de prova foi colocada uma mangueira plástica comum, com altura de 50 mm, de diâmetro suficiente para que a barra de aço passasse por entre a mangueira. Na figura 4 é possível observar os moldes montados antes da concretagem.



Figura 4 - Moldes montados antes da concretagem  
Fonte: Autora, 2016.

Para o ensaio foi utilizada uma barra de aço nervurada de 10 mm de diâmetro,

o correspondente a 1/10 do diâmetro do tubo de PVC do molde. Foram cortadas com aproximadamente 80 cm para possibilitar o seu encaixe no equipamento utilizado para a o ensaio. Na figura 5 estão ilustrados alguns corpos de prova já concretados.

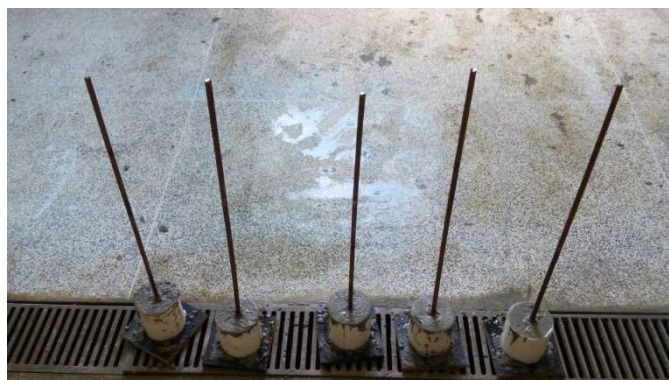


Figura 5 - Corpo de prova concretados para ensaio de arrancamento  
Fonte: Autora, 2016.

Para a realização dos ensaios de compressão foram utilizados os corpos de prova padrão regulamentados pela NBR 5738/2008, com dimensões de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura para os concretos: convencional, auto adensável e alto desempenho.

No concreto de pós reativos foi utilizado um corpo de prova menor, de dimensões 5 cm de diâmetro por 10 cm de altura, que é regulamentado para ensaio de compressão de pasta de cimento. Este concreto, excepcionalmente, foi executado na argamassadeira devido a sua composição de materiais finos e o seu rápido tempo de pega.

Ao todo foram moldados vinte corpos de prova para o ensaio de arrancamento, cinco para cada tipo de concreto analisado, e para o ensaio de compressão foram três para cada tipo de concreto, totalizando 12 corpos de prova. Depois de moldados, os corpos de prova do ensaio de compressão ficaram imersos em um tanque com água para cura, durante 28 dias. Já os corpos de prova do ensaio de arrancamento direto foram colocados na câmara úmida durante o mesmo tempo, porém não estavam submersos.

### 3.1. CÁLCULOS DOS TRAÇOS DOS CONCRETOS

Na tabela 1 abaixo estão indicados os traços dos concretos utilizados para a realização deste trabalho.

Tabela 1- Traços dos concretos

Concreto	Traços						
	Cimento CPV	Areia	Silica ativa	Pó de quartzo	Brita 1	a/c	Superplastificante
Convencional	1	1,47	-	-	2,6	0,65	-
Auto adensável	1	2,11	0,53	-	1,11	0,45	1%
Alto desempenho	1	1,85	0,11	-	2,62	0,31	0,6%
Pós reativo	1	1,475	0,25	0,306	-	0,2	4%

Fonte: Autora, 2016.

### 3.2. ENSAIOS

Os ensaios de arrancamento foram realizados na máquina universal para ensaios DL30 da marca EMIC, a configuração do ensaio pode ser visualizada na figura 6. O corpo de prova foi colocado na parte superior do equipamento e a barra de aço passava por um furo que tem no suporte da máquina. A barra de aço foi presa à garra da prensa e então aplicada uma carga de tração até o seu escorregamento e o posterior rompimento do concreto.



Figura 6 - Configuração do ensaio de arrancamento direto  
Fonte: Autora, 2016.

A fim de comparar a influência da resistência à compressão com a resistência a aderência na tração, foi realizado também o ensaio de resistência à compressão, que é normatizado pela NBR 5739/2007. Para a realização do ensaio de compressão foi utilizada a prensa hidráulica digital DL200 da marca EMIC, conforme a figura 7.



Figura 7 - Configuração do ensaio de compressão axial  
Fonte: Autora, 2016.

Do ensaio realizado conforme apresentado na figura 7 obtém-se o esforço de compressão ao qual o concreto resiste. Com esses resultados é possível aplicar a equação 9.3.2.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014) e compará-los com os obtidos pelo ensaio de arrancamento.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados obtidos dos ensaios de compressão e os ensaios de arrancamento, o *pull out test*, bem como a forma de ruptura dos corpos de prova.

##### 4.1. AVALIAÇÃO DA EXPRESSÃO 9.3.2.1 DA NBR 6118/2014

Na tabela 2 estão indicados os valores obtidos segundo o cálculo da tensão de aderência, expressão 9.3.2.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014), conforme a equação (1).

Tabela 2 - Tensão de aderência calculada pela expressão 9.3.2.1 da NBR 6118/2014

	Tensão de aderência calculada			
	CC	CAA	CAD	CPR
$f_{c, médio}$ (MPa)	23,8 1	74,5 1	83,6 5	79,8 6
$f_{ctm}$ (MPa)	2,48	4,70	4,92	4,84
$f_{ctk, inf}$ (MPa)	1,74	3,29	3,45	3,38
$f_{ctd}$ (MPa)	1,24	2,35	2,46	2,42
$\eta_1$	2,25	2,25	2,25	2,25
$\eta_2$	1,00	1,00	1,00	1,00
$\eta_3$	1,00	1,00	1,00	1,00
$f_{bd}$ (MPa)	2,80	5,30	5,54	5,45

Fonte: Autora, 2016.

Analisando a tabela 2 é possível observar que a tensão de aderência calculada tem como resultado valores maiores para os concretos que apresentam maior resistência à compressão. Ainda é possível constatar que o CPR possui resistência característica menor que a do CAD. Este resultado se deu pelo fato de não ter sido realizada a cura térmica do CPR, o que influencia diretamente no seu resultado.

Na figura 8 estão apresentados os resultados obtidos nos ensaios de arrancamento direto dos concretos convencional, auto adensável, alto desempenho e pós reativo.

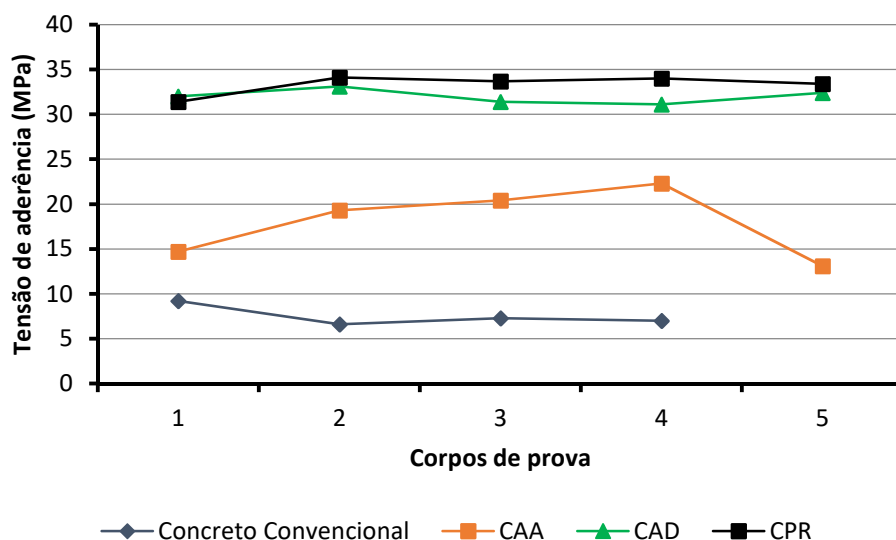


Figura 8 - Tensões de aderência aço-concreto.  
Fonte: Autora, 2016.

Na tabela 3 estão apresentados os resultados do cálculo da tensão de aderência, os resultados médios do experimento e a diferença percentual entre eles.

Tabela 3 - Comparação dos resultados obtidos em ensaio com os resultados calculados pela equação

	Tensão de aderência			
	CC	CAA	CAD	CPR
Tensão de aderência calculada (MPa)	2,8	5,3	5,5	5,4
Tensão de aderência média do ensaio (MPa)	7,9	18,0	32,0	33,3
Diferença percentual	283%	339%	577%	612%

Fonte: Autora, 2016.

Observa-se que a resistência de aderência do ensaio apresenta valores superiores quando comparados aos valores calculados. Os valores calculados se caracterizam por serem valores teóricos, além disso, a equação é constituída por coeficientes de segurança, que minoram os valores de resistência. Ou seja, a norma dá o mínimo valor de aderência que deve ser atendida entre o concreto e a armadura.

Ao analisar as tabelas constata-se que as tensões de aderência nos concretos especiais são maiores que as do concreto convencional. No caso do concreto pós reativo, o valor da resistência à compressão mais baixo do que o do concreto de alto desempenho pode ser explicado, como já foi dito anteriormente, pela falta da cura térmica. Apesar disso, a tensão de aderência do CPR mostra-se maior que a do CAD. Isso acontece porque o concreto pós reativo possui menor o número de vazios e há

maior interação entre as partículas, o chamado empacotamento de partículas, característica que atua diretamente na aderência.

Nas tabelas 4 a 7 estão apresentados os valores de tensão de tração atuantes na armadura no instante de perda de aderência e a deformação específica dos corpos de prova analisados.

Tabela 4- Tensões na armadura - Concreto convencional

<b>Tensões na armadura</b>			
	Força (N)	$\sigma$ (MPa)	$\epsilon$
Concreto convencional - CP1	14429,82	183,726174	0,0008833
Concreto convencional - CP3	10332,84	131,561805	0,0006325
Concreto convencional - CP4	11427,37	145,497794	0,0006995
Concreto convencional - CP5	10995,58	140,000073	0,0006731

Fonte: Autora, 2016.

Tabela 5 - Tensões na armadura - Concreto auto adensável

<b>Tensões na armadura</b>			
	Força (N)	$\sigma$ (MPa)	$\epsilon$
Concreto auto adensável - CP1	23115,83	294,3199	0,001415
Concreto auto adensável - CP2	30265,47	385,3519	0,001853
Concreto auto adensável - CP3	31962,50	406,9592	0,001957
Concreto auto adensável - CP4	35075,41	446,594	0,002147
Concreto auto adensável - CP5	20635,55	262,74	0,001263

Fonte: Autora, 2016.

Tabela 6 - Tensões na armadura - Concreto de alto desempenho

<b>Tensões na armadura</b>			
	Força (N)	$\sigma$ (MPa)	$\epsilon$
Concreto alto desempenho - CP1	50238,27	639,65352	0,0030753
Concreto alto desempenho - CP2	52035,72	662,539364	0,0031853
Concreto alto desempenho - CP3	49284,31	627,507324	0,0030169
Concreto alto desempenho - CP4	48772,19	620,98681	0,0029855
Concreto alto desempenho - CP5	50941,18	648,603248	0,0031183

Fonte: Autora, 2016.

Tabela 7 - Tensões na armadura - Concreto pós reativo

Tensões na armadura			
	Força (N)	$\sigma$ (MPa)	$\epsilon$
Concreto pós reativo - CP1	49294,36	627,6353	0,003017
Concreto pós reativo - CP2	53562,05	681,9732	0,003279
Concreto pós reativo - CP3	52979,63	674,5576	0,003243
Concreto pós reativo - CP4	53381,30	679,6718	0,003268
Concreto pós reativo - CP5	52457,47	667,9093	0,003211

Fonte: Autora, 2016.

No apêndice A encontram-se os gráficos de tensão *versus* deformação de todos os concretos estudados neste trabalho.

#### 4.2. RUPTURA DOS CORPOS DE PROVA

Nas figuras 9 a 12 estão apresentados os corpos de prova após o ensaio de arrancamento direto. Nelas é possível observar a forma de ruptura dos corpos de prova. No concreto convencional mostrado na figura 8, a ruptura se deu por fendilhamento do concreto, todas as amostras romperam-se com 3 ou mais veios.



Figura 9 - Ruptura do corpo de prova de concreto convencional  
Fonte: Autora, 2016.

Nas figuras 9 a 11 observa-se que o rompimento do concreto também se deu por fendilhamento do concreto. A diferença entre o concreto convencional e os demais é que no concreto convencional não houve o rompimento dos agregados graúdos, assim como houve com os concretos especiais.





Figura 10 - Ruptura do corpo de prova de concreto auto adensável  
Fonte: Autora, 2016.



Figura 11 - Ruptura do corpo de prova de concreto alto desempenho  
Fonte: Autora, 2016.



Figura 12 - Ruptura do corpo de prova de concreto pós reativo  
Fonte: Autora, 2016.

Nas imagens observa-se que, no CAA, CAD e CPR não houve escorregamento da barra e posterior esmagamento do concreto entre as nervuras da barra de aço. Com isso é possível constatar que ocorreu apenas a ruptura do concreto.

## 5. CONCLUSÕES

O objetivo principal deste trabalho foi analisar a influência que a resistência

à compressão do concreto tem sobre a tensão de aderência no conjunto formado entre a armadura e o concreto. Para tanto, analisou-se a validade da expressão 9.3.2.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014) para os concretos auto adensável, de alto desempenho e de pós reativos. A forma de ruptura dos corpos de prova e as tensões de aderência no conjunto entre o aço e o concreto, dadas pelo ensaio de arrancamento direto, também foram analisadas.

Os resultados teóricos obtidos pela expressão 9.3.2.1 da NBR 6118 (ABNT, 2014), indicam a validade da expressão para os concretos especiais analisados neste trabalho. A equação utiliza da resistência à compressão do concreto para fornecer os valores de tensão de aderência. O cálculo foi realizado com os valores médios obtidos do ensaio de resistência à compressão. Os resultados mostram que a equação é proporcional, ou seja, quanto maior a resistência à compressão, maior a aderência entre o aço e o concreto.

Os resultados obtidos a partir do ensaio de arrancamento direto indicam que os concretos especiais CAA, CAD e CPR apresentam maior aderência com a armadura. O resultado do ensaio de arrancamento indica que os valores reais da resistência de aderência são superiores aos valores calculados pela equação da norma.

A ruptura dos corpos de prova deu-se por fendilhamento do concreto, em todos os tipos de concreto analisados. Esse tipo de ruptura é determinada pela resistência à tração do concreto e não pela aderência entre o conjunto aço-concreto. Foi observado que não houve escorregamento da barra de aço e nem esmagamento do concreto entre as ranhuras da barra. Observa-se ainda que nos concretos CAA, CAD E CPR houve ruptura do agregado graúdo, o que indica que a resistência da pasta de cimento era maior que a do agregado graúdo.

. A delimitação da dimensão do agregado graúdo, o uso de aditivos e as adições fazem com que a quantidade de vazios dentro da estrutura dos concretos especiais seja menor do que no concreto convencional.

## REFERÊNCIAS

AÏTCIN, P. **High-performance concrete**. Londres: e & Fn Spon, 1998.

ALMEIDA FILHO, F. M. **Contribuição ao estudo da aderência entre barras de aço e concretos auto-adensáveis**. 2006. 310 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823: Concreto auto-adensável - Parte 1: Classificação, controle e aceitação no estado fresco**. 1 ed. Rio de Janeiro, 2010. 15 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2014. 256 p.

CAETANO, L. F. **Estudo de comportamento da aderência em elementos de concreto armado submetidos à corrosão e elevadas temperaturas.** 2008. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

CASTRO, C. M. **CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO: ESTUDO DA ADERÊNCIA COM A ARMADURA SOB AÇÕES REPETIDAS.** 2002. 223 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

EFNARC **Specification and guidelines for self-compacting concrete.** Farnham - Uk, 2002. 32 p.

FRANÇA, V. H. **Aderência Aço-Concreto – Uma análise do comportamento do concreto fabricado com resíduos de borracha.** 2004. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

OKAMURA, H.; OUCHI, M. **Self-Compacting Concrete.** *Journal Of Advenced Concrete Technology.* [s.l.], p. 5-15. abr. 2003.

OLIVEIRA, P. V. S. **Estudo da aderência aço-concreto: Ensaio de tirantes.** 2011. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2011.

PALARETI, R. **Concreto Autoadensável.** 2009. 103 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2009.

PEDROSO, F. L. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem.** *Concreto e Construções*, São Paulo, v. 53, p.14-19, mar. 2009

REDIMIX. **Tipos de concreto.** Disponível em: <<http://www.redimix.com.br/tiposdeconcreto/>>. Acesso em: 10 set. 2015.

TAVARES, A. J. **Aderência aço-concreto: Análise numérica dos ensaios Pull-out e Apulot.** 2012. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.

TAVARES, A. J.; BARBOSA, M. P.; BITTENCOURT, T. N.; LORRAIN, M. **Aderência aço-concreto: Análise numérica dos ensaios Pull-out e Apulot usando o programa ATENA.** *Revista Ibracon de Estruturas e Materiais*, [s.l.], v. 7, n. 1, p.138-157, fev. 2014.

VALE SILVA, B. **Investigação do potencial dos ensaios APULOT e pull-out para estimativa da resistência a compressão do concreto.** 2010. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

VANDERLEI, R. D.; GIONGO, J. S. **Análise experimental do concreto de pós reativos: Dosagem e propriedades mecânicas.** *Cadernos de Engenharia de Estruturas.* São Carlos, p. 115-148. 2006.

VANDERLEI, R. D. **Análise experimental do concreto de pós reativos: Dosagem e propriedades mecânicas.** 2004. 196 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

VIEIRA, F.M.P. **Estudo do Comportamento da Aderência das Barras de Aço no Concreto de Alta Resistência com Adição de Microsílica.** Porto Alegre 1994. 107p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**ABSTRACT:** In recent decades, concrete has become the most commonly used material in construction. The reinforced concrete, study object of this work, is a concrete structure which has a reinforcement with steel bars inside. Its function is to resist the compressive forces and the steel function is to resist tensile. Compliance is responsible for ensuring that these two distinct elements, concrete and steel, work together to resist the efforts to which they are requested. This work aims to analyze the influence of the strength of concrete compression gives the grip of steel-concrete set. Realizing the pull-out-test, which is characterized by a tensile test. The special concretes SCC, HPC and RPC have a better selection of materials, limiting the size of the coarse aggregate, used additives and compounds which cause the amount of voids in the concrete structure are much smaller than conventional concretes. Therefore these special concretes have a greater resistance to compression than conventional one, analogously greater compressive strength results in higher bond strength.

**KEYWORDS:** Adherence. Pullout test. Self compacting concrete. High performance concrete. Reactive powders concrete.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISE DA OCUPÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE FRANCISCO BELTRÃO ATRAVÉS DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)**

---

**Tatiana Cristina Shneider Ghisi  
Ediane Cristina Daleffe  
Simone Minuzzo  
Ticiane Sauer Pokrywiecki  
Ney Lissandro Tabalipa**

## ANÁLISE DA OCUPÇÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE FRANCISCO BELTRÃO ATRAVÉS DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

### **Tatiana Cristina Shneider Ghisi**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil – Mestre em engenharia civil.

Pato Branco - PR

### **Ediane Cristina Daleffe**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil – Mestre em engenharia civil.

Pato Branco - PR

### **Simone Minuzzo**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil – Mestre em engenharia civil.

Pato Branco - PR

### **Ticiane Sauer Pokrywiecki**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil – Professor Doutor.

Pato Branco - PR

### **Ney Lissandro Tabalipa**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil – Professor Doutor.

Pato Branco - PR

**RESUMO:** O presente trabalho demonstra a importância do uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como ferramenta para análise de dados e mapeamento. Este estudo tem como objetivo o levantamento de dados na região do Município de Francisco Beltrão a fim de gerar mapas da declividade e ocupação do solo, subdividindo em faixas permeáveis e impermeáveis. Os resultados alcançados na geração dos mapas demonstram a eficiência do sistema, resultando em dados que podem ser visualizados de forma clara e concisa e que garantam a interpretação das informações aplicadas. Estes mapas podem gerar diversos indicadores para a gestão urbana, através da álgebra de mapas no SIG, demonstrando áreas de instabilidade como os alagamentos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema de Informação Geográfica, estudo do solo, análise ambiental.

## 1. INTRODUÇÃO

A maioria das cidades se desenvolveram ao entorno dos rios, como forma de garantia de suprimentos, transporte e irrigação. Com o crescimento urbano ao longo dos anos, os rios passaram por intervenções como estrangulamento, canalização, aterros, canal-avenida e eliminação de fontes e nascentes.

Essas intervenções aliadas a outros fatores como a impermeabilização do solo, poluição das águas e o assoreamento do leito resultam em alagamentos que prejudicam toda a população ao seu entorno. Tucci *et al* (1995) afirma que um uso do solo desordenado possibilita a ocupação do leito dos rios, a impermeabilização do solo (fazendo com que a água que naturalmente se infiltraria acabe escoando superficialmente), erros nos projetos de macrodrenagem (sobretudo pela falta de integração entre os diversos órgãos que atuam na infraestrutura urbana) e o estrangulamento de trechos dos rios são as causas dessas inundações.

Conforme comenta Raitz (2012, p.46) sobre o SIG: “trata de uma importante ferramenta para análise de paisagem”. Pode-se definir essa ferramenta como “um sistema composto de pessoas, meios técnicos e organizacionais, que realizam a recolha, transformação e introdução de dados com objetivo do processamento da informação conforme o seu futuro uso para as investigações geográficas e outras aplicações práticas” (Konecny, 1985 apud Raitz, 2012, p.46).

Os sistemas de Informações Geográficas (SIG), parte integrante das atuais técnicas do geoprocessamento (ou geotecnologias), são destinados à manipulação das informações georreferenciadas (referenciadas espacialmente), oferecendo recursos para armazenamento, gerenciamento, manipulação e análise de dados, e permitindo a geração de produtos como mapas, relatórios e arquivos digitais (VIVIANI *et al*, 2005, p.45).

Com esse sistema é possível a geração de novas informações a partir da base de dados, como forma de subsídio para a aplicação em dados de infraestrutura, análise de recursos disponíveis e planejamento para novas atividades. Neste trabalho serão apresentados mapas que ilustram a ocupação e uso do solo e a relação entre a declividade e tipo do solo no município de Francisco Beltrão, através da utilização do SIG.

Esses dados fornecerão subsídios para identificar áreas permeáveis e impermeáveis e compará-las as regiões de alagamentos para verificar as áreas de influências. As elaborações dos mapas são fundamentais como um instrumento ao planejamento urbano e reorganização da cidade e a identificação de áreas que necessitam intervenções para mitigar problemas ambientais como os alagamentos.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

A primeira etapa dessa pesquisa foi a revisão bibliográfica que nos forneceu embasamento teórico a fim de direcionar a pesquisa e apontar dados importantes que devem ser considerados ao analisar os mapas gerados através do SIG. Em um segundo momento dessa pesquisa foram coletados dados cartográficos para a sobreposição de imagens e análise através do programa SIG ArcGIS, versão 10. Como materiais para a realização dos mapas de ocupação de solo, com demonstração das áreas permeáveis e impermeabilizadas foram necessários diversos documentos georreferenciados que puderam compor as informações

essenciais para a composição dos mapas.

Bases cartográficas vetorizadas em meio digital, com referencial geodésio. A folhas SG-22-Y-A e SG-22-Y-C referente aos dados SRTM, obtidos através do site da EMBRAPA, nos fornecem imagens dos detalhes do relevo e da topografia. A partir dessas informações foi possível obter dados altimétricos que possibilitam a elaboração de modelos de elevação para estudo do relevo. Outro dado importante, foi a shapefile fornecida pelo IBGE, com dados das dividas regionais, que possibilitam delimitar a área de estudo. Também foram utilizando as imagens do satélite Landsat-8, fornecidas em três bandas nos quais foram compostas na composição colorida RGB 6-5-4.

## 2.1. CARTA DE DECLIVIDADE

A influência do relevo pode ser computada através da relação entre a densidade de drenagem e o entalhamento dos canais fluviais. Esta informação é de grande importância devido aos problemas de alagamento existentes no município de Francisco Beltrão. Com a elaboração do mapa de declividade foi possível identificar a relação de influencia quanto aos alagamentos na malha urbana do município.

Para processamento dos mapas as 2 imagens SRTM foram inseridas na tabela de conteúdos do ArcMap, no formato de layers e sobre elas foi sobreposto o shapefile (SHP, polígono) do município de Francisco Beltrão. A imagem foi recortada considerando o polígono, montando assim o mapa de declividade do município. Com o mapa de declividade em mãos foi realizado a classificação das declividades de acordo com o método de Ross (1994).

De acordo com tal método as faixas amarelas do mapa possuem declividade entre 0 a 6%, a vulnerabilidade dessas áreas é muito fraca. As faixas laranjadas possuem declividade entre 6% e 12% indicando áreas de baixa vulnerabilidade. Já as faixas vermelhas possuem declividade entre 12% e 20% indicando vulnerabilidade média. As manchas cor de rosa representam faixas de declividade entre 20% e 30% representando zonas de forte vulnerabilidade. As faixas em azul apresentam declividade acima de 30% são locais de vulnerabilidade muito forte. Pode-se observar na Figura 01 a imagem resultante

## 2.2. CARTA DE DECLIVIDADE PONDERADA

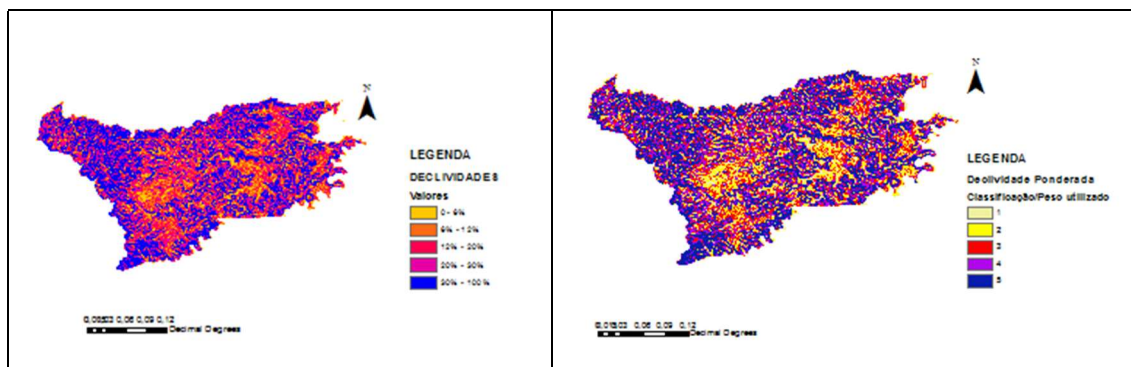
O mapa de declividade ponderada foi gerado a partir do mapa de declividade, nesse mapa foi realizada uma reclassificação das faixas de declividade atribuindo pesos para as mesmas, de acordo com o método de Ross (1994). Neste mapa para as faixas (bege) com inclinação entre 0% e 6%, muito fraca, foi atribuído peso 1, pois é a faixa com menor vulnerabilidade. As faixas amarelas que possuem declividade fraca entre 6% e 12% foi atribuído peso 2. As faixas vermelhas que representam declividade entre 12% a 20% possuem declividade média, por isso possuem peso 3.



Já as faixas em roxo foi atribuído peso 4 pois a vulnerabilidade é forte devido a uma declividade entre 20% e 30%. E para as faixas em azul que possuem declividade acima de 30% com vulnerabilidade muito forte foi atribuído peso 5.

Esses pesos podem nos levar a identificar no mapa as zonas mais vulneráveis e menos vulneráveis apenas observando as cores das faixas. O mapa de declividade ponderada, com seus respectivos pesos servirá para fazer o cruzamento de dados com o mapa de ocupação do solo, que também possui pesos de 1 a 5, em relação a vulnerabilidade, como pode ser observado na Figura 01.

Figura 01: Mapa de declividade e declividade ponderada do Município de Francisco Beltrão-PR



### 2.3. CARTA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

O mapa de uso e ocupação do solo pode demonstrar a principal atividade realizada no local de estudo, obtendo as informações referentes as atividades da sociedade. A organização do espaço do município de Francisco Beltrão tem grande influência agrícola, utilizando o solo em grande parte para pastagem e plantio, a concentração de indústrias e comércio concentra-se apenas na malha urbana.

Para realização deste mapa foi necessário obter dados a partir das imagens disponibilizadas pelo satélite LANDSAT-7, selecionado as bandas 3, 4, e 5. A escolha dessas bandas baseou-se no comportamento espectral da vegetação exibido no processo de interação com a REM (Radiação Eletromagnética). Desse modo, a faixa do vermelho mede a concentração de pigmentos foliares, a do infravermelho próximo a densidade de biomassa e a do infravermelho médio a concentração de umidade foliar (SANTOS, s/d, p.49).

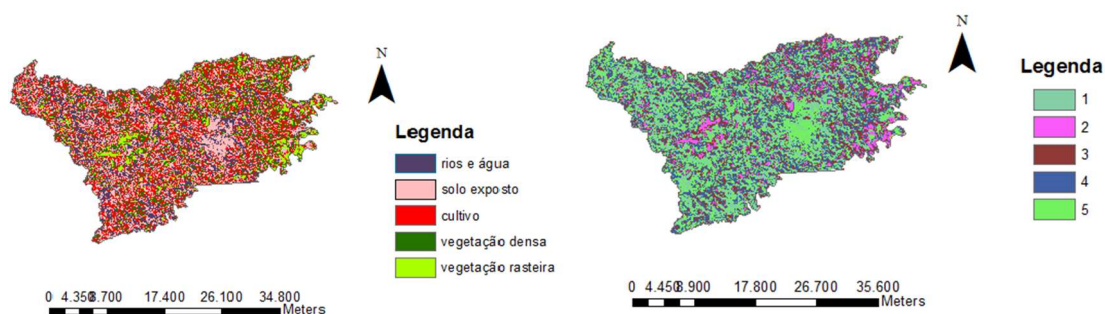
Também se procurou buscar o registro mais recente dos dados, desprovida de nuvens a fim de que fosse possível registrar dados atuais das informações. Após a exclusão das áreas externa do limite do município de Francisco Beltrão, formou-se o mapa com o mosaico constituído pelas imagens do satélite Landsat. Devido a grande extensão da área de interesse, a metodologia híbrida foi utilizada através da interpretação visual comparando a imagem gerada pela composição de cores.

A ponderação do mapa de uso e ocupação foi realizada para afim de atribuir notas que foram comparadas com o risco de erosão do solo, para que seja possível realizar a álgebra de mapas.

Foram realizadas cinco categorias para obtenção do mapa final do uso e

ocupação do solo: vegetação densa e rasteira, cultivo, solo exposto e rios, conforme o grau de proteção ambiental, sendo 5 a maior proteção e 1 a menor. Pode-se observar na figura 02:

Figura 02: Mapa Uso e Ocupação do solo e Mapa do Uso e Ocupação do solo ponderada do Município de Francisco Beltrão-PR



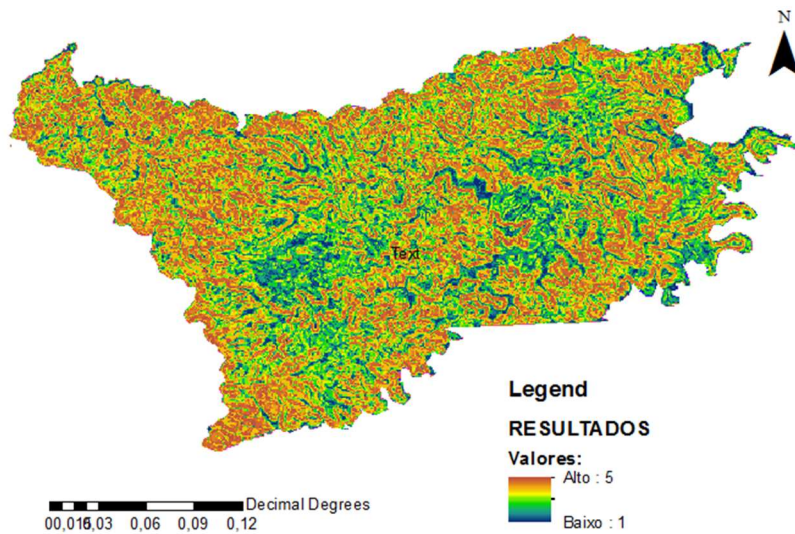
### 3. RESULTADOS

A partir dos dois mapas realizados e ponderados foi possível realizar a álgebra de mapas através do SIG, no qual resultou na composição que indica as regiões de maior risco de erosão no solo com base na declividade e uso e ocupação do solo.

Para a realização da álgebra de mapas foi necessário a determinação de notas de importância dos dois fatores considerados nesse estudo, para isso foi determinado que a declividade possuía a importância de 0,75 e o uso e ocupação do solo a importância de 0,25 com relação ao risco de erosão da região.

A partir desse mapa é possível analisar as áreas de maior risco destacadas na cor vermelha até a mínima graduação destacada na cor azul, a legenda de cores demonstra a classificação de risco, como podemos observar no Figura n° 03:

Figura 03: Mapa da álgebra de mapas do Município de Francisco Beltrão-PR



#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia aplicada neste artigo pode ser considerada prática e de fácil de ser interpretada, obtendo através da visualização o entendimento e a compreensão da representação gráfica. Quanto ao mapa de uso e ocupação do solo no município de Francisco Beltrão, podemos considerar que as imagens do satélite aliados ao SIG constituem ferramentas importantes para quantificar as ocupações do solo e fornecer informações para planejar medidas de modo que diminua os problemas ambientais e contribua para o desenvolvimento urbano de forma planejada.

Através do mapa declividade podemos observar através das faixas de cores que as faixas amarelas e laranjadas podem ser ocupadas sem que haja risco de desmoronamento de solo, devendo-se tomar cuidado com faixas de baixa declividade próximas a rios, essas faixas podem estar sujeitas a alagamentos. As faixas vermelhas possuem declividade entre 12% e 20%, essas faixas possuem média vulnerabilidade, o que deve levar engenheiros e arquitetos a tomarem um cuidado maior na elaboração de projetos nessas áreas, deve ser realizada uma investigação e elaborado um projeto de contenção adequado, para que as regiões possam ser habitadas com segurança. Já as áreas em cor de rosa e azul indicam zonas de vulnerabilidade forte e muito forte, em relação a declividade, essas zonas podem estar sujeitas a deslizamentos e escorregamentos de solo.

No mapa de declividade ponderada pode ser feita uma análise rápida em relação as faixas com menos risco e maior risco em relação a declividade, observando as faixas de cores que estão relacionadas a pesos de 1 a 5: Bege, baixa vulnerabilidade; amarelo vulnerabilidade fraca; laranja , vulnerabilidade média; vermelho vulnerabilidade forte, azul, vulnerabilidade muito forte.

## REFERÊNCIAS

ANDES, J; MENDES, J; ANDRADE, S; CANEPARO, S.C. **Risco de enchentes e lógica fuzzy no planejamento da expansão urbana na microbacia hidrográfica do Arroio Lonqueador (SW/PR)**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. 2013. Foz do Iguaçu: Anais... Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 4578-4585.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed, Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@**. Cidades é uma ferramenta para se obter informações sobre todos os municípios do Brasil num mesmo lugar. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 18 novembro 2014.

MINEROPAR. Minerais do Paraná S.A & Secretaria de Estado da Indústria, do Comércio e do Turismo. **Projeto riquezas minerais: Avaliação do potencial mineral e consultoria técnica no município de Francisco Beltrão – Relatório final**. Curitiba, set.2002.

RAITZ, Crisley S. **Análise do Uso e ocupação do solo como suporte a preservação dos recursos hídricos**. 2012. 140 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

SANTIS, Dirce Grando Díaz; MENDONCA, Francisco de Assis. **IMPACTOS DE INUNDAÇÕES EM ÁREAS URBANAS: O CASO DE FRANCISCO BELTRÃO/PR**. Disponível em: <<http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal8/Procesosambientales/Hidrologia/07.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2014

TUCCI, Carlos E. M.. **INUNDAÇÕES URBANAS**. Disponível em: <[http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros\\_documentos\\_tecnicos/curso-gestao-do-terrimorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/drenagem1.PDF](http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-terrimorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/drenagem1.PDF)>. Acesso em: 19 nov. 2014.

VIVIANI, Eliane; MANZATO, Gustavo, G. **Geração de modelos digitais de superfície por meio de plataformas computacionais com estrutura vetorial e raster**.

**ABSTRACT:** This work demonstrates the importance of using Geographic Information Systems (GIS) as a tool for data analysis and mapping. This study aims to survey data in the region of the municipality of Francisco Beltrão to generate maps of slope and land use, subdividing in permeable and impermeable bands. The results achieved in the generation of maps show the system efficiency, resulting in data that can be displayed in a clear and concise manner and to ensure the interpretation of the information applied. These maps can generate several indicators for urban management, through map algebra in GIS, showing areas of instability as

waterlogging .

**KEYWORDS:** Geographic Information System, soil study, environmental analysis.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISE DE INDICADORES GEOMÉTRICOS PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS PARAMÉTRICOS EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES DE ENSINO FUNDAMENTAL**

---

**Tiago Alves Cardoso  
Ricardo Rocha de Oliveira  
Matheus Henrique Anderle  
Adriana de Paula Lacerda Santos**

# ANÁLISE DE INDICADORES GEOMÉTRICOS PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS PARAMÉTRICOS EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES DE ENSINO FUNDAMENTAL

**Tiago Alves Cardoso**

Universidade Federal do Paraná

Curitiba - Paraná

**Ricardo Rocha de Oliveira**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Cascavel - Paraná

**Matheus Henrique Anderle**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Cascavel - Paraná

**Adriana de Paula Lacerda Santos**

Universidade Federal do Paraná

Curitiba - Paraná

**RESUMO:** Na avaliação de viabilidade de execução de um empreendimento é essencial a estimativa do seu custo através da elaboração de um orçamento. Existem vários tipos de orçamento, e o padrão escolhido depende da finalidade e da disponibilidade de dados. Em estudos de viabilidade, em que há interesse em obter-se uma estimativa rápida ou baseada apenas em um anteprojeto, o tipo mais indicado é o orçamento paramétrico. No entanto, para tal prática torna-se necessário obter indicadores de custos paramétricos. Neste artigo, realizou-se um estudo exploratório, por meio de amostras representativas de edificações escolares públicas de ensino fundamental, com o objetivo de apresentar indicadores geométricos para estimativa de custos neste tipo de construção. Para esta finalidade, utilizou-se o Método de Características Geométricas, em que se apresentou uma exposição de indicadores geométricos para as amostras, tais como índice de compactidade, área de esquadrias externas, proporcionalidade de áreas, índice de paredes externas e internas. O conjunto de parâmetros obtidos pode ser usado como referência em um estudo de viabilidade econômica deste tipo de obra, propiciando o apoio à tomada de decisão no nível de planejamento estratégico, aprimorando assim, a definição da aplicação de recursos públicos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Indicadores geométricos, custos paramétricos, escolas.

## 1. INTRODUÇÃO

O planejamento de um empreendimento requer um estudo de viabilidade econômica, um orçamento detalhado e um rigoroso acompanhamento físico-financeiro da obra. Para se avaliar a viabilidade de um empreendimento, é necessário estimar seu custo, através da elaboração de orçamentos (Andrade e Souza, 2002; Knolseisen, 2003). Existem vários tipos de orçamento, e o padrão escolhido depende da finalidade da estimativa e da disponibilidade de dados. Se há

interesse em obter uma estimativa rápida ou baseada apenas na concepção inicial da obra ou em um anteprojeto, o tipo mais indicado é o orçamento paramétrico. O indicador paramétrico mais utilizado atualmente é o CUB (Custo Unitário Básico), que é obtido através de obras anteriores, ou indicadores, e permite que se faça uma estimativa de custo da obra utilizando somente área ou volume a ser construído. Além do CUB, outros índices ainda são bastante conhecidos no mercado da construção civil, tais como: o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil da Caixa Econômica Federal) e o IPCE (Índice Pini de Custos de Edificações da Editora Pini) (Marchiori, 2009).

Por outro lado, o setor público deve atentar para uma boa gestão, tornando o aparelho estatal mais atualizado aos padrões modernos. Considerando ainda que a educação pública, atualmente tratada como uma prioridade pelas políticas de governo, oferta mais de 24 milhões de matrículas no ensino fundamental, é necessário um planejamento eficaz do investimento na construção de novas unidades escolares (INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA, 2014).

Ante o exposto, esse artigo tem como proposta a obtenção de indicadores paramétricos que representem, com um grau de precisão em níveis aceitáveis, parâmetros para a definição de custo de construção para edificações escolares públicas de ensino fundamental, viabilizando a tomada de decisão mais criteriosa e transparente acerca da execução do empreendimento.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Ante o exposto, esse artigo tem como proposta a obtenção de indicadores paramétricos que representem, com um grau de precisão em níveis aceitáveis, parâmetros para a definição de custo de construção para edificações escolares públicas de ensino fundamental, viabilizando a tomada de decisão mais criteriosa e transparente acerca da execução do empreendimento.

Esta pesquisa é classificada como exploratória, uma vez que buscará aprofundar o nível de conhecimento a respeito de um contexto determinado. Segundo Robson (2002), o objetivo da pesquisa exploratória é identificar o que está ocorrendo, especialmente em situações pouco compreendidas, a fim de pesquisar novas introspecções, quando o intuito é fazer perguntas, para gerar ideias e hipóteses para pesquisas futuras.

Preliminarmente, buscaram-se projetos arquitetônicos, memoriais e planilhas orçamentárias em processos licitatórios de edificações escolares públicas de ensino fundamental. Realizou-se contato com os setores de engenharia de 12 prefeituras, nos estados de Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo. Ao final deste processo obteve-se acesso aos projetos de construção de 09 edificações escolares, as quais são identificadas na Tabela 1.



Tabela 1: Identificação das amostras

Amostra	Estado	Cidade	Área (m <sup>2</sup> )
1	São Paulo	Sorocaba	2.792,36
2	Paraná	Cascavel	3.823,90
3		Toledo	774,94
4		Cascavel	2.283,36
5		Cascavel	1.113,95
6		Ponta Grossa	935,21
7		Ponta Grossa	969,12
8		Ponta Grossa	945,78
9		Toledo	320,00

FONTE: Autores (2017)

Nesse estudo, utilizou-se o método de estimativa de custos denominado Método das Características Geométricas, em que as informações podem ser obtidas no início da fase de concepção do projeto, uma vez que não exige qualquer tipo de detalhamento. Neste método, após a definição do tipo de obra, padrão de acabamento e capacidade econômica, financeira e operacional do empreendedor, são definidas as características geométricas mais representativas da edificação, de forma a estabelecer relações paramétricas que apresentam indicadores e parâmetros de racionalidade de projeto.

De posse dos projetos arquitetônicos e memoriais, em cada uma das amostras foram definidos os indicadores geométricos apresentados no Quadro 1 e, posteriormente, efetuada uma comparação dos valores encontrados em pesquisas anteriores que são usadas como referência nesse tipo de estudo. Os indicadores analisados foram os seguintes: área média dos compartimentos; índice de compacidade; índice de paredes externas por m<sup>2</sup> de obra; índice de paredes internas por m<sup>2</sup> de obra; área de aberturas externas por m<sup>2</sup> de obra.

Quadro 1: Indicadores Geométricos

Indicadores Geométricos		
Indicadores	Definição	Autores
Área média dos compartimentos	Este parâmetro trata-se de uma média da área dos compartimentos de uma edificação	Losso (1995)
Índice de compacidade (IC)	Este parâmetro baseia-se na relação percentual que existe entre o perímetro de um círculo de igual área do projeto e o perímetro das paredes externas do pavimento.	Mascaró (2004) e Oliveira (1995)
Área de paredes externas (APE)	Relação da área de paredes externas e a área do pavimento. Almeja obter um coeficiente referente a área de fachada.	Losso (1995)
Área de paredes internas (API)	Relação da área de paredes internas e a área do pavimento. Almeja obter um coeficiente referente a área de alvenaria interna por pavimento.	Losso (1995)
Área de aberturas externas (AAE)	Relação da área de aberturas externas e área do pavimento. Almeja obter a área de aberturas externas por pavimento.	Losso (1995)

FONTE: Adaptado de Losso (1995), Mascaró (2004) e Oliveira (1995)

Como exemplo de obtenção desses indicadores, apresenta-se a determinação do índice de compacidade, definindo-se os valores e a média em relação aos resultados obtidos nas amostras. Nas unidades escolares compostas por blocos distintos, ou com mais de um pavimento não idêntico, foi calculado o índice de compacidade para cada bloco/pavimento em separado e depois determinado a média ponderada dos valores. Na sequência à obtenção do índice, produziu-se um gráfico, para evidenciar os resultados obtidos e um esboço do perímetro das edificações foi elaborado com o auxílio de software de desenhos. Para os indicadores de paredes externas, paredes internas e aberturas externas, os mesmos procedimentos do índice de compacidade foram efetuados, com seus respectivos cálculos, os quais foram agrupados em tabelas para realização de análises.

### 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Para a análise das áreas das edificações, dividiram-se as unidades em 05 setores: Administração/Direção, Pedagógico, Vivência, Serviços e Circulação. A Tabela 2 revela a relevância de cada setor nas amostras estudadas, com a indicação dos valores individuais de áreas de cada unidade, com destaques para os valores médios, menor e maior.

Ainda, é possível comparar-se os valores obtidos com os padrões identificados por São Paulo (2012), que especifica a proporcionalidade entre os setores de um projeto padrão de uma escola. Os índices denominados “maior” e “menor” são os maiores e menores percentuais encontrados nas 07 amostras, em relação a cada setor, respectivamente.

Tabela 2: Proporção das áreas

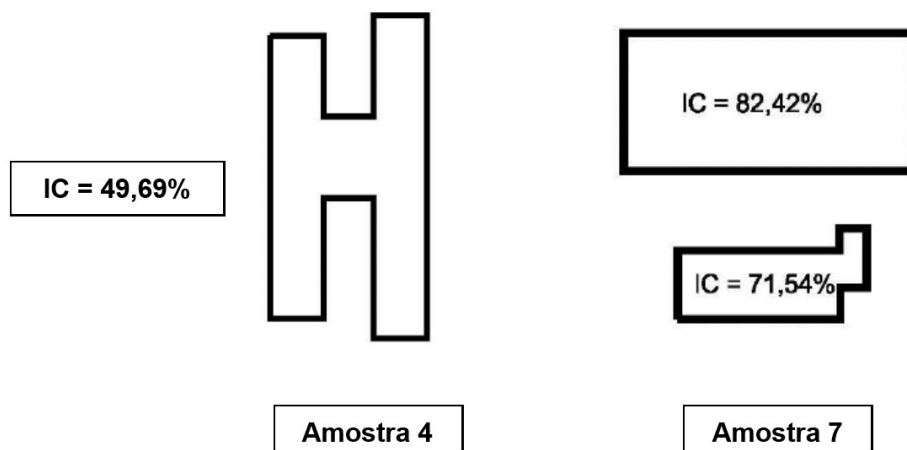
Setor / Amostra	Índice das amostras (%)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Padrão	Média	Maior	Menor
<b>Direção/Admin.</b>	5,8	3,5	9,0	4,6	9,4	6,2	6,2	5,7	7,1	8,5	6,4	9,4	3,5
<b>Pedagógico</b>	45,4	55,9	42,9	46,4	44,0	40,2	49,2	38,5	58,4	50,0	46,8	58,4	38,5
<b>Vivência</b>	18,6	18,6	22,0	16,4	17,7	17,8	20,4	28,1	23,2	16,5	20,3	28,1	16,4
<b>Serviços</b>	2,0	1,5	6,3	3,2	2,6	6,7	3,7	4,6	7,2	2,0	4,2	7,2	1,5
<b>Circulação</b>	28,2	20,4	19,8	29,4	26,3	29,1	20,6	23,2	4,1	23,0	22,3	29,4	4,1

FONTE: Autores (2017)

Comparando-se os valores obtidos nas amostras detecta-se que, com exceção da amostra 09, todas as outras escolas apresentam a divisão de áreas seguindo uma tendência do padrão estabelecido na literatura. Devido ao fato de tratar-se de uma escola de pequeno porte, essa amostra apresentou poucas áreas de circulação, maximizando as áreas do setor pedagógico, resultando assim, em valores discrepantes em relação às outras unidades. Destaca-se ainda a amostra 02, a qual teve menor área reservada a atividades administrativas, que corrobora com o pressuposto de que escolas maiores possuem maior número de salas de aula e não necessariamente precisam ampliar proporcionalmente sua área administrativa.

A Figura 1 apresenta as amostras que obtiveram o menor e o maior valor de Índice de Compacidade (IC) encontrados. Apesar de não estarem em escala, as representações evidenciam o propósito principal do indicador, ou seja, a relação entre o perímetro e a área da figura.

Figura 1. Índice de compacidade das amostras 4 e 7: menor e maior valor de IC

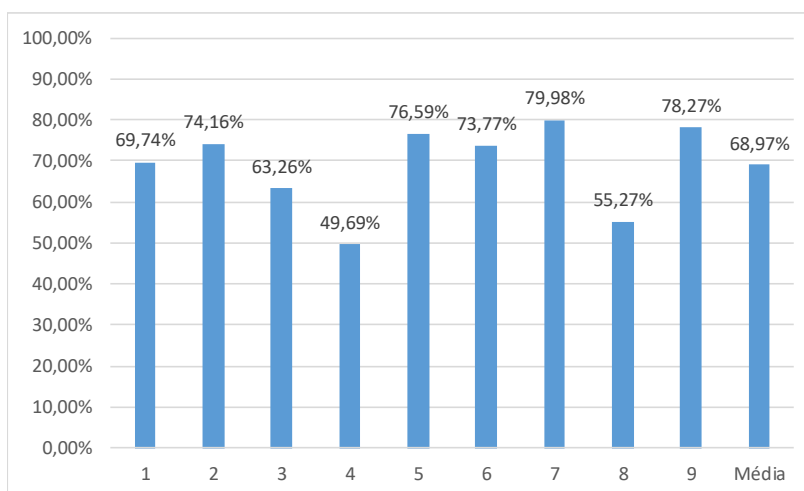


FONTE: Autores (2017)

Observa-se que a amostra 7 é a figura mais compacta, com a forma mais próxima a de um quadrado, e apresenta o maior índice de compacidade dentre todas as amostras. A amostra 4, por sua vez, apresenta um formato que se assemelha a letra “H”, com peças mais parecidas com retângulos, com valores baixos resultantes da relação base/altura, sendo então a amostra com o menor índice.

O gráfico da Figura 2 retrata uma comparação entre os índices das amostras com a de um quadrado, a forma a qual a literatura expõe como a de melhor aproveitamento do espaço.

Figura 2. Comparação do índice de compacidade (IC) das amostras



FONTE: Autores (2017)

A Tabela 3 apresenta uma compilação dos dados obtidos pelos índices

geométricos das amostras desse estudo.

Tabela 3. Comparação dos índices geométricos

Amostra	Área	IC	APE	API	AAE
1	2.792,36	69,74	0,36	0,50	0,04
2	3.823,90	74,16	0,33	0,51	0,08
3	774,94	63,29	0,49	0,63	0,09
4	2.283,36	49,69	0,6	0,46	0,17
5	1.113,95	76,59	0,55	0,62	0,14
6	935,21	73,77	0,36	0,76	0,11
7	969,12	79,98	0,46	0,59	0,13
8	945,78	55,27	0,48	0,64	0,15
9	320,00	78,27	0,58	0,83	0,18
<b>Média</b>	---	<b>68,97</b>	<b>0,47</b>	<b>0,62</b>	<b>0,12</b>

FONTE: Autores (2017)

Observa-se que há pouca diferença na proporção de áreas. A discrepância de áreas entre mesmos setores em unidades diferentes ocorre devido às particularidades do programa de necessidades de cada uma, destacando-se o número de salas de aula e a necessidade de circulação.

Em relação à APE, há uma grande variação entre as amostras, sendo a oscilação nos valores de pé-direito, quantidade de aberturas externas e disposição da edificação (compacidade), os fatores mais relevantes para definição desse índice.

Os índices de API retrataram valores maiores em relação aos de APE, visto que existem muitas subdivisões dentro de uma unidade (salas de aula, banheiros, biblioteca, etc.). Já os índices de AAE expressaram uma grande variação, com as amostras 04 e 09 com altos índices de aberturas externas, diretamente proporcional a APE, e as amostras 01, 02, 03 e 06 com os menores índices de AAE e APE.

#### 4. CONCLUSÕES

Contatou-se que, em relação à divisão de áreas, as escolas seguem um padrão. Ainda, a pesquisa possibilitou, por meio da obtenção dos indicadores geométricos, constatar que as unidades que apresentaram menor índice de compacidade foram também as que revelaram elevados índices de Área de Paredes Externas (APE) e Área de Aberturas Externas (AAE), expondo assim uma tendência entre as amostras.

Em vista disso, os indicadores geométricos obtidos podem ser utilizados como referência em estudos de viabilidade econômica para a construção de novas escolas públicas de ensino fundamental. Além disso, diante da crescente demanda de construção de edificações escolares públicas em todo o país, torna-se imprescindível a adoção de procedimentos que amparem o processo de tomada de decisão, visando o aprimoramento do processo planejamento, buscando garantir a aplicação do volume de recursos disponíveis com a máxima eficiência.

Assim sendo, os indicadores geométricos, associados aos orçamentos paramétricos, mostram-se como importantes ferramentas para o estudo inicial de

viabilidade em um empreendimento. Apesar de não ter sido o escopo do presente trabalho, seria importante buscar referências para os setores de engenharia de prefeituras, para associar relações entre os índices geométricos e níveis de custos de construção adotados em projetos padrões de escolas. Neste sentido, recomenda-se que seja abordada em futuros trabalhos a relação entre os parâmetros geométricos e os custos envolvidos no processo de construção.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.; SOUZA, U. Diferentes abordagens quanto ao orçamento de obras habitacionais: aplicação ao caso do assentamento da alvenaria. In: **IX Encontro Nacional de Tecnologia do Meio Ambiente Construído** – Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA - INEP. **Censo Escolar da Educação Básica 2013**: Um resumo técnico. Brasília: O Instituto, 2014.

KNOLSEISEN, P. C. **Compatibilização de orçamento com o planejamento do processo de trabalho para obras de edificações**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003

LOSSO, I. R. **Utilização das características geométricas da edificação na elaboração de estimativas preliminares de custos**: Estudo de caso em uma empresa de construção. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

MASCARÓ, J. L. **O Custo das Decisões Arquitetônicas**. 3.ed. Porto Alegre: JLM, 2004. 180p.

MARCHIORI, F. F. **Desenvolvimento de um Método para Elaboração de Redes de Composições de Custos para Orçamentação de Obras de Edificações**. 2009. Tese de Doutorado em Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009

Oliveira, M. **Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade da Construção Civil**: Manual de Utilização. 2ª Ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1995.

ROBSON, C. **Real world research - a resource for social scientists and practitioner researchers**. Blackwell Publishers, 2002.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado da Educação. Fundo Para o Desenvolvimento da Educação. **Catálogo de Ambientes**: Especificações da Edificação Escolar. São Paulo: Fundo Para o Desenvolvimento da Educação, 2012.

**ABSTRACT**: In the evaluation of project implementation feasibility it is essential to estimate its cost by drawing up a budget. There are several types of budget, and the

standard chosen depends on the purpose and the availability of data. Feasibility studies, where there is interest in obtaining a rapid estimate or based only on a preliminary plan, the most suitable type is parametric budget. However, for such a practice it becomes necessary to obtain parametric cost indicators. In this paper, there was an exploratory study, using representative samples of public school buildings, with the aim of presenting geometric indicators, to estimate costs in this type of construction. For this purpose, it is used the geometric characteristics method, where in an exposure performed geometric indicators for samples such as compactness index area of external frames, areas of proportionality, external and internal walls index. The set of parameters obtained can be used as reference in a study of the economic viability of this type of project, providing support for decision-making at the strategic planning level, thus improving the definition of the use of public funds.

**KEYWORDS:** Geometric indicators, parametric costs, schools.

## **CAPÍTULO VI**

### **APLICAÇÃO DE CONDUTO CORRUGADO EM AIR STRIPPING DE NITROGÊNIO AMONÍACO**

---

**Abel Sidney Bravin Junior  
Thalita Pereira Delduque  
Kátia Valéria Marques Cardoso Prates  
Ajadir Fazolo**

# APLICAÇÃO DE CONDUTO CORRUGADO EM AIR STRIPPING DE NITROGÊNIO AMONÍACAL

## **Abel Sidney Bravin Junior**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Londrina - PR

## **Thalita Pereira Delduque**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Londrina - PR

## **Kátia Valéria Marques Cardoso Prates**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Londrina - PR

## **Ajadir Fazolo**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Londrina - PR

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi construir e testar um sistema inovador para remoção do nitrogênio amoniacal ( $N-NH_3$ ) de água residuária, por *air stripping*, utilizando-se conduto corrugado (diâmetro interno 3" e 10 m de comprimento) disposto de forma helicoidal. Foi avaliada a influência da vazão do ar ( $Q_{ar}$ ) variando entre 1000 e 2000 L  $min^{-1}$ , vazão do líquido ( $Q_{liq}$ ) na faixa de 0,5 a 1,0 L  $min^{-1}$  e pH entre 9 e 12 na remoção de  $N-NH_3$  de efluente sintético (20 ensaios), seguindo-se planejamento estatístico Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR). As análises estatísticas, ao nível de confiança de 95%, indicaram o efeito positivo da elevação do pH e  $Q_{ar}$  no desempenho do sistema. Os melhores resultados (eficiência de remoção de 70,9%) foram obtidos em  $Q_{ar}$  de 2000 L  $min^{-1}$ ,  $Q_{liq}$  de 0,5 L  $min^{-1}$  e pH igual a 12. Além disso, comparando-se com as torres de *air stripping* convencionais o sistema estudado necessita menor altura manométrica de elevação da água residuária, baixa perda de carga no escoamento do ar pela ausência de recheio, elevado tempo de contato líquido-ar favorecendo a transferência da amônia da água para o gás de arraste.

**PALAVRAS-CHAVE:** Conduto corrugado, amônia, *air stripping*, nitrogênio.

## 1. INTRODUÇÃO

Sistemas biológicos de tratamento são aplicados, prioritariamente, na remoção de matéria orgânica e nitrogênio das águas residuárias. Entretanto, vários autores (Chen et al., 2014, Anthonisen et al., 1976, Li e Zhao, 1999, Calli et al., 2005 e Jin et al., 2012) descrevem os efeitos tóxicos e/ou inibidores das elevadas concentrações de amônia ( $N-NH_3$ ) no metabolismo microbiano. Anthonisen et al. (1976), por exemplo, indica que, na nitrificação, a inibição da oxidação de nitrito iniciaria em concentrações de amônia livre na faixa de 0,1 a 1,0  $mgN-NH_3L^{-1}$ , enquanto que a inibição da oxidação do nitrogênio amoniacal total (NAT) ocorreria



em concentrações mais elevadas, de 10 a 150 mgN-NH<sub>3</sub>L<sup>-1</sup>.

Nesses casos, tecnologias que removem parcialmente o N-NH<sub>3</sub> podem ser empregadas com o objetivo de melhorar as características das águas residuárias para posterior tratamento biológico.

A tecnologia de *air stripping*, que se baseia na transferência da NH<sub>3</sub> da fase líquida (água residuária) para a fase gasosa (gás de arraste, em geral, o ar atmosférico), tem sido empregada em águas residuárias com elevadas concentrações de nitrogênio, tais como em lixiviado de aterro sanitário (Ferraz et al. 2013, Campos et al. 2013, El-Gohary et al. 2013), dejetos de suíno (Bonmati & Flotats, 2003; Zhang & Jahng, 2010; Zhang et al. 2012) e bovinos (Jiang et al. 2014), curtume (O'Brien et al. 1984). No processo, o NH<sub>3</sub> é formado com a elevação do pH da água residuária até 10,8 – 11,5, pela adição de cal (Ca(OH)<sub>2</sub>) ou hidróxido de sódio (NaOH), e em seguida, o líquido é colocado em contato com o ar de arraste em unidades (torres com enchimento) que facilitam a transferência de massa. Essas torres, apresentam como potenciais desvantagens, elevadas alturas (6,1 a 7,5m), perda de carga do escoamento de ar entre 0,12 a 0,16 mca (metro de coluna de água) por metro de torre (totalizando 0,76 a 1,19 mca) o que exige sopradores mais potentes. Também, é relatada incrustação progressiva do enchimento das torres (formação de CaCO<sub>3</sub>) com perda de eficiência na remoção de NH<sub>3</sub> e necessidade de lavagem química (USEPA, 2000, Viotti & Gavasci, 2015).

O objetivo deste trabalho foi desenvolver e testar um sistema inovador de *air stripping*, construído com conduto corrugado disposto de forma helicoidal como alternativa as torres com enchimento.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A instalação experimental (Figura 1) era composta por bomba dosadora (marca Hidrogeron, modelo 303, vazão entre 0 e 1000 mL min<sup>-1</sup>), soprador de ar (marca Makita, modelo MUB-103, vazão de ar máxima de 2,25 m<sup>3</sup> min<sup>-1</sup>) e 10 m de conduto corrugado, diâmetro interno de 3" (≈7,6 cm) e cavidades com aproximadamente 0,5x0,5 cm, disposto de forma helicoidal com declividade de 5,6%. A água residuária era recalçada pela bomba dosadora (1) até o topo da torre (3) e, por gravidade, percorria o tubo corrugado até a saída do sistema (5). O ar era fornecido pelo soprador (2) e injetado na base da tubulação e saindo no topo (4), configurando um sistema operado em contracorrente.

Figura 1 - Instalações experimentais: (1) bomba dosadora; (2) soprador de ar (3) entrada da água residuária no canal corrugado; (4) saída do ar + NH<sub>3</sub>; (5) saída da água residuária tratada



Protocolo experimental: Utilizou-se planejamento estatístico Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR), descrito por Rodrigues & lemma (2005), com 03 variáveis independentes: vazão do ar ( $Q_{ar}$ ), vazão do líquido (água residuária) ( $Q_{liq}$ ) e pH (pH).

Parâmetros monitorados: Em cada ensaio, foram monitorados pH, temperatura, e nitrogênio amoniacal de com metodologias descritas em AWWA/APHA/WEF (2005).

Operação do sistema: De acordo com o planejamento experimental, no início de cada ensaio, preparou-se 3 L de solução, adicionando 14,16 g de  $(NH_4)_2SO_4$  ( $1000 \text{ mg N-NH}_3\text{L}^{-1}$ ) ajustou-se o pH com NaOH, 6M e as vazões do líquido (potenciômetro da bomba) e do ar (anemômetro marca KIMO Instruments, modelo VT 110, precisão  $\pm 3\%$  da leitura).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 sintetiza as condições experimentais e os resultados obtidos.

Tabela 1 - Valores codificados e reais para as variáveis independentes e remoções obtidas de N-NH<sub>3</sub>.

Ensaio	Qar (L min <sup>-1</sup> )	Qlíq (L min <sup>-1</sup> )	pH	Qar/Qlíq (L L <sup>-1</sup> )	Remoção N-NH <sub>3</sub> (%)
1	-1(1200)	-1(0,60)	-1(9,6)	2000	27,2
2	1(1800)	-1(0,60)	-1(9,6)	3000	32,2
3	-1(1200)	1(0,90)	-1(9,6)	1333	15,8
4	1(1800)	1(0,90)	-1(9,6)	2000	25,0
5	-1(1200)	-1(0,60)	1(11,4)	2000	40,7
6	1(1800)	-1(0,60)	1(11,4)	3000	47,8
7	-1(1200)	1(0,90)	1(11,4)	1333	25,2
8	1(1800)	1(0,90)	1(11,4)	2000	43,1
9	-	0(0,75)	0(10,5)	1333	25,2
10	+1,68(200)	0(0,75)	0(10,5)	2666	58,7
11	0(1500)	-1,68(0,50)	0(10,5)	3000	52,4
12	0(1500)	+1,68(1,00)	0(10,5)	1500	41,5
13	0(1500)	0(0,75)	-1,68(9,0)	2000	14,8
14	0(1500)	0(0,75)	+1,68(12,0)	2000	48,4
15	0(1500)	0(0,75)	0(10,5)	2000	32,6
16	0(1500)	0(0,75)	0(10,5)	2000	34,8
17	0(1500)	0(0,75)	0(10,5)	2000	35,6
18	0(1500)	0(0,75)	0(10,5)	2000	37,4
19	0(1500)	0(0,75)	0(10,5)	2000	37,5
20	0(1500)	0(0,75)	0(10,5)	2000	38,5

Pela análise estatística (STATSOFT® 2015) foi possível inferir, ao nível de confiança de 95% ( $p < 0,05$ ), que todas as variáveis independentes (Qar, Qlíq e pH) influenciaram os resultados. Além disso, os dados foram submetidos a análise de variância (Tabela 2) sendo possível obter e validar modelo matemático das variáveis codificadas estatisticamente significativas, equação (1) (ANOVA  $F_{\text{calculado}} = 14,82 > F_{\text{tabelado } 3; 16; 0,05} = 3,16$ ) e gerar superfícies de resposta (Figuras 2, 3 e 4).

Tabela 2 - Análise de variância (ANOVA)

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de Liberdade	Quadrados médios	F calculado
Regressão	1842,9041	3	614,30	14,82
Resíduos	662,9565	16	41,434	-
Total	2505,8606	19	-	-

$$\text{Remoção N-NH}_3 (\%) = 35,717 + 8,291 \cdot \text{pH} + 6,983 \cdot \text{Qar} - 4,190 \cdot \text{Qliq} \quad (1)$$

O melhor resultado (70,9%) foi obtido com Qar de 2000 Lmin<sup>-1</sup>, Qliq 0,5 Lmin<sup>-1</sup> e pH, 12.

O efeito do pH está relacionado com a fração de NH<sub>3</sub>, forma de passível de ser removido pelo processo de *air stripping*, conforme equação (2) proposta por Emerson *et al.* (1975):

$$\frac{\text{NH}_3}{\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3} (\%) = \frac{100}{1 + 10^{(0,09018 + \frac{2729,92}{1+273,20} \cdot \text{pH})}} \quad (2)$$

O experimento foi executado a temperatura ambiente (25°C), assim o aumento de NH<sub>3</sub> dependeu principalmente da elevação do pH, atingindo quase 100% em valor próximo a 11,5.

Para a remoção do N-NH<sub>3</sub> é necessário um dispositivo que permita o contato íntimo entre a água residuária e o gás de arraste. Observou-se que, quanto maior Qar e menor Qliq mais eficiente foi a remoção de N-NH<sub>3</sub> pela redução da resistência a transferência de massa. Metcalf & Eddy (2015) por meio de balanço de massa em uma torre com enchimento, a 20°C, estimam a necessidade teórica de 1741 m<sup>3</sup> de ar para cada m<sup>3</sup> de efluente, devendo-se acrescentar na prática, entre 1,5 a 3,0 o volume de ar (2611 a 5223 m<sup>3</sup> ar/ m<sup>3</sup> água residuária). Neste experimento, com Qar/Qliq de 4000 obteve-se 70,9% de remoção.

Figura 2 - Superfície de resposta da influência da vazão do líquido (Qliq) e da vazão do ar (Qar) na remoção do nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>)

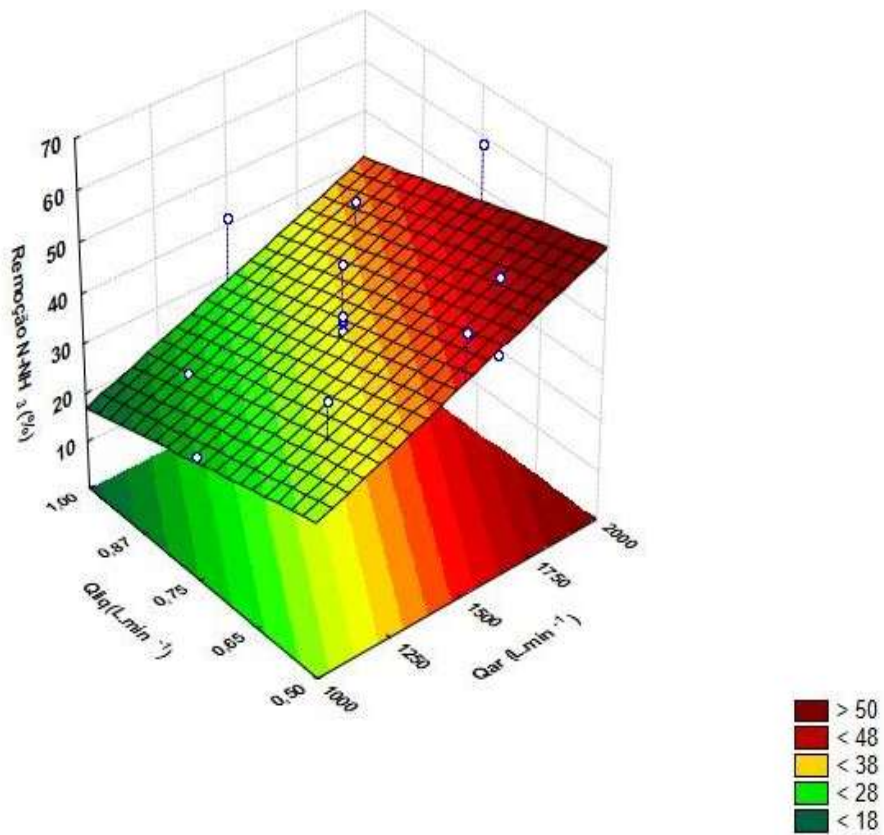


Figura 3 - Superfície de resposta da influência do pH e da vazão do ar (Qar) na remoção do nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>)

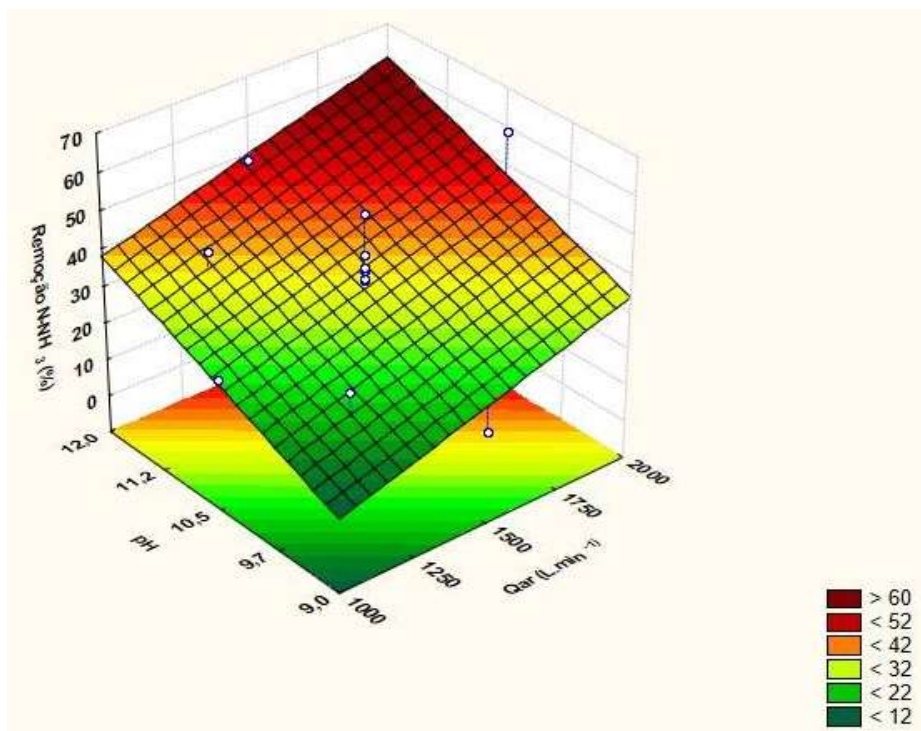
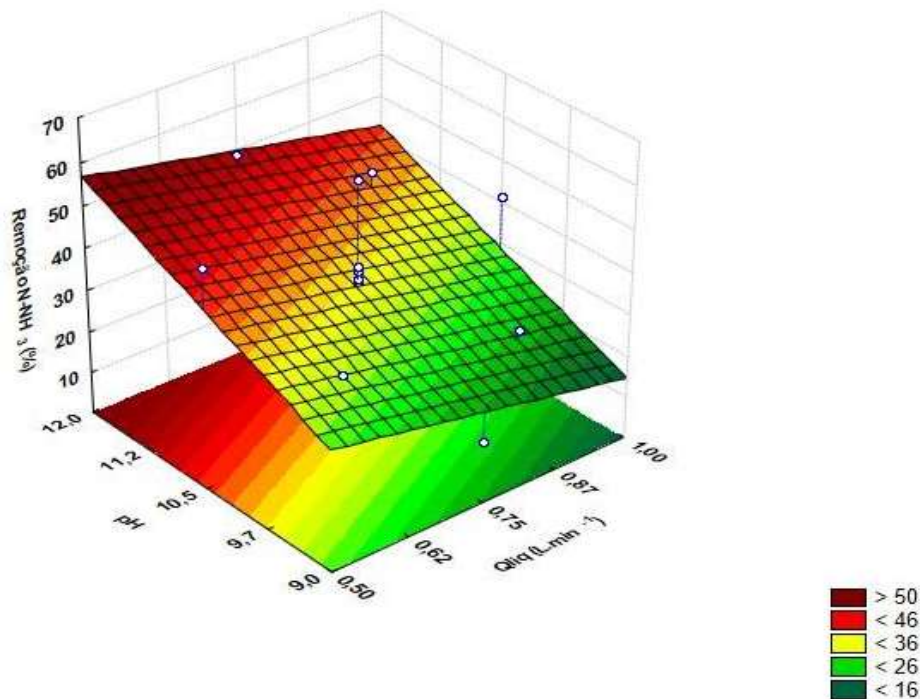


Figura 4 - Superfície de resposta da influência do pH e da vazão do ar (Qar) na remoção do nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>)



Para esta vazão de ar, a perda de carga foi de 5 mmca, bastante inferior a verificada em torres convencionais de 0,76 a 1,19 mca para torres com 6,1 a 7,5 m de altura (USEPA,2000). Essa diferença se deve à ausência de obstáculos (recheio) nos condutos corrugados, reduzindo a potência necessária para insuflação de ar. Pode-se inferir que as cavidades dos tubos corrugados possibilitam escoamento com alta turbulência e renovação das superfícies de contato ar-líquido, reduzindo, possivelmente a resistência a transferência de massa. Além disso, a baixa declividade da tubulação (5,6%) e a velocidade do ar (3,8 a 7,4 m s<sup>-1</sup>) em contracorrente, resultam num maior tempo de contato entre o líquido e o ar, favorecendo a remoção da amônia.

Ao final dos experimentos, foram observados pequenos pontos de incrustação, que possivelmente, não interferem nas características do escoamento e transferência de massa no interior do conduto corrugado.

A amônia removida pode ser recuperada em lavador de gases (solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,2M) obtendo-se sulfato de amônio, com potencial uso como fertilizante agrícola.

#### 4. CONCLUSÃO

A utilização de tubos corrugados dispostos de forma helicoidal pode ser uma alternativa promissora para remoção de poluente por *air stripping*, particularmente a amônia, do ponto de vista construtivo (baixo custo e facilidade de instalação), operacional (menor altura manométrica de elevação da água residuária e perda de

carga para insuflação do ar), além de propiciar elevado tempo de contato ar-líquido, com elevada turbulência, favorecendo a remoção da amônia.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ – Chamada MCTI/CT-AGRONEGÓCIO/CNPq N° 38/2013- Fontes alternativas de nutrientes, pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

ANTHONISEN, A.C.; LOEHR, R. C.; PRAKASAM, T. B. S.; SRINATH, E.G. Inhibition of nitrification by ammonia and nitrous acid. **Journal of Water Pollution Control Federation**, v. 48, n. 5, p. 835 – 852, mai. 1976.

AWWA/APHA/WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 ed. Washington, DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2005.

BONMATI, A. FLOTATS, X. Air stripping of ammonia from pig slurry: characterisation and feasibility as a pre- or post-treatment to mesophilic anaerobic digestion, **Waste Management** 23. 261–272. 2003.

Calli, B., Mertoglu, B., Inanc, B., Yenigun, O., Effects of high free ammonia concentrations on the performances of anaerobic bioreactors. **Process Biochemistry** 40, 1285 - 1292. 2005.

CAMPOS J.C., MOURA D., COSTA A.P., YOKOYAMA, L. ARAUJO, F.V.F.; CAMMAROTA, M.C.; CARDILLO, L. Evaluation of pH, alkalinity and temperature during air stripping process for ammonia removal from landfill leachate. **Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering**;48(9):1105-1113. 2013.

CHEN, J.L.; ORTIZ, R.; STEELE, T.W.J.; STUCKEY, D. C. Toxicants inhibiting anaerobic digestion: A review. **Biotechnology Advances** December; 32(8): 1523–1534. 2014.

EL-GOHARY F.A., KHATER M., KAMEL G.M. Pretreatment of Landfill Leachate by Ammonia Stripping. **Journal of Applied Sciences Research**.9(6):3905-3913. 2013.

EMERSON, K.; RUSSO, R. C.; LUND, R. E.; THURSTON R. V. Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations: Effect of pH and Temperature. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, v. 32 p 2379-2383. 1975.

FERRAZ F.M.; POVINELLI, J.; VIEIRA E.M.; Ammonia removal from landfill leachate by air stripping and absorption. **Environmental Technology**;34(13-16):2317-2326. 2013.

JIN R-C, YANG G-F, YU J-J, ZHENG P. The inhibition of the anammox process: a review. **Chemical Engineering Journal** 197(15):67–79. 2012.

JIANG, A.; ZHANG, T.; ZHAO, Q. B.; LI, X.; CHEN, S. FREAR, C. S. Evaluation of an integrated ammonia stripping, recovery, and biogas scrubbing system for use with anaerobically digested dairy manure. **Biosystems Engineering**, v. 119, p. 117-126, 2014.

LI, XIANG Z.; ZHAO, QING L. Inhibition of microbial activity of activated sludge by ammonia in leachate. **Environment International**, v. 25, n. 8, p. 961-968, 1999.

METCALF & EDDY. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. Tradução Ivanildo Hespanhol, José Carlos Mierzwa. 5ª. ed. AMGH. Porto Alegre. 1980p. 2015.

O'BRIEN, D.J.; SENSKE, G.E., KOMANOWSKY, M. Ammonia removal from deliming effluent by stripping-reabsorption. **Journal of the American Leather Chemists Association**. v. 81 n.4. 3667–3674. 1984.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. Campinas: Casa do Pão, 326 p. 2005.

USEPA. Wastewater Technology Fact Sheet Ammonia Stripping. EPA-832-F-00-019. Office of Water Development, U.S. Environmental Protection Agency, 4 p. 2000.

VIOTTI, P., GAVASCI, R, Scaling of ammonia stripping towers in the treatment of groundwater polluted by municipal solid waste landfill leachate: study of the causes of scaling and its effects on stripping performance. **Revista Ambiente Água**, Taubaté, v. 10, n. 2, p. 240-252, June 2015.

ZHANG L., LEE Y., JAHNG D. Ammonia stripping for enhanced biomethanization of piggery wastewater. **Journal of Hazardous Materials**.v.199–200. 36–42. 2012.

**ABSTRACT:** The objective of this study was to build and test an innovative system for the removal of ammonia nitrogen ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) from wastewater through a corrugated conduit (inner diameter 3" and 10m long) arranged helically. There were made evaluations of the air flow ( $Q_{ar}$ ) as ranging between 1000 and 2000  $\text{L min}^{-1}$ , of the liquid flow ( $Q_{liq}$ ) in the range from 0.5 to 1.0  $\text{L min}^{-1}$  and of the pH between 9 and 12 in the removal of synthetic sewage  $\text{N-NH}_3$  (20 trials), followed by the statistical planning Rotatable Central Composite Design (RCCD). The statistical analyses, whose confidence level is 95%, indicated the positive effect of raising the pH and  $Q_{ar}$  in the systems' performance. The best results (70.9% removal efficiency) were obtained in  $Q_{ar}$  2000  $\text{L min}^{-1}$ ,  $Q_{liq}$  0.5  $\text{L min}^{-1}$  and pH 12. In addition, compared with conventional air stripping towers the studied system needs lower total pressure head, small air pressure drop due to the absence of packing material, high liquid-air contact time improving the ammonia transport from water to the carrier gas.

**KEYWORDS:** corrugated conduit, ammonia, air stripping, nitrogen.



## **CAPÍTULO VII**

### **AVALIAÇÃO DA TENACIDADE À FLEXÃO ENTRE PRISMAS E TUBOS DE CONCRETO COM FIBRAS DE AÇO**

---

**Marco Antonio Barbosa de Oliveira  
Bernardo Borges Pompeu Neto  
Mike da Silva Pereira  
Laércio Gouvêa Gomes**

# AVALIAÇÃO DA TENACIDADE À FLEXÃO ENTRE PRISMAS E TUBOS DE CONCRETO COM FIBRAS DE AÇO

**Marco Antonio Barbosa de Oliveira**

Instituto Federal do Pará

Belém - PA

**Bernardo Borges Pompeu Neto**

Universidade Federal do Pará

Belém - PA

**Mike da Silva Pereira**

Universidade Federal do Pará

Belém - PA

**Laércio Gouvêa Gomes**

Instituto Federal do Pará

Belém - PA

**RESUMO:** A tenacidade à flexão obtida a partir de ensaios de tração na flexão de prismas de concreto com fibras de aço tem sido utilizada nos estudos do comportamento mecânico de tubos de concreto com fibras de aço. Deste modo, este estudo tem objetivo de avaliar a tenacidade à flexão entre prismas e tubos de concreto com fibras de aço. Foi adotada a mesma dosagem e processo de mistura na produção dos prismas e tubos de concreto com fibras de aço. Houve adensamento mecânico em mesa vibratória dos prismas de concreto com fibras de aço do tipo DRAMIX 80/60 ou 65/35, soltas ou coladas em pente, nos volumes teóricos de fibras de 0,25%, 0,38% e 0,50%, em fração volumétrica. Os prismas e tubos de concreto com fibras de aço foram submetidos ao ensaio de tração à flexão e compressão diametral, respectivamente. Ao final, estatisticamente mostrou-se oportuna a proposta de obtenção da tenacidade à flexão do tubo a partir da tenacidade do prisma, indicada pela boa precisão do coeficiente de determinação da regressão  $R^2$  (0,87) nas correlações realizadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tenacidade, Tubo de Concreto, Prisma, Fibras de Aço.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Callister (2012) a tenacidade é um termo mecânico que representa a habilidade de absorção de energia de um material até o momento da fratura. A geometria do corpo e o modo de aplicação da carga exercem papel importante para a determinação da tenacidade. A tenacidade é a área sob a curva carga por deslocamento vertical, que representa a energia ou trabalho dissipado pelo o material em virtude da aplicação da carga (BENTUR & MINDESS; BALAGURU & SHAH, 1992). A avaliação da tenacidade à flexão do concreto com fibras de aço tem ocorrido comumente pela praticidade do ensaio (GOPALARATANAN & GETTU, 1995).

O objetivo do estudo visa avaliar a tenacidade à flexão entre prismas e tubos,

ambos de concreto com fibras de aço orientadas aleatoriamente, considerando correlações dos resultados de tenacidade à flexão de prismas e tubos, a saber: com equiparações das variáveis: Estado - *EST* [Solta; Colada em Pente], Volume Teórico de fibras de aço-  $VT_f$  [0,25%; 0,38%; 0,50%] e Fator de Forma - *FF* [65; 80]; de modo isolado da variável *FF* [65; 80] com equiparações do estado [soltas; coladas em pente] e  $V_{tf}$  [0,25%; 0,38%; 0,50%]; entre a variável [*FF*/65 e *FF*/80] com equiparações do estado [soltas; coladas em pente] e  $VT_f$  [0,25%; 0,38%; 0,50%], considerando somente prismas ou tubos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia experimental desenvolvida partiu da obtenção da tenacidade à flexão a partir do gráfico de carga *versus* deslocamento, que foi obtido através de ensaios de resistência à tração na flexão de prismas com fibras de aço e resistência à compressão diametral de tubos de concreto com fibras de aço. As propriedades das fibras de aço atuam como variáveis independentes: Estado - *EST*. [Solta; Colada em pente], Volume Teórico de fibras de aço-  $VT_f$  [0,25%; 0,38%; 0,50%], Fator de Forma - *FF* [65; 80]. Enquanto a tenacidade à flexão exerce a função de variável dependente.

A massa específica dos agregados miúdos e graúdos, respectivamente, foram 2,63 g/cm<sup>3</sup> e 2,53 g/cm<sup>3</sup>, obtidas segundo a NBR NM 52 (ABNT, 2009) e a NBR NM 53 (ABNT, 2009), respectivamente. As massas unitárias dos agregados miúdos e graúdos, respectivamente, foram de 1,46 g/cm<sup>3</sup> e 1,56 g/cm<sup>3</sup>, em conformidade com NBR NM 45 (ABNT, 2006). Na determinação da composição granulométrica dos agregados miúdos e graúdos obtiveram-se os diâmetros máximos de 1,20 mm e 12,5 mm, respectivamente, em conformidade com a NBR NM 248 (ABNT, 2003). As fibras de aço utilizadas são *hooked-end* do tipo 65/35 e 80/60 com fatores de forma de 65 e 80, respectivamente. Os prismas de concreto com fibras de aço possuem dimensões de 150x150x500 mm e os tubos de concreto com fibras de aço possuem diâmetro interno de 600 mm, comprimento útil de 1000 mm e espessura da parede do tubo com 60 mm de classe de resistência definida como PA1.

O processo de mistura do concreto utilizado nos prismas e tubos de concreto com fibras de aço ocorreram a partir da colocação na betoneira da areia, do seixo e do cimento, e posteriormente a progressiva adição de água e das fibras de aço. A moldagem dos prismas de concreto com fibras de aço ocorreu em moldes de madeira com vibração mecânica em mesa vibratória. Enquanto a moldagem de tubos de concreto com fibras de aço foi realizada a partir de formas metálicas e um conjunto vibratório, que permite a compactação radial por meio do cilindro hidráulico vibratório de alta rotação.

No estado fresco houve a realização do ensaio de determinação da consistência pelo abatimento de tronco de cone - *slump test*, conforme NBR NM 67 (ABNT, 1998). No estado endurecido foi realizado o ensaio de tração na flexão em quatro cutelos para prismas com fibras de aço, conforme a Norma Japonesa JSCE

SF-4 (1984). O controle eletrônico de deslocamento ocorreu por meio de transdutor do tipo LVDT (*Linear Variable Displacement Transducer*), que foi apoiado num dispositivo “yoke”. Os tubos de concreto com fibras de aço, segundo a NBR 8890 (ABNT, 2007), foram submetidos ao ensaio de compressão diametral pelo método dos três cutelos com apoio inferior em dois cutelos de madeira separados entre si e o terceiro cutelo metálico colocado na parte superior ao longo da geratriz superior, excluindo a bolsa do tubo. A leitura do deslocamento vertical diametral ocorreu através de relógio comparador digital de alta precisão posicionado na ponta do tubo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O concreto apresentou abatimento de tronco de cone igual a 0 mm para todas as amostras no ensaio de consistência pelo abatimento de tronco de cone – *slump test*. Nas correlações entre as tenacidades à flexão de prismas e tubos de concreto com fibras de aço houve aderência dos dados das amostras para a linha de tendência com função de potência, obtendo-se:

A Figura 1 mostra dados equiparados quanto ao mesmo Estado – *EST*. (Solta ou Colada em Pente - *CP*), Fator de Forma - *FF* (65 ou 80) e Volume Teórico de fibras de aço -  $VT_f$  (0,25%, 0,38% e 0,50%), em que obteve-se uma correlação com coeficiente de determinação da regressão  $R^2$  (0,87).

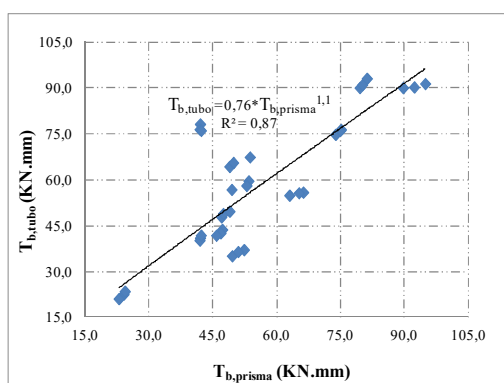


Figura 1. Correlações equiparadas para mesmo *EST*, *FF* e  $VT_f$   
 Fonte: Autores (2017).

Na Figura 2(a) são considerados dados equiparados ao mesmo *EST* e  $VT_f$ , no entanto apenas para o *FF*/65. Constata-se uma correlação com coeficiente de determinação da regressão  $R^2$  (0,81). Na Figura 2(b) ocorre um desmembramento quanto ao Estado Solta e *CP* para o *FF*/65, mantendo-se equiparação dos resultados quanto ao  $VT_f$ . Constata-se uma correlação com coeficiente de determinação da regressão  $R^2$  (0,99) e (0,23), respectivamente, para as fibras no Estado *CP* e Solta.

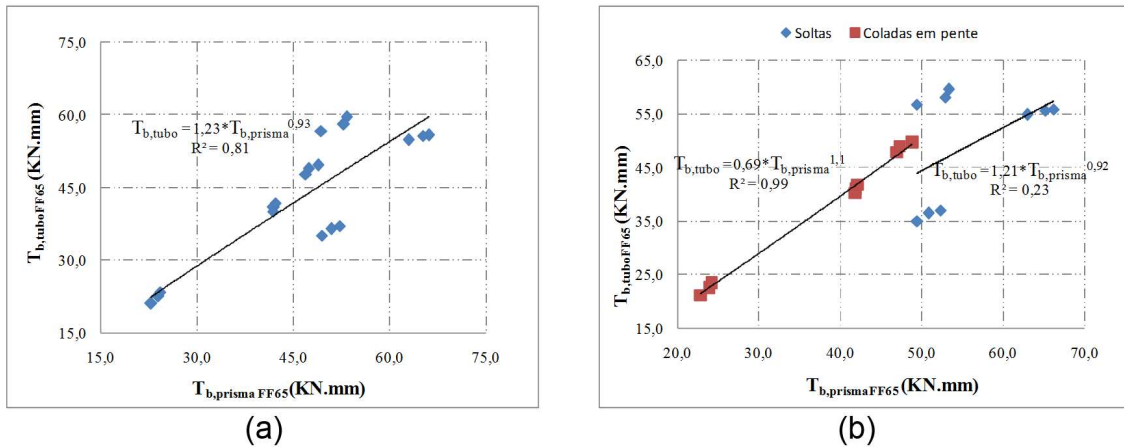


Figura 2. (a) Correlações equiparadas para mesmo estado e  $VT_f$  com FF/65, (b) Correlações equiparadas para volume teórico com desmembramento do estado para FF/65.  
Fonte: Autores (2017).

Na Figura 3(a) são considerados dados equiparados ao mesmo estado e  $VT_f$ , entretanto somente no FF/80. Verifica-se uma correlação com coeficiente de determinação da regressão  $R^2$  (0,81). Na Figura 3(b) ocorre um desmembramento no Estado Solta e CP com FF/80, mantendo-se equiparação quanto aos resultados do  $VT_f$ . Nota-se uma correlação com coeficiente de determinação da regressão  $R^2$  (0,99) e (0,98), respectivamente, para as fibras no Estado CP e Solta.

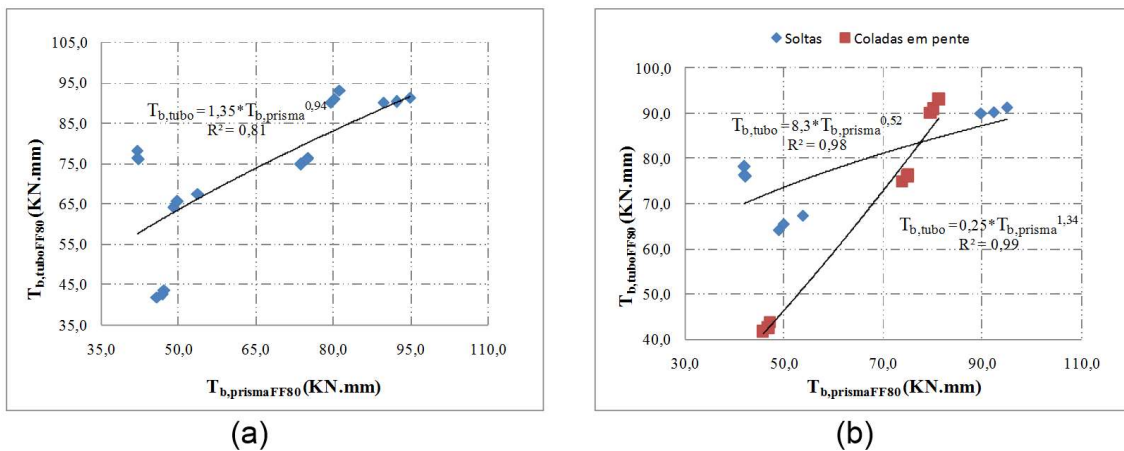


Fig. 3. (a) Correlações equiparadas para mesmo estado e  $VT_f$  (a) com FF/80, (b) Correlações equiparadas para volume teórico com desmembramento do estado para FF/80.  
Fonte: Autores (2017).

A Figura 4(a) mostra correlações somente entre os resultados de tenacidades à flexão dos prismas com fibras de aço -  $T_{b,PCFA}$ . As correlações ocorrem entre as tenacidades à flexão obtidas entre FF/65 e FF/80, mantendo-se a equiparação dos dados quanto ao  $VT_f$  e Estado. Nota-se uma correlação com coeficiente de determinação da regressão  $R^2$  (0,51). A Figura 4(b) mostra resultados de  $T_{b,PCFA}$ , com correlações entre FF/65 e FF/80, em que ocorre um desmembramento no Estado Solta e CP, mantendo-se a correlação equiparada para mesmo VT. Nota-se uma correlação com coeficiente de determinação da regressão  $R^2$  (0,99) e (0,85),

respectivamente, para as fibras no Estado Solta e CP.

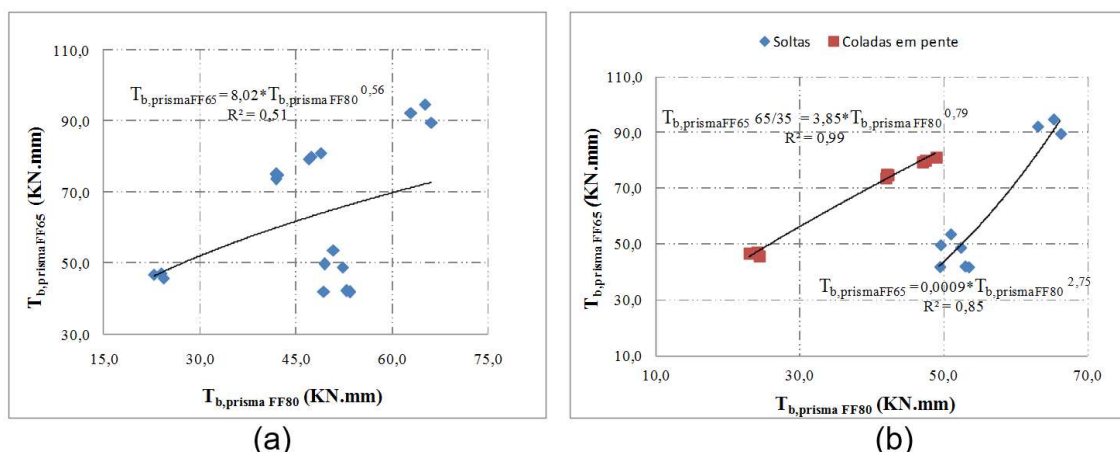


Fig.4. (a) Correlações entre os FF/65 e FF/80 para  $T_{b,PCFA}$ , (b) Correlações entre FF/65 e FF/80, com equiparação do  $VT_f$  e desmembramento do estado para a  $T_{b,PCFA}$ .

Fonte: Autores (2017).

Nas correlações entre os resultados de tenacidades à flexão dos tubos de concreto com fibras de aço -  $T_{b,TCFA}$  obteve-se a Figura 5(a), que mostra correlações entre FF/65 e FF/80, com equiparação do  $VT_f$  e Estado. Nota-se uma correlação com coeficiente de determinação da regressão  $R^2$  (0,85). Na Figura 5(b) mostra resultados de  $T_{b,TCFA}$ , em que houve correlações entre FF/65 e FF/80 com desmembramento no Estado Solta e CP, conservando-se a equiparação do  $VT_f$ . Nota-se uma correlação com coeficiente de determinação da regressão  $R^2$  (0,99) e (0,64), respectivamente, para as fibras no Estado CP e Solta.

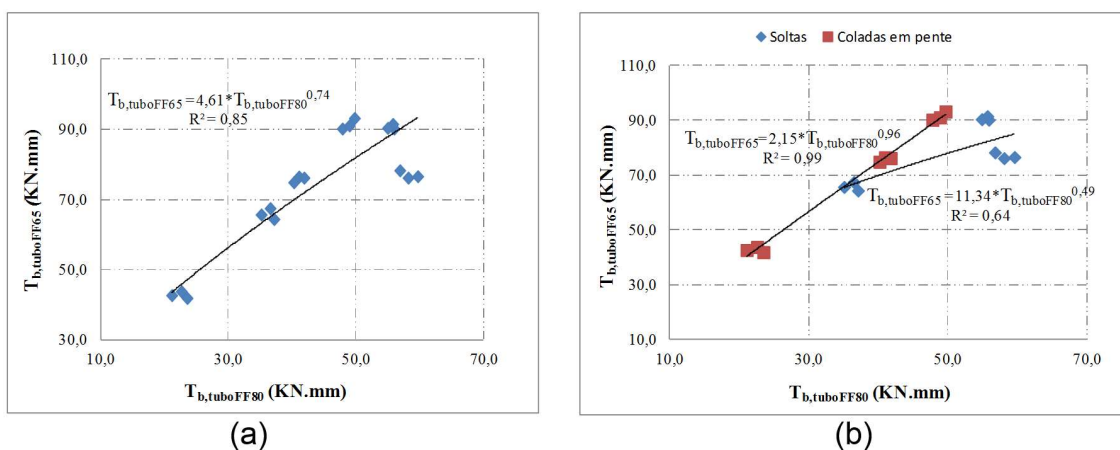


Figura 5. (a) Correlações entre os FF/65 e FF/80 para  $T_{b,TCFA}$ , (b) Correlações entre FF/65 e FF/80, com equiparação do  $VT_f$  e desmembramento do estado para a  $T_{b,TCFA}$ .

Fonte: Autores (2017).

#### 4. CONCLUSÕES

Observa-se que há uma correlação forte com coeficiente de determinação da

regressão  $R^2$  (0,87) entre os resultados de tenacidade à flexão de prismas e tubos de concreto, embora tenham fatores de forma, adensamento e método de ensaios diferentes. Quando analisados os fatores de forma de modo independente, notou-se uma boa aderência dos dados das amostras com correlação forte de coeficiente de determinação  $R^2$  (0,81) para ambos os fatores de forma. Ainda em análise de forma independente cada fator e desmembrando o estado (soltas e coladas em pente), constatou-se correlação muito forte com coeficiente de determinação  $R^2$  (0,99) no estado colada em pente, em ambos os fatores de forma analisados. No entanto verifica-se uma correlação forte para as fibras no estado soltas com fator de forma de 80, enquanto que apresenta fraca correlação para as fibras no estado soltas com fator de forma de 65, em que se obtiveram coeficientes de determinações de  $R^2$  (0,98) e (0,23), respectivamente.

Houve uma correlação entre os resultados de tenacidade à flexão de prismas com fibras de aço. Essa correlação ocorreu entre os fatores de forma de 65 e 80, equiparando-se os volumes teóricos de fibras e estados das fibras de aço de cada fator de forma, onde se notou uma correlação moderada com coeficiente de determinação  $R^2$  (0,51). Ao analisar o estado (soltas, coladas em pente) de modo separado observa-se que houve melhor correlação para as fibras de aço no estado coladas em pente com correlação muito forte de coeficiente de determinação  $R^2$  (0,99).

De modo semelhante houve uma correlação entre os resultados de tenacidade à flexão dos tubos de concreto. Essa correlação ocorreu entre os fatores de forma de 65 e 80, equiparando-se os volumes teóricos e estados das fibras de aço de cada fator de forma. Em que se constatou uma correlação forte com coeficiente de determinação  $R^2$  (0,85). Em análise isolada do estado (soltas, coladas em pente) verificou-se que houve melhor correlação para as fibras de aço no estado coladas em pente com correlação muito forte de coeficiente de determinação  $R^2$  (0,99).

A correlação dos resultados de tenacidade à flexão entre prisma e tubos, ambos de concreto com fibras de aço, quando analisados estaticamente indicou boa precisão do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) nas condições de interações entre as variáveis analisadas para a proposta de obtenção da tenacidade à flexão do tubo em relação à tenacidade do prisma.

## REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira Normas Técnicas, NBR 8890: Tubo de concreto de secção circular para águas pluviais e esgotos sanitários – requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2007.

Balaguru, P.N.; Shah, S.P. Fiber reinforced cement composites. USA. McGraw-Hill. 1992.

Bentur, A.; Mindess, S. Fibre reinforced cementitious composites. United Kingdon.

Barking, Elsevier. 1990.

Callister, W. D. *Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma Introdução*. 8ª. ed. Rio de Janeiro. 2012. LTC – Livros Técnicos e Científicos. cap. 6, p. 91.

Gopalanratnan, V. S; Gettu, R. On the characterization of flexural toughness in fiber reinforced concretes. *Revista Cement & Concrete Composites*, v. 17, n. 3, p. 239-54, 1995.

JSCE. Japan Society of Civil Engineers. SF-4: Method of tests for flexural strength and flexural toughness of steel fiber reinforced concrete, *Concrete library of JSCE, Part III-2 Method of tests for steel fiber reinforced concrete*. 1984. n. 3, p. 58-61.

**ABSTRACT:** The toughness flexural obtained from test of tensile flexural of concrete prisms with steel fibers had being used on the studies of mechanical behavior of concrete pipes with steel fibers. This way, this study aims to evaluate the toughness flexural among prisms and concrete pipes with steel fibers. The same dosage was adopted and mixing process on the production of concrete prisms with steel fibers. Mechanical densification was found in vibratory table from the concrete prisms with steel fibers of the DRAMIX type 80/60 or 65/35, free or joined to the comb basis. The theoretical volumes of fibers of 0,25 %, 0,37 %, and 0,50 % in volumetric fraction. The prisms and concrete pipes with steel fibers were submitted on the tensile flexural test and diameter compressive respectively. At end, it statistically showed on good propose of the toughness proposal to the flexural on pipes starting from the toughness of prism, pointed by the good precision of the determination coefficient of regression  $R^2$  (0,87) on the correlations done.

**KEYWORDS:** Toughness, Concrete Pipe, Prism, Steel Fiber.



## **CAPÍTULO VIII**

### **AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO FLEXÍVEL: ESTUDO DE CASO - TRECHO DA RODOVIA RN-016**

---

**Deize Daiane Pinto Guilherme  
Allan Araújo Veloso  
Marcos Antonio Araújo da Costa  
Edvanilson Jackson da Silva  
Manoel Jobson Costa da Silva**

## AVALIAÇÃO FUNCIONAL DO PAVIMENTO FLEXÍVEL: ESTUDO DE CASO - TRECHO DA RODOVIA RN-016

### **Deize Daiane Pinto Guilherme**

Universidade Federal Rural Semi-Árido – UFERSA  
Angicos - RN

### **Allan Araújo Veloso**

Universidade Federal Rural Semi-Árido – UFERSA  
Angicos - RN

### **Marcos Antonio Araújo da Costa**

Universidade Federal Rural Semi-Árido – UFERSA  
Angicos - RN

### **Edvanilson Jackson da Silva**

Universidade Federal Rural Semi-Árido – UFERSA  
Angicos - RN

### **Manoel Jobson Costa da Silva**

Universidade Federal Rural Semi-Árido – UFERSA  
Angicos - RN

**RESUMO:** Desde o início da humanidade o homem tem a necessidade de se deslocar para outras regiões. Com isso, desenvolveu-se a construção de estradas para que esses deslocamentos fossem possíveis. Com o crescimento urbano, esse processo construtivo evoluiu e tornou-se necessário grandes investimentos em infraestrutura. Entretanto, o que se observa hoje são rodovias deterioradas, repletas de problemas de execução e sem manutenção. Diante da problemática abordada, o objetivo deste trabalho é realizar uma avaliação funcional de um trecho da rodovia RN- 016 que liga os pontos extremos da cidade de Assu –RN e possui um tráfego intenso de veículos. Para a concretização do estudo, foi realizado uma análise visual das patologias e registros fotográficos, associado ao estudo da literatura da área. A partir das avaliações constatou-se a deficiência na sinalização vertical e horizontal, ausência de obras complementares, ação da cadeia de consequências e a presença de alguns defeitos, como: fendas, desgaste da superfícies e panelas. Com os resultados obtidos pode-se concluir que o pavimento avaliado funcionalmente encontra-se seriamente comprometido e sem manutenção periódica por parte do gestor estadual, o que afeta diretamente as condições de desempenho, segurança e conforto ao trafegar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Avaliação, Pavimento, Patologias.

## **1. INTRODUÇÃO**

Durante toda a história da humanidade, o homem sentiu a necessidade de se deslocar em seu território. A partir deste processo de deslocamento, teve-se início a construção de estradas rusticas, com traçados orgânicos e revestimento simples,

baseada nos materiais e condições naturais do local e sem muito planejamento. Porém, com o passar do tempo e a aquisição gradual de desenvolvimento tecnológico, este processo construtivo passou por diversas modificações, chegando a estrutura utilizada atualmente, com camadas de sub-base, base e revestimento.

O pavimento é uma estrutura composta por camadas sobrepostas de diferentes materiais compactados destinadas a atender estrutural e operacionalmente ao tráfego e pode ser classificado como rígido, semi-flexível e flexível (BALBO, 2007). Sua constituição busca proporcionar aos seus usuários não apenas o fácil deslocamento, mas aspectos específicos como conforto, segurança e desempenho.

Segundo Bernucci *et al* (2008) o pavimento flexível é atualmente o mais executado em vias urbanas e rodovias. Contudo, o Brasil ainda sofre com a insuficiente infraestrutura das estradas, que em sua maioria apresentam pouca extensão e baixa qualidade, criando assim um déficit para o desenvolvimento do setor de transporte rodoviário.

O pavimento pode ser avaliado no ponto de vista estrutural e funcional. Essas avaliações compreende um conjunto de atividades destinadas à obtenção de dados, informações e parâmetros que permitam diagnosticar os problemas e interpretar o desempenho apresentado pelo pavimento, de modo que possa detectar as suas necessidades atuais e futuras de manutenções (PRESTES, 2001). No ponto de vista dos usuários, a funções funcionais são as mais importantes, pois os defeitos na superfície do pavimento afetam diretamente o conforto e segurança, além dos custos operacionais.

As atividades de manutenção nos pavimentos, como a conservação rotineira, conservação preventiva, restauração e reconstrução, devem ser consideradas como processos contínuos e fazem parte da vida normal do pavimento, de forma a manter e prolongar seu período de vida. Portanto, são necessárias ações que impeçam a deterioração dos pavimentos, possibilitando sua conservação em condições adequadas de trafegabilidade. No entanto, os recursos para recuperar um determinado nível de estado nem sempre estão disponíveis de forma oportuna.

O presente trabalho se destinou a realizar uma avaliação funcional do pavimento flexível de um trecho da RN- 016 que atravessa a cidade de Assu. O trecho apresenta uma extensão de 2,5Km e um tráfego movimentado, devido ser uma via que liga os extremos da cidade e a principal forma de acesso aos municípios vizinhos.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido na cidade de Assú, município do estado do Rio Grande do Norte, pertencente a uma área de unidade territorial de 1.303,442 (km<sup>2</sup>), com uma densidade demográfica de 40,84 (habitantes/km<sup>2</sup>), de acordo com dados do IBGE (2013). O trecho do pavimento estudado tem uma extensão de 2,5Km e pertence a rua Dr. Luiz Carlos, uma rodovia estadual que atravessa a cidade entre seus extremos norte-sul, possuindo um tráfego intenso de veículos, devido conter no

seu percurso instituições de ensinos e hospitalares, como também uma grande demanda de comércio, além de ser uma das principais vias de acesso as comunidades rurais e aos municípios vizinhos, como Carnaubais, Alto do Rodrigues, Pendências, entre outros.

Para a efetivação do estudo de caso foi desenvolvido uma revisão em literaturas existentes de acordo com a área estudada e as visitas ao trecho ocorreram num período de 30 dias. O presente estudo objetivou-se em avaliar funcionalmente o pavimento através da observação da sua superfície, possibilitando assim os dados necessários para a identificação de seus defeitos e suas patologias. A partir da avaliação realizada ocorreu a classificação de acordo com a terminologia normatizada, sendo assim possível a descrição da situação funcional e de conservação do pavimento, como também a definição de possíveis alternativas de manutenção.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após o período de avaliação pode-se observar que o trecho estudado apresenta falhas em vários aspectos indispensáveis à segurança e ao rolamento de veículos, dentre eles: ausência de algumas sinalizações verticais e horizontais; ausência de meio-fio; patologias no pavimento asfáltico; ausência do sistema de drenagem e de um plano de manutenção periódica.

Na maior parte do trecho foi observado a precariedade e ausência de algumas sinalizações verticais e horizontais, como: inexistência de placas de regulamentação, que indiquem as condições, proibições, restrições ou obrigações no uso da via; ausência de linhas divisoras de fluxos; faixa de travessias de pedestres; marcação de área de conflito, pois um ponto do trecho é cortado por uma avenida com tráfego intenso de veículos. A Figura 1 mostra a falta destas sinalizações.

Figura 1. Ausência da sinalização vertical e horizontal



No trecho avaliado, não houve a construção das obras complementares: meio-fio e calçadas, dificultando o trânsito dos pedestres e a drenagem da região. A Figura 2 apresenta a ausência dessas obras.

Figura2. Ausência das obras complementares



Constatou-se defeitos de superfície que atuam na degradação funcional e estrutural do pavimento. Uma das formas de descrever e caracterizar estas patologias é realizar a identificação do tipo defeito, procurando classificá-lo pelo mecanismo causador.

Em grande parte do trecho foi constatado o aparecimento de fendas, que podem ser classificadas como fissuras, pois são perceptíveis à vista de uma distância inferior a 1,50m. Esse tipo de patologia quando não tratada, favorece a penetração da água para as camadas inferiores do pavimento, provocando assim a desagregação das camadas, o que acarretará a surgimento de novas patologias. A Figura 3 apresenta as patologias.

Figura 3. Presença de fendas no pavimento



Em vários pontos do trecho foi observado o desgaste do pavimento, como a desagregação do material e aspereza da superfície. Apesar de não promover danos estruturais ao pavimento, acarreta o arrancamento progressivo do agregado presente no pavimento, contribuindo assim para a processo de evolução dos defeitos, dando origem a outras patologias. A Figura 4 apresenta o desgaste do pavimento.

Figura 4. Desgaste do pavimento



A panela foi o tipo de patologia mais presente no trecho. A presença dessa patologia reduz consideravelmente a qualidade do pavimento, que perde sua capacidade impermeabilizante em pequenas áreas, favorecendo assim a penetração da água pelas subcamadas do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas. A figura 5 apresenta algumas regiões com a presença de panelas.

Figura 5. Presença de panelas no trecho



Para reparo destes defeitos, o gestor estadual deve adotar uma política de conservação corretiva e rotineira, seguindo as recomendações normatizadas pelo DNIT (2006). Dessa forma será possível a revitalização adequada das sinalizações, através da troca e reparado dos elementos danificados; construções de obras complementares, como calçadas e meio-fio; reparo das patologias do pavimento asfáltico; que podem proporcionar uma maior segurança e conforto ao tráfego de veículos.

De acordo com o DNIT (2006), para o reparo das fissuras é recomendado a vedação com material asfáltico, com o objetivo de impedir a penetração de água em camadas subjacentes; para o desgaste pode ser adotado um método corretivo, com a utilização de técnicas superficiais de conservação, que pode consistir na aplicação de um ou mais tipos de revestimentos combinados; para a correção adequada de panelas adota-se o procedimento denominado como remendo; na realização de remendos deve-se atentar para a compactação adequada do material utilizado no

enchimento da panela, pois ao termino do processo é desejável uma superfície nivelada e suave.

#### 4. CONCLUSÕES

Com a realização da avaliação funcional do pavimento flexível do trecho da RN-016 numa travessia dentro da cidade de Assú, obteve-se as seguintes conclusões: A situação do pavimento em relação a sinalização horizontal e vertical é crítica, apresentando pontos não sinalizados, o que acarreta pouca segurança em alguns trechos; Ausência de obras complementares que compõem o trecho do pavimento avaliado; Ausência do sistema de drenagem; A situação superficial do pavimento apresenta-se bastante deteriorada e com desempenho funcional comprometido pela existência de várias formas de patologias; Entre as patologias atuantes no pavimento, destacou-se a presença de panelas, que estão presentes por todo o trecho avaliado; O pavimento também apresenta trincas do tipo fissuras e o desgaste do revestimento; É notório a ausência de manutenções preventivas e corretivas por parte do gestor estadual, responsável legal pela prestação deste serviço.

Com os resultados obtidos pode-se concluir que o pavimento avaliado funcionalmente encontra-se seriamente comprometido, o que afeta diretamente as condições de desempenho, segurança e conforto ao trafegar. Tornando-se necessário a intervenção do gestor estadual e/ou municipal, através da adoção de uma política de conservação e conscientização, junto com uma atividade de manutenção periódica, reestabelecendo desta forma a sanidade dos elementos, o que proporcionará o aumento da vida útil do pavimento.

#### REFERÊNCIAS

BALBO, J. T. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/ ABEDA, 2006.

DNIT, BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Ministério dos Transportes. **Manual de Pavimentação**. 3. ed. Rio de Janeiro: Brasil, 2006.

DNIT, BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Ministério dos Transportes. **Manual de Restauração Pavimentos Asfálticos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Brasil, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. 2013.**Cidades – Açu (Rio Grande do Norte)**. Disponível em: <  
<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=240020&search=rio->

grande-do-norte|acu> Acesso em: 22 de mar. 2017.

**PRESTES, M. P. Métodos de avaliação visual de pavimentos flexíveis – Um estudo comparativo.** Dissertação (Engenharia dos transportes) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2001.

**ABSTRACT:** Since the beginning of mankind, man had the need to move from one to another regions. Thus, the construction of roads had been developed so that these movements were possible. With urban growth, this constructive process has evolved and large investments in infrastructure have become necessary. However, the current state is related to deteriorated roads, full of problems of execution and with poor maintenance. In view of the problem addressed, the objective of this work is to carry out a functional evaluation of a section of the RN-016 highway that connects the extreme points of the city of Assu-RN and has an intense traffic of vehicles. For accomplishing the objective of this study, visual analysis of the pathologies and photographic records were carried out, associated to the study of the related literature. Among the observations, deficiency in vertical and horizontal signaling was observed, absence of complementary works, action of the knock-on effect and the presence of some defects, such as: cracks, wearing of surfaces and holes. With the obtained results, it can be concluded that the evaluated pavement is seriously compromised and without proper periodic maintenance by the state manager, which directly affects the conditions of performance, safety and comfort.

**KEYWORDS:** Evaluation, Pavement, Pathologies.



## **CAPÍTULO IX**

### **COMPORTAMENTO DE SOLOS ESTABILIZADOS COM CCA, CAL E CIMENTO VISANDO APLICAÇÃO EM CAMADAS DE PAVIMENTOS**

---

**Luís Eduardo Figueiredo de Carvalho  
Elisa Degrandi Fochesato  
Valkiria Zucchetto Padilha  
Sílvia Santos**

## COMPORTAMENTO DE SOLOS ESTABILIZADOS COM CCA, CAL E CIMENTO VISANDO APLICAÇÃO EM CAMADAS DE PAVIMENTOS

**Luís Eduardo Figueiredo de Carvalho**

Universidade do Vale do Itajaí

Itajaí – Santa Catarina

**Elisa Degrandi Fochesato**

Universidade do Vale do Itajaí

Itajaí – Santa Catarina

**Valkiria Zucchetto Padilha**

Universidade do Vale do Itajaí

Itajaí – Santa Catarina

**Sílvia Santos**

Universidade do Vale do Itajaí

Itajaí – Santa Catarina

**RESUMO:** Com a malha rodoviária brasileira em sua maioria não pavimentada e em situação degradante, a solução encontrada é um novo sistema de gestão de rodovias, as chamadas concessões, porém, a construção de novos trechos deve atender à três parâmetros: sustentabilidade, economia e resistência. O principal método de conferir ao solo um ganho nas suas características é a estabilização, que consiste na modificação das propriedades do sistema solo+água+ar. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as características de solos residuais com substituição, em volume absoluto, de CCA (cinza de casca de arroz), cal e cimento visando sua utilização em camadas de reforço de subleito de pavimentos. Foram produzidas seis misturas além da mistura referência (solo natural), com teores dos materiais citados, na faixa de 5% à 13%. O grupo de misturas da cal foi o único que não atingiu, aos 28 dias, a resistência mínima requerida para uso em camadas de pavimento. Destaca-se que as misturas que possuíam CCA apresentaram bom desempenho, sendo que na mistura com solo e cal, elevou em cerca de 33% a resistência quando comparada à mistura sem adição do resíduo. A pesquisa demonstrou que a incorporação de resíduos pode colaborar com a construção de pavimentos duráveis e de forma sustentável. Além disso, notou-se a não singularidade entre as normas de solo-cimento e o dimensionamento de pavimentos, não sendo possível então, a realização do dimensionamento para análise da viabilidade da aplicação das misturas estudadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sustentabilidade, pavimentação, solo-cimento, solo-cal, cinza de casca de arroz.

### 1. INTRODUÇÃO

A partir do ano 2000, vem sendo implantado no Brasil uma nova modalidade de gestão e operação das rodovias federais e estaduais, trazendo tecnologia e manutenção periódica. Trata-se do modelo de concessão, onde é repassada à

iniciativa privada a corresponsabilidade de novos investimentos no setor. Os contratos de concessão, muitas vezes exigem em contrapartida da concessionária, a aplicação de recursos na melhoria das vias, ampliação da capacidade de tráfego, manutenção nos pavimentos, drenagem e obras de arte.

Com vistas à sustentabilidade e o melhoramento das rodovias, novos materiais e métodos vêm sendo estudados de modo a resultar na elaboração de projetos mais sofisticados. Com suporte técnico de qualidade, e análise de materiais que possam ser reutilizados com base em suas características físico-mecânicas, o resultado é a redução dos custos operacionais e construtivos.

Os solos apresentam propriedades características instáveis, tendo em vista que materiais obtidos de uma mesma jazida possuem propriedades distintas. Desta forma, exprime-se a necessidade da procura de compostos que possam ser adicionados para o melhoramento das características do solo, dando-se a isto o nome de estabilização. Inglês e Metcalf (1972) apontam que a estabilização de solos é a aplicação de técnicas que buscam melhorias nas propriedades mecânicas deste material.

Vendruscolo (2003) afirma que existem basicamente dois tipos de estabilização de solos, as mecânicas e as físico-químicas. Para as estabilizações mecânicas procura-se o melhoramento por meio de qualidades do próprio solo; o mesmo se arranja de tal forma que as partículas se fundem, distribuindo as solicitações de maneira uniforme. Já as estabilizações físico-químicas, buscam o melhoramento do solo por meio de adições que possam aprimorar as qualidades, como resistência, rigidez, durabilidade e coesão.

Pesquisas de adição de materiais como CCA, cal e cimento vêm sendo realizadas de modo a melhorar as características já mencionadas, porém estes estudos foram realizados com solos residuais diferentes dos que se encontram na região do Vale do Itajaí/SC. Sendo assim faz-se evidente a análise da classificação e o melhoramento de solos residuais presentes nesta região.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A principal hipótese avaliada na pesquisa era verificar se a estabilização de solos residuais com substituições em volume absoluto de CCA, cal e cimento, resultaria em um material mais resistente podendo ser aplicado em camadas de reforço de subleitos de pavimentos.

O cimento Portland escolhido foi o CP II-F, pois é considerado quimicamente inerte por apresentar fíler calcário adicionado, o que permitiria que a contribuição da pozolana (CCA) ocorresse unicamente em função do acréscimo da mesma; segundo o fabricante, sua massa específica é de  $3,11\text{g/cm}^3$ . A cal utilizada é classificada segundo a NBR 7175:2003 como Cal Hidratada CHIII, e possui massa específica de  $2,60\text{g/cm}^3$ , segundo o fabricante. A CCA foi coletada na sua forma residual (“*in natura*”), porém antes de sua utilização nas misturas, foi submetida à moagem no moinho de Abrasão Los Angeles, onde foram colocados aproximadamente 20kg de

CCA e 7 esferas metálicas com massa média de 0,451kg – totalizando 3,157kg de carga abrasiva – por um período de 40 minutos, resultando em uma CCA com massa específica igual à 2,09g/cm<sup>3</sup>. O solo foi coletado de uma jazida localizada no município de Balneário Camboriú/SC, pertencente ao Vale do Itajaí/SC; foram realizados ensaios de granulometria, limite de liquidez e limite de plasticidade, e obtidos os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2. Todas as moldagens de corpos de prova, bem como todos os ensaios, foram realizados no período de julho a novembro de 2015 no LATEC – Laboratório de Pesquisa Tecnológica em Engenharia Civil – da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI) localizado no município de Itajaí/SC.

Tabela 1. Resultados das frações granulométricas obtidas.

Frações granulométricas	Porcentagem granulométrica
Pedregulho (> 4,8mm)	17,30%
Areia grossa (4,8mm – 2,0mm)	11,32%
Areia média (2,0mm – 0,42mm)	22,68%
Areia fina (0,42mm – 0,074mm)	27,52%
Silte+Argila (< 0,074mm)	21,20%
Total	100,00%

Tabela 2. Resultados obtidos segundo os Limites de Atterberg.

Limite de plasticidade – L.P. (%)	Solo Não Plástico
Limite de liquidez – L.L. (%)	33,26
Índice de plasticidade – I.P. (%)	33,26

Partindo dos estudos de Rodrigues (2012) e Klamt (2012), optou-se por tomar como base para a definição dos teores, a junção dos parâmetros utilizados por ambos: um escolhendo o cimento como o principal aglomerante, e o outro a cal.

A partir da determinação dos teores, foram produzidos 7 traços distintos (Tabela 3), tendo como referência o solo natural (100%) e seguido de 6 teores de substituição por CCA, cal e cimento, sendo ensaiados 2 corpos de prova por idade, nas idades de 7 e 28 dias, resultando em 28 corpos de prova moldados e analisados. As quantidades de materiais utilizados em cada traço se encontram na Tabela 4.

Tabela 3. Teores e misturas dos solos.

	Solo	Cal	Cimento	CCA
Solo+Cal	87%	13%	-	-
	80%	10%	-	10%
Solo+Cimento	87%	-	13%	-
	80%	-	10%	10%
Solo+Cimento+Cal	87%	6,5%	6,5%	-
	80%	5%	5%	10%

Tabela 4. Quantidade de materiais, por traço, para produção de 6kg de amostra.

Mistura	Material	Massa (g)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa corrigida (g)	Adição de água (cm <sup>3</sup> )
87% + 13%	Solo	6000,00	3300,33	4884,49	882,60
	Cal	1115,51	429,04	1115,51	
80% + 10% + 10%	Solo	6000,00	3300,33	4452,15	966,10
	Cal	858,09	330,03	858,09	
	CCA	689,77	330,03	689,77	
87% + 13%	Solo	6000,00	3296,70	4667,14	946,80
	Cimento	1332,86	428,57	1332,86	
80% + 10% + 10%	Solo	6000,00	3300,33	4283,83	1169,40
	Cimento	1026,40	330,03	1026,40	
	CCA	689,77	330,03	689,77	
87% + 6,5% + 6,5%	Solo	6000,00	3300,33	4775,08	846,20
	Cal	557,76	214,52	557,76	
	Cimento	667,16	214,52	667,16	
80% + 5% + 5% + 10%	Solo	6000,00	3300,33	4367,99	1068,51
	Cal	429,04	165,02	429,04	
	Cimento	513,20	165,02	513,20	
	CCA	689,77	330,03	689,77	

Conforme prescrito na NBR 6457:1986 foi utilizado apenas o solo passante na peneira de malha 4,75mm. O ensaio de compactação foi realizado na energia intermediária do ensaio de Proctor Normal como previsto na

NBR 7182:1988. A realização do ensaio de Índice de Suporte Califórnia (ISC) procedeu-se conforme a NBR 9895:1987. Com exceção das amostras de solo natural, solo+cal+CCA (7 dias) e solo+cal+cimento+CCA (7 dias), não foi possível obter valores de penetração de nenhuma outra mistura devido à alta resistência obtida pelas mesmas. Procurando alternativas para a continuação do trabalho, optou-se por realizar ensaios de resistência à compressão simples (RCS) de acordo com a NBR 12024:1992.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de atividade pozolânica obtida para a CCA utilizada foi de 60,5%. De acordo com a NBR 12653:2014 o nível de atividade deve ser de, no mínimo, 90% aos 28 dias de idade para que a pozolana seja utilizada como adição na produção de cimento. Porém, o resultado encontrado foi considerado satisfatório, visto que se trata de uma substituição para melhoramento de solo e não para produção de cimento.

A densidade aparente seca e a umidade ótima de compactação encontradas para o solo natural e as demais misturas são apresentadas na Tabela 5.

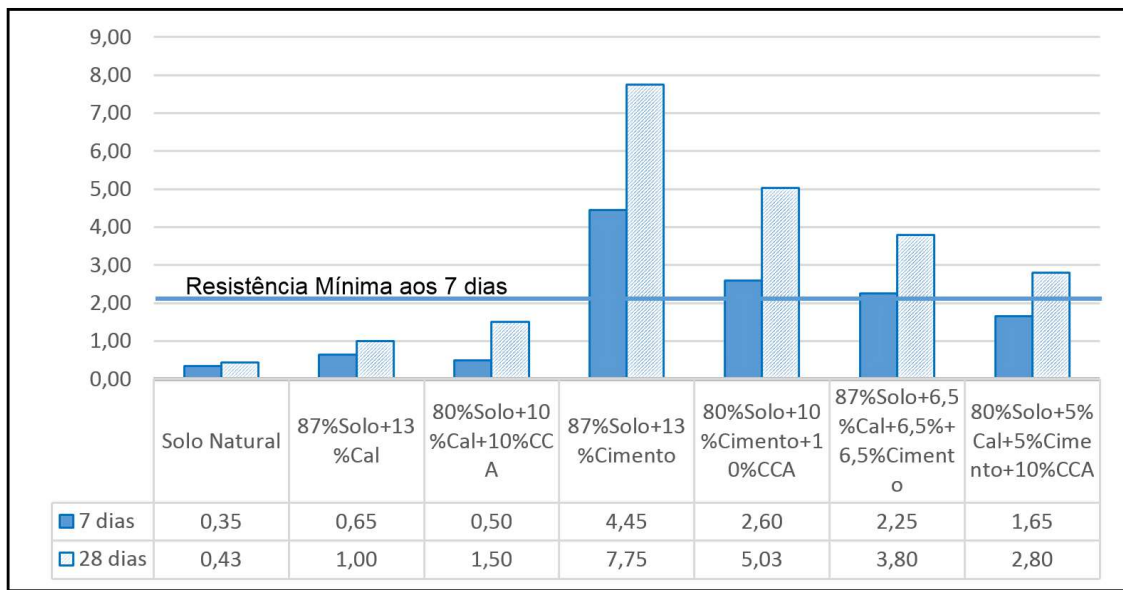
Tabela 5. Características de compactação do solo e das misturas.

Mistura	Densidade aparente seca (g/cm <sup>3</sup> )	Umidade ótima (%)
Solo natural	1,82	14,18
87% + 13% (Solo+Cal)	1,81	14,71
80% + 10% + 10% (Solo+Cal+CCA)	1,56	16,10
87% + 13% (Solo+Cimento)	1,81	15,78
80% + 10% + 10% (Solo+Cimento+CCA)	1,60	19,49
87% + 6,5% + 6,5% (Solo+Cal+Cimento)	1,76	14,10
80% + 5% + 5% + 10% (Solo+Cal+Cimento+CCA)	1,62	17,81

A adição de cal e cimento trouxe para as misturas, uma redução no peso específico seco máximo do solo e aumento na umidade ótima. Conforme descrito por Lovato (2004), isto ocorre porque as partículas do solo se tornam mais floculadas, aumentando os vazios, e a estrutura floculada é tende a resistir à compactação, mesmo com um índice de vazios mais alto, o que reduz a densidade aparente máxima. Quando o solo apresenta um maior índice de vazios, este necessita de mais água para preenchê-los, ocasionando um aumento significativo da umidade ótima.

Para avaliar a eficiência da estabilização, as misturas foram submetidas ao ensaio de resistência à compressão simples (RCS). Cabe salientar que as amostras foram compactadas, em sua umidade ótima, logo após a homogeneização dos materiais. A Figura 1 apresenta os resultados médios para as idades de 7 e 28 dias.

Figura 1. Resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias.



Considerando a natureza da CCA e que sua reação com a cal é lenta, era esperado que esta mistura não atingisse a resistência mínima aos 7 dias. Contudo percebe-se que ao longo do tempo a mistura que contém CCA e cal tem sua resistência bastante melhorada. Este aspecto deve ser levado em consideração, uma vez que nenhum pavimento será liberado para tráfego em 7 dias.

Outro fato importante é que a diminuição do teor de cimento e respectivo acréscimo da CCA na mistura Solo+Cimento+CCA levou à diminuição da RCS. Muito embora a CCA tenha contribuído para o ganho de resistência observado, o índice de atividade pozolânica foi baixo. Assim, pode-se inferir que uma moagem mais eficiente da CCA pode fazer com que sua contribuição no melhoramento de solos seja mais efetiva.

Na mistura de cal e cimento, pode-se afirmar que o incremento da resistência se deu prioritariamente pelo cimento, e em menor escala pela cal combinada com os argilominerais presentes no solo. Quando ocorre o acréscimo de CCA e diminuição dos teores de cimento e cal, fica evidente que o cimento continua sendo o maior responsável pelo incremento da resistência, porém, a CCA quando combinada com a cal, produz reações pozolânicas que por serem lentas, continuarão a ocorrer por um maior período.

#### 4. CONCLUSÕES

Comparando o solo natural com as demais misturas, observou-se que todas apresentaram resistência à compressão simples superior ao mesmo. As misturas Solo+Cimento, Solo+Cimento+CCA e Solo+Cal+Cimento, foram as únicas que atingiram, aos 7 dias, a resistência mínima prescrita na

NBR 12253:1992, de 2,1 MPa. A mistura Solo+Cal+Cimento+CCA, aos 7 dias,

não atingiu a resistência mínima, o que não exclui a possibilidade de sua utilização, tendo em vista que a construção da estrutura do pavimento se dará em um período de tempo superior a 28 dias, e a carga plena de uso será requerida posterior à execução da última camada.

A mistura Solo+Cimento foi a que melhor atendeu ao requisito de resistência, contudo, a norma ES 304:1997 do DNIT afirma que, para solos melhorados com cimento, o intervalo de teor a ser utilizado é de 2 a 4%, sendo que, no presente estudo o teor utilizado foi de 13%, gerando uma mistura sustentável, porém, economicamente inviável.

A mistura escolhida para a etapa de dimensionamento do pavimento seria a de Solo+Cal+Cimento+CCA, considerada a melhor segundo os parâmetros definidos no estudo. Entretanto, como não existe correlação entre RCS e ISC e a norma IPR-719:2006 prevê um CBR na faixa de 2 a 20% (o valor obtido para a mistura selecionada foi superior à 100%), não foi possível dimensionar o pavimento para uma real aplicação dos materiais cal, cimento e CCA, em camadas de reforço de subleito.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457**: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. 1.ed. Rio de Janeiro, 1986. 9 p.

\_\_\_\_\_**NBR 7175**: Cal hidratada para argamassas – Requisitos. 1. ed. Rio de Janeiro, 2003. 4 p.

\_\_\_\_\_**NBR 7182**: Solo – Ensaio de Compactação. 2. ed. Rio de Janeiro, 1988. 10 p.

\_\_\_\_\_**NBR 9895**: Solo – Índice de Suporte Califórnia - Método de Ensaio. 1. ed. Rio de Janeiro, 1987. 14 p.

\_\_\_\_\_**NBR 12024**: Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos. 1. ed. Rio de Janeiro, 1992. 5 p.

\_\_\_\_\_**NBR 12253**: Solo-cimento – Dosagem para emprego como camada de pavimento. 1. ed. Rio de Janeiro, 1992. 4 p.

\_\_\_\_\_**NBR 12653**: Materiais pozolânicos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2014. 6 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. **DNER-ES 304/97**: Pavimentação – Base de solo melhorado com cimento. 1. ed. Brasília, 1997. 9 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de Pavimentação, IPR-719**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006. 274 p. Disponível em: <[http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/Manual\\_de\\_Pavi](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavi)



men tacao\_Versao\_Final.pdf >. Acesso em: 29 maio 2015.

Inglês, O. G.; Metcalf, J. B. **Soil Stabilization. Principles and Practice.** Butterworths, Melbourne, 1972.

Klamt, R. A. **Utilização da cal e da cinza de casca de arroz no melhoramento das propriedades geotécnicas de solos.** 2012. 105 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2012.

Lovato, R. S. **Estudo do comportamento mecânico de um solo laterítico estabilizado com cal, aplicado à pavimentação.** 2004. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

Rodrigues, R. E. **Caracterização e estabilização de um solo na cidade de Alegrete/RS com cimento Portland e cinza de casca de arroz.** 2012. 121 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2012.

Vendruscolo, M. A. **Estudo do comportamento de materiais compostos fibrosos para a aplicação como reforço de base de fundações superficiais.** 2003. 248 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Curso de Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, PPGEC, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

**ABSTRACT:** With the Brazilian road network mostly unpaved and degrading situation, the solution is a new road management system, called concessions, however, the construction of new sections must meet three criteria: sustainability, economy and resistance. The primary method of providing the ground in gain characteristics is stabilized, which consists in modifying the properties of the system soil+water+air. This study aimed to evaluate the residual soil characteristics with replacement, in absolute terms, RHA (rice husk ash), lime and cement aiming its use in subgrade reinforcement layers of flooring. Six mixtures were produced besides the reference mixture (natural soil) with levels of materials from 5% to 13%. The group of lime mixtures was the only one who has not reached, at 28 days, the minimum strength required for use in pavement layers. It is noteworthy that the mixtures had RHA performed well, with the mix with soil and lime, rose by about 33% resistance when compared to the mixture without addition of waste. Research has shown that waste incorporation can collaborate with the construction of durable flooring and sustainably. In addition, it was noted the non uniqueness of the soil-cement standards and the design of floors, it is not possible then, to make the design to analyze the feasibility of applying the studied mixtures.

**KEYWORDS:** Sustainability, paving, soil-cement, soil-lime, rice husk ash.

# **CAPÍTULO X**

## **CONCRETO REFORÇADO COM FIBRA DE POLIETILENO EM TÚNEIS**

---

**Amauri Castilho Dias  
Vitor Pretto Guerra**

## CONCRETO REFORÇADO COM FIBRA DE POLIETILENO EM TÚNEIS

### **Amauri Castilho Dias**

Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Faculdade Mater Dei. Email: amauri\_dias@msn.com

### **Vitor Preto Guerra**

Professor da Faculdade Mater Dei. Email: guerravitor@uol.com.br

**RESUMO:** Este trabalho busca identificar em pesquisas já realizadas novas tecnologias para a construção, além de atuais experiências no desenvolvimento de um material capaz de atender as perspectivas de mercado com soluções inovadoras que propiciem economia e garantias nas contenções com o emprego da fibra polimérica em túneis. Contribuíram para a pesquisa autores como: Antônio Domingues Figueiredo, Roberto Korchen. O resultado possibilitou um debate sobre o concreto reforçado com fibra de polietileno.

**PALAVRAS-CHAVE:** Túnel. Contenção. Fibras. Escavação.

## 1. INTRODUÇÃO

A escavação subterrânea no Brasil é uma arte desenvolvida ao longo dos anos e que continuam em evolução. As primeiras escavações datam o período colonial na primeira corrida do ouro, nas cidades do estado de Minas Gerais, situado em Mariana, Caeté e Ouro Preto, e na sequência se espalhando para outros estados do Brasil como Goiás e Mato Grosso. Nessa época as ferramentas e as tecnologias para a lavra mineral eram rústicas, tanto que nesse período a atividade era democrática, possível ser desenvolvida por qualquer escala social, portanto acessível a todos. (MARTINS, 1980).

Segundo Martins e Brito (1989), a busca pelo ouro no período colonial passou e posteriormente vieram outros metais como manganês, prata, ferro dentre outros, e posteriormente o minério energético como principal o carvão, e juntamente as tecnologias para tal exploração, bem como os métodos de contenções para realização de galerias subterrâneas.

Assim, no decorrer dos anos a atividade foi se desenvolvendo de tal forma que exigiu métodos de suporte e revestimento que reduzissem os riscos de acidentes, uma vez que os desmoronamentos em túneis eram frequentes.

As pesquisas de Barton (1996) e Bieniawski (1989) ressaltam que os sistemas de suporte e revestimento proporcionaram novos estudos e tecnologias para a realização deste tipo de contenção que possibilitam avanços mais rápidos e seguros aos colaboradores no desenvolver das atividades tuneleiras.

Atualmente a escavação subterrânea segundo o Professor e Doutor, Roberto Kochen, Diretor de Infraestrutura do Instituto de Engenharia e Diretor Técnico da GeoCompany – Tecnologia, Engenharia & Meio Ambiente (2014), é uma das

atividades com menor índices de acidentes, pelo fato de ser regulamentada, por apresentar o maior avanço tecnológico em equipamentos e principalmente pelo fato de utilizar sistemas de contenções que oferecem a segurança da continuidade dos avanços dos trabalhos realizados “*in loco*”. De acordo com o professor, o conjunto de contenções empregados no processo de consolidação de maciços é utilizado em larga escala para prover à segurança e assegurar que a realização seja possível e principalmente ofereça a estabilidade da obra.

Kochen (2014), observa que o processo de escavação de túneis no Brasil é realizado na maior parte por uso de explosivos, e pode ser descrita como um ciclo completo para cada avanço produzido. Esse ciclo é composto de marcação topográfica, apontamento do plano de fogo, perfuração por equipamentos como jumbos hidráulicos ou martelos de colunas, carregamento do plano de fogo, detonação, ventilação, limpeza do material detonado, bate choco e tratamento do maciço.

Dessa premissa, este estudo visa identificar em pesquisas já realizadas, novas tecnologias para a construção civil, além de novas experiências no desenvolvimento de um material capaz de atender as perspectiva de mercado com soluções inovadoras que propiciem economia e garantias nas contenções com o emprego da fibra poliméricas em túneis.

Para este fim, a base teórica fundamentou-se em autores como: Antonio Domingues de Figueiredo, Roberto Kochen, que se apresenta no decorrer do texto, aos quais fazem uma abertura para discussão sobre as novas descobertas e perspectivas de mercado quanto a utilização da fibra polimérica na construção de túneis.

Dentre alguns dos resultados apresentados, destaca-se a eficácia quanto a durabilidade e segurança ao trabalho das técnicas de escavação.

Por isso, este estudo mostra aos seus leitores ponto o de vistas de alguns autores sobre o assunto, que vem cada dia mais ganhando adeptos à essa técnica.

## **2. CONCRETO REFORÇADO COM FIBRA DE POLIETILENO**

Este capítulo consiste em apresentar estudos sobre a classificação e propriedades de fibras de polietileno, assim como conceituar sobre suas características. Partindo do pressuposto das bibliografias que dão o embasamento do trabalho proposto.

### **2.1. FIBRAS: CLASSIFICAÇÕES E PROPRIEDADES**

Existe um pequeno número de pesquisa do comportamento do concreto reforçado com fibras de poliméricas com frações volumétricas de fibras moderada entre 1% e 2% e alta com 3%. A utilização da fibra de propileno no concreto indica um aumento das propriedades mecânicas do concreto, entre elas resistência a

tração, resistência a flexão, resistência ao impacto e tenacidade à resistência se mostram superiores a 30 Mpa e, um máximo de 38 Mpa com volume de fibras de polipropileno em 3%, segundo Kim et. al (2010), em ensaios experimentais realizados com as fibras.

Referindo-se ao tratamento geológico Kim et. al (2010), cita dois tipos de suporte e revestimento para consolidação de maciços, o método de Barton e Bieniawski. Por existirem várias classificações geomecânicas, destacam-se, esses dois métodos por terem aplicação mais frequente e maior experiência acumulada, sendo utilizada unanimidade por todos os executores dessa atividade.

Kim et. al (2010) destaca que a classificação de Bieniawski considera cinco parâmetros característicos do maciço, atribuindo a cada um diferentes pesos relativos em relação a resistência, a compressão uniaxial da rocha, índice RQD (Rock Quality Designation), grau de fraturas do maciço, estados de descontinuidades e condições hidro geológicas.

Ainda, a classificação de Barton considera seis parâmetros sendo eles o índice de RQD, grau de faturamento do maciço, estado das descontinuidades, grau de alteração das descontinuidades, e condições hidro geológicas.

Nas duas classificações tem-se ao final a classe do maciço rochoso variando de Muito Má, a Muito Boa e os revestimentos e suportes mais adequados a cada classe. Estas podem ser ancoragem passiva ou ativa, concreto projetado com utilização de fibras ou sem uso de fibras e sistema de camboteamento.

De acordo com Figueiredo (2011), o concreto possui uma série de características que lhe garante como material de estrutura mais utilizado no mundo, podendo lhe ser agregado às fibras para aumento de resistências como função estrutural.

Por consequência, o uso de concreto projetado em túneis tornou-se que por obrigação o seu uso, e a busca por esse método de aplicação, levaram muitas empresas a passarem a desenvolver materiais específicos para uso em conjunto com o concreto projetado, por exemplo, as fibras sendo elas metálicas ou de polímeros.

Para Khalil El Debs (2011), a combinação do cimento *Portland* e de polímeros formam um compósito que apresenta uma aumento nas características do projetado como, resistência mecânica, módulo de elasticidade ductilidade, tenacidade e comportamento pós fissuração mais apropriado quando estão juntos, em relação, de quando comparadas de forma isolada.

Quanto às propriedades típicas das fibras sintéticas Bentur e Mindess (2007), apresentam em seu livro '*Fibre Reinforced Comentitions Composites*' as seguintes características:

Tabela 1: Propriedades típicas das fibras sintéticas

Tabela 2.1 - Propriedades típicas das fibras sintéticas (Bentur e Mindess, 2007)

Tipo de Fibra	Diâmetro (mm)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Resistência à Tração (GPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)	Alongamento último (%)
Acrílica	20 - 350	1,16 - 1,18	0,2 - 1,0	14 - 19	10 - 50
Aramida (Kevlar)	10 - 12	1,44	2,3 - 3,5	63 - 120	2 - 4,5
Carbon (PAN)	8 - 9	1,6 - 1,7	2,5 - 4,0	230 - 380	0,5 - 1,5
Carbon (Pich)	9 - 18	1,6 - 1,21	0,5 - 3,1	30 - 480	0,5 - 2,4
Nylon	23 - 400	1,14	0,75 - 1,0	4,1 - 5,2	16 - 20
Poliéster	10 - 200	1,34 - 1,39	0,23 - 1,2	10 - 18	10 - 50
Poliétileno	25 - 1000	0,92 - 0,96	0,08 - 0,6	5	3 - 100
Poliolefina	150 - 635	0,91	275	2,7	15
Polipropileno	20 - 400	0,9 - 0,95	0,45 - 0,76	3,5 - 10	15 - 25
PVA	14 - 650	1,3	0,8 - 1,5	29 - 36	5,7
Aço	100 - 1000	7,84	0,5 - 2,6	210	0,5 - 3,5

Fonte: Bentur e Mindess, 2007.

Como mostra a tabela 1 as propriedades mecânicas do concreto foram melhoradas, com o uso das fibras curtas dispostas de forma aleatória que previnem e controlam a propagação das fissuras.

As fibras poliméricas usadas em reforço da matriz cimentícia, podem ser apresentar em três formas geométricas diferentes: sendo monofilamentos, multifilamentadas e fibra extrusada. São mais usadas como reforço nas argamassas, porém a utilizada em túneis é a fibra monofilamentadas e de polietileno, por terem maior resistência às fissuras.

O ganho das resistências mecânicas do concreto é bastante significativo em se tratando de contenção aparentemente em uma análise inicial, pode parecer que a diferença seja ilusória, mas na prática ela se mostra muito aplicável, conforme os ensaios da figura 1, conforme resultados de ensaios realizados por (SONG; HWANG; SHEU, 2004).

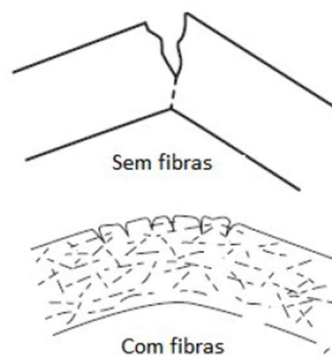


Figura 1 Ensaio de fissuração  
Fonte: Song, Hwang e Sheu (2004)

A figura 1 demonstra o efeito que a fibra seja ela de metal ou de polímero proporciona ao concreto aumentando a sua capacidade de resistência ao efeito de fissuração.

Em seguida, encontra-se a tabela 2, referente aos ensaios de resistência:

Tabela 2: Ensaios de resistência

Tipo de concreto	Estatística descritiva	Resistência à compressão (MPa)	Resistência à tração diametral (MPa)	Resistência à tração na flexão (MPa)	Slump (cm)
Concreto reforçado com fibras de polipropileno	Média	24,35	2,38	5,98	12
	Desvio Padrão	1,83	0,16	0,36	
	Coefficiente de variação (%)	7,5	6,7	6,0	
Concreto convencional	Média	23,02	2,17	5,89	16
	Desvio Padrão	1,77	0,15	0,36	
	Coefficiente de variação (%)	7,7	6,9	6,1	

Fonte: Song,Hwang e Sheu (2004)

A tabela 2 demonstra o ensaio que foi realizado, não apresentou muito ganho significativo nas características de resistência à tração na flexão, mas significativo à compressão e tração diametral, porém o ensaio foi realizado de forma volumétrica e com fibras de polipropileno, não sendo realizado o ensaio p<sup>o</sup> peso, que interfere nas quantidades de fibras e substituindo a fibra por fibras de polietileno de alta densidade que se demonstrarão com valores bem mais significativos.

## 2.2. FIBRA DE POLIETILENO EM TUNEIS

A aplicação em túneis é realizada com fibras de polietileno de alta densidade, pois ao decorrer do tempo vem evoluindo as suas características melhorando o desempenho na sua aplicação.

A maioria dos túneis de Pchs Pequenas Centrais Hidrelétricas, já aderiram ao uso de fibras de polietileno de alta densidade pois apresentam as mesmas características da fibra de aço ou superiores.

Dean Forgeron doutorado na Dalhousie University em sua pesquisa incluem a durabilidade do concreto e a fibra de polietileno usada como reforço em concreto para ambientes severos, o membro do ACI, Jean-Francois Trottier, é o presidente da pesquisa do Canadá em Monitoramento Estratégico da Saúde e Materiais Inovadores como a fibra de polietileno de alta densidade, e Professor na Universidade Dalhousie, Halifax, Nova Zelândia, Canadá. Um membro atual da ACI Comitê 544, sobre Betão Armado com uso de fibra de polietileno, ele recebeu o ACI Young Prêmio de Membro para o Desempenho Profissional em 2000. Em 1997, ele foi premiado com a

Medalha ACI Wason para Pesquisa de Materiais como Co-autor do papel em betão armado de fibra de polietileno, e Michael Mahoney que é um profissional de pesquisa na universidade Dalhousie. O interesse de pesquisa atual inclui o desenvolvimento, caracterização e avaliação de concreto reforçado com fibras de polietileno e concreto projetado. Citam a necessidade de fazer esse estudo de lançamento de projetado com fibras de polietileno de alta densidade utilizando a relação de Kg/m<sup>3</sup> e não apenas por volumes.

Nos túneis de Pch´s é comum o uso de fibras de polietileno de alta densidade não apenas pelas facilidades que oferecem no manuseio, na economia, na estocagem, nos desgastes dos equipamentos causados pela abrasividade e nas peças de lançamento do projetado. Por conta do material ser de polímero ele não oxida durante a estocagem, e após aplicação sendo que os túneis adutores de pch´s são realizados para a passagem da água até as turbinas posicionadas na casa de força.

Não será aqui relatado fatores em túneis rodoviários, pois o uso de fibras de polímeros já substituem as de aço por terem mais fatores de benefícios em caso de incêndios em túneis rodoviários.

A fibra é usada em larga escala em CRF (Concreto Reforçado com Fibras) para a contenção de taludes, paredes, muros, vigas, mas o maior resultado é nos túneis o que garante de forma conjunta com a aplicação de tirantes e telas para a contenção da cada ciclo de avanço, tornando a cobertura do túnel sustentável durante a sua realização e posterior trabalho para fornecimento como adutor das unidades geradoras de energia em uma Usina Hidrelétrica.

O sistema de suporte e revestimento inicial se baseia segundo:

Estudos preliminares: os critérios para o revestimento primário são levantados nos estudos para o projeto do túnel. O revestimento primário é um sistema de suporte de túneis usado para estabilizar a escavação, temporariamente, até a execução do revestimento final. Ele garante a segurança dos trabalhadores e resguarda a escavação já executada, dessa forma são aplicadas demonstrações em um software.

Nessas demonstrações, são definidos, a velocidade da escavação, a distância do revestimento com relação à face da escavação e as propriedades mecânicas do concreto do revestimento.

- a) O concreto utilizado para revestimento é do tipo convencional, normalmente reforçado com fibras de aço e polietileno de alta densidade. O reforço cria uma espécie de armação no concreto, o que aumenta consideravelmente sua resistência mecânica. Assim, descarta-se a necessidade de elementos de reforço primário, como cambotas e telas metálicas, dando maior agilidade na execução do túnel.
- b) Aplicação: O concreto vai via tubulação para a máquina de projeção. Posteriormente, lançado contra a rocha ao qual provoca a compactação imediata. Ao qual deve ser feito imediatamente sobre a rocha escavada, em uma determinada distância, essa distância é chamada de distância não revertida. Sendo aplicado por dois processos: o processo a seco, os agregados são transportados em uma tubulação separadamente da água.



Sendo misturado ao sair da máquina. Já o processo via úmida, os agregados estão misturados, ou seja, prontos para o lançamento.

- c) Inspeção: a medição do concreto é feita em metro cúbico por concreto projetado. O concreto deve atender à norma ABNT NBR 14026/1997 que, entre outros itens, determina que a resistência à compressão do concreto projetado deve ser analisada em função de testemunhos extraídos de placas de controle ou quando viável, da própria estrutura.

Devem ser avaliados, segundo a mesma norma como: presença de fissuras, espessura da projeção e a infiltração de água.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a elaboração do presente trabalho foi utilizado pesquisas a livros técnicos, teses de mestrado, artigos, manuais técnicos de empresas, sites na internet e através de consultas a engenheiros com conhecimento do assunto.

A pesquisa bibliográfica é entendida por Gil “[...] como base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”. (GIL, 2002, p.44). Assim como tem característica exploratória, pois o objetivo conduziu para explorar a problemática através de estudos e pesquisas já realizadas a fim de buscar entendimento sobre as novas tecnologias para a construção civil, além de novas experiências no desenvolvimento de um material capaz de atender as perspectiva de mercado com soluções inovadoras que propiciem economia e garantias nas contenções com o emprego da fibra poliméricas em túneis.

Portanto, a análise dos dados apresentaram características de abordagem qualitativa e quantitativa referente ao polietileno na construção de túneis e as novas tecnologias.

Este estudo bibliográfico foi realizado durante o mês de agosto e setembro de 2017, aos quais foram utilizados autores de renomes nessa área, como por exemplo: Antonio Domingues de Figueiredo, Roberto Kochen, N. Barton, Arnon Bentur, Sidney Mindess, Z.T. Bieniawski, Roberto Borges Martins e J. Tanesi. Aos quais discorrem sobre a economia e garantias nas contenções com o emprego da fibra poliméricas.

### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Como foi visto durante o trabalho sobre as fibras de polietileno na construção de túneis, ficou evidente tal importância é dada quando ao reforço feito para ajudar na contenção de túneis. Mostrando assim, novas tecnologias e experiências no desenvolvimento de um material que tem como objetivo principal dar mais garantia e segurança aos seus usuários no decorrer das atividades objetivando a contenção.

Tendo em vista a eficácia de tal produto. Assim, é destacado seu uso no revestimento primário e secundário de túneis, o que eleva o nível de segurança dessas obras quando da ocorrência de incêndios no caso de túneis rodoviários. Isso

se justifica pela especial gravidade que um acidente desse gênero pode apresentar no Brasil.



Figura 3: Fibras de Polietileno  
Fonte: Fortezza Fibras

Na figura 3, pode-se observar a fibra de polietileno de alta densidade antes da aplicação no concreto projetado. Encontra-se em embalagens de 6 e 10 kg fornecimento este realizado pela empresa Fortezza, pronta para uso, percebe-se o formato com desvio padrão baixíssimo, em tamanhos de 4,5 cm até 12 cm de comprimento para aplicação em projetados.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo sendo um texto de revisão da produção científica do autor, é possível fazer aqui algumas considerações quando ao uso da fibra de polietileno. Pois, o estudo buscou a utilização de autores renomados e pesquisas já feitas para apresentar as experiências novas que estão sendo feitas quando ao uso desse material.

Em suma, o intuito desta discussão é que para um futuro logo venha a ser apresentado um trabalho de estudo de caso com dados atualizados e feito dentro de uma metodologia com comparações da fibra de aço e fibra de polietileno de alta densidade, realizadas por  $\text{kg}/\text{m}^3$  de concreto com fibras e não por volume como tem sido realizados por diversos autores.

Vale ressaltar a importância da fibra de polietileno na construção de tuneis pela eficácia já comprovada em outros estudo científicos. Por isso, fica as considerações para que novos estudos mais aprofundados sobre o assunto seja pensado por especialistas na área

## REFERÊNCIAS

BAE KIM, S. YI, N. H. KIM, H. Y. JAY KIM, J. SONG, Y. **Material and structural performance evaluation of recycled PET fiber**. Cement and Concrete Composites.

BARTON, N. **Influência das propriedades das fraturas na modelação dos maciços rochosos**. In. Comitê Brasileiro de Mecânica de Rochas, 1996.

BENTUR, Arnon; MINDESS Sidney. **Fibre Reinforced Cementitious Composites**. Second edition published 2007 by Taylor & Francis. Simultaneously published in the USA and Canada, 2007.

BIENIAWSKI, Z. T. **Engineering rock mass classifications**. 1º sl: WileyInterscience, 1989.

FIGUEIREDO, Antonio Domingues de. **Concreto reforçado com fibras**. São Paulo: 2011, tese.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projeto de pesquisa**. 4 ed. Atlas, São Paulo: 2002.

KOCHEN, Roberto. **Túneis no Brasil pelo Método Austríaco**. Geocompany. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.advantageaustria.org/br/events/IE-Kochen-NATMinBrazil.pdf> Acesso em: 09/09/2017.

MARTINS, Roberto Borges. **A economia escravista de Minas Gerais no século XIX**. Belo Horizonte, CEDEPLAR/UFMG, 1980.

MARTINS, Roberto Borges. BRITO, Octaviano Elísio Alves de. **História da mineração no Brasil**. Atlas Copco, 1989. São Paulo.

TANESI, J. **A influência das fibras de polipropileno no controle da fissuração por retração**. Dissertação apresentada na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

TEZUKA, Y. **Concreto armado com fibras**. São Paulo, ABCP, 1989.

**ABSTRACT:** This work seeks to identify in research already carried out new technologies for the construction and new experiences in the development of a material capable of attending the market perspective with innovative solutions that provide economics and guarantees in the contentions with the use of the polymer fiber in tunnels. With renowned authors in the area such as: Antônio Domingues Figueiredo, Roberto Korchen, among others, can enable a healthy debate on concrete reinforced with polyethylene fiber, showing through a thorough research its effectiveness.

**KEYWORDS:** Tunnel. Containment. Fibers. Excavation.

## **CAPÍTULO XI**

### **DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE COMPRESSIBILIDADE EM SOLOS PROVENIENTES DA FORMAÇÃO BARREIRAS EM MOSSORÓ-RN**

---

**Jerfson Moura Lima  
Marcelo Tavares Gurgel  
Lucas Ramos da Costa  
Bruno Ítalo Franco de Oliveira**

## DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE COMPRESSIBILIDADE EM SOLOS PROVENIENTES DA FORMAÇÃO BARREIRAS EM MOSSORÓ-RN

**Jerfson Moura Lima**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA  
Mossoró-RN

**Marcelo Tavares Gurgel**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA  
Mossoró-RN

**Lucas Ramos da Costa**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA  
Mossoró-RN

**Bruno Ítalo Franco de Oliveira**

Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA  
Mossoró-RN

**RESUMO:** Na construção civil, em geral, as fundações transmitem os esforços advindos da superestrutura para o solo. Com isso, tem-se que o solo é o responsável em dar suporte a praticamente toda obra civil. Para o desenvolvimento de projetos de fundações que alinhe segurança, estabilidade e economia, é necessário o conhecimento das características mecânicas dos solos que irão receber as fundações. Dentre as propriedades mecânicas dos solos, a compressibilidade é uma das mais importantes, por estimar o comportamento do solo, quando submetido a carregamentos. Contudo, objetivou-se com este estudo determinar e avaliar os parâmetros de compressibilidade do Argissolo e Latossolo presentes na extensão territorial da cidade de Mossoró-RN, ambos provenientes da Formação Barreiras. Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que o Latossolo apresenta melhores características para ser utilizado como solo de suporte para obras na cidade de Mossoró-RN.

**PALAVRAS-CHAVE:** Solos, Parâmetros de Compressibilidade, Ensaio Edométrico, Recalque.

### 1. INTRODUÇÃO

O solo além de ser utilizado como material de construção, é quem absorve todos os esforços advindos da fundação de praticamente todas as obras, com isso tem-se que o mesmo é de extrema importância para a construção civil.

As cargas das edificações são diretamente transferidas para o solo, que devem ter resistência suficiente para suportar todo esse encargo. No entanto, ao receberem essas tensões impostas pelas edificações, os solos sofrem deformações (recalques), impondo assim os projetistas a prever os mesmos, para que seja garantida a segurança, estabilidade e evitado problemas nas futuras edificações.

De acordo com Suwidan (2012), o recalque que os solos sofrem quando

submetidos a tensões, está diretamente relacionado com a compressibilidade do solo. Este parâmetro é definido como a variação de volume da camada do solo, quando submetido a carregamentos.

A análise de compressibilidade do solo é realizada por meio de ensaios, que fornecem parâmetros capazes de determinar o comportamento e prever o recalque dos solos. O método mais utilizado para a determinação dos parâmetros de compressibilidade do solo é o ensaio edométrico, desenvolvido por Karl von Terzaghi (Suwidan, 2012).

Contudo, este trabalho tem como objetivo a obtenção e análise dos parâmetros de compressibilidade do Argissolo e Latossolo, ambos solos provenientes da Formação Barreiras encontrados na região territorial de Mossoró-RN, gerando informação que possam contribuir para o setor da construção civil da cidade.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O desenvolvimento desse trabalho procedeu-se com a coleta de amostras do Argissolo e Latossolo na extensão territorial da cidade de Mossoró-RN. Logo após, as amostras foram levadas para o Laboratório de Mecânica dos Solos e Pavimentação da Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, onde realizou-se o ensaio edométrico.

O ensaio edométrico consiste em confinar uma amostra de solo na célula de adensamento, constituída por um anel de aço e pedras porosas que permitem a drenagem, no topo e na base do corpo de prova (Figura 1.a). Com o corpo de prova preparado, a célula de adensamento foi inserida no sistema de aplicação de cargas, conhecido como prensa de adensamento (Figura 1.b).

Em seguida, aplica-se incrementos de cargas na amostra de solo, quantificando-se as deformações verticais com o auxílio de um extensômetro (Ortigão, 2007).

Figura 1: (a) Montagem do corpo de prova na célula de adensamento; (b) Prensa de adensamento.



Fonte: Autoria própria, 2015.

Os estágios de tensões aplicados na célula de adensamento e conseqüentemente ao corpo de prova, foram os seguintes: 10kPa, 20kPa, 40kPa, 80kPa, 160kPa, 320kPa e 640kPa, permanecendo cada estágio de tensão por um período de 24h. Além dos estágios de carregamento realizou-se um estágio de descarregamento.

Para cada estágio de tensão, fez-se leituras no extensômetro para aferir a variação da altura do corpo de prova imediatamente antes dos carregamentos e ainda nos intervalos de tempo: 1/4min, 1/2min, 1min, 2min, 4min, 8min, 15min, 30min, 1h, 2h, 4h, 8h, 24h contados a partir do instante de aplicação do incremento de carga. A variação da altura foi utilizada para a determinação do índice de vazios do corpo de prova no final de cada estágio de carregamento.

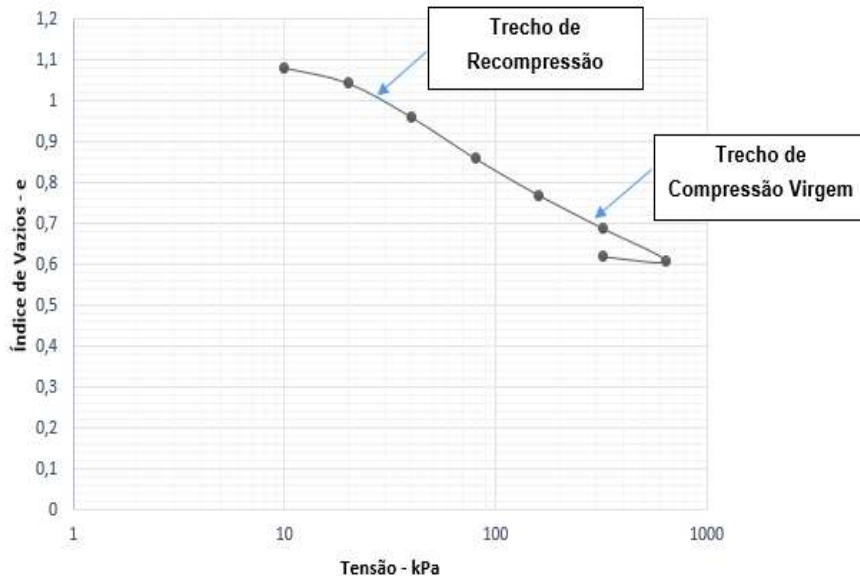
Os parâmetros de compressibilidade do solo são expressos pelo coeficiente de compressibilidade ( $a_c$ ), tensão de pré-adensamento e pelo coeficiente de adensamento ( $c_v$ ) (Pinto, 2006). Os dois primeiros são obtidos pela curva *índice de vazios x tensão*, já o coeficiente de adensamento é determinado a partir da evolução dos deslocamentos verticais da amostra ao longo do tempo.

Segundo Pinto (2006), a inclinação da variação linear entre as tensões e os índices de vazios é o indicador do coeficiente de compressibilidades, sendo assim determinado. Para a determinação da tensão de pré-adensamento utilizou-se o processo de Pacheco Silva com o auxílio da curva *índice de vazios x tensão*. O coeficiente de adensamento foi determinado pelo Método da raiz do tempo (Taylor), onde seguiu-se o procedimento descrito na ABNT NBR 12007:1990 – Ensaio de adensamento unidimensional.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

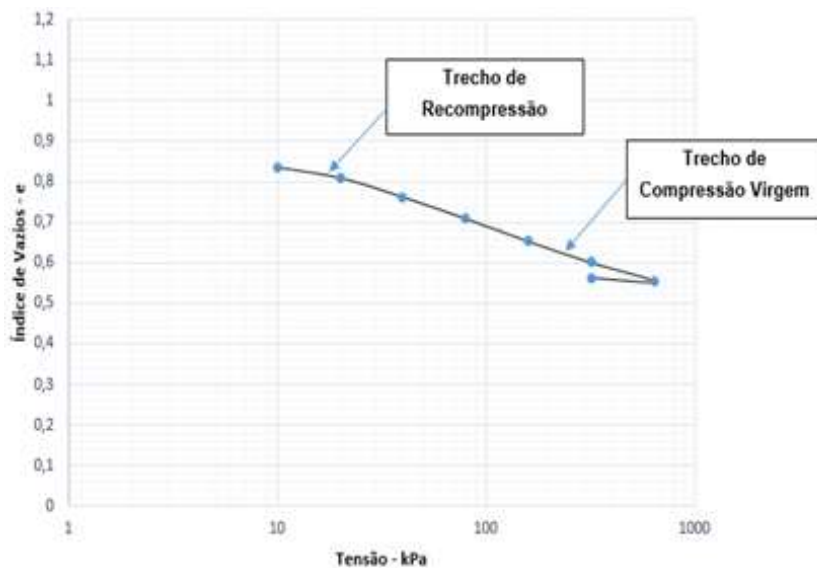
Com o ensaio edométrico finalizado para o Argissolo e Latossolo, calculou-se o índice de vazios do corpo de prova no final de cada estágio de tensão. Em seguida construiu-se a curva *índice de vazios x tensão*, para a obtenção dos parâmetros de compressibilidade (Figura 2 e Figura 3). Para melhor apresentação dos resultados, a tensão foi concebida na escala logarítmica.

Figura 2. Curva índice de vazios x tensão para Argissolo.



Fonte: Autoria própria, 2015.

Figura 3. Curva índice de vazios x tensão para Latossolo.



Fonte: Autoria própria, 2015.



Ao se extrair uma amostra de solo do campo, a mesma sofre um descarregamento. Quando a amostra é submetida a tensões oriundas do ensaio edométrico, ocorre um processo de recompressão. No instante que a tensão ultrapassa a tensão de pré-adensamento, a amostra de solo sofre o processo de compressão virgem, ou seja, o solo é submetido a tensões jamais suportadas. No trecho de compressão virgem a curva *índice de vazios x tensão* se comporta linearmente. Com isso, tem-se que a tensão de pré-adensamento interliga os processos de recompressão e compressão virgem.

Com as curvas *índice de vazios x tensão* e os dados dos deslocamentos verticais da amostra ao longo do tempo obtidos no ensaio edométrico, os coeficientes de compressibilidades foram alcançados (Tabela 1).

Tabela 1: Parâmetros de Compressibilidade

	Coefficiente de Compressibilidade (kPa <sup>-1</sup> )	Coefficiente de Adensamento (mm <sup>2</sup> /min)	Tensão de pré-adensamento (kPa)
Argissolo	0,332	34,26	17
Latossolo	0,165	41,75	20

Fonte: A autoria própria, 2015.

Segundo Pinto (2006), quanto maior o coeficiente de compressibilidade mais compressível é o solo, conseqüentemente maior o recalque sofrido pelo solo quando submetido a cargas. Se compararmos o Latossolo com o Argissolo, quando submetidos ao mesmo nível de tensão, teremos que o Latossolo sofrerá um menor recalque, por possuir um menor coeficiente de compressibilidade.

O coeficiente de adensamento é o parâmetro que estabelece a velocidade de dissipação dos excessos de poropressão, sendo diretamente proporcional a velocidade de recalque. O ideal é que o recalque ocorra de forma rápida, em sua totalidade durante a execução da obra, caso contrário, a edificação poderá vir a sofrer danos em sua estrutura. Por possuir maior coeficiente de adensamento, tem-se que o Latossolo sofre recalque de forma mais rápida, quando comparado com o Argissolo.

A tensão de pré-adensamento é a tensão que corresponde ao maior carregamento a que os solos já foram submetidos durante toda sua existência. Caso uma tensão (carga) for aplicada ao solo, com intensidade menor que sua tensão de pré-adensamento, os recalques oriundos no mesmo são tão pequenos que podem ser desprezados. Analisando os resultados das tensões de pré-adensamento, tem-se que o Latossolo é capaz de suportar um maior carregamento sem sofrer recalques consideráveis.

#### 4. CONCLUSÃO

Pela avaliação dos parâmetros de compressibilidade obtidos, pode-se concluir que o Latossolo quando comparado ao Argissolo, apresenta melhores

características para ser utilizado como material de suporte para as obras civis na cidade de Mossoró-RN, por sofrer pequenas deformações quando submetidos a cargas, e ainda pelo rápido desenvolvimento desses recalques, evitando assim problemas futuros as edificações.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12007**: Ensaio de adensamento unidimensional. Rio de Janeiro, 1990. 13p.

Ortigão, J. A. R. **Introdução à Mecânica dos Solos dos Estados Críticos**. 1.ed. Rio de Janeiro: UFRJ, 2007. 378p.

Pinto, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas**. 3.ed. São Paulo: Oficina de textos, 2006. 367p.

SUWIDAN, R. **Determinação dos parâmetros de compressibilidade em amostras de solo mole reforçadas com a incorporação de colunas de areia**. 2012. 59p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia de Produção Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba-PR.

**ABSTRACT:** In the civil construction, in general, the foundations transmit the efforts resulted from the superstructure to the soil. Therewith have that the soil is responsible for support virtually all civil doing. For the development of foundations projects that align security, stability and economy, is necessary the knowledge the mechanical characteristics of the soil that be going to receive the foundations. Among the mechanical properties of the soil, the compressibility is one of the most important, because estimating soil behavior when subjected to loads. Nevertheless, the aim of this study was to determine and evaluate the compressibility parameters of Argissolo and Latossolo present in the territorial area of the city of Mossoro-RN, both from Barreiras. Based on the results, it was concluded that the Latossolo has better characteristics to be used as support soil for doing in the city of Mossoró-RN.

**KEYWORDS:** Soils, Compressibility parameters, Edométrico test, Repression.

## **CAPÍTULO XII**

### **DIFERENTES TIPOS DE DOSAGENS DA CAMADA POROSA DE ATRITO UTILIZANDO NANO FIBRAS DE GRAFENO**

---

**Bruno Henrique Simão Soares  
Fábio Luis Neves Araújo  
Maurides Paulo Dutra Junior**

## DIFERENTES TIPOS DE DOSAGENS DA CAMADA POROSA DE ATRITO UTILIZANDO NANO FIBRAS DE GRAFENO

Bruno Henrique Simão Soares

Fábio Luis Neves Araújo

Maurides Paulo Dutra Junior

**RESUMO:** A malha rodoviária em picos de chuvas ocasiona muitos acidentes pelo fenômeno de aquaplanagem. Visando conforto e segurança aos usuários, este artigo abordara a utilização da Camada Porosa de Atrito (CPA), a fim de eliminar esta problemática. Com adição da nano fibras de grafeno, para que este possa elevar a baixa resistência e durabilidade do CPA, assim não sendo necessário modificar sua faixa granulométrica e não perdendo a permeabilidade dá sobre camada. Foi utilizado o ensaio de granulometria para encontrar o traço, e para cada corpo de prova (CP), foi estabelecida variações de ligante CAP 50/70 de 3 %, 4% e 5%, com número de golpes para compactação variando de 25, 50 e 75 por face do CP. Para determinar a sua permeabilidade montou-se um permeômetro de carga variável, no qual o sistema consiste em medir o coeficiente de permeabilidade. Considera que o grau de permeabilidade deve ser médio a alto para que garantir uma boa permeabilidade á sobre camada. Para se determinar a resistência foi utilizado o ensaio a tração a compressão diametral, os resultados foram obtidos por meio da prensa universal EMIC 20000. Com os melhores resultados obtidos dos CPs de CPA, foi adicionado grafeno com variação de 0,3% e 0,4% em alguns corpos de prova, para garantir uma melhor resistência da camada convencional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Dosagem, Camada Porosa de Atrito, grafeno, permeabilidade, rodovias.

### 1. INTRODUÇÃO

A pavimentação é um fator fundamental para o desenvolvimento no país. Onde milhares de usuários transitam sobre esta malha rodoviária, para estes usuários, são necessários projetos estradais que visa segurança e conforto. Porém em períodos chuvosos, ocorrem muitos acidentes pelo fenômeno de hidroplanagem nas rodovias.

O projeto consiste em uma inovação na área da pavimentação asfáltica, cujo, objetivo consiste em desenvolver uma nova Camada Porosa de Atrito (CPA) com adição de nano fibras de grafeno, onde este teoricamente irá adicionar uma maior resistência à tração. Assim possibilitando o uso do CPA para rodovias, aonde se encontra um fluxo elevado de veículos, sem perder as suas características drenantes e sua duração. Gerando conforto e segurança para os usuários, reduzindo o fenômeno de hidroplanagem em períodos chuvosos.

O CPA é um Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), que de acordo com a DNER-ES 386/99 é produzido com um elevado volume de vazios de ar (18 a

25%), de maneira que a água das chuvas infiltre no pavimento poroso fazendo com que o fluido escoe horizontalmente para as sarjetas das rodovias. Com isso, garantindo um elevado coeficiente de atrito do pneu/pavimento evitando a famosa hidroplanagem de veículos leves e pesados, de modo que assim evitem a penumbra que os veículos provocam com sua passagem, o que prejudica a visibilidade daqueles que vem logo atrás.

Como a nano fibra de grafeno é muito resistente, estabelecendo as propriedades físicas, mecânicas e estruturais necessárias para adequar ao uso no CPA.

Como uma das contramedidas do CPA é sua baixa resistência, teoricamente a nano fibra de grafeno, serviria para balancear essa baixa resistência, tornando este mais resistente e durável em sua utilização na malha rodoviária. Em questão de permeabilidade esta nano fibra teria influência quase insignificante na perda de sua permeabilidade, em razão de sua espessura, a água continuará a escoar mesmo com a integração do grafeno com o CPA, tornando assim o material mais adequado para a junção com o CPA.

Sendo assim, o projeto tem como objetivo geral inovar a pavimentação asfáltica, proporcionando uma melhor adequação para os que ali trafegam sobre a malha rodoviária, além de reduzir a hidroplanagem, trazendo assim maior conforto e segurança para o usuário. E como objetivo específico, a comprovação do aumento da resistência do CPA com a adição da nano fibra de grafeno. Assim tornando mais viável a utilização do CPA para rodovias ou tráfegos pesados.

### 1.1. CBUQ

A norma DNIT-ES 031 (2006) define CBUQ como sendo:

Concreto Asfáltico - Mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas, composta de agregado graduado, material de enchimento se necessário e cimento asfáltico, espalhada e compactada a quente.

De acordo com o DNIT (2006, p.99):

À designação do concreto betuminoso usinado a quente ou concreto asfáltico tem sido reservada para pré-misturados a quente de graduação densa, em que são feitas rigorosas exigências no que diz respeito a equipamentos de construção e índices tecnológicos, como granulometria, teor de betume, estabilidade, índice de vazios, entre outros.

A faixa granulométrica C é especificada pela a quantidade de agregado que passa pelas peneiras, sendo esta faixa mais aberta para agregados com maiores dimensões ideal para a camada porosa de atrito.

### 1.2. CAMADA POROSA DE ATRITO

Corroborando com as ideias de Santos (2004, p. 38)

O desempenho de um pavimento é fortemente condicionado pelas características que suas camadas exibem. Essas características dependem dos materiais utilizados (solos, agregados, finos e ligantes), da dosagem da mistura betuminosa, de suas condições de compactação e do processo construtivo. No caso de falhas, principalmente no que diz respeito às camadas asfálticas e cimentadas, por serem de alto custo e de uma grande importância, o insucesso no desempenho do pavimento é marcante.

A camada de CPA é necessária, pois este ajuda evitar o acúmulo excessivo de água superficial nas rodovias, eliminando a aquaplanagem de veículos. O sistema funciona como drenagem, ajudando a água pluvial fluir para as sarjetas, sendo o escoamento da água superficial seja reduzido, possibilitando assim uma maior estabilidade para os veículos.

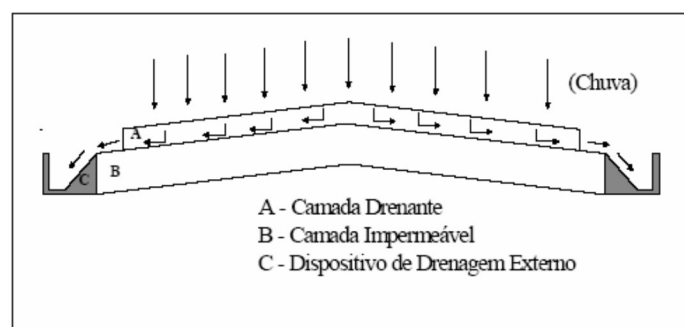
Segundo Balbo (2007) o CPA é um CBUQ produzido com um elevado volume de vazios de ar (18 -25%), de maneira que a água das chuvas infiltre no pavimento poroso fazendo com que o fluido esco horizontalmente para as sarjetas das rodovias. Isso, garante um elevado coeficiente de atrito do pneu/pavimento evitando a famosa hidroplanagem.

De acordo com o artigo da COPPE (2010, p 98):

As misturas abertas são empregadas em camadas delgadas sobrepostas a uma camada de revestimento densa existente, que tem função estrutural. Em função do seu elevado teor de vazios, a CPA apresenta resistência à tração mais baixa e maior flexibilidade ( $RT \sim 0,55 \text{ MPa}$  e  $MR < 2000 \text{ MPa}$ ) quando comparada com misturas densas.

Como pode ser visto a figura 1, mostra a camada porosa de atrito sobre camada da camada de impermeável do concreto, o dispositivo de drenagem e pelo o acostamento com sarjetas calculadas para que comporte a quantidade de água que será percolada pela a superfície.

Figura 1: Esquema de funcionamento de uma camada porosa de atrito.



Fonte: Santos (2004, p. 39).

O CPA tem sua durabilidade em relação a asfalto convencional muito inferior, devido ao seu número de vazio (18 a 25%) serem muito elevadas, às partículas deste não tem certa resistência para que o asfalto tenha a vida útil maior, como o asfalto convencional.

Sendo que a camada drenante “A” da figura 1 é constituída pelo o CPA, cuja

finalidade é proporcionar uma percolação de água internamente na camada drenante para as sarjetas evitando a hidroplanagem. A camada impermeável “B” da figura 1 tem a função de resistir aos esforços de maior carga dos veículos e dissipá-los para o solo, e contém a função de impossibilitar a percolação da água entre essa camada, assim impermeabilizando a superfície facilitando o escoamento da camada drenante até as sarjetas. Já o dispositivo de drenagem externo “C” da figura 1 é conhecido como sarjetas, sua função é fazer com que a água escoe, evitando que a água fique sobre o pavimento.

### 1.3. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO CPA

As vantagens de se empregar o CPA nas rodovias são várias, entre elas pode-se citar:

Segundo Castro (2005), a capacidade drenante do CPA, drena a água contida na sua camada superior do asfalto em períodos de chuvas, minimizando assim o fenômeno da hidroplanagem, com maior aderência da roda dos automóveis com o asfalto. Devido a mistura drenante possuir uma alta macro textura, está faz com que o pavimento contenha uma elevada aderência pneu-pavimento, reduzindo a quantidade de “spray” de água, em virtude da sua capacidade drenante, a água se infiltra para as camadas inferiores, eliminando o efeito de “spray” (ou borrifamento) pela passagem das rodas em movimento.

### 1.4. DESVANTAGENS DO CPA

Entre as desvantagens do uso do CPA podemos falar sobre a descontinuidade da curva granulometria, ocasionando a perda de resistência a fadiga, sendo assim não sendo apropriado o uso deste asfalto para tráfego intenso.

Já outra grande desvantagem para Santos (2004) seria a colmatação preenchimento dos poros por meio das borrachas dos pneus.

Pouco utilizado pelas empresas brasileiras, sendo assim pouco estudo sobre esse tipo de asfalto.

De acordo com Sicepot-MG também pode ocorrer a Desagregação do material.

Ainda corroborando com Santos (2004) “os pavimentos drenantes são suscetíveis à desagregação pelo esforço de cisalhamento, devido a sua macro textura ser aberta, o que dificulta as forças de coesão da mistura”.

#### 1.4.1. Permeabilidade

Denomina-se permeabilidade a ação da penetração de água nas camadas de solo próximas à superfície do terreno, percolando através dos vazios, sob a ação da

gravidade, até atingir uma camada suporte, que a retém, formando então a água do solo.

De acordo com Pinto (*et al*, 1976), encontramos na infiltração duas fases:

I.FASE DE INTERCAMBIO.

II.FASE DE DESCIDA.

Na fase de intercambio, a água se encontra próxima à superfície, sendo assim tornando fácil o seu retorno à atmosfera por aspiração capilar, provocado pela ação da evaporação.

Na fase de descida da água, dá-se quando a ação de seu peso próprio supera a adesão e a capilaridade. Essa ação continua até a água ache uma camada impermeável, na qual não pode percolar mais.

Corroborando com as ideias de Pinto (*et al*, 1976, p.46) o coeficiente de permeabilidade é a “velocidade de infiltração da água em um solo saturado com perda de carga unitária.

#### **1.4.2. Colmatção**

A permeabilidade do CPA pode ser comprometida ao longo do tempo, para Santos (2004), geralmente ocorre por causa da infiltração de materiais de granulometria menor, como areias, filler, borracha, etc. Ou pela manutenção indevida deste mesmo ou pela falta de manutenção geral deste pavimento. Devido a essas infiltrações ao longo do tempo, o meio poroso do CPA, perca-se aos poucos a sua capacidade de condutividade hidráulica de uma maneira progressiva.

Em longo prazo a infiltração de água em seus vazios se torna nula, uma vez que a sua função drenante se perca, tornando assim o CPA, mais uma estrutura impermeável comum. A colmatção está ligada diretamente com a vida útil deste asfalto.

#### **1.4.3. Escoamento Superficial**

Segundo Pinto (*et al*, 1976), o escoamento superficial é um segmento do ciclo hidrológico terrestre. Esse segmento considera a menor quantidade de água caindo sobre uma superfície impermeável ou saturada (excesso de água no solo), assim escoando e por ela formando, futuras torrentes ou enchentes, córregos e possíveis rios, ribeirões, lagoas, etc.

Ainda corroborando com Pinto (*et al*, 1976) o escoamento superficial em rodovias, é muito utilizado, pois gera um declive que varia de 2 a 3% para que assim a água escoe direto a sarjetas, gerando assim um curso d'água não natural.

De acordo com Glushkov (*et al*, 1988) o coeficiente de runoff (ou escoamento superficial) varia de local para local pois este depende dos dados meteorológicos do local da obra, do tipo de asfalto/solo utilizado e dos componentes de drenagem da obra.



Ainda continuando com Glushkov (*et al*, 1988), o coeficiente de runoff é a precipitação residual, após a evaporação e a infiltração.

## 1.5. HIDROPLANAGEM

De acordo com o Detran (2016) refere-se a aquaplanagem ou hidroplanagem a falta de contato dos pneus com a pista, chão ou pavimento e ocorre devido a pistas molhadas ou poças d'água.

Pode-se perceber que as utilizações dos asfaltos drenantes, reduzem em grande escala a quantidade de acidentes em rodovias. Na França, por exemplo, o número de acidentes com o pavimento na condição molhada é praticamente o dobro, quando comparado com o pavimento na condição seca, é o que confirma Poncino (2001, *apud* Santos, 2004).

## 1.6. NANO FIBRA DE GRAFENO

### 1.6.1. Nano Fibras De Grafeno Utilizado Na Camada Porosa De Atrito

Para Martinez (*et al*, 2016) a nano fibra de grafeno, consiste em uma rede bidimensional constituída por uma estrutura hexagonal de um átomo de carbono com hibridização  $sp^2$ . Com uma espessura de átomo de carbono (aproximadamente 1 Angstrom=  $10^{-8}$  cm). Sendo que este material é o mais fino de todos os materiais conhecidos até hoje, e mais resistente até mesmo do que o diamante.

Como este é um material muito resistente, e bastante viável pelo o seu baixo custo da matéria prima, ele contém em contrapartida um defeito, que é a sua obtenção do grafeno, essa ainda é de certa forma difícil, pelos métodos tecnológicos existentes. Este ainda estabelece as propriedades físicas, mecânicas e estruturais necessárias para adequar ao uso no CPA, tal qual está nano fibra, demonstra a sua flexibilidade porem sendo extremamente rígido.

Como uma das contramedidas do CPA é sua baixa resistência, a nano fibra de grafeno foi utilizada para balancear essa baixa resistência, tornando este mais resistente e durável em sua utilização na malha rodoviária. Em questão de permeabilidade esta nano fibra teve influência quase insignificante na perda de sua permeabilidade, em razão de sua espessura, a água continuará a percolar mesmo com a interação do grafeno com a camada porosa de atrito, tornando assim o material mais adequado para a junção com o CPA.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais constituintes da camada são constituídos por: agregados graúdos, fibras e ligante asfáltico.

#### 2.1.1. Ligante asfáltico

Em nossas pesquisas o ligante asfáltico, que mais se adequa as condições do projeto é o CAP-50/70, este que gera uma boa flexibilidade e alta resistência.

#### 2.1.2. Agregado graúdo

Os agregados graúdos utilizados são: a brita 1 e a brita 0 (pedrisco). Onde ambos devem conter um desgaste de abração Los Angeles igual ou inferior a 50% de acordo com a norma técnica do DNER-ME 035.

#### 2.1.3. Fibras

A fibra utilizada para gerar uma maior resistência na sobre camada, é a nano fibra de grafeno, este foi fornecido pela professora Sandra Lúcia Nogueira, chefe de pesquisa sobre o grafeno do Centro Universitário de Patos de Minas - UNIPAM. O material é produzido pela própria faculdade, este é fabricado por aparelhos específicos, onde é colocado a matéria prima, o grafite e o mesmo é refinado até se “quebrar” em partículas menores assim chegando na sua nano camada, o qual ganha uma alta resistência.

Figura 2: Nano fibra de Grafeno



Fonte: Material fornecido pelo centro de pesquisas do grafeno Unipam (2016).

### 2.2. COMPOSIÇÃO DAS MISTURAS

Para a norma do DNIT-ES 031 (2006), a composição do concreto asfáltico

deve satisfazer aos requisitos do quadro seguinte com as respectivas tolerâncias no que diz respeito à granulometria segundo as especificações do DNER-ME 083 (1998) e aos percentuais do ligante asfáltico determinados pelo projeto da mistura, cujo, para este tipo de sobre camada devere satisfazer a faixa granulométrica C, sendo que a camada porosa tem uma porcentagem de vazios superior ao convencional.

Para as porcentagens de ligantes que se referem às misturas dos agregados, deverá considerar 100%. Sendo que para todos os tipos de fração que será retida entre as duas peneiras consecutivas não poderão ser inferiores a 4%.

De acordo com a norma DNIT-ES 031 (2006), as misturas devem atender às especificações da relação betume/vazios ou aos mínimos de vazios do agregado mineral.

Para mistura dos agregados o CAP deverá atingir a uma temperatura mínima de 150°C para temperatura máxima de 180°C para ter uma melhor aplicação do material, já os agregados devem estar numa temperatura mínima de 150°C. Sendo que está temperatura é o ideal para fazer a massa asfáltica.

### 2.3. TRAÇOS

Com bases em traços de asfalto convencional, criou-se um traço utilizando como base a faixa granulométrica C do DNIT-ES 031 (2006). Esses traços foram feitos por tentativa e erro, assim criando-se 70 Corpos de Prova no ensaio Marshall.

Cada traço variava nos teores de brita 1, brita 0, ligante, pó de brita e grafeno, para que assim fosse determinado as resistências, utilizando o grafeno somente nos melhores resultados. No total foi realizado 21 traços distintos. O grafeno só foi utilizado em alguns CPs por causa da sua difícil obtenção, a quantidade obtida de grafeno para testes foi de apenas 25 gramas.

### 2.4. ENSAIO MARSHALL

Conforme a DNER-ME 043 (1995) a modelagem dos CPs de misturas densas, tem que ser realizadas com o compactador Marshall.

Para o ensaio Marshall, foram realizados diferentes tipos de dosagem, tendo como ponto principal a variação de ligante CAP 50/70, com porcentagens de 3%, 4% e 5% com diferentes tipos de golpes 25, 50 e 75 golpes de acordo com as especificações do DNER- ME 043 (1995), para cada grupo de porcentagens foi executado 3 corpos de provas (CP) totalizando 70 corpos de prova. Foi feito o cálculo para saber a quantidade de massa do CP com 4" (10,16 cm) de diâmetro e 7 cm de altura, com massa específica aparente de (1,765 g/cm<sup>3</sup>), correspondendo a 1001 g por corpo de prova.

Para romper os corpos de prova e se determinar a sua tensão pelo ensaio de compressão diametral, foi utilizado a prensa universal EMIC DL 20000.

## 2.5. ENSAIO CÂNTABRO

O ensaio cântabro foi introduzido como regra para a determinação de dosagem do CPA, de acordo com a DNER-ES 386 (1999) o CPA deve apresentar no máximo 25% de perda em massa após a realização do ensaio.

## 2.6. ENSAIO DE PERMEABILIDADE

Para pavimentos permeáveis, deve se ter um grau de permeabilidade media, para que o fluido percole no meio poros. Para medir a permeabilidade foi feito um permeâmetro de carga variável de acordo com Associação Brasileira de Cimento Portland (2012).

Figura 3: Permeâmetro de carga variável



Fonte: Autoria própria, 2016.

O sistema consiste em saturar a amostra com água até o nível do tubo de saída d'água, para se determinar esse nível foi utilizado uma mangueira de nível, no qual era efetuado a cada troca de CP, os pontos de altura do nível eram, ao topo da amostra e ao topo do tubo de saída. Após a amostra estar saturada se fecha a válvula e o tubo é preenchido com uma coluna de água de 40 cm.

O ensaio foi realizado três vezes, utilizando um cronometro para marcar os segundos que a água percolaria, considerando o tempo médio para se determinar o coeficiente de permeabilidade de acordo com a lei de Darcy.

## 2.7. DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

O ensaio determinará a resistência a tração dos corpos de provas da camada porosa de atrito. Foi realizada a medição dos corpos de provas de acordo com a norma do DNIT 136/2010, em quatro posições equidistantes, assim adotou a altura

média aritméticas das quatro leituras.

Após as medidas, procedeu com o CP para a prensa universal EMIC 20000, colocou-se a amostra na superfície cilíndrica entre dois frisos metálicos, assim aplicou-se a carga sobre amostra, para verificar a sua resistência a tração, sendo que para camada porosa de atrito a especificação do DNER-ES 386 (1999) indica 0,55 Mpa resistência mínima.

### 3. RESULTADOS E DISCURSÃO

A princípio se realizou a caracterização dos materiais utilizados durante o experimento, assim se utilizou do ensaio granulométrico, seguindo a norma DNER-ME 083 (1998), com isso pode-se montar a tabela granulométrica a seguir, com os resultados obtidos pode-se realizar a montagem de traços para o experimento.

Tabela 1: Ensaio granulométrico.

B1		B0		PÓ DE BRITA	
Peneira #	Quantidade (g)	Peneira #	Quantidade (g)	Peneira #	Quantidade (g)
3/4"	0	3/4"	0	3/4"	0
1/2"	382,98	1/2"	0	1/2"	0
3/8"	516,84	3/8"	124,41	3/8"	1,56
4	100,23	4	769,01	4	46,76
10	0,2	10	97,61	10	285,62
40	0,3	40	6,45	40	314,71
80	0	80	1,88	80	194,55
200	0,3	200	1,05	200	63,5
Fundo	0,3	Fundo	0,64	Fundo	94,36
Total	1001,15	Total	1001,05	Total	1001,06

Fonte: Autoria própria 2016.

#### 3.1. PRIMEIRO PARTE DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO POR TRAÇÃO DIAMETRAL

A realização das mudanças de traço se deu por tentativa e erro, por falta de trabalhos ou artigos sobre a camada porosa de atrito e o grafeno, para se ter uma base teórica maior.

Com o início dos experimentos optou-se por um traço mais puro, utilizando somente britas sem aditivos de fillers, para que assim, adquirisse os resultados mais precisos, demonstrando a eficácia do uso da nano fibra de grafeno no CPA. Os primeiros experimentos vieram para demonstrar como a compactação influenciava na resistência dos corpos de prova de CPA.

O traço mais puro em questão, é uma dosagem de agregados com 20% de brita 0 e 80% de brita 1 com variações de ligantes de 3 a 5%. Sendo que esta variação de ligante varia a quantidade de agregados a serem utilizados nos traços a

seguir. Este traço foi utilizado, com base em pesquisas com funcionários do DEER-MG de Patos de Minas-MG, onde se procurou informações sobre traços de asfalto mais abertos.

A tabela 2 e 3 abaixo foi criada, para especificar como a quantidade de golpes e ligantes influencia diretamente na resistência dos traços:

Tabela 2: 25 golpes

CPs	Compactador	Nº. de golpes	Teor de ligante (%)	Tensão (Mpa)	Tensão média (Mpa)
1				0,18	
2			3	0,12	0,12
3				0,06	
4				0,26	
5	Marshall	25	4	0,2	0,24
6				0,24	
7				0,38	
8			5	0,31	0,38
9				0,38	

Fonte: Aatoria própria, 2016.

Tabela 3: 50 golpes

CPs	Compactador	Nº. de golpes	Teor de ligante (%)	Tensão (Mpa)	Tensão média (Mpa)
1				0,23	
2			3	0,27	0,23
3				0,22	
4				0,36	
5	Marshall	50 golpes	4	0,42	0,42
6				0,53	
7				0,31	
8			5	0,26	0,27
9				0,27	

Fonte: Aatoria própria, 2016.

De acordo com a DNER-ME 043 (1995), a quantidade de golpes influencia diretamente em qual trafego será transitado por este asfalto poroso, segundo a mesma para 25 golpes, este asfalto poroso somente poderá ser utilizado para tráfegos leves, como estacionamentos, pátios, dentre outros. O mesmo foi inutilizado para a continuação do trabalho por essa mesma justificativa, já que um dos objetivos do trabalho é a aplicação em rodovias.

Ainda corroborando com a norma para uma compactação com 50 golpes, o trafego permitido será somente para tráfegos leves ou locais, como asfalto de condomínios e de bairros com pouco índice de tráfego.

### 3.2. SEGUNDA PARTE DOS ENSAIOS DE PERMEABILIDADE E ENSAIO POR COMPRESSÃO A TRAÇÃO

Após a primeira parte de ensaios, moldou-se os corpos de prova com o mesmo traço repetindo somente a quantidade de 50 golpes e incrementando com 75 golpes no ensaio Marshall para comparativos.

Continuando com a norma do DNER-ME 043 (1995), ao se utilizar uma compactação de 75 golpes, pode-se ser utilizado esse asfalto em rodovias, prosseguindo com os novos ensaios, determinou-se que os 75 golpes aplicados pelo ensaio Marshall é superior aos demais. Assim prosseguindo com novos testes, adicionando nano fibras de grafeno, para que estes CPS atingissem a resistência mínima de 0,55 MPa que a norma DNER 386/98 determina.

Antes de romper os CPs foi feito o ensaio de permeabilidade, utilizando o permeâmetro de carga variável criado de acordo com Associação Brasileira de Cimento Portland (2012) e a tabela 1 para se verificar o grau de permeabilidade, os resultados obtidos podem ser conferidos na tabela 4 a seguir.

Tabela 4: Ensaio de Permeabilidade

Cp	Teor de ligante (%)	Nº golpe	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Diâmetro (m)	Media tempo (s)	Cof. Permeabilidade (m/s)	Grau permeabilidade
1	4	50				18,41	1,036x10 <sup>-3</sup>	<b>ALTA</b>
2	4	75	0,8251	0,4	0,103	18,86	1,008x10 <sup>-2</sup>	<b>ALTA</b>
3	5	50				16,06	1,184x10 <sup>-2</sup>	<b>ALTA</b>
4	5	75				18,07	1,059x10 <sup>-2</sup>	<b>ALTA</b>

Fonte: Autoria própria, 2016.

Assim ao se determinar a permeabilidade dos corpos de provas como altas, pode-se modificar o traço, utilizando uma porcentagem maior de agregados menores como brita 0 e acrescentando o filler pó de brita, para uma maior aderência entre os agregados. Seguiu-se com o procedimento compressão por tração diametral, utilizando a prensa hidráulica, nas tabelas 5 e 6:

Tabela 5: Ensaio de compressão a tração diametral 50 golpes

CPs	Compactador	Nº. de golpes	Teor de ligante (%)	Tensão (Mpa)	Tensão média (Mpa)
1				0,38	
2			3	2,23	1,02
3				0,44	
4				0,37	
5	Marshall	50 golpes	4	0,2	0,31
6				0,36	
7				0,29	
8			5	0,35	0,33
9				0,36	

Fonte: Autoria própria, 2016.

Tabela 6: Ensaio de compressão a tração diametral 75 golpes.

CPs	Compactador	Nº. de golpes	Teor de ligante (%)	Tensão (Mpa)	Tensão média (Mpa)
1				0,24	
2			3	0,37	0,27
3				0,2	
4				0,42	
5	Marshall	75	4	0,26	0,38
6				0,45	
7				0,37	
8			5	0,55	0,41
9				0,32	

Fonte: Autoria própria, 2016.

Com os resultados obtidos, verificou que a tabela 7 alcançou uma resistência superior a tabela 6, e a mesma continua com a permeabilidade alta. Tendo em vista esses resultados, determinou que o ensaio Marshall a 75 golpes com 4% de ligante obteve uma maior média de tensão em relação aos demais.

### 3.3. TERCEIRA PARTE DOS ENSAIOS DE PERMEABILIDADE E DE TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Sendo assim prosseguiu-se com a terceira parte de ensaios com a adição de nano fibra de grafeno que pode ser conferida na tabela 7 com o traço de 4% de ligante, 0,3% de grafeno, 75,7% de brita 1 e 20% de brita 0.

Antes de romper o novo corpo com a adição de grafeno, fez o teste de permeabilidade para verificar sua permeabilidade e se o grafeno influenciaria na perda de permeabilidade.



Tabela 7: ensaio de permeabilidade grafeno 4%

Cp	Teor de ligante (%)	Nº golpe	Área (m2)	Altura (m)	Diâmetro (m)	Intervalo tempo (s)	Cof. Permeabilidade (m/s)	Grau permeabilidade
1	4	75	0,8251	0,4	0,103	16,64	1,15x10 <sup>-2</sup>	<b>ALTA</b>

Fonte: Aatoria própria, 2016.

Conforme observado a utilização do grafeno não influenciou significativamente na sua permeabilidade.

Logo após a utilização dos corpos de prova para o ensaio de permeabilidade, seguiu-se no rompimento dos mesmos, conforme a tabela 8 a seguir.

Tabela 8: Ensaio de compressão a tração diametral grafeno.

CPs Grafeno	Compactador	Nº. de golpes	Teor fibra grafeno(%)	Teor de ligante (%)	Tensão (Mpa)	Tensão média (Mpa)
1					0,7	
2	Marshall	75	0,3	4	0,5	<b>0,50</b>
3					0,3	

Fonte: Aatoria própria, 2016.

Observou-se que, o corpo de prova número 3, teve uma discrepância significativa, que contribui para uma tensão inferior ao previsto, o motivo foi no seu modo de execução, onde a mistura não foi bem misturado, assim, o corpo de prova número 3 foi excluído do grupo, e refeito uma nova media.

Tabela 9: Ensaio de compressão a tração diametral grafeno.

CPs Grafeno	Compactador	Nº. de golpes	Teor fibra grafeno(%)	Teor de ligante (%)	Tensão (Mpa)	Tensão média (Mpa)
1	Marshall	75	0,3	4	0,7	<b>0,60</b>
2					0,5	

Fonte: Aatoria própria, 2016.

Com isso, notou-se que houve um aumento significativo de 42,85% a mais de resistência, que o mesmo traço sem a adição da nano fibra de grafeno.

### 3.4. QUARTA PARTE DOS ENSAIOS DE PERMEABILIDADE E DE TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

A partir disso criou-se novos corpos de prova, totalizando 18 novos CPs, variando-se nas as porcentagens de agregados e ligantes conforme demonstrado na tabela 10

Tabela 3: Traços

CP's	B0 (%)	B1 (%)	PÓ DE BRITA (%)	Teor de ligante (%)
<b>1 a 3</b>	25	66	5	4
<b>4 a 6</b>	23	70	3	4
<b>7 a 9</b>	20	70	6	4
<b>10 a 12</b>	20	70	5	5
<b>13 a 15</b>	22	70	3	5
<b>16 a 18</b>	19	70	6	5

Fonte: Autoria própria, 2016.

Após a moldagem dos corpos de prova, se prosseguiu com o teste permeabilidade, utilizando o permeâmetro de carga variável.

Tabela 4: Ensaio de Permeabilidade 2

Cp/pó	Teor de ligante (%)	Nº golpe	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (m)	Diâmetro (m)	Media tempo (s)	Cof. Permeabilidade (m/s)	Grau permeabilidade
1	4	75				19,13	9,93x10 <sup>-3</sup>	<b>ALTA</b>
2	4	75				20,29	9,37x10 <sup>-3</sup>	<b>ALTA</b>
3	4	75	0,8251	0,4	0,103	25,07	7,58x10 <sup>-3</sup>	<b>ALTA</b>
4	5	75				24,26	7,83x10 <sup>-3</sup>	<b>ALTA</b>
5	5	75				29,36	6,47x10 <sup>-3</sup>	<b>ALTA</b>
6	5	75				19,59	9,72x10 <sup>-3</sup>	<b>ALTA</b>

Fonte: Autoria própria, 2016.

Conforme notado, o grau de permeabilidade obteve valores “Altos”, sendo assim, podendo modificar novamente o traço, para se obter uma maior resistência, com adição de brita 0 e pó de brita, para assim, chegar numa resistência melhor de acordo com a norma DNER-ES 386 (1999).

Tabela 5: Ensaio de compressão a tração diametral 75 golpes 2

CPs	Compactador	Nº. de golpes	Teor de ligante (%)	Tensão (Mpa)	Tensão média (Mpa)
1				0,28	
2			4	0,29	0,25
3				0,17	
4				0,31	
5	Marshall	75	4	0,31	0,31
6				0,31	
7				0,53	
8			4	0,4	0,44
9				0,4	
10			5	0,48	0,40

11		0,36	
12		0,35	
13		0,24	
14	5	0,44	0,36
15		0,39	
16		0,21	
17	5	0,37	0,36
18		0,51	

Fonte: Autoria própria, 2016.

Com o novo fornecimento de grafeno, 12 gramas, baseou-se um novo traço com base nos CPs 7 a 9, cuja a tensão média foi de 0,44 Mpa e o traço foi modificado para acrescentar o grafeno: 69,6% de B1, 20% de B0, 6% de Pó, 4% de Cap e 0,4% de grafeno.

### 3.5. QUINTA PARTE DOS ENSAIOS DE PERMEABILIDADE E DE TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Através da moldagem do CPs com grafeno se passou pelos mesmos procedimentos anteriores, como o teste de permeabilidade e o teste de compressão por tração diametral.

Tabela 13: ensaio de permeabilidade Grafeno.

Cp	Teor de ligante (%)	N° golpe	Área (m2)	Altura (m)	Diâmetro (m)	Intervalo tempo (s)	Cof. Permeabilidade (m/s)	Grau permeabilidade
1	4	75	0,8251	0,4	0,103	28,66	6,01x10 <sup>-3</sup>	<b>ALTA</b>

Fonte: Autoria própria, 2016.

Tabela 6: Ensaio de compressão diametral Grafeno 2

CPs Grafeno/Pó brita	Compactador	N°. de golpes	Teor fibra grafeno (%)	Teor de ligante (%)	Tensão (Mpa)	Tensão média (Mpa)
<b>1</b>					0,63	
<b>2</b>	<b>Marshall</b>	<b>75</b>	<b>0,4</b>	<b>4</b>	0,75	<b>0,64</b>
<b>3</b>					0,54	

Fonte: Autoria própria, 2016.

Com isso, notou-se que houve um aumento significativo de 2,60%, em relação ao primeiro ensaio com a nano fibra de grafeno, com a adição de 1 grama a mais do mesmo material e um ganho de resistência 45,45% superior do traço da tabela 13 no qual foi baseado. Com esse novo teste observou-se também que este atendeu a resistência mínima de 0,55 Mpa da DNER-ES 386 (1999).

Baseando nos traços acima e permeabilidade dos CPs, notou-se que os corpos de provas utilizando uma menor quantidade de brita 0, obteve resultados

inferiores aos que utilizavam uma porcentagem maior de brita 0. Sendo assim prosseguiu com uma nova leva de experimentos e novos traços.

### 3.6. SEXTA PARTE DOS ENSAIOS DE PERMEABILIDADE E DE TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Desta maneira, procedeu-se com novos experimentos, utilizando as dosagens para os CPs 1 a 3 com 68,5% B1, 25% de B0, 6,5% de Pó e 5% de Cap. E para os CPs de 4 a 6 foi utilizado 70% de B1, 25% de B0 5% de Pó e 5% de CAP.

Tabela 7: Ensaio de compressão a tração diametral 3

CPs	Compactador	Nº. de golpes	Teor de ligante (%)	Tensão (Mpa)	Tensão média (Mpa)
1	Marshall	75	5	1,03	1,02
2				1,12	
3				0,92	
4				0,56	
5				1,41	
6				1,49	

Fonte: Aatoria própria, 2016.

Como demonstrado os corpos de prova de 4 a 6 foram os que obtiveram melhores resultados, assim utilizou-se o restante do grafeno fornecido.

### 3.7. SETIMA PARTE DOS ENSAIOS DE PERMEABILIDADE E DE TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Com base nos ensaios da sexta parte baseou-se, nos corpos de provas que obtiveram maior resistência, assim se utilizou o mesmo traço, acrescentando 0,4% de grafeno, sendo assim o traço executado foi: 69,6% de B1, 25% de B0 5% de Pó, 5% de CAP e 0,4% de grafeno.

Tabela 8:Ensaio de permeabilidade Grafeno 3

Cp	Teor de ligante (%)	Nº golpe	Área (m2)	Altura (m)	Diâmetro (m)	Intervalo tempo (s)	Cof. Permeabilidade (m/s)	Grau permeabilidade
1	4	75	0,8251	0,4	0,103	29,03	6,54x10 <sup>-3</sup>	ALTA

Fonte: Aatoria própria, 2016.

Tabela 9: Ensaio de compressão a tração diametral 4

CPs Grafeno/Pó brita	Compactador	Nº. de golpes	Teor fibra grafeno(%)	Teor de ligante (%)	Tensão (Mpa)	Tensão média (Mpa)
1	Marshall	75	0,4	5	1,42	1,42

Fonte: Aatoria própria, 2016.

Com o aumento de B0, pó de brita e grafeno, houve um ganho à mais na sua resistência em relação aos demais corpo de provas.

### 3.8. ENSAIO CÂNTABRO

Com a finalização dos experimentos Marshall e de permeabilidade prosseguiu-se com o ensaio Cântabro da DNER-ME 383 (1999). Esta demanda a utilização da máquina de Los Angeles, sem a utilização das cargas abrasivas (esferas). Sendo necessário utilizar 3 corpos de provas, o traço utilizado para eles foram: 70% de B1, 25% de B0 5% de Pó e 5% de CAP.

Tabela 10: Ensaio Cântabro

CPs	Peso inicial (g)	Peso Final (g)	Desgaste (%)
1	1004,77	878,1	12,61
2	1001	878,5	12,24
3	1003,4	890,7	11,23

Fonte: Aatoria própria, 2016.

Assim notou-se que o ensaio realizado obteve o resultado exigido pela norma que seria de até  $\leq 20\%$ .

Após todos os ensaios de permeabilidade, compressão por tração diametral e do cântabro, se verificou o índice de vazios, para confirmar se o CPA executado estava dentro dos parâmetros da norma DNER-ES 386 (1999) que determina que o CPA tenha um índice de vazios de 18% a 25%.

Quadro 1: Índice de Vazios

CP S	%Ciment o Asfáltico	Massa em Gramas		Volum e cm <sup>3</sup>	Densidade		V.V.  Porcentage m de Vazios%	V.B.  Vazios Cheios c/ Betume %	V.A.M.  Vazios Agregad o Mineral %	R.B.V.  Relaçã o Betum e Vazios %
		No ar (g)	Na Água (g)		Aparent e (kg/dm <sup>3</sup> )	Máxim a Teórica (kg/dm <sup>3</sup> )				
1	5,00	1001, 0	675, 0	447,9 5	1765	2300	23,3	8,83	32,1	27,5
2	5,00	1060, 0	745	403,1 5	1765	2300	23,3	8,83	32,1	27,5
3	5,00	1003, 0	540	463	1765	2300	23,3	8,83	32,1	27,5

Fonte: Autoria própria, 2016.

Como pode-se notar, o CPA executado obteve um índice de vazios de 23,3% no grupo de teste, assim atendo perfeitamente a norma citada anteriormente.

#### 4. CONCLUSÃO

Conforme previsto, o CPA obteve resultados bons, no que se diz respeito ao grau de permeabilidade, assim escoando as águas pluviais com maior facilidade e reduzindo a hidroplanagem, acarretando a diminuição de acidentes em rodovias em períodos chuvosos.

Com a evolução dos experimentos realizados, pode-se notar, que mesmo sem a adição da nano fibra de grafeno, o CPA atendeu perfeitamente a resistência mínima de 0,55 MPA solicitada pela norma DNER 386 (1999).

É possível perceber que mesmo utilizando uma quantidade reduzida de grafeno, pois este, gera uma aderência superior entre os agregados, obtendo assim um ganho elevado na resistência, que varia de 40% a mais em relação a camada porosa de atrito convencional. O traço final determinado foi de 70% de B1, 25% de BO 5% de Pó, 5% de CAP e 0,4% de grafeno. Além disso, o grafeno não influencia na permeabilidade do CPA, gerando inúmeras possibilidades para o seu uso, podendo haver desta forma uma diminuição de outros materiais e possibilitar uma economia de gastos primários.

Com o fim dos experimentos, notou-se que o traço poderia variar ainda mais, tornando mais fechado, ao se adicionar uma quantidade maior de b0 e pó de brita, para que assim esse ganhasse uma resistência mais elevada utilizando o grafeno, para que o mesmo se tornasse mais atrativo para o uso de rodovias de tráfego intenso.

## REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Cimento Portland. **ABCP 75214-2012**. Disponível em: <[http://www.oterprem.com.br/site/imagens/laudo\\_6\\_0075214.pdf](http://www.oterprem.com.br/site/imagens/laudo_6_0075214.pdf)>. Acesso em: 06 jun. 2016

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558 p

CASTRO, L. R., 2005. **Mezclas drenantes**. In: 13º Congreso Ibero-Americano del Asfalto, São José, Costa Rica.

DETRAN, **Direção defensiva**. 2016. Disponível em: <<http://www.detran.pr.gov.br/arquivos/File/habilitacao/manualdehabilitacao/manualdehabite6.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2016

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 043-95: Método Marshall**. Rio de Janeiro: DNER, 1995. 11 p. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dner-me043-95.pdf>>. Acesso em: 04 maio 2016.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 083-98: Agregados análise granulométrica**. Rio de Janeiro: DNER, 1998. 5 p. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dner-me083-98.pdf>>. Acesso em: 04 set 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 383-99: Ensaio cântabro**. Rio de Janeiro: DNER, 1999. 2 p. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/meetodo-de-ensaio-me/dner-me383-99.pdf>>. Acesso em: 04 maio 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER – ES 386/99**: [Http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dner-es386-99.pdf](http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dner-es386-99.pdf). Rio de Janeiro, 1999. 15 p. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/normas-e-manuais/normas/especificacao-de-servicos-es/dner-es386-99.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 031: **Pavimentos flexíveis –Concreto asfáltico- Especialização de serviço**. 2006. Disponível em: <[http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/DNIT031\\_2006\\_ES.pdf](http://www.dtt.ufpr.br/Pavimentacao/Notas/DNIT031_2006_ES.pdf) >. Acesso em: 28 fev. 2016

GLUSHKOV, G. I. et al. **Airport engineering**. Moscow: Mir, 1988. 478 p

INTERFACES. **Grafeno: inovações, aplicações e sua comercialização**. Aracaju: Interfaces, 2016. 12 p. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/exatas/article/view/2778/1617>>. Acesso em: 04 abr. 2016.

MARTINEZ, Luisa M. Pastrana et al. **NANO TUBOS E GRAFENO: OS PRIMOS MAIS JOVENS NA FAMÍLIA DO CARBONO.** Disponível em: <<http://www.spq.pt/files/magazines/articles/pdfs/30001830.pdf>>. Acesso em 07 apr. 2016.

PINTO, Neilson L. de Sousa et al. **Hidrologia básica.** 13. ed. São Paulo: Blucher, 1976, p.278.

RODAGEM, Departamento de Estradas de. **PROJETO DE PAVIMENTAÇÃO.** Rio de Janeiro: Der, 2006. 53 p. Disponível em: <[ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-P00-001\\_A.pdf](ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/normas/IP-DE-P00-001_A.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2016

SANTOS, Edimar de Lima dos. **Análise Histórica de Medição de Atrito das Pistas do Aeroporto Santos Dumont - RJ.** 2004. 124 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Aeroespacial, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <[http://www.civil.ita.br/graduacao/tgs/resumos/2004/TGIEI010\\_2004a\\_Edimar.pdf](http://www.civil.ita.br/graduacao/tgs/resumos/2004/TGIEI010_2004a_Edimar.pdf)>. Acesso em: 02 mar. 2016



## **CAPÍTULO XIII**

### **ESTUDO DOS RISCOS OCUPACIONAIS INERENTES AS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM EMISSORAS DE RÁDIO: O CASO DA RÁDIO OBELISCO DE PAU DOS FERROS-RN**

---

**Carla Caroline Alves Carvalho  
Luzia Luana da Silva Medeiros  
Gabriel Ferreira da Silva  
Sara Morais da Silva  
Almir Mariano Sousa Junior**

## ESTUDO DOS RISCOS OCUPACIONAIS INERENTES AS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM EMISSORAS DE RÁDIO: O CASO DA RÁDIO OBELISCO DE PAU DOS FERROS-RN

**Carla Caroline Alves Carvalho**

Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Pau dos Ferros – RN.

**Luzia Luana da Silva Medeiros**

Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Mossoró – RN.

**Gabriel Ferreira da Silva**

Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Pau dos Ferros – RN.

**Sara Morais da Silva**

Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Pau dos Ferros – RN.

**Almir Mariano Sousa Junior**

Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Mossoró – RN.

**RESUMO:** A prática de escutar as programações das emissoras de rádio é passada de geração a geração, facilitando a persistência do rádio no cotidiano da população. O nordeste tem uma representatividade social significativa nas emissoras de rádio, que assim como nas demais localidades do país possui um respaldo histórico, social, político, cultural e econômico entrelaçado com o desenvolvimento do rádio, enquanto meio de comunicação. Portanto, o estudo relacionado aos riscos ocupacionais presentes no desenvolvimento de atividades de emissoras de rádio é imprescindível para a busca de melhorias, quanto a contribuição para a construção de conhecimento ligado a saúde e segurança do trabalho. Um ambiente de trabalho adequado promove aumento da produtividade, em virtude de motivar os colaboradores e evitar perdas na qualidade do serviço prestado. Mediante a isso, a pesquisa busca estudar os riscos ocupacionais presentes no ambiente de trabalho da emissora de rádio Obelisco, localizada na cidade de Pau dos Ferros – RN. Para tanto, a metodologia adotada caracteriza como um estudo de caso, exploratória, na qual realiza-se uma abordagem de dados qualitativa e quantitativa, foi também realizado uma revisão bibliográfica acerca da temática. Para a análise dos riscos, foram medidos nível de pressão sonora, com o aparelho decibelímetro digital, a temperatura e luminosidade por meio do instrumento termo-higro-anemômetro luxímetro digital SKTHAL – 01. Segundo a pesquisa, notou-se que a Rádio Obelisco encontra-se em desconformidade com as normas regulamentadoras que envolvem a área de estudo, fazendo-se necessário uma melhoria nos materiais que envolvem a luminosidade, temperatura e sonoridade do ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Emissoras de Rádio, Riscos Ocupacionais, Obelisco.

### 1. INTRODUÇÃO

O rádio pode ser considerado como um veículo de comunicação em massa enraizado na cultura popular, de tal maneira que mesmo em residências com baixo poder aquisitivo é muito provável a existência de um aparelho radiofônico. Nessa perspectiva, tal popularidade implica no reconhecimento da riqueza e multiplicidade

na qual a sua constituição abarca (BIAMCHI, 2010). O hábito de escutar as programações das emissoras de rádio é passado de geração a geração, de tal forma que facilita a persistência da presença do rádio no cotidiano da população e instiga a sua reinvenção diante dos novos horizontes midiáticos que surgem a partir do desenvolvimento tecnológico.

Existe no Brasil um significativo número de emissoras de rádio, o mercado de rádios comerciais FM cresceu 36% nos últimos cinco anos, de acordo com a Associação Brasileira de Rádio e Televisão - ABERT (2014). Tal aumento se deu em virtude do avanço da tecnologia, dado que hoje o número de celulares, Ipod's, MP3, MP4 que já vem o dispositivo de rádio instalado é alto, e mesmo que a fabricação dos rádios tenha diminuído o mesmo só continua a crescer e se difundir pelo mundo. Outra informação importante e que não é incluída nas pesquisas da ABERT é a quantidade de carros que possuem rádio. A frota brasileira de automóveis em 2010, por exemplo, era de 29,9 milhões de veículos. Ao considerar que 80% desse total possui aparelho de rádio, são incorporados mais 23,9 milhões de receptores de rádio à vida dos brasileiros, diz Carneiro.

O nordeste tem nas emissoras de rádio uma representatividade social significativa, que assim como nas demais localidades do país possui um respaldo histórico, social, político, cultural e econômico entrelaçado com o desenvolvimento do rádio, enquanto meio de comunicação. Segundo o Ministério das Comunicações em 2014 o número de rádios presente no Nordeste são cerca de 1160 rádios, onde o Rio Grande do Norte possui deste número 69 rádios, onde 36 são FM (Frequência Modulada) e 33 AM (Amplitude Modulada), sem contar neste número a quantidade de rádios irregulares, que não se tem noção de número, mas sabe que existem, e online que no estado somam 18 emissoras segundo o Guia de Mídia(2015). Diante desse número de rádios espalhadas pelo estado do Rio Grande do Norte, faz-se necessário a criação de um sindicato, Sintert – RN, que está localizado na capital do estado, Natal, onde visa melhorias para os funcionários das rádios de forma a não prejudicar o seu funcionamento.

Mediante a expressiva atividade do rádio enquanto veículo de comunicação se faz necessário um olhar sobre os riscos ocupacionais presentes no desenvolvimento de atividades em suas emissoras. Dentre eles, pode-se destacar que atividades repetidas utilizando da voz, com o fone no ouvido, passando grandes ciclos de hora sentados na mesma posição, são quesitos que trazem diversos danos à saúde do radialista. São muitas as doenças que podem ser adquiridas nesta profissão as quais variam de gravidade de acordo com a intensidade das atividades realizadas no local de trabalho.

No tocante aos danos provocados a audição, o Censo do IBGE (2010), Instituto Técnico Brasileiro de Geografia e Estatística que aproximadamente 9,7 milhões de brasileiros declararam já ter alguma deficiência auditiva. Além disso, cerca de 30% a 35% das perdas de audição são provenientes da exposição a sons intensos estando presentes em ambientes de trabalho ou de lazer. Tal estatística gera certa preocupação no que se refere a saúde auditiva dos colaboradores de emissoras de rádio, os quais tem o som como uma ferramenta base na execução de

suas atividades.

Além disso, é importante ressaltar que para chamar a atenção dos ouvintes os locutores de rádio precisam fazer o uso da voz de diferentes maneiras durante o seu expediente, de forma que tal realidade pode oferecer danos à sua saúde. Uma pesquisa epidemiológica feita em todos os estados brasileiros (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011 apud BEHLAU et al., 2009) com 1651 professores e 1614 não-professores estudou os sintomas vocais entre professores e profissionais que não estão ligados a prática docente, como é o caso dos locutores de rádio. Entre os não-professores 57,6% revelam a presença de rouquidão em algum momento da carreira profissional.

Enquanto isso, Cielo e Bazo (2008) ao realizarem uma pesquisa com 12 locutores de rádio AM e FM verificaram que 66,7% dos locutores relataram ter algum tipo de sintoma vocal, como rouquidão, perda de voz, fadiga, dor e entre outros. Tais sintomas afetaram o desempenho profissional de 41,7% dos entrevistados, e 58,3% não tiveram nenhum problema na vida profissional em virtude disso. Dentre os que foram prejudicados profissionalmente, revelaram que 80% apresentaram voz ruim o que dificultou a locução e 20% teve que faltar ao trabalho.

Logo, é notável que o estudo relacionado aos riscos ocupacionais presentes no desenvolvimento de atividades de emissoras de rádio é imprescindível para sua melhoria, no que se refere a contribuição para a construção de conhecimento ligado a saúde e segurança do trabalho ligada a área. Isso porque um ambiente de trabalho adequado promove um aumento da produtividade, em virtude de motivar os colaboradores e evitar perdas na qualidade do serviço prestado. Diante disso, essa pesquisa tem como objetivo estudar os riscos ocupacionais presentes no ambiente de trabalho da emissora de rádio Obelisco, localizada na cidade de Pau dos Ferros - Rio Grande do Norte.

## **2. METODOLOGIA**

O presente trabalho teve como cenário a rádio Obelisco situada na cidade de Pau dos Ferros, localizada na região do Auto Oeste Potiguar do Estado do Rio Grande do Norte. Para tanto, a metodologia adotada caracteriza como um estudo de caso, exploratória, na qual realiza-se uma abordagem de dados qualitativa e quantitativa.

Ao se aprofundar na realidade dessa emissora a aplicação do estudo de caso é de grande valia, pois segundo GIL (2008), afirma que o estudo de caso “consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou mais objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”. No intuito de melhor compreender as vivências dos locutores da Obelisco foram aplicados questionários, em anexo, com todos aqueles que trabalham na emissora, o que totalizou uma quantidade de 8 indivíduos entrevistados.

Inicialmente foi realizada uma visita a Obelisco, onde aconteceu a aplicação dos questionários com 13 perguntas referentes ao perfil social dos entrevistados, perspectivas sobre a qualidade das condições do ambiente de trabalho bem como

sobre a possibilidade de algum dano a saúde proveniente dos riscos aos quais eles estão expostos. Isso com o intuito de verificar a rotina dos trabalhadores e apontar se através de suas atividades diárias está ocorrendo algum tipo de dano tanto físico, como mental que está diretamente ligada com os riscos ergonômicos disposto na norma NR-17.

Para atingir melhores resultados foi verificado o Nível de Pressão sonora do local, o instrumento utilizado para fazer a medição foi o Decibelímetro de acordo com norma NR-15. Também foi verificada a luminosidade e temperatura através do equipamento A partir da utilização do instrumento termo-higro-anemômetro luxímetro digital SKTHAL - 01, um aparelho no qual pode-se medir quatro tipos de funções, sendo elas a luminosidade, umidade, temperatura e ventilação.

Além disso, foi realizada uma revisão bibliográfica para verificar o que a literatura produziu a respeito e a partir de então, respaldar as discussões feitas diante dos resultados encontrados. Segundo Gil (2008), a revisão bibliográfica tem como principal vantagem o fato de permitir ao investigador a possibilidade de abranger uma maior quantidade de fenômenos, principalmente quando a pesquisa exige dados muitos dispersos pelo espaço.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

O surgimento das emissoras de rádio no Brasil ocorreu no ano de 1992. Segundo Calabre (2002), sua apresentação à sociedade brasileira, ocorreu num momento em que o Brasil buscava a modernização e o rompimento definitivo com o passado. A primeira demonstração pública de transmissão de rádio no país aconteceu no dia 07 de setembro de 1922, que apesar de ser acompanhada de muitos ruídos, causou espanto e curiosidade entre os visitantes da Exposição Nacional. Resultando em tão grande sucesso, as primeiras transmissões radiofônicas no ano seguinte, em 1923, implicaram na instalação da primeira emissora de rádio brasileira: a Rádio Sociedade do Rio de Janeiro.

De acordo com Silva (2012), audiência do rádio começou a crescer na medida em que os aparelhos receptores tornaram-se mais baratos. A autorização da publicidade, também ajudou a alterar este cenário, pois, até então, a organização das emissoras em sociedades e clubes, que patrocinavam os programas, fazia com que as programações atendessem à elite. Outro fator de grande importância para a popularização das rádios no Brasil foi a sua linguagem coloquial, uma vez que muitos dos ouvintes eram analfabetos.

Getúlio Vargas autorizou, em 1932, a comercialização de espaços publicitários pelas emissoras e passou a utilizar o rádio para veicular suas realizações e ideias. Como consequência disso, ocorreu a popularização da programação, entre os anos 30 e 40, oferecendo, principalmente, entretenimento e informação. A radiodifusão passou a ser uma grande influência em todos os campos, tendo poder decisivo quer no campo econômico, político, social, religioso, cultural e educativo.

A radiodifusão se apresentou, desde os primeiros tempos, como um elemento fundamental no campo da comunicação à distância (CALEBRE, 2003). O rádio é o meio de comunicação de maior alcance no país, ficando atrás apenas da televisão. Segundo a Associação Brasileira de Emissoras de Rádio e Televisão – ABERT (2013), hoje, o país conta com cerca de mais de 9,6 mil emissoras de rádio em funcionamento (entre comerciais, educativas e comunitárias, na AM e na FM). Dez anos atrás, as rádios brasileiras somavam menos da metade desse número. Presente em 88,1% dos domicílios do país, perde apenas para a TV (com cerca de 97%) na presença dos meios de comunicação nos lares brasileiros.

A popularidade do rádio está embasada na relação de cumplicidade estabelecida com o seu público, pois a participação do público na construção do conteúdo que era transmitido acontecia a partir da aceitação ou rejeição dos ouvintes medida pelas pesquisas de audiência. Vale ressaltar ainda que, no geral, o rádio diante de uma postura comercial o sucesso do programa era essencial para a sua sobrevivência na emissora.

Com a modernização e o uso de outras tecnologias, como a televisão e a internet, foi surgindo a especulação da não sobrevivência desse veterano meio de comunicação de massa. Diante disso Rodrigue (2013) ressalta que apesar de tudo isso “o rádio tem conseguido resistir aos anúncios apocalípticos exatamente por conta das características particulares que possui e que ainda tornam as emissoras radiofônicas bastante diferentes dos demais meios de comunicação de massa” (RODRIGUES, 2013).

A persistência das emissoras de rádio em meio a outros veículos de comunicação em massa, se deve, além da questão cultural, a reinvenção de seus perfis e adereços que chamam atenção do ouvinte. Assim, é notável que muitas rádios agregam ao seu estúdio recursos tecnológicos capazes de mantê-los atualizados com as informações, bem como poderem ter outros modos de contato com os ouvintes. Isso pode ser percebido em mensagens via redes sociais da internet enviadas pelos ouvintes no intuito de participar da programação exibida.

Assim, para que se tenha a transmissão das programações definidas para os diferentes momentos do dia é preciso dispor de condições mínimas para a execução de seus trabalhos, isto é, deve-se possuir equipamentos, profissionais e condições adequadas de acesso às fontes de informações. Logo, no desenvolvimento das atividades de emissoras de rádio surge a exposição dos profissionais a riscos ocupacionais que podem representar danos à saúde do trabalhador.

A Organização Internacional do Trabalho – OIT estima que 2,34 milhões de pessoas morrem a cada ano em acidentes de trabalho e doenças, supondo que cerca de 2 milhões desses ocorridos seriam causadas por doenças relacionadas com trabalho. No Brasil, chama atenção que as estatísticas relacionadas à incidência de doenças do trabalho são muitas. Desta forma a segurança no trabalho ganha grande força, tornando-se uma área de variados estudos, incluindo emissoras de rádio, área que apresenta diversos riscos à saúde.

Os riscos são definidos como qualquer possibilidade de algum elemento ou circunstância presente no ambiente de trabalho ou até em um determinado processo

tenha a capacidade de causar algum dano à saúde, podendo acontecer por meio de acidentes, doenças ou de sofrimento dos trabalhadores, ou ainda por poluição ambiental (SILVA, LIMA, MARZIALE, 2012). Vale lembrar ainda que devem ser considerados alguns aspectos para caracterizar riscos, tais como: tempo que o trabalhador fica a cargo de sua atividade, se há ciclos de pausas, conforto auditivo, conforto térmico, estrutura de horários, entre outros.

A diminuição dos riscos está diretamente ligada ao dimensionamento de cada papel em situação de risco, ou seja, a elaboração do mapa de risco. Este por sua vez, deve ser elaborado pela Comissão Interna de Prevenção de Acidentes sob a perspectiva da preservação da vida e a promoção da saúde do trabalhador (NR-5, 1999). No tocante ao mapa de risco, Silva, Lima e Marziale (2012) alertam que é imprescindível a participação do trabalhador em todas as fases de construção e de execução desse instrumento, caso contrário ele se torna improdutivo e ineficiente possuir e expor esse mapa diariamente, quando os funcionários não conseguem interpretá-lo ou não valorizam o sua importância como mecanismo de controle eficaz de risco.

Os riscos ocupacionais são discutidos ainda pela NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos ocupacionais (1994), na perspectiva dos riscos ambientais, onde eles são incluídos no Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA). De acordo com a NR 9 (1994), os riscos ambientais podem ser os agentes químicos, físicos, biológicos, ergonômicos e os de acidente de trabalho.

Os riscos físicos são compreendidos pela norma como os efeitos produzidos por máquinas, equipamentos e condições físicas, podendo ser o ruído, vibrações, calor, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, umidade, e frio. No caso das emissoras de rádio, pode-se destacar o ruído, calor, frio e umidade.

As substâncias químicas, por sua vez, representam os riscos químicos e podem ser absorvidas pelo organismo pelas vias respiratória, cutânea e digestiva. Observando um estúdio de rádio esses riscos podem surgir, por exemplo, na presença de fumante, o qual vai gerar a emissão de fumaças prejudiciais à saúde.

Bactérias, fungos, vírus, parasitas e entre outros podem causar doenças em virtude da contaminação e pela natureza do trabalho. Eles representam os riscos biológico, de acordo com a NR 9 (1994). Dentro de emissoras de rádios eles podem ser encontrados a partir do contato com outras pessoas com doenças infectocontagiosas, ou até mesmo em virtude da não higienização adequada do ambiente de trabalho o que provoca a proliferação de bactérias e parasitas.

. Os riscos ergonômicos, por sua vez, são aqueles contrários as regras de ergonomia que possibilitam maior conforto físico e psicológico no ambiente de trabalho. No ambiente de uma emissora de rádio os riscos ergonômicos são notadamente percebidos pelo esforço físico, exigências de postura, ritmos excessivos de trabalho, monotonia, jornada de trabalho prolongada, conflitos, ansiedades, entre outros.

No que se refere aos riscos de acidentes, é importante destacar que eles acontecem em decorrência das condições físicas e tecnológicas inapropriadas e capazes de gerar lesões integridade física dos trabalhadores. Em uma emissora de

rádio, esses riscos podem estar presentes na falta de manutenção de equipamentos eletrônicos, disposição inadequada de instrumentos, pouca iluminação, ausência de limpeza adequada do espaço de trabalho gerando a proliferação de insetos e animais peçonhentos, entre outras situações de risco.

Logo, a capacidade de perceber uma situação de risco está relacionada com diferentes fatores além daquele restritos ao ambiente de trabalho, dado que perfaz um conjunto de elementos presentes no cotidiano de profissionais nas mais diferentes áreas, com é o caso do salário, horas de trabalho, lazer, alimentação, moradia, vestimenta entre outros. A NR 9 (1994), classifica os riscos ambientais em cinco grupos e classificados mediante cores.

É representado na Tabela 1 uma adequação dessa distinção para a realidade da rádio:

Tabela 1 – Riscos Ambientais encontrados na Rádio Obelisco

<b>Grupo 01: Verde</b>	<b>Grupo 2: Vermelho</b>	<b>Grupo 3: Marrom</b>	<b>Grupo 4: Amarelo</b>	<b>Grupo 5: Azul</b>
Riscos Físicos	Riscos Químicos	Riscos Biológicos	Riscos Ergonômicos	Riscos de Acidentes
Ruídos Frio Calor Pressões anormais Umidade	Poeiras Fumos Névoas Substâncias, compostos ou produtos químicos em geral	Vírus Bactérias Protozoários Fungos Parasitas Bacilos	Exigência de postura inadequada Controle rígido de produtividade Imposição de ritmos excessivos Trabalho em turno e noturno Jornadas de trabalho prolongadas Monotonia e repetitividade Outras situações causadoras de stress	Probabilidade de incêndio ou explosão Animais peçonhentos Outras situações de risco que poderão contribuir para a ocorrência de acidentes

Fonte: Adaptado de NR 9 (1978)

A ausência de preocupações com o controle dos riscos no ambiente de trabalho de emissoras de rádio pode gerar doenças ocupacionais. Assim, mediante as atividades desenvolvidas em uma rádio os danos estão principalmente relacionados com problemas auditivos, ergonômicos e prejuízos a voz e visão.

Os problemas auditivos estão ligados aos trabalhadores de rádio em virtude desses profissionais estarem constantemente contato com sons durante a transmissão de seus programas, as vezes esses sons podem ser considerados como ruídos, estes por sua vez, prejudiciais à saúde. O ruído é compreendido como um agente contaminante de tipo físico, ou seja, um som ou grupos de sons que possuem uma amplitude capaz de provocar doenças ou prejudicar no processo de



comunicação (GANIME, et al, 2010). A diferença entre o ruído e o som, está no fato deste poder ser quantificado, enquanto que aquele é tido como um fenômeno subjetivo.

De acordo com a Cartilha de Promoção à Saúde dos Profissionais da Voz e da Audição (SINFERJ, 2013) o ruído é o terceiro maior causador de doenças ocupacionais no Brasil. A cartilha alerta ainda que os ruídos excessivos fazem com que o indivíduo comece a escutar menos lentamente, sem que ele perceba. Além disso, é mostrado que os primeiros sinais de algum problema auditivo surgem pela dificuldade de entender fonemas, zumbidos no ouvido e sensação de ouvido tampado. A perda por audição não tem cura e se constitui como a principal doença ocupacional gerada pelo ruído. Para tanto, se faz necessário o uso de equipamentos individuais de proteção, como os fones de ouvido e protetores auriculares (NR 6, 2001).

Os locutores de rádio têm na voz o seu principal instrumento de trabalho. Sendo assim, segundo Cielo e Bazo (2008), muitos locutores procuram aprimorar a beleza e clareza de sua voz. Além disso, se preocupam ainda com a articulação, entonação e o conteúdo da informação a ser transmitida. As autoras observam ainda que apesar disso, no geral, eles desconhecem técnicas para aprimorar a resistência vocal, a qual se constitui como fator primordial para aqueles que fazem uso da voz durante um período de tempo prolongado. Vale ressaltar ainda que em muitas situações esses profissionais não tem o acompanhamento de fonoaudiólogo, o que interfere na prevenção do surgimento de patologias que prejudicam a produção da voz. Alguns cuidados são essenciais para a manutenção da saúde vocal, como resume a tabela 2:

Tabela 2 – Hábitos e atitudes positivas e saudáveis ao aparato vocal

<b>Hábitos e atitudes positivas e saudáveis ao aparato vocal</b>
Manter-se sempre hidratado, bebendo pelo menos dois litros de água (8 a 10 copos) ao longo do dia;
Evitar o álcool destilado, fumo, café e chá preto;
Evitar alimentos pesados e excessivamente condimentados, principalmente a noite, antes de dormir;
Reduzir o uso da voz quando em condições de saúde limitadas, especialmente nos quadros de gripes, resfriados ou alergias das vias respiratórias;
Monitorar a voz para verificar se se está falando mais forte (alto) que o necessário;
Evitar usar voz muito grave (grossa) ou muito aguda (fina), fora do tom habitual;
Evitar excessivas e longas ligações telefônicas, principalmente quando há ruídos de fundo;
Evitar conversas em ambientes ruidosos;
Evitar falar rapidamente por longo tempo;
Evitar falar enquanto faz-se exercícios físicos ou carrega-se peso;
Articular corretamente as palavras, abrindo bem a boca para amplificar os sons;
Aquecer a voz com exercícios específicos, antes de usá-la de forma intensiva;
Reconhecer e evitar as sensações de esforço vocal, tais com ardor, tensão no pescoço e falta de ar na fala;

---

Fazer um período de repouso vocal após o uso intensivo da voz;

Nunca auto medicar-se.

---

Fonte: Adaptado de Behlau, Gragone e Nagano (2004)

A ergonomia por sua vez, tratada pela NR 17 (1990), está ligada as condições de trabalho relacionadas as características psicofisiológicas dos trabalhadores. A adaptação de tais condições possibilita um maior conforto, segurança e desempenho eficiente. Problemas ligados a esse fator inferem por exemplo, na postura na qual o trabalhador desempenha suas atividades. Os cuidados com a postura promovem a saúde, mantém o bem-estar e ajuda a combater muitas lesões posturais, as quais se apresentam inicialmente na forma de dor e em seguida uma deformidade que, se não for trada, se torna irreversível (SINFERJ, 2013).

Como uma forma de aliviar as tensões musculares, é importante a realização de ginástica compensatória, com duração de 5 a 10 minutos, com pausa ativa, o que irá compensar posturas inadequadas e esforços repetitivos o que irá minimizar os desconfortos musculares. Esses exercícios são indicados para atividades de muita concentração e pressão, como é o caso de locutores de rádio, que permanecem exercendo movimentos repetitivos e precisam suprir as demandas da programação com grande agilidade e eficiência.

No que se refere aos problemas de visão no que se refere ao ambiente de trabalho de emissoras de rádio podem ser provocados diretamente pela má iluminação do local e pela exposição continua a telas de computadores, o que pode causar irritações nos olhos ou até mesmo danos irreversíveis a saúde da visão. Assim, para evitar tais prejuízos é importante a distribuição de uma boa iluminação, respeitando os limites apontados pela NBR 5413 (1992). Segundo a NR 17 – Ergonomia (1978), em todos os locais de trabalho deve haver iluminação adequada, natural ou artificial, geral ou suplementar, apropriada à natureza da atividade. Além disso, é importante o uso de óculos e a redução do brilho da tela dos computadores a níveis mais confortáveis para o usuário.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

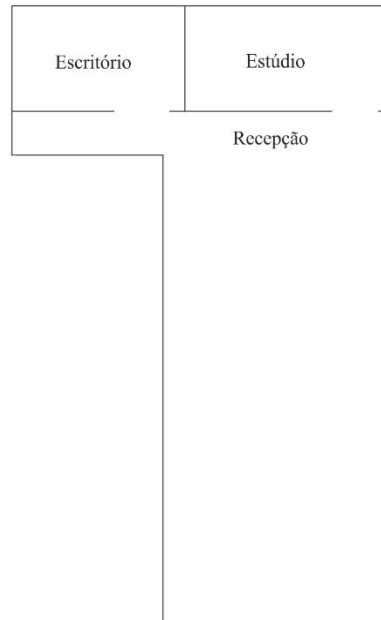
A emissora em estudo, a Obelisco, está situada na cidade de Pau dos Ferros –RN. Ela foi inaugurada em 2006 como uma rádio educativa e FM por meio da Fundação José Fernandes de Melo. Segundo Neuberger (2012, p.23):

A radiodifusão educativa pode ser outorgada a pessoas jurídicas de direito público interno, inclusive universidades e fundações de cunho educacional. É destinada à transmissão de programas educativo-culturais que, além de atuar em conjunto com os sistemas de ensino de qualquer nível ou modalidade, vise à educação básica e superior, à educação permanente e à formação para o trabalho, além de abranger as atividades de divulgação educacional, cultural, pedagógica e de orientação profissional.

Atualmente, atende a 35 cidades da região do Oeste Potiguar e também

idades da Paraíba e Ceará. Desde sua origem a rádio tem um lugar de destaque entre as demais emissoras da região, apresentando em sua programação espaço para entretenimento, esporte, jornalismo, educação, economia e cultura. Na visita realizada à emissora, constatou-se o seguinte layout (Figura 1):

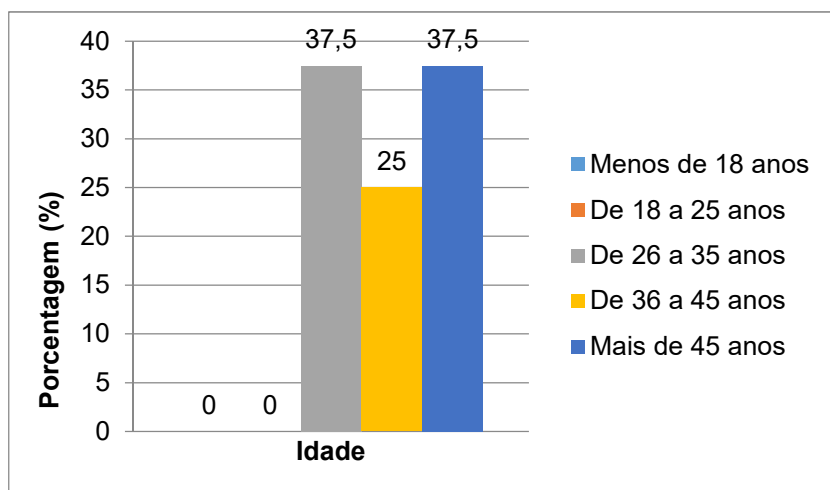
Figura 1 – Dimensionamento da Rádio Obelisco



Fonte: Autoria própria (2015)

Como é observado na figura 1, a rádio tem uma grande área de recepção porque ela está localizada no galpão do térreo de um edifício, o estúdio e escritório estão localizados nos fundos desse espaço. A aplicação dos questionários aconteceu com 8 trabalhadores da rádio, o que representa 100% do seu corpo de funcionários. É importante observar ainda que 100% dos entrevistados são do sexo masculino, o que reflete a carência do público feminino trabalhando nessa área. Além disso, a faixa etária dos colaboradores dessa emissora varia de 26 a mais 45 anos, onde 3 responderam está entre 26 a 36 anos, 2 responderam possuir idade entre 36 a 45 e os outros 3 responderam ter mais 45 anos. Isso pode ser percebido no Gráfico 1:

Gráfico 1 – Faixa etária dos funcionários da Obelisco



Fonte: Autoria própria (2015)

Outra informação pertinente à construção do perfil social dessas pessoas, foi o nível de escolaridade, como é evidenciado na Tabela 3:

Tabela 03 - Nível de escolaridade dos trabalhadores da Obelisco

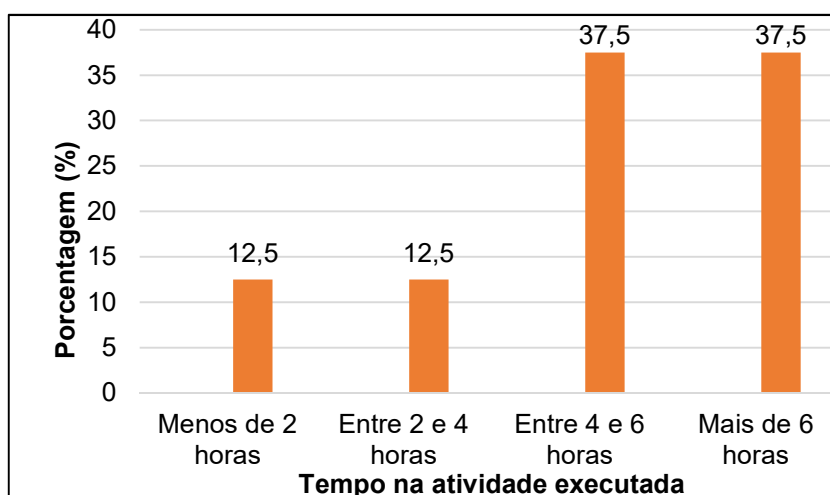
Qual o seu nível de escolaridade?	Quantidade	Porcentagem (%)
Ensino fundamental incompleto (1º grau)	0	0
Ensino fundamental completo	2	25
Ensino médio incompleto (2º grau)	0	0
Ensino médio completo	3	37,5
Nível superior incompleto (3º grau)	0	0
Nível superior completo	3	37,5

Fonte: Autoria própria (2015)

A minoria dos funcionários possui ensino superior completo, sendo que nenhum deles possui formação superior na área de radialismo. Isso reflete uma realidade de não obrigatoriedade de formação técnica para o exercício da profissão assim como acontece com o jornalismo. O que todos os funcionários possuem é experiência em atuar na locução, sendo este o principal critério para suas contratações.

No tocante as funções exercidas pelos funcionários, 5 exercem a função de locutor ou apresentador, 1 é sonoplasta ou programador técnico e 2 responderam ser Diretor administrativo. Quando perguntados sobre a quantidade de horas da jornada de trabalho, obteve-se os resultados mostrados no Gráfico 2:

Gráfico 2 - Jornada de trabalho dos funcionários da Obelisco



Fonte: Aatoria Própria (2015)

A partir da leitura do Gráfico 2 pode-se notar que 37,5% dos funcionários trabalham em torno de 4 a 6h e a mesma parcela para aqueles que trabalham mais de 6 horas. Enquanto isso apenas 12,5% trabalham menos de duas horas e outros 12,5% exercem uma jornada entre 2 e 4 horas por dia. Vale lembrar que os que permanecem mais tempo na emissora são os locutores que trabalham em média 5h e o diretor e gerente, com 8h de expediente.

A partir da utilização do instrumento termo-higro-anemômetro luxímetro digital SKTHAL – 01, um aparelho no qual se pode medir quatro tipos de grandezas, sendo elas a luminosidade, umidade, temperatura e ventilação, realizou-se a medição de temperatura e luminosidade. Além disso, por meio do uso do Decibelímetro digital, fez-se a medição do ruído. Assim, todos os ambientes de trabalho foram medidos e calculado uma média dos valores encontrados. É apresentado na Tabela 4 os valores encontrados de luminosidade nesse ambiente de trabalho:

Tabela 4 – Luminosidade na rádio Obelisco

Nível de Luminosidade	Valor (luxes)
Luminosidade Mínima	107,25
Luminosidade Média	112,75
Luminosidade Máxima	116,5

Fonte: Aatoria própria (2015)

Segundo a NBR 5413 (1992), a luminosidade de um ambiente onde se tem recepção, espera, e trabalhos com requisitos visuais exatos, podendo ser prolongadas ou não, exigem um nível de luminosidade que varia entre 200 – 500 Luxes. Assim é possível notar que os dados mostrados na tabela 3 estão fora do indicado pela norma. Tal realidade interfere na qualidade de vida do trabalhador e diminui a sua produtividade. Além disso, pode ocasionar danos à visão, dores, fadiga,

entre outros prejuízos.

Para tanto, recomenda-se a aplicação de uma iluminação mais eficiente, com lâmpadas em melhor disposição e com maior potência. Apesar disso, quando perguntados se consideravam a iluminação do seu local de trabalho adequada 75% responderam que sim, contra 25% daqueles que responderam não. No que se refere aos danos causados em decorrência da iluminação, 37,5% responderam que sentem fadiga visual enquanto que 62,5% afirmaram não ter nenhum problema. Além disso, eles relataram ainda que a iluminação da rádio melhorou muito nos últimos seis meses, quando renovaram as lâmpadas.

A fadiga visual é ocasionada em virtude da alta proximidade com o monitor do computador, reflexos e distâncias desiguais dos olhos e ao teclado, bem como com o monitor e texto (SÁ, 2010). A situação de postura inadequada, revela os riscos ergonômicos que influenciam tanto na questão visual quanto na musculoesquelético.

Outro fator importante a ser analisado é o conforto térmico, pois ele influencia diretamente nas condições de melhoria do bem-estar do trabalhador no seu local de trabalho. Tal característica depende de diversos fatores como, temperatura, umidade do ar, velocidade do ar e calor radiante. Segundo Lamberts (2011), a exposição do ser humano ao estresse térmico, isto é, a frio ou calor excessivo, apresenta sintomas como a debilitação do estado geral de saúde, alterações das reações psicossensoriais e a queda da capacidade de produção. Logo o conhecimento referente as condições ambientais capazes de levar a esse estado é importante para a prevenção e melhoria de tais situações. Sendo assim, no tocante a temperatura, encontrou-se os valores descritos da Tabela 5.

Tabela 5 – Temperatura do ambiente de trabalho da Obelisco

Nível de Temperatura	Valor (°C)
Temperatura Mínima	28,32
Temperatura Média	28,58
Temperatura Máxima	28,8

Fonte: Aatoria própria (2015)

De acordo com a NBR 16401-2, Conforto Térmico (2008), no verão utilizando-se roupas típicas, o ambiente de trabalho deve ter uma temperatura entre 22,5°C a 25,5°C, ou entre 23,0°C a 26,0°C, dependendo da umidade relativa para cada intervalo. Por consequência, o ambiente de trabalho da Obelisco se encontra fora dos padrões propostos pela norma. A respeito desse assunto 100% dos funcionários afirmam estar satisfeitos com a qualidade do ar (conforto térmico) em seu ambiente de trabalho.

Vale lembrar ainda que existe ar-condicionado no estúdio e no escritório, porém a área de recepção não possuía nenhum tipo de auxílio para a diminuição da temperatura além de não possuir saída para a circulação do ar, dado que existe apenas uma fonte de entrada. O que faz surgir a necessidade do uso de

climatizadores, ar-condicionado ou ventiladores que sejam capazes de melhorar o nível de temperatura e assim tornar o ambiente mais confortável. Outra informação pertinente é que durante a medição da temperatura no estúdio o ar-condicionado marcava 17°C enquanto que a temperatura encontrada em média de 26,3°C. Isso mostra que seria interessante a troca desse equipamento por um com maior capacidade e que responda as necessidades desse caso.

Os trabalhadores de emissoras de rádio estão expostos ainda a um fator que oferece um risco significativo para a sua saúde, que é o ruído. Para analisar o nível de ruído presente na Rádio Obelisco FM fez-se o uso do decibelímetro digital, em um intervalo de leitura de 30 a 100 dB, pois a emissora possui ambientes onde o nível ruído é aparentemente pequeno, como é o caso do escritório e pode chegar, levando em consideração a jornada de trabalho na Obelisco-FM gira em torno de 4h a 8h por dia, ao limite de tolerância para o ruído contínuo e intermitente de 85 dB segundo o Anexo 1 da NR – 15, Atividade e Operações Insalubres (1978). A partir da medição, chegou-se aos resultados mostrados na Tabela 6:

Tabela 6 – Ruído no ambiente de trabalho da Obelisco

Nível de Ruído	Valor (dB)
Ruído Mínimo	52,98
Ruído Médio	72,03
Ruído Máximo	76,47

Fonte: Aatoria própria (2015)

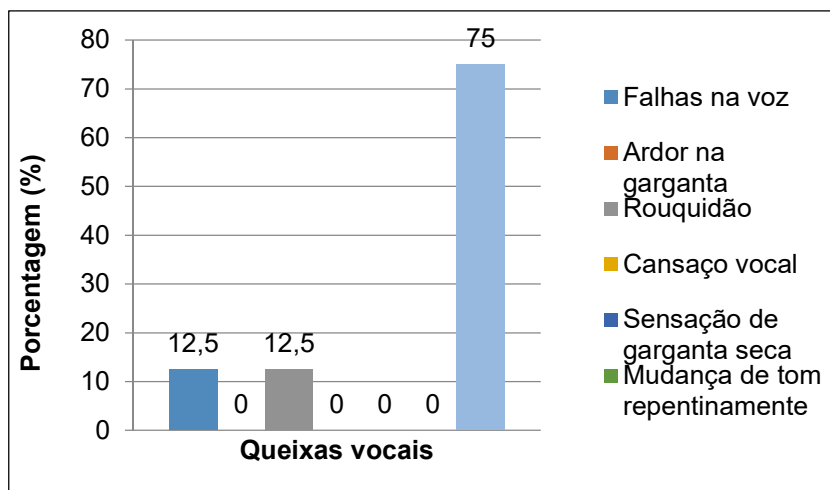
Nas medições apresentadas na tabela verifica-se que o ruído existente nesse ambiente de trabalho não ultrapassa o valor de 85 dB permitido pela norma (NR – 15, 1978). No entanto, é importante enfatizar que os índices encontrados estão muito próximos do limite de tolerância o que alerta sobre a necessidade de uma atenção especial no que diz respeito a exposição desses indivíduos ao ruído.

Com relação aos danos sofridos em decorrência da atividade exercida, 75% dos entrevistados responderam que não sofrem ou não conhecem ninguém que sofra com esse tipo de problema. Dentro dos 25% que responderam sim, 50% respondeu que os danos são auditivos e 50% afirma que foi vocal. Quando questionados se possuíam algum sintoma como zumbido, dificuldade para compreender a fala, limitações para escutar ou otalgia (dor de ouvido), apenas 12,5% afirma sofrer com dificuldades para escutar, enquanto que 87,5% afirmam não apresentar nenhum desses sintomas.

Durante a visita a rádio os locutores, funcionários expostos aos maiores índices de ruído e que possuem uma jornada de trabalho de 6h, enfatizam que usam fones em volumes baixos na finalidade de se proteger e também para evitar que o som atrapalhe a vizinhança. Isso mostra que o ruído ainda não causa sérios danos aos colaboradores dessa emissora, porém como se concentram muito próximos dos limites de tolerância é importante um cuidado maior nesse sentido, pois a prevenção deve ser continua.

Enquanto isso, o uso da voz como um instrumento de trabalho também oferece um significativo risco a saúde de profissionais ligados a locução. A esse respeito foi questionado se o locutor sofre de alguma queixa vocal, a partir de então obteve-se os resultados mostrados no Gráfico 3.

Gráfico 3 - Problemas vocais apresentados pelos locutores



Fonte: Autoria própria (2015)

A partir da leitura do Gráfico 3 nota-se que a grande maioria, ou seja, 75% dos funcionários não apresentam nenhum problema ligado a produção da voz. No entanto, 12,5% possui falhas na voz e 12,5% apresentam rouquidão. Quando questionados acerca do momento em que sentiam tais desconfortos responderam o que mostra a Tabela 7.

Tabela 7 - Turno no qual os desconfortos aparecem

Qual o turno em que sente esse desconforto físico?	Quantidade	Porcentagem (%)
Antes do desenvolvimento das atividades no local de trabalho	0	0
Durante o desenvolvimento das atividades no local de trabalho	3	37,5
Após o desenvolvimento das atividades no local de trabalho	1	12,5

Fonte: Autoria própria (2015)

Nesse sentido, o pequeno índice de danos vocais nos funcionários da Obelisco pode ser explicado pelo fato de que os profissionais que permanecem mais tempo no expediente de trabalho e que possuem maior contato com a produção da voz, se constituem de apenas 2 locutores que trabalham entre 4 a 6 horas, em contrapartida de 6 outros funcionários, nos quais 2 permanecem na parte administrativa, enquanto que os 4 restantes são apresentadores que possuem programas com duração de apenas 1 hora. Dessa forma, é notável que isso influenciou nos resultados apresentados com relação aos problemas ligados a voz.



No entanto, mesmo a pequenos índices tais patologias foram citadas pelos entrevistados de forma que alguns cuidados diários podem ser tomados para prevenir que danos à saúde vocal venham a acontecer, dentre as atitudes positivas elencadas por Behlau, Gragone e Nagano (2004) é importante destacar: evitar uso de bebidas alcoólicas, evitar conversar em ambiente ruidosos, procurar falar as palavras de maneira correta a brindo e fechando a boca e momentos adequados, exercitar a voz e fazer um acompanhamento com um fonoaudiólogo.

Além de todos esses problemas apresentados é importante ressaltar que, segundo os entrevistados, não há nenhum plano de saúde ou acompanhamento técnico no que se refere a saúde e segurança no desempenho de suas atividades. Isso pode implicar a formação de prejuízos a saúde desses trabalhadores a um médio e longo prazo, o que chama atenção para a necessidade de contínuas práticas de proteção e prevenção contra os riscos ocupacionais constantemente presentes nesse ambiente.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Baseado nos resultados da pesquisa notou-se que a emissora de alvo do referido estudo, a Rádio Obelisco-FM, encontra-se fora dos padrões previstos pelas normas no que se refere aos riscos ocupacionais. Porém, a maioria dos colaboradores considera a referida organização dentro dos padrões. Isso mostra um déficit de conhecimento no que se diz respeito às condições favoráveis de trabalho. Esse fato pode ser associado a um baixo nível de escolaridade dos trabalhadores da emissora, sendo que nenhum desses possui algum tipo de formação acadêmica na área de sua atuação.

No que diz respeito a iluminação do local, constatamos que a luminosidade está inferior ao previsto pela NBR 5413 (1992), que varia entre 200 – 500 Luxes. Isso interfere diretamente na qualidade e na produtividade das atividades realizadas no local de trabalho, além disso, podendo ocasionar prejuízos a saúde do colaborador. Mediante a isso, recomenda-se a aplicação de uma iluminação mais eficiente, com lâmpadas em melhor disposição e com maior potência, sendo necessária uma verificação periódica na vida útil dessas lâmpadas.

Na análise do conforto térmico, a emissora de Rádio Obelisco apresenta-se de forma irregular, de acordo com a NBR 16401-2, Conforto Térmico (2008). Esse fato pode intervir de forma direta nas condições de bem-estar do trabalhador no âmbito do local de trabalho. No entanto, mesmo com a utilização de ar-condicionado no estúdio e no escritório, estes se mostraram insuficientes para a melhoria do conforto térmico do ambiente. Possivelmente, isso se deve a periodicidade com que é realizada a limpeza do ar-condicionado. É de suma importância ressaltar que na área de recepção não possui nenhuma forma de auxílio para a diminuição da temperatura, deixando o trabalhador exposto a níveis de temperatura desagradáveis. Portanto, é necessário o uso de climatizadores, ar-condicionado ou ventiladores capazes de melhorar o índice de temperatura, tornando o ambiente mais agradável.

## REFERÊNCIAS

ABERT. **O rádio no Brasil: no ar há 91 anos.** Disponível em: <<http://www.abert.org.br/web/index.php/clippingmenu/item/21354-o-radio-no-brasil-no-ar-ha-91-anos>>. Acesso em: 12 de nov. de 2015.

BRASIL. Constituição (2015-2016). **Estratégia Nacional para Redução dos Acidentes do Trabalho 2015-2016.** Ministério do Trabalho e Emprego. Brasília, DF, Senado, 2015.

CALABRE, L. **Políticas públicas culturais de 1924 a 1945: o rádio em destaque.** 2003. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/reh/article/viewFile/2190/1329>>. Acesso em: 12 de nov. de 2015.

CALABRE, Lia. **A era do rádio.** Rio de Janeiro: Jorge Zaar Ed., 2002.

RODRIGUES, K. C. **O rádio e a adaptação à nova era das tecnologias da comunicação e informação: contextos, produção e consumo.** *Encontro Nacional de História da Mídia*, Minas Gerais, p. 1, maio/jun. 2013.

SILVA, P. R. M. **Ondas Invisíveis que atravessam o tempo: História e Historiografia do Rádio no Brasil.** *II Encontro Nordeste História da Mídia*, Piauí, p. 5, jun. 2012.

## **CAPÍTULO XIV**

### **GERENCIAMENTO DE COMUNICAÇÃO EM PROJETOS DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO**

---

**Roberta Cristina de Abreu  
Ana Lúcia Cabanas Nascimento  
Marcos Yoshio Fujisawa**

## GERENCIAMENTO DE COMUNICAÇÃO EM PROJETOS DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO

### **Roberta Cristina de Abreu**

Engenheira de Produção

Kroton-Anhanguera Educacional, Faculdade Anhanguera de São José, Departamento de Engenharia de Produção

São José dos Campos-SP

### **Ana Lúcia Cabanas Nascimento**

Comunicóloga, Especialista em Metodologia Científica do Ensino, Mestre em Gestão e Desenvolvimento Regional, Doutora em Humanidades y Artes com Mención en Ciencias de la Educación, Directora Académica del Kriterion Educare

Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Humanidades y Artes

Rosario, Argentina

### **Marcos Yoshio Fujisawa**

Engenheiro Industrial Mecânico, Matemático, Pedagogo, Especialista em Ensino da Matemática e Física, Coordenador do Curso de Engenharia de Produção

Kroton-Anhanguera Educacional, Faculdade Anhanguera de São José, Departamento de Engenharia de Produção

São José dos Campos-SP

**RESUMO:** Gerenciar pessoas em si é um desafio para todas as profissões. As áreas humanas possuem domínio e facilidade de integração e disseminação desse conhecimento por isso costumam auxiliar a área de exatas. O gerenciamento em Tecnologia da Informação demonstra certas dificuldades nessa transição de operacional para gerencial, pelo despreparo no contato com pessoas e clientes. Assim, nesta pesquisa bibliográfica e descritiva com caráter qualitativo aplicou-se o método de abordagem dedutivo e cartesiano com procedimento funcionalista. Nesse sentido, nesse estudo o escopo é promover uma visão dinâmica sobre esse profissional e algumas características a serem desenvolvidas para que possa aprimorar os relacionamentos humanos e profissionais. No processo motivacional, a promoção costuma acontecer para gratificar o colaborador. Se não houver acompanhamento apropriado nesta mudança de cargos, será considerado desmotivador, afetando diretamente o colaborador no cumprimento das responsabilidades e das tomadas de decisão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Liderança. Gerenciamento de Projetos. Gerenciamento da Comunicação. Ferramentas de Gestão. Tecnologia da Informação.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Pressman (2011), as atividades desempenhadas no processo de fabricação são: comunicação, planejamento, modelagem, construção e emprego. Nesse sentido, a comunicação precisa ser clara e concisa, sendo que o cliente

informa as necessidades e as soluções serão apresentadas pela área.

O processo é previsto pelo projeto mediante um conjunto de atividades que tem, por fim, a produção de um produto de *software* (PAULA FILHO, 2011; SOMMERVILLE, 2011). Na Engenharia de *Software* o processo não poderá ser padronizado, pelo contrário ele precisa ter uma abordagem flexível possibilitando a equipe de *software* a selecionar as ações e tarefas que melhor se ajustem às necessidades (PRESSMAN, 2011).

Para que ocorra o processo de fabricação a empresa define algumas ferramentas de gerenciamento de informação com intuito de facilitar todo o processo e a interação entre os colaboradores. Por isso, o objeto, nesta investigação, é promover uma visão dinâmica sobre esse profissional e algumas características a serem desenvolvidas para que possa aprimorar os relacionamentos humanos e profissionais.

## 2. MÉTODO

A pesquisa foi bibliográfica e descritiva com o propósito de percepções do assunto e dando preferência para literaturas recentes, a fim de facilitar o conhecimento sobre a Gestão de TI, com características diferenciadas como a utilização da técnica de estratégica de *benchmarking*.

Explorou-se aspectos como ambiente, cultura, ética e moral dos profissionais para verificar alternativas que possam utilizar de particularidades para agregar ao time e não os excluir do processo de decisão aplicando com segurança o *empowerment*.

Como a pesquisa foi de caráter qualitativo, os temas serão abordados livremente buscando uma interpretação diferenciada e/ou confirmando literaturas sobre o tema, para crescimento pessoal e profissional como Engenheiro de Produção.

Trata-se de um método de abordagem dedutivo e cartesiano, porque utilizaram-se informações confiáveis por meio de teorias de autores renomados de Engenharia de *Software* e Gerenciamento de Projetos. A intenção é abordar de forma simplificada os conceitos de processo produtivo, métodos ágeis e gerenciamento de comunicação em Gestão de TI.

Os conceitos de Gestão de Pessoas foram de equipes autogerenciáveis abordados para propor modificação em equipes, facilitando a formação de um time motivado, de bom senso, com empatia e bom relacionamento entre si, clientes e gerência.

## 3. RESULTADOS

Entre algumas ferramentas utilizadas na área, são os Métodos ágeis, que propõe o desenvolvimento do *software* em pequenas partes, dando assim ao cliente

a visão do produto durante todo o processo da produção, costuma ser a cada duas ou três semanas.

Paula Filho (2011) comunga com os princípios de Sommerville (2011) referente aos processos ágeis ou métodos ágeis como metodologias que auxiliam no trabalho em equipe em atividades cooperativas assim disseminando princípios comuns e informais durante o processo produtivo.

Os métodos ágeis são desenvolvidos para sanar fraquezas reais e perceptíveis da engenharia de *software*, contudo não são indicados para todos os projetos, produtos, pessoas e situações. Uma característica é a redução de custos da mudança ao longo do processo, sendo que estas mudanças são caras principalmente quando não tem controle e são mal gerenciadas (PRESSMAN, 2011).

Como o processo de desenvolvimento de *software* se baseia no gerenciamento de tarefas foi definido a este estudo as mais utilizadas neste setor, que são: *Rational Unified Process* (RUP)<sup>1</sup>, SCRUM e *Kanban* (Quadro 1).

Quadro 1 – Metodologia mais utilizadas no desenvolvimento de software.

METODOLOGIA	DESCRIÇÃO
RUP	<p>Conjunto de processos de Engenharia de <i>Software</i> que faz uso de metodologia iterativa de desenvolvimento de sistemas.</p> <p>Dentre os requisitos necessários estão: a) monitorar e gerenciar os requisitos e as mudanças de <i>software</i>; b) avaliar e reportar o processo dos projetos; c) analisar os impactos das mudanças antes de implementá-las; e d) configurar os processos adequados para cada projeto.</p> <p>Objetivo: Melhorar a comunicação e a função, apoiando o desenvolvimento orientado e descrevendo metas a serem alcançadas pelo projeto.</p>
SCRUM	<p>Um Manifesto Ágil com foco na qualidade, o processo se desenvolve no <i>Sprint</i> – faz um pouco a cada momento – facilitando a verificação e identificação de problemas durante a fabricação.</p> <p>Tem característica semelhante ao XP como: equipes pequenas; iterações curtas em equilíbrio com o ambiente; e mudanças constantes.</p> <p>Objetivos: Capacitar equipes a trabalhar com sucesso perante incertezas da área; e fornecer um processo adaptado ao projeto e desenvolvimento orientado a objeto</p>
<i>Kanban</i>	<p>Eixo da produção <i>Just in Time</i>, uma ferramenta simples do sistema puxado de produção.</p> <p>Objetivos: Sinalizar a estação anterior que a próxima está preparada a produzir; demonstrar visualmente as tarefas por um quadro de distribuição e cartões com as etapas do processo respeitando a ordem do processo produtivo de <i>software</i>.</p> <p>O gestor pode sinalizar à equipe a trabalhar no tempo certo onerando custos, sem interferir na satisfação do cliente e nas oportunidades da empresa. Auxilia o gestor na entrega dos Demos – entrega de parte do <i>software</i> para ser avaliado e demonstrado ao cliente.</p>

Fonte: Adaptado de Gaither e Frazier (2002); Koscianski e Soares (2007); Moreira (2007); Paula Filho (2011); Pressman (2011); Vieira (2007).

<sup>1</sup> Tradução – Processo Unificado Racional.

No processo de crescimento de um colaborador dá-se a ele atributos do empowerment para que seja observada a postura frente a todo o processo e não mais parte dele como a função operacional, contudo sem alteração do cargo na empresa.

“Para resolver essa transferência de controle os gerentes devem, primeiramente, dar aos empregados autoridade para agir. O processo de transmitir autoridade da administração para os trabalhadores é denominado empowerment dos empregados” (GAITHER; FRAZIER, 2002, p. 467). Uma extensão do conceito de enriquecimento do trabalho. Nessa prática, a organização permite e incentiva que os funcionários, além de assumirem responsabilidades de planejamento e controle de o próprio trabalho (enriquecimento), também assumam a responsabilidade por decisões que normalmente estariam associadas às funções de gerencia (CORRÊA; CORRÊA, 2006, p. 354).

“Empowerment tem sido confundido com autonomia, mas na realidade é muito mais abrangente. No *empowerment*, tem-se não somente a habilidade para mudar as coisas (autonomia), mas também autoridade para as mudar” (MARTINS, LAUGENI, 2005, p. 111).

De acordo com os preceitos martinianos e laugenianos, destacam-se algumas etapas frente à atribuição de tarefas:

- Envolve a transferência de atividades de planejamento, organização e controle, de um gestor para um funcionário ou equipe.
- Compreende as habilidades e por meio de capacitação contínua para assegurar a eficácia em as novas atribuições.
- Redefine a função de chefe o qual fornece orientação, suporte, mas os funcionários recebem autonomia para fazerem sozinhos. O gestor possui nova função agora, orienta, explicam quais obstáculos e resolvê-los, além das restrições e fornece recursos para a equipe.

Com este incentivo pela atribuição de tarefas o colaborador em transição buscará alternativas melhores para resolver determinadas situações o benchmarking se enquadra bem no uso de sucessos exógenos como exemplos de atitudes que diminuem as chances de fracasso nesta melhoria.

“O *benchmarking* é um processo que avalia os produtos da empresa perante os líderes de mercado” (MARTINS; LAUGENI, 2005, p. 507). É a técnica por meio da qual a organização compara o desempenho com o de outra. Por meio do benchmarking, Maximiano (2004) destaca que uma organização procura imitar outras organizações, concorrentes ou não, do mesmo ramo de negócios ou de outros, que façam algo de maneira particularmente bem-feita.

Na percepção maximiana, todo o processo é definido como o uso de melhores práticas pode ser encontrado em qualquer empresa primeiramente precisamos definir nossa busca (processo, serviço ou produto) o qual faremos a comparação para obtenção de dados. Não existe um padrão de busca desses dados podemos identificá-los por publicações, pesquisa ou observação direta.

Após identificação, coleta e estudo dos dados são feitas a interpretação

dessas referências. A segunda etapa é verificar o motivo dessa superioridade selecionando as práticas que poderão ser copiadas e implementadas.

Quando o colaborador se familiariza com as tarefas do gestor é feita a transição de cargos e elaborado uma capacitação para que sejam atribuídas outras características de um líder como comunicação e a intermediação dos trabalhos em equipe.

“A comunicação é a pedra de toque em qualquer atividade coletiva. Sem troca de informações, não há decisão nem organização no grupo”. (MAXIMIANO, 2004, p. 323). “A origem etimológica da palavra comunicação é tornar comum [...] se uma pessoa consegue fazer com que a ideia seja captada e compreendida por outra (s) pessoa (s), nesse momento ocorreria o fenômeno da comunicação” (PIMENTA, 2006, p. 19). “[...] comunicação como processo de transferir informação, significado e compreensão, de um emissor para um receptor” (CARAVANTES; CARAVANTES; KLOECKNER, 2009, p. 196).

Assim, a comunicação é a forma em que uma pessoa compartilha uma informação, podendo utilizar recursos ou não para transmiti-la. Considerando que esses recursos poderão ser adaptados conforme a necessidade de repasse dessa informação.

Na concepção de Pimenta (2006), o bom senso é almejado por auxiliar nos desafios do cotidiano. O senso comum projeta dificuldades de ser interpretado por ter uma maneira própria e diferenciada de cada indivíduo com as atribuições de valores.

No âmbito corporativo, apesar da imparcialidade, possuem algumas dificuldades para se obter uma comunicação eficaz (Tabela 2).

Tabela 2 – Dificuldades na comunicação eficaz.

DIFICULDADES	DESCRIÇÃO
<b>Níveis Organizacionais</b>	Comunicação entre os cargos e departamentos sofrem adaptações ao transmiti-las de acordo com o grau de importância na estrutura organizacional.
<b>Autoridade da Administração</b>	Grau de autoridade dificulta a comunicação, pois quanto maior a qualificação a cobrança é mais assertiva não dando margem a erros. Contudo os subordinados evitam transmitir os problemas, frustrações e desavenças para não se exporem e serem excluídos do grupo.
<b>Especializações</b>	Grau de conhecimento devido a especializações também separa grupos e dificulta a transmissão de conhecimento, pelo vocabulário diferenciado e postura profissional.
<b>Sobrecarga de Informações</b>	Empresa com o intuito de garantir a qualidade, pode confundir ou paralisar o funcionário, pelo excesso de informações exigidas em uma seleção e análise.

Fonte: Adaptado de Pimenta, 2006.

A comunicação começa ao transmitir a tarefa e as particularidades, mas deverá ser acompanhada junto à equipe para que o trabalho seja harmonioso e fiel a transmissão inicial. As áreas de exatas possuem dificuldades em lidar com pessoas por isso uma abordagem da Engenharia de Produção poderá auxiliá-los no intra-



relacionamento e no inter-relacionamento, beneficiando as tomadas de decisão.

“Desenvolvimento de equipes é um processo de aprimorar as competências dos integrantes de um grupo, com a finalidade de torná-los um grupo de alto desempenho” (MAXIMIANO, 2004, p. 326). Trabalhar em projetos exige competências técnicas e humanas as quais são adquiridas pelas experiências. As técnicas em geral ligadas à escolaridade e aptidões intelectuais não são tão difíceis de serem adquiridas quanto à humana como tomar decisões coletivas e expor ideias em público (MAXIMIANO, 2007).

Um grupo de trabalho eficiente vai além de reunir trabalhadores, precisa ser treinada para a eficiência, estando apto à resolução de conflitos, à mensuração de desempenho e aos trabalhos eficientes em processos (GAITHER; FRAZIER, 2002).

Nesse contexto, trabalhar em equipe não é simplesmente separar os trabalhos e entregar. Exige à participação de todos transmitindo ideias, expectativas, motivações, dúvidas, compartilhem informações, frustrações e que ao final, todos recebam uma nova experiência profissional e pessoal de lidar com os contratempos de cada função.

#### 4. DISCUSSÃO

A Tecnologia da Informação (TI) é responsável pelas mudanças na estrutura, operações e no gerenciamento das organizações. Para que se possam estruturar todos os dados captados na empresa se fez presente o uso de programas específicos e um novo modelo de processo produtivo o gerenciamento de Banco de Dados.

O mercado competitivo possui necessidades de crescimento global por esse motivo exige uma constante reciclagem de informações e atualizações diárias, assim exigem desse profissional constante aperfeiçoamento e capacitação para uso de novas tecnologias.

A busca constante por atualizações não os capacitam para utilizarem totalmente todo o potencial de forma há direcionarem o tempo e energia para uma boa produtividade. Entender e auxiliá-los na compreensão das capacidades humanas valorizando-os como indivíduos e não só com a bagagem intelectual.

O uso de ferramentas de qualidade para se medir esse processo, costuma ser operacional pela dificuldade de se entenderem e se fazerem entendidos pelos os gestores e clientes, obrigando-os a trabalharem em um ambiente sem relacionamentos interpessoais. Para a empresa possuem dois lados o primeiro que o profissional costuma ser assíduo, organizado e capaz, para empresa é bom para a produção, mas por outro lado são pessoas difíceis, exigentes e possuem problemas com comunicação e bom senso.

A Engenharia de Produção é ampla e aborda várias áreas exatas, contudo lidar com o ser humano também é uma oportunidade de crescimento profissional. Muitos dos líderes costumam ser nomeados pela falta de outra posição na empresa, mas não estão preparados para abordarem pessoas e clientes.

Os Engenheiros de *Software* não são robôs. Eles apresentam grande variação nos estilos de trabalho; diferença significativa no nível de habilidades, criatividade, organização, consistência e espontaneidade. Alguns se comunicam bem na forma escrita, outros não (PRESSMAN, 2011, p. 82).

Profissionais técnicos estão habituados às questões técnicas e, muitas vezes, não são capacitados para lidar com questões gerenciais ou organizacionais. Quando precisam lidar com a gestão não conhecem técnicas como planejamento, organização, estimativa de custos e elaboração de cronogramas (MAXIMIANO, 2010).

Conforme os axiomas maximianos, os profissionais técnicos possuem habilidade de estudos individualizados e de concentração, eles disponibilizam tempo para essa tarefa, recusando-se a qualquer tipo de distração ou diversão para que consiga concluir o que lhe foi designado. Essa reclusão interfere na interação com outras pessoas excluindo-o de grupos que não possuem a mesma dedicação e especialização.

Quando ocorre a transição do operacional para o gerencial ele precisará desenvolver características como, iniciativa, disposição e habilidades para interagir com pessoas de todos os tipos de formação e experiência. Por isso algumas pessoas sofrem mais que outras nesta transição, essas dificuldades são estudadas por vários autores. Esse profissional deverá aprender a lidar com essas dificuldades, exigindo conciliação dos valores educacionais e referências da vida organizacional.

As competências interpessoais e intrapessoais são ferramentas que auxiliam no trajeto para uma boa gestão. As competências interpessoais são as ideias e ferramentas que auxiliam nas tarefas que envolvem pessoas. Ser capaz de entender as diferenças individuais e o impacto na equipe; clareza na comunicação de informações e solicitações, capacidade de inspirar confiança na equipe, habilidade de se relacionar com clientes e todos os interessados, habilidade de tomar decisões e compartilhar esse processo de administração de projetos. Outras competências interpessoais são a liderança e a motivação.

Liderança é o processo de influenciar e conduzir pessoas para a realização de objetivos. Líderes são as pessoas que, em um grupo, ocupam as posições de poder – são as pessoas que conduzem o grupo, seja por as competências ou pelas próprias posições que ocupam. É por esse motivo que se diz que os ocupantes de cargos gerenciais formam a liderança de uma organização (MAXIMIANO, 2010)

De acordo com a Teoria de Maslow, as pessoas são motivadas a satisfazer necessidades, algumas das quais mais fortes ou mais preponderantes que outras (CORRÊA, CORRÊA, 2006).

As competências intrapessoais estão relacionadas ao autoconhecimento das fraquezas, forças, capacidade de autoanálise em todas as dimensões do comportamento. Entre outras são: capacidade de conviver com a tensão e ambiguidade; capacidade de demonstrar interesse pessoal pelo projeto e transmitir entusiasmo à equipe (BAYTON; CHAPMAN, 1972 *apud* MAXIMIANO, 2010) e a disciplina ao se organizar, atualização de informações do projeto e assiduidade nas reuniões.

Os gerentes se tornam indiferentes ao comportamento humano da equipe, haja vista que as competências intrapessoais sofrem constantes mudanças. Quando o gerente age com indiferença, pessimismo ou entusiasmo a esses comportamentos compromete o projeto. O entusiasmo não assegura o sucesso, mas o pessimismo é garantia de fracasso. No entanto, na visão de Hunter (2009), necessita como líder manter a sinergia por meio das habilidades que envolve a resiliência e a imparcialidade na tomada de decisão.

## 5. CONSIDERAÇÕES

Esta investigação é destinada a demonstrar para alta direção à necessidade de acompanhar o funcionário que além de ser um profissional produtivo, experiente e informado sobre a empresa e o processo produtivo, irá se tornar um líder. Ser líder é além de obter responsabilidades, precisa influenciar as pessoas a aderirem os propósitos que a empresa defende e prioriza.

Algumas ferramentas auxiliam como empowerment, que desperta no colaborador a iniciativa de melhorar o ambiente corporativo e operacional, com intuito de auxiliar ou facilitar alguma atividade comum; o benchmarking que demonstra atitudes que funcionaram em outras empresas ou áreas que se adaptado de forma eficiente poderá obter resultados positivos e de crescimento para todos.

Contudo, ser líder, exige a construção de relacionamentos durante a execução das tarefas, mudanças pessoais e prática de novas habilidades como: paciência, humildade, bondade, respeito, abnegação, perdão, honestidade e compromisso colocando as necessidades e as vontades de lado para o bem de todos. Essas habilidades, em geral, não nascemos com elas ou adquirimos por conceituação, é necessário a prática constante e disponibilidade para mudanças comportamentais.

Toda mudança passa por barreiras, se a empresa entender e acreditar que este suporte é importante, além dos investimentos de capacitação, que em geral são genéricos e não expressão a real necessidade de cada empresa, auxiliarão o funcionário na aquisição destas habilidades em menor tempo e sem ônus para empresa que emprega tecnologias e relacionamentos pessoais entre clientes, fornecedores, equipes e liderança.

A motivação a este profissional deve ser mais que a promoção por méritos produtivos, participar na transformação de habilidades que ele ainda não teve acesso pela função formará o profissional por completo com habilidades técnicas e humanas.

## REFERÊNCIAS

CARAVANTES, G. R.; CARAVANTES, C. B; KLOECKNER, M. C. **Comunicação e comportamento organizacional**. 3 ed. Porto Alegre: ICDEP, 2009.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

GAITHER, N. FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8 ed. Rio de Janeiro: Cengage, 2002.

HUNTER, J. C. O monge e o Executivo-Uma história sobre a essência da liderança. Rio de Janeiro: Sextante, 2009.128 p.

KOSCIANSKI, A.; SOARES, M. S. **Qualidade de software**: aprenda as metodologias e técnicas mais modernas para o desenvolvimento de *software*. 2 ed. São Paulo: Novatek, 2007.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MAXIMIANO, A. C. A. **Administração de projetos**: como transformar ideias em resultados. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

\_\_\_\_\_. **Introdução à Administração**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2004.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2 ed. São Paulo: Cengage, 2013.

PAULA FILHO, W. P. **Engenharia de Software**: fundamentos, métodos e padrões. 3 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

PIMENTA, M. A. **Comunicação empresarial**. 5 ed. Campinas: Alínea, 2006.

PRESSMAN, R. S. **Engenharia de software**: uma abordagem profissional. 7 ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. 9 ed. São Paulo: Pearson, 2011.

VIEIRA, M. F. **Gerenciamento de projetos de tecnologia da informação**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

**ABSTRACT:** Managing people themselves is a challenge for all professions. Human areas have mastery and ease of integration and dissemination of this knowledge, so they usually help the area of accuracy. The management in Information Technology demonstrates certain difficulties in this transition from operational to managerial, by the lack of preparation in the contact with people and clients. Thus, in this qualitative bibliographical and descriptive research the method of deductive and Cartesian approach with functionalist procedure was applied. In this sense, in this study the scope is to promote a dynamic vision about this professional and some characteristics to be developed so that it can improve the human and professional relationships. In the motivational process, the promotion usually happens to gratify the collaborator. If there is no appropriate follow-up in this change of positions, it will

be considered demotivating, directly affecting the employee in the fulfillment of responsibilities and decision-making.

**KEYWORDS:** Leadership. Project management. Communication Management. Management tools. Information Technology.

## **CAPÍTULO XV**

### **INFLUÊNCIA DA PAVIMENTAÇÃO DAS RUAS NA TEMPERATURA DA CIDADE DE SOBRAL**

---

**Rodrigo Nunes de Sousa  
Francisco Yuri Rios Osterno  
Gerson Luiz A. Poliano Albuquerque**

# INFLUÊNCIA DA PAVIMENTAÇÃO DAS RUAS NA TEMPERATURA DA CIDADE DE SOBRAL

## Rodrigo Nunes de Sousa

Graduando em Engenharia Civil, Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA, Sobral, Ceará, Av. da Universidade, 850; rodrigons.1995@gmail.com;

## Francisco Yuri Rios Osterno

Graduando em Engenharia Civil, Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA, Sobral, Ceará, Av. da Universidade, 850; osterno.engcivil@gmail.com;

## Gerson Luiz A. Poliano Albuquerque

Engenheiro Civil, professor Mestre, Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, Ceará, Rua Dr. Gilberto Studart, 1313 - apto. 601, Fortaleza, Ceará; gersonapoliano@hotmail.com

**RESUMO:** Objetiva este trabalho estudar a influência de quatro tipos de pavimentação (de terra, calçamento, blocos de concreto intertravados e asfáltica), na temperatura ambiente das ruas da cidade de Sobral, Ceará. *Este trabalho se justifica pela escassez de estudos sobre este assunto e porque Sobral é uma cidade com elevadas temperaturas.* Além de pavimento com blocos de concreto intertravados e pavimentação asfáltica, a cidade de Sobral ainda possui ruas com pavimentos de calçamento e de terra, alternativas que não são mais comumente usadas. Os resultados mostraram que as maiores temperaturas foram obtidas no período da tarde, enquanto as menores, no período da noite. A pavimentação asfáltica exerce maior influência, enquanto a de terra, menor influência. Considerando somente a temperatura de bulbo seco (medida nas condições ambientais atuais, sem a absorção máxima de radiação e a umidade relativa do ar sendo a máxima possível), no período da tarde, observa-se que a diferença na escolha da pavimentação de terra pela asfáltica, eleva a temperatura, em média, em 2,40°C. Enquanto que o asfaltamento de ruas em substituição ao calçamento eleva a temperatura em 1,15 °C. Já a mudança da asfáltica pela pavimentação de blocos intertravados, diminui a temperatura média em 1,05 °C.

**PALAVRAS-CHAVE:** Calor. Ruas. Termômetros.

## 1. INTRODUÇÃO

Sobral, interior do estado do Ceará, no semiárido nordestino, fica localizada a 235 km da capital, Fortaleza. Com uma área de 2.122,98 km<sup>2</sup> (IPECE, 2013) e 188.233 habitantes (IBGE, 2010), possui os climas: “tropical quente semiárido” e “tropical quente semiárido brando”, e com a temperatura média medindo em torno de 27 °C (IPECE, 2013). Segundo o INMET (2015), no dia 14 de janeiro de 2016, a cidade teve a maior temperatura registrada no país em 2015, chegando a 43,9° C. O INMET mostrou também que a cidade, por cinco vezes, ultrapassou a temperatura de 40° C, entre o dia 1° e 20 do mês de junho de 2015.

O calor é um agente de risco insalubre, prejudicial à saúde. Sobral é reconhecidamente uma cidade com altas temperaturas, devido à alta incidência solar, por estar próxima à linha do Equador. Dessa forma, recentemente, o centro histórico da cidade de Sobral tem passado por uma reformulação, onde toda a pavimentação asfáltica tem sido substituída por pavimentação de blocos de concreto intertravados, pois apresentam menor condutividade térmica, além de que apresenta em cor mais clara, que reflete os raios solares.

O objetivo geral deste trabalho é estudar a influência dos diversos tipos de pavimentação na temperatura ambiente nas ruas da Cidade de Sobral-CE, enquanto os objetivos específicos são: medir a temperatura ambiente nas ruas de Sobral-CE, em seus diversos tipos de pavimentação; fazer uma análise comparativa entre as temperaturas obtidas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se uma metodologia experimental (pesquisa de campo), com um estudo de caso da cidade de Sobral-CE, com um método de abordagem dedutivo, onde parte do geral para o particular, bem como um método de procedimento empírico, advindo da observação e tratamento experimental dos dados, aliado a um método comparativo e estatístico. Como técnica do processo científico, relativo à parte prática da coleta de dados, utilizou-se uma observação direta intensiva, com a técnica de observação de campo, ou seja, *in loco*, por meio de uma avaliação quantitativa da temperatura nas ruas da cidade de Sobral-CE, com a utilização de um instrumento de medição. O método dedutivo, por se caracterizar como pesquisa onde parte do estudo geral para o específico, coloca o pesquisador em contato direto com o que foi escrito sobre o tema. (MARCONI e LAKATOS, 2006).

A pesquisa de campo desenvolveu-se através de um levantamento de dados, com a utilização de um instrumento de medição de temperatura, constituído por três termômetros (de globo, à bulbo seco e à bulbo úmido), de propriedade do professor orientador deste trabalho. Foram realizadas medições das temperaturas de globo, à bulbo seco e à bulbo úmido, em 28 (vinte e oito) ruas, sendo 07 (sete) ruas para cada tipo de pavimentação (terra, calçamento, blocos de concreto intertravados e asfalto), na cidade de Sobral, de setembro de 2016 a novembro de 2016. Para cada rua, realizou-se medições nos turnos da manhã (de 9h às 11:30h), tarde (de 14h às 16:30h) e noite (de 18h às 20:30h), medidas nas alturas de 0,5m, 1,0m, 1,5m e 2,0m, totalizando 1.008 medições (3 termômetros x 7 ruas x 4 tipos de pavimentação x 3 turnos x 4 alturas).

As normas utilizadas para as medições de temperatura foram: Norma de Higiene Ocupacional - NHO 06 (FUNDACENTRO, 2002); a Norma Regulamentadora NR-15, do Ministério do Trabalho e Emprego (BRASIL, 1978) e o Manual de Instruções do fabricante (INSTRUTHERM, 2015), enquanto o instrumento utilizado nas medições foi: MEDIDOR DE STRESS TÉRMICO, **TERMÔMETRO DE GLOBO DIGITAL PORTÁTIL**; Modelo TGD-200; Marca: INSTRUTHERM; Nº. Código de Barras/ Nº. Série



06112300192991, com módulo sensor Globo: esfera de cobre com diâmetro de 6" (152,4mm), com haste central; Bulbo úmido: haste c/copo de 100ml e cordão de pano; Bulbo seco: haste para temperatura ambiente, devidamente calibrado.

A temperatura de globo refere-se a um termômetro dentro de um globo de 6", pintado de preto, que absorve radiação. O termômetro de bulbo úmido é inserido dentro de uma malha porosa de algodão, que fica mergulhada num recipiente contendo água destilada, com o máximo de umidade relativa do ar possível para aquele ambiente. O termômetro de bulbo seco mede a temperatura do ambiente em suas condições atuais.

Para o registro das medições foi tolerado um desvio de até 0,5°C simultâneo para os três tipos de temperatura, ou seja, foram consideradas as temperaturas médias de três medições seguidas, quando as mesmas obtiveram uma variação máxima de 0,5°C para temperatura de globo, à bulbo seco e à bulbo úmido.

O posicionamento dos termômetros seguiu as recomendações e orientações das normas citadas anteriormente neste trabalho, posicionado no local de medição, de maneira que os sensores ficassem todos alinhados segundo um plano horizontal.

Após levantadas as medições de temperatura, montou-se quadros e tabelas com o objetivo de fazer uma análise comparativa entre os valores de temperatura encontrados para cada tipo de pavimentação, além de verificar a influência da altura em relação ao solo. O fato de ter sido realizado nos períodos da manhã, tarde e noite permitiu inferir qual tipo de pavimento está sujeito a uma maior variação térmica diária.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média geral de temperaturas, considerando todos os turnos, alturas e tipos de temperaturas, segundo cada tipo de pavimentação estão apresentadas no Quadro 1 abaixo:

Quadro 1 – Média geral da temperatura, segundo o tipo de pavimentação.

Tipo de pavimentação	Temperatura média (°C)	Diferença (°C)	Diferença acumulada (°C)
Terra	32,67	0,00	0,00
Calçamento	33,09	+0,42	+ 0,42
Blocos intertravados	33,73	+0,64	+1,06
Asfáltica	34,32	+0,59	+1,65

Fonte: própria, 2016.

Percebe-se a seguinte ordem crescente de temperatura: pavimentação de terra, com menores temperaturas, seguida da pavimentação de calçamento; depois, pavimentação de blocos de concreto intertravados; e, por último, a pavimentação

asfáltica, com as temperaturas mais elevadas. Portanto, a opção de asfaltar as ruas de terra, por exemplo, eleva a temperatura geral, em média, 1,65 °C, enquanto que a opção de trocar a pavimentação asfáltica por blocos intertravados, que é o que está sendo feito atualmente em Sobral, comprovou que há uma diminuição em 0,59 °C na temperatura.

No Quadro 2 abaixo, pode-se observar que em todos os turnos (manhã, tarde e noite) se manteve essa mesma ordem. O período da tarde foi quando se obtiveram as maiores temperaturas nos quatro tipos de pavimentações.

Quadro 2 – Temperaturas médias, segundo o tipo de pavimentação e turno.

<b>Tipo de pavimentação</b>	<b>Manhã (°C)</b>	<b>Tarde (°C)</b>	<b>Noite (°C)</b>
Terra	33,88	34,66	29,47
Calçamento	34,04	35,53	29,69
Blocos intertravados	34,63	36,67	29,90
Asfáltica	35,58	37,23	30,17

Fonte: própria, 2016.

Além de se comparar a temperatura dos diferentes tipos de pavimentação, a pesquisa permitiu também demonstrar a influência da altura, em relação ao terreno, na temperatura. As medições foram realizadas em 04 (quatro) alturas diferentes. Quanto à altura, conforme Quadro 3 abaixo, observou-se que também se manteve aquela mesma ordem.

Quadro 3 – Temperatura média, em °C, segundo o tipo de pavimentação e a altura, em metros.

<b>Altura (m)</b>	<b>Asfalto</b>	<b>Blocos intertravados</b>	<b>Calçamento</b>	<b>Terra</b>
<b>0,5</b>	34,82	34,10	33,40	33,07
<b>1,0</b>	34,56	33,87	33,30	32,82
<b>1,5</b>	34,10	33,60	32,93	32,57
<b>2,0</b>	33,81	33,37	32,72	32,21
<b>Diferença entre 2,0m e 0,5m (°C)</b>	1,01	0,73	0,68	0,86

Fonte: própria, 2016.

Pelo Quadro 3 acima, observa-se que a altura tem influência na temperatura para todos os tipos de pavimentação. A temperatura diminui à medida que aumenta a altura. Para pavimentação asfáltica, a diferença entre a temperatura a 2,0m e a de 0,5m foi a maior, ou seja, de 1,01 °C.

Sabe-se que, quanto mais próximo da fonte de calor, maior a temperatura. Portanto, os valores obtidos para a altura de 0,5m foi superior às demais alturas, devido à proximidade com o terreno.

O Quadro 4 abaixo mostra a temperatura média à bulbo seco, à tarde. A temperatura à bulbo seco é o tipo de temperatura mais comumente utilizado. É a temperatura registrada por um termômetro comum. É aquela medida nas condições ambientais atuais, sem a absorção máxima de radiação (temperatura de globo), nem com a máxima umidade relativa do ar possível (temperatura à bulbo úmido).

Quadro 4 – Temperatura média, em °C, à bulbo seco, à tarde.

Tipo de pavimentação	Tarde (°C)	Diferença (°C)	Diferença acumulada (°C)
Terra	37,65	0,00	0,00
Calçamento	38,90	+1,25	+1,25
Blocos intertravados	39,00	+0,10	+1,35
Asfáltica	40,05	+1,05	+2,40

Fonte: própria, 2016.

Observa-se a mesma ordem: menores temperaturas na pavimentação de terra; em seguida, calçamento; depois, blocos de concreto intertravados; e a pavimentação asfáltica, com temperaturas mais elevadas. Observa-se, também, que a substituição da pavimentação de terra pela asfáltica, eleva a temperatura, em média, em 2,40°C. Enquanto que o asfaltamento de ruas com pavimentação de calçamento eleva a temperatura em 1,15 °C. Já a mudança da asfáltica pela pavimentação de blocos intertravados, diminui a temperatura média em 1,05 °C.

As temperaturas registradas mais uma vez demonstram que o asfalto é a pavimentação com maior influência no aumento da temperatura, sendo o maior causador das chamadas ilhas de calor. A pavimentação de calçamento e de blocos de concreto intertravados possuem propriedades parecidas, por isso, as temperaturas são próximas. A terra possui uma cor mais clara, refletindo a luz solar, fazendo com que a pavimentação de terra possua as menores temperaturas.

#### 4. CONCLUSÕES

Os valores das temperaturas para cada tipo de pavimento deixam claro que o asfalto é o maior contribuinte para a elevação da temperatura e consequente formação das ilhas de calor, pois as temperaturas registradas no mesmo apresentaram valores que superam os demais tipos de pavimentação estudados.

Percebe-se que, em ordem crescente de temperatura, ficou o seguinte: pavimentação de terra, com menores temperaturas, seguida da pavimentação de calçamento; depois, pavimentação de blocos de concreto intertravados; e, por último, a pavimentação asfáltica, com as temperaturas mais elevadas.

Interessante observar que em todos os turnos (manhã, tarde e noite) se manteve esta mesma ordem, sendo que o período da tarde foi o turno em que se obtiveram as maiores temperaturas, nos quatro tipos de pavimentação estudados.

Quanto à altura, observou-se que também se manteve a mesma ordem.

A opção de asfaltar as ruas de terra, eleva a temperatura geral, em média, 1,65 °C, enquanto que a opção de trocar a pavimentação asfáltica por blocos intertravados, comprovou que há uma diminuição em 0,59 °C na temperatura média geral.

Observou-se que a altura tem influência na temperatura para todos os tipos de pavimento. A temperatura diminui à medida que aumenta a altura, sendo que para pavimentação asfáltica, a diferença entre a temperatura a 2,0m e a de 0,05m foi a maior, ou seja, diminuiu em 1,01 °C.

Especificamente quanto à temperatura à bulbo seco, no período da tarde, os resultados mostraram que novamente manteve-se a mesma ordem, com menores temperaturas para a pavimentação de terra; em seguida, calçamento; depois, blocos intertravados; e a pavimentação asfáltica, com temperaturas mais elevadas.

Ainda considerando somente a temperatura à bulbo seco, no período da tarde, observa-se que a diferença na escolha da pavimentação de terra pela asfáltica, eleva a temperatura, em média, em 2,40°C. Enquanto que o asfaltamento de ruas com pavimentação de calçamento eleva a temperatura em 1,15 °C. Já a mudança da pavimentação asfáltica pela pavimentação de blocos intertravados, diminui a temperatura média em 1,05 °C.

Sem dúvida que a escolha, por parte do gestor público, do tipo de pavimentação das ruas de uma cidade deve ser bem criteriosa, pois tem grande influência na temperatura ambiente nas ruas, o que reflete na melhor ou pior qualidade de vida de seus habitantes.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR 15 - Atividades e Operações Insalubres – CIPA. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1978. Disponível em: < <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO15.pdf> > Acesso em: 29 set 2016.

FUNDACENTRO. Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. Norma de Higiene Ocupacional – Procedimento Técnico. NHO 06. Avaliação da exposição ocupacional ao calor. São Paulo: FUNDACENTRO, 2002. Disponível em <<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene-ocupacional/publicacao/detalhe/2013/3/nho-06-avaliacao-da-exposicao-ocupacional-ao-calor>>. Acesso em: 23 set 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 15 jun 2016.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <<http://g1.globo.com/ceara/noticia/2015/01/temperatura-em-sobral-no-interior-do-ceara-e-maior-do-brasil-em-2015.html>>. Acesso em 12 jun 2016.

INSTRUTHERM. Manual de Instruções. Medidor de stress térmico digital portátil modelo TDG-200. São Paulo: Instrutherm, 2015. Disponível em: <<http://www.criffer.com.br/uploads/TGD-200-2015-II.pdf>>. Acesso em 23 set 2016.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Perfil Básico Municipal de Sobral, 2013. Disponível em <[http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil\\_basico/pbm-2013/Sobral.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2013/Sobral.pdf)>. Acesso em 10 jun 2016.

Marconi, M.A. Lakatos, E.M. Metodologia do Trabalho Científico. 2.ed. São Paulo: Atlas, 1987.

## **CAPÍTULO XVI**

### **INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND PELA CINZA DE LODO DE ESGOTO PROVENIENTE DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO**

---

**Tharlys Híkaro Pinheiro Silva  
Hellen de Araújo Costa Rodrigues  
Maria de Lourdes Teixeira Moreira**

# INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND PELA CINZA DE LODO DE ESGOTO PROVENIENTE DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO

**Tharlys Híkaró Pinheiro Silva**

Universidade Federal do Piauí

Teresina - Piauí

**Hellen de Araújo Costa Rodrigues**

Universidade federal do Piauí

Teresina – Piauí

**Maria de Lourdes Teixeira Moreira**

Universidade Federal do Piauí

Teresina – Piauí

**RESUMO:** A busca pelo aproveitamento de resíduos provenientes de quaisquer atividades tem aumentado, motivada principalmente, pela preocupação em diminuir os impactos provocados pela deposição desses resíduos no meio ambiente. Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência da substituição parcial do cimento pela cinza de lodo de esgoto (CLE) proveniente de lagoas de estabilização sobre a resistência à compressão do concreto. A cinza de lodo de esgoto utilizada na pesquisa é proveniente da lagoa de estabilização da Estação de Tratamento de Esgoto da Zona Leste de Teresina - ETE-Leste. Foram moldados corpos de prova com CLE em substituição ao cimento nas proporções de 5%, 10% e 20%, além de um concreto de referência com os mesmos materiais. Por ocasião da moldagem dos corpos de prova foi realizado o ensaio do abatimento do tronco de cone e com 7 e 28 dias de cura executou-se o ensaio de resistência à compressão axial. Já durante a execução do ensaio de abatimento do tronco de cone foi possível perceber diferenças entre os concretos obtidos, tendo os concretos de maior porcentagem de CLE apresentado menor valor do abatimento. Com referência às resistências dos concretos ocorreu uma pequena redução da resistência à compressão para os valores de 5% e 10% de substituição e uma queda mais acentuada para o valor de 20%. Os concretos com porcentagem de CLE 0%, 5% e 10% foram classificados como concretos estruturais, entretanto o concreto com porcentagem de CLE 20% classificou-se como não estrutural.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo. Cinza. Concreto. Resistência à Compressão.

## 1. INTRODUÇÃO

Lodo de esgoto é um resíduo rico em matéria orgânica gerado durante o tratamento das águas residuárias nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs). No início da implantação das ETEs no Brasil até alguns anos atrás e ainda hoje, ilegalmente praticado, o destino do resíduo gerado (lodo de esgoto) vinham sendo os cursos d'água próximos às estações. Entretanto essa prática foi questionada devido aos riscos à saúde humana e ao meio ambiente, como por exemplo, a

situação caótica criada no rio Tietê, em São Paulo, que ocasionou a morte do rio no trecho que banha a cidade (PIRES,2006).

A partir de 1990 foram criados conjuntos de leis que regulamentam descargas de poluentes nos ambientes aquáticos, porém, a disposição mais comumente utilizada hoje em dia, devido a essa preocupação ambiental e que mesmo assim não resolve completamente o problema, são os aterros sanitários.

A indústria da construção é um grande consumidor de recursos e materiais, o que faz dela um setor com enorme potencial para o aproveitamento tanto de materiais residuais gerados pelas suas próprias atividades como de materiais gerados por outros setores. Já existem alguns estudos que visam a utilização do lodo de esgoto na agricultura, como insumo agrícola e fertilizante, e até mesmo na construção civil.

O concreto é usado praticamente em todas as obras de construção civil. Segundo a Federación Iberoamericana Del Hormigón Premesclado (FIHP) são consumidas aproximadamente 1,9 toneladas de concreto por habitante por ano, valor inferior apenas ao consumo de água. No Brasil, o concreto que é retirado de centrais dosadoras é de aproximadamente 30 milhões de metros cúbicos (INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO (IBRACON), 2009).

Um problema ambiental existente na fabricação do concreto reside na fabricação do próprio cimento, pois além de consumir 2% de toda a energia global, as cimenteiras também são responsáveis por 5% da emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de todo o mundo (na produção de uma tonelada de clínquer, é produzida uma tonelada de CO<sub>2</sub>).

Uma das formas de amenizar os impactos da produção de cimento no meio ambiente é substituir parcialmente, em construções, o cimento por outros materiais (ECYCLE, acesso em 05 mai. 2015).

Tamanha importância do concreto faz com que cada vez mais se busque meios sustentáveis e eficazes para minimizar os problemas ambientais, ao mesmo tempo em que se busca garantir a eficácia das propriedades do concreto na construção civil.

Pesquisa com lodo calcinado para obtenção de cimento aponta que as cinzas do material possuem atividade pozolânica (Tay& Show, 1991 apud PEREIRA, 2012). Logo, é possível que esse material possa melhorar ou manter as propriedades mecânicas do concreto sendo um substituto parcial do cimento.

## **2. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA**

O uso da cinza de lodo de esgotos (CLE) oriunda da ETE, composta por lagoas de estabilização como substituto parcial do cimento na fabricação do concreto tem por objetivo reduzir os impactos ambientais originados pela fabricação do cimento e pela deposição destes resíduos na natureza, desde que garantida a segurança ao ser utilizado. Para auxiliar nesta problemática, neste trabalho verificou-se a viabilidade do aproveitamento do lodo gerado na ETE - LESTE da cidade de Teresina,



no estado do Piauí, e desenvolveu-se estudo sobre a influência da substituição parcial do cimento Portland pela cinza deste lodo.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para determinação do traço a ser utilizado no concreto utilizou-se uma dosagem racional já estabelecida por empresa especializada, em função dos resultados dos ensaios de caracterização dos materiais realizados com os mesmos materiais utilizados na pesquisa, variando apenas a quantidade de cimento em função da porcentagem de lodo que o substitui. O traço foi determinado para obter-se um concreto de resistência característica à compressão de 30 MPa.

#### **3.1. MATERIAIS**

##### **3.1.1. Cinza de lodo de esgoto (CLE)**

A CLE foi proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto – AGESPISA. Este material foi entregue já na forma de cinza e foi submetido ao peneiramento na peneira N° 200, malha de 0,075mm, para remover alguns sólidos grosseiros presentes na amostra.

##### **3.1.2. Cimento**

Foi adquirido no comércio local de Teresina-Pi. O cimento utilizado foi o POTY (CP II – Z – 32) conforme especificado na dosagem. O cimento foi armazenado em local seco e protegido para evitar hidratação. Segundo a ABCP (2002), o CP II Z-32 é usado para aplicações gerais, preparo de argamassas de assentamento, revestimento, concreto simples, armado, protendido, projetado, rolado, magro, concreto-massa, elementos pré-moldados e artefatos de concreto, pisos e pavimentos de concreto dentre outros.

##### **3.1.3. Agregado miúdo**

Foi obtido através de doação do canteiro de obras da empresa J.S. ENGENHARIA, que, através de ensaios laboratoriais de caracterização, o classificou como areia fina com as seguintes características:

- Diâmetro máximo: 4,8mm;
- Módulo de Finura: 2,4;

- Massa Específica Real: 2,62kg/dm<sup>3</sup>;
- Peso Unitário: 1,44kg/dm<sup>3</sup>.

#### 3.1.4. Agregado graúdo

Foi obtido através de doação do canteiro de obras da empresa J.S. ENGENHARIA, que, através de ensaios laboratoriais de caracterização, o classificou como seixo fino + seixo médio (equivalente à brita 2) com as seguintes características:

- Diâmetro máximo: 25mm;
- Módulo de Finura: 7,2;
- Massa Específica Real: 2,60kg/dm<sup>3</sup>;
- Peso Unitário: 1,57kg/dm<sup>3</sup>.

#### 3.1.5. Aditivo

Utilizou-se o aditivo MASTERMIX 390 RC (aditivo plastificante polifuncional retardador de pega) que foi doado pela empresa J.S. ENGENHARIA. Esse aditivo propicia grande redução da água de amassamento com conseqüente aumento da resistência à compressão, aumento do tempo de trabalhabilidade e aumento do tempo de pega. Foi utilizado na dosagem de 170 ml/saco de cimento.

#### 3.1.6. Água

Foi utilizada a água encanada proveniente da concessionária local.

### 3.2. MÉTODOS

Com o traço dos materiais componentes do concreto estabelecido, determinou-se a quantidade de lodo necessária no traço substituindo, parcialmente, o cimento por uma porcentagem de cinza de lodo. O número de corpos de prova que foram feitos, assim como as porcentagens de cinza de lodo e as idades de ensaio adotadas podem ser vistas na tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Quantidade de corpos de provas, porcentagem da cinza de lodo de esgoto e idades a ensaiar.

Adição de cinza de lodo de esgoto	Nº de corpos de prova	Nº de corpos de prova por idade dos ensaios	
		7 dias	28 dias
0%	4	2	2

5%	4	2	2
10%	4	2	2
20%	4	2	2

Todos os materiais foram pesados com balança de aproximação de três casas decimais para tornar o traço preciso. O concreto foi confeccionado manualmente, pois após uma tentativa de preparo em betoneira verificou-se que, por ser uma pequena quantidade, o material ficava preso no fundo da betoneira e não se misturava. Na produção do concreto de referência, 0%, executado manualmente, utilizou-se a seguinte ordem dos materiais: agregado miúdo, cimento, agregado graúdo e água. Na produção dos demais concretos, com porcentagens maiores que 0%, utilizou-se a ordem: agregado miúdo, cimento e CLE, agregado graúdo e água.

Com o concreto executado, foi realizada a moldagem dos corpos de prova em formato cilíndrico com 100x200 mm (diâmetro e altura) para todas as composições. Devido ao adensamento manual e o diâmetro de 100 mm dividiu-se a moldagem de cada corpo de prova em duas camadas com 12 golpes cada camada, conforme os procedimentos para moldagem presentes na NBR 5738 (2015).

Concomitante com a moldagem dos corpos de prova foi realizado o ensaio de abatimento do tronco de cone, conforme ABNT NBR NM 67 (1998) que determina a consistência do concreto, prevista em dosagem de  $8\text{cm} \pm 2$ .

Decorridas 24 horas da moldagem dos corpos de prova foi realizada a desmoldagem. Após desmoldados, os corpos de prova foram identificados e armazenados em tanque com água à temperatura ambiente por 7 e 28 dias. Como tanque de cura utilizaram-se duas fôrmas, ou cubas, para lajes. Os corpos de prova foram identificados e armazenados.

Atingida a idade de rompimento, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio mecânico, para a obtenção da resistência a compressão, conforme a norma ABNT NBR 5739 (2007), respeitando a tolerância de tempo para o ensaio de compressão em função da idade de ruptura. Para a realização do rompimento por compressão axial foi utilizado o Laboratório de Ensaio Mecânicos do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Piauí. A máquina utilizada para os ensaios é de fabricação da EMIC, modelo PC200C e capacidade máxima de 2000KN. Para cada idade e porcentagem de CLE foram submetidos ao ensaio dois corpos de prova e a resistência à compressão foi obtida através da média aritmética.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. ENSAIO DE ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE

O abatimento do tronco de cone para cada porcentagem de CLE pode ser visto na tabela 2.

Tabela 2. Resultados do ensaio de consistência

Porcentagem de CLE	Abatimento (cm)
0%	8,5
5%	8
10%	8
20%	7

É possível observar pelo resultado que todos os valores de abatimento se encaixam no valor previsto na dosagem racional,  $8 \pm 2$  cm. Contudo também é possível observar a queda da trabalhabilidade quanto maior é a porcentagem de lodo presente, sugerindo uma maior absorção de água para valores maiores de CLE presentes.

Segundo Petrucci (1998), valores de abatimento entre 5 e 12 cm constituem uma consistência plástica (média) e são indicados para estruturas correntes de concreto. Segundo a ABNT NBR 8953 (2015), o concreto, para todas as porcentagens, é classificado na classe de consistência S50.

#### 4.2. ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

Nas tabelas 3 e 4 é possível observar os valores de resistência à compressão para os corpos de prova curados com 7 e 28 dias, respectivamente.

Tabela 3. Resultado do rompimento de corpos de prova (7 dias)

Identificação corpos de prova	Porcentagem de CLE	Idade de ensaio (dias)	Resistência a Compressão (MPa)	Média (MPa)
Amostra 1	0%	7	16,86	17,35
Amostra 2			17,84	
Amostra 1	5%	7	18,69	17,28
Amostra 2			15,87	
Amostra 1	10%	7	16,95	16,01
Amostra 2			15,06	
Amostra 1	20%	7	8,1	9,34
Amostra 2			10,58	

Tabela 4. Resultado do rompimento de corpos de prova (28 dias)

Identificação corpos de prova	Porcentagem de CLE	Idade de ensaio (dias)	Resistência a Compressão (MPa)	Média (MPa)
Amostra 1	0%	28	27,75	28,65
Amostra 2			29,55	
Amostra 1	5%	28	27,76	27,79
Amostra 2			27,81	
Amostra 1	10%	28	26,42	24,81
Amostra 2			23,2	

Amostra 1			19,39	
Amostra 2	20%	28	18,03	18,71

Percebe-se, pelo resultado, uma redução do valor da resistência com o aumento da porcentagem de lodo presente no concreto. Para os valores de 5% a 10% observa-se uma variação pequena da resistência e a manutenção do concreto nos valores aceitáveis para um concreto estrutural. Já para a porcentagem de 20% observa-se uma queda mais acentuada do valor da resistência, valor esse que classifica esse concreto abaixo da classe C20, tornando-o não estrutural.

## 5. CONCLUSÃO

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a resistência à compressão do concreto com adição de cinza de lodo de esgoto como substituto parcial do cimento. Este material foi escolhido por dois motivos principais: ambiental, visando redução dos impactos, e econômico, visando redução do consumo de cimento, principalmente.

Constatou-se, através dos resultados que para valores entre 5% e 10%, de adição de CLE, a resistência à compressão do concreto manteve-se semelhante ao concreto de referência, 0%. Para valores superiores, 20%, pôde-se perceber uma queda significativa do valor da resistência, provavelmente devido ao baixo efeito pozolânico da CLE, tornando não recomendado seu uso para fins estruturais.

Percebe-se que a CLE não apresenta nenhuma melhoria para o concreto, nas propriedades mecânicas, servindo, apenas, nos valores de 5 e 10% de adição de CLE, como uma forma de redução do consumo de cimento. Essa redução do consumo de cimento além de diminuir os impactos ambientais causados pela própria produção do cimento serve também para a redução dos impactos ambientais causadas pela disposição da CLE no meio ambiente.

Havendo parceria entre estações de tratamento de esgoto e empresas, existe a possibilidade de redução de custos, uma vez que as estações de tratamento não se preocupariam com os gastos relativos à disposição da CLE e as empresas diminuiriam o consumo de cimento, que constitui um grande gasto na construção civil.

Conclui-se então que, do ponto de vista da resistência mecânica, a utilização da CLE é bem possível, tanto para fins estruturais como para fins não estruturais e, apesar de não beneficiar o concreto com aprimoramento de propriedades mecânicas, beneficia o meio ambiente através da retenção, no concreto, dos materiais nocivos ao meio ambiente presentes na CLE.

Vale ressaltar a necessidade de realização de ensaios adicionais, com a avaliação de outras propriedades mecânicas, como a resistência à tração e ao cisalhamento. Igualmente importantes são ensaios destinados a avaliar tanto a lixiviação como a solubilização da cinza, pois associados a elas estão tanto a redução da durabilidade do material, pelo aumento da porosidade, como a possibilidade do

retorno do material poluente ao ambiente, podendo vir inclusive a comprometer a saúde dos usuários das estruturas.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5738**: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

**ECYCLE - Processo de produção do cimento gera emissões e pode diminuir biodiversidade.** Disponível em:

<<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/35/1569-processo-de-producao-do-cimento-gera-emissoes-e-pode-diminuir-biodiversidade.html>>. Acesso em: mai. 2015.

IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem.** Revista Concreto & construções, 2009. São Paulo.

PEREIRA, Kiev Luiz de Araújo. **Estabilização de um solo com cimento e cinza de lodo para uso em pavimentos.** Natal, RN, 2012.

PETRUCCI, Eladio G. R. **Concreto de cimento Portland.** 13. ed. São Paulo: Globo, 1998.

PIRES, Adriana M. M. **Uso Agrícola do lodo de esgoto: aspectos legais.** Jaguariúna, 2006.

**ABSTRACT:** The attempt of using residue originated from any activities has increased. This is due to the search for alternatives which can reduce the amount of such residue in the environment and, as a consequence, decrease its impacts. This work aims at evaluating the compressive strength of the concrete with partial substitution of the cement in place of sewage sludge ashes (CLE) from stabilization lagoons. Sample parts were molded with sewage sludge ash in place of cement in the following proportions: 0%, 5%, 10% and 20%. By the occasion of the modeling of the sample

parts a cone trunk reduction test was carried out and within 7 and 28 days of restoration the axial compression resistance test was carried out. During the implementation of the cone trunk reduction test it was possible to notice that there was a higher absorption of water directly proportional to a higher percentage of ash, however, for all the percentages the slump value was kept within the permitted values. Referring to the test carried out for obtaining the resistance of the concrete there was a small reduction on resistance for the values 5% and 10% and a stronger decay for 20%. The concretes with 0%, 5% and 10% CLE percentage are structural concretes, and the concrete with a 20% CLE percentage was classified as nonstructural.

**KEYWORDS:** Sludge. Ash. Concrete. Compressive Strength.

## **CAPÍTULO XVII**

### **LOCALIZAÇÃO DE CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO LOGÍSTICO: UMA QUESTÃO ESTRATÉGICA**

---

**Renato Sandi Magalhães  
Henrique Haruo Sawamura  
Ingrid Lemos Caetano Silva  
Marcio Araujo Costa Silva  
Moacir Freitas Jr.**



## LOCALIZAÇÃO DE CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO LOGÍSTICO: UMA QUESTÃO ESTRATÉGICA

### **Renato Sandi Magalhães**

Faculdade de Tecnologia da Zona Sul  
São Paulo - SP

### **Henrique Haruo Sawamura**

Faculdade de Tecnologia da Zona Sul  
São Paulo - SP

### **Ingrid Lemos Caetano Silva**

Faculdade de Tecnologia da Zona Sul  
São Paulo - SP

### **Marcio Araujo Costa Silva**

Faculdade de Tecnologia da Zona Sul  
São Paulo - SP

### **Moacir Freitas Jr.**

Faculdade de Tecnologia da Zona Sul  
São Paulo - SP

**RESUMO:** A escolha da localização de uma empresa ou centro de distribuição logístico é uma decisão importante não só para a saúde financeira da empresa, mas também para promover o desenvolvimento social e ambiental. Para ser competitiva não basta somente buscar lucro, as empresas que visam à sustentabilidade são a regra. Muitos são os fatores que tornam uma localidade atrativa, entre eles, destacamos a proximidade dos fornecedores e clientes, incentivos governamentais, fornecimento de água e energia. Tais fatores contribuem para um substancial crescimento de empresas. Por outro lado, é possível notar a redução da quantidade de empresas em alguns locais. Escassez de infraestrutura, problemas com a burocracia e onerosos impostos são fatores que interferem na permanência de empresas em determinados locais. Nesse trabalho explicaremos quais fatores contribuem para a aglomeração e a desaglomeração de empresas, quais considerações devem ser feitas antes de substituir a atual localidade. Para demonstrar como escolher uma nova localização para a empresa, utilizaremos a metodologia denominada média ponderada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Localização; Centro de Distribuição Logístico; Média Ponderada; Aglomeração; Desaglomeração

## 1. INTRODUÇÃO

A localização de uma empresa ou centro de distribuição logístico é fundamental para garantir a sua competitividade. Um dos principais fatores que levam um determinado local ser escolhido é a necessidade de eficiência na entrega de produtos ou serviços aos clientes. A escolha equivocada pode implicar baixos

ganhos, prejuízo ou, em um pior cenário, a falência da empresa. Portanto, o processo de escolha deve estar alinhado com suas estratégias de negócio e planos futuros, pois a realocação de uma empresa significa um alto custo.

Castro (1995) enfatiza que a eficiência do setor logístico é condição básica para a competição em todos os setores da economia.

O Brasil, país de dimensões continentais, possui diversas questões que influenciam essa decisão, como as geográficas, econômicas, culturais, legislações específicas, acesso à infraestrutura de transporte, entre outras.

Apesar do avanço do setor de transportes no Brasil, muita coisa deve ser feita para melhorar o escoamento da produção.

Nos grandes centros, as condições das estradas são em seu número boas, mas quando vamos ao interior, as dificuldades para o transporte da safra é notada pela dificuldade que os caminhões têm para se locomover.

A falta de investimentos em hidrovias e a ausência de uma ferrovia interligando a região oeste ao leste contribuem para que o atraso logístico cresça e afaste os investidores.

O governo brasileiro deixou em segundo plano o sistema de transporte para cuidar da economia tentando até o momento com sucesso estabilizar a economia, mas o crescimento é pequeno, haja vista os números recentes do PIB.

Comércio, serviços ou indústria, cada segmento possui prioridades específicas quando buscam uma nova localidade. Antes de selecionar o local, é necessário analisar uma série de fatores para antecipar as necessidades futuras da empresa. É importante considerar as políticas e planos de expansão da empresa, os planos de diversificação dos produtos, a possibilidade de trocar de mercado alvo e as fontes de matéria prima. As indústrias, em sua grande maioria, buscam minimizar seus custos preferindo locais com estrutura tributária favorável e/ou próximo aos seus fornecedores de matéria-prima, por exemplo. Por outro lado, para o comércio é interessante estar próximo ao seu mercado consumidor.

Em geral, a escolha será baseada em todos os aspectos favoráveis para o crescimento da empresa.

## **2. METODOLOGIA**

Nesse estudo de caso sobre a localização das empresas do setor automobilístico, foi empregada a metodologia denominada média ponderada. A média ponderada é uma relação matemática que atribui peso para cada informação. É um método racional de confrontar e avaliar alternativas de microlocalização, que pondera vários fatores locais.

Esse método engloba fatores quantitativos e qualitativos. Nele são considerados quais fatores são críticos para determinado segmento de empresa e, em seguida, são atribuídos pesos baseados na importância relativa de cada um deles (menor nota = ruim e maior nota = excelente). O próximo passo é avaliar as potenciais localizações e sugerir notas para cada fator. Efetua-se a multiplicação

entre peso e nota que a localização recebeu para o fator em questão. Somam-se os resultados das multiplicações obtendo a pontuação final.

Comparam-se as pontuações finais de cada localização e aquela que possuir maior resultado será o local mais indicado para implantar a empresa ou indústria.

### 3. RESULTADOS

O setor automobilístico está migrando para o interior dos estados brasileiros e deixando os grandes centros. A qualidade de vida aliada a mão de obra qualificada e uma infraestrutura que facilita o escoamento da produção impacta na decisão das indústrias para a abertura de novas filiais.

Segundo a reportagem publicada no site<sup>2</sup>, o número de indústrias instaladas no interior paulista supera o número do ABC, na grande São Paulo. Essa migração já era percebida desde em 1976, com a Fiat instalando uma de suas unidades na cidade de Betim/MG, expandindo-se pelos anos 90 para outros centros.

Tabela 1 – Investimentos em novas plantas

<b>Distribuição dos Investimentos - Novas Plantas</b>	
Rio Grande do Sul	<b>10%</b>
Minas Gerais	<b>19%</b>
Rio de Janeiro	<b>12%</b>
São Paulo	<b>8%</b>
Paraná	<b>33%</b>
Bahia	<b>18%</b>

Fonte: BNDS, 1999.<sup>3</sup> Adaptados pelos autores.

O BNDS (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) publicou em setembro de 1999 em seu site um estudo referente à desconcentração regional da produção de veículos no estado de São Paulo e conclui que a grande maioria das indústrias automotivas está instalando suas novas fábricas no interior do estado de São Paulo.

Algumas cidades citadas na reportagem já contavam como uma infraestrutura, como acesso a rodovias e outros serviços essenciais. Escolas técnicas e faculdades instaladas na cidade facilitam a seleção de mão de obra qualificada, um dos pontos preponderantes para a decisão e escolha de uma nova localidade para uma nova filial ou abertura da sede.

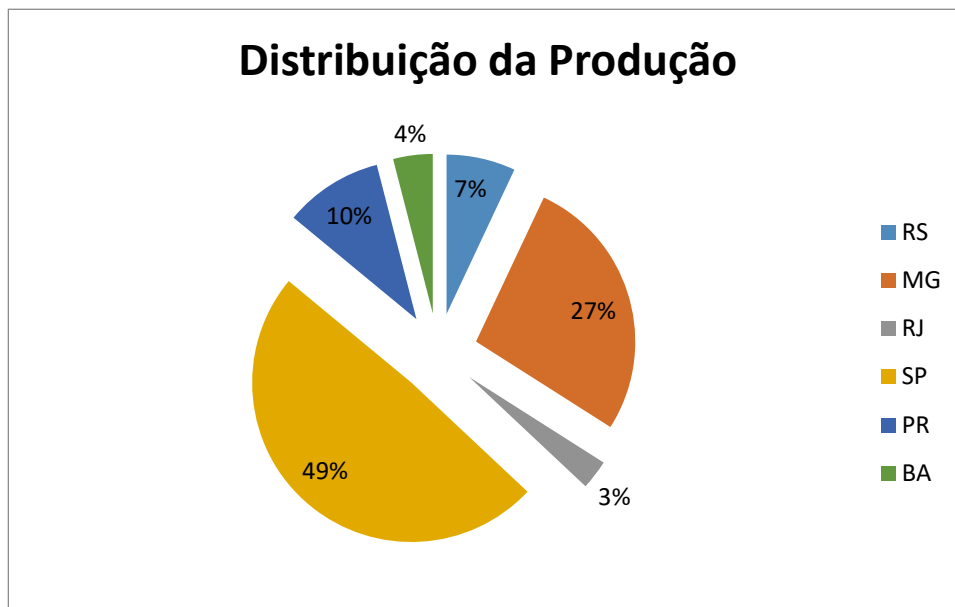
Em outras cidades, no caso específico de Iracemápolis, o SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) inicia a construção de uma nova sede com

<sup>2</sup> Disponível em: <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,polo-caipira-das-montadoras-vai-superar-o-abc,167957e> (consultado em 10/10/2014)

<sup>3</sup> Disponível em: [http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/setorial/get2is26.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/setorial/get2is26.pdf) (consultado em 10/10/2014)

capacidade para 1, 5 mil alunos e com isso a nova filial da Mercedes Bens contará com uma mão de obra qualificada já a partir de 2015 quando iniciará suas operações.

Gráfico 1 - Distribuição da Produção de veículos.



Fonte: BNDS, 1999.<sup>4</sup>

Segundo Moreira (2012), uma preocupação é que as comunidades dependem diretamente dessas empresas, o que leva as companhias a refletirem, pois em caso de demissões, graves problemas sociais podem surgir, mas no caso específico dessa cidade, a Mercedes Bens agregam mais postos de trabalho, já que existe em funcionamento na cidade a Usina Iracema gerando receitas aos cofres públicos.

O governo do estado de São Paulo conta com a Investe, órgão que fomenta os investimentos atraindo novos investidores para o estado. Segundo seu presidente, Luciano de Almeida, através da reportagem supracitada, essa migração das indústrias será um divisor de águas para as cidades, que antes contavam com receitas de outras atividades, agora com as indústrias, o desenvolvimento urbano crescerá. Luciano ainda cita o caso da Hyundai que escolheu a cidade de Piracicaba para instalar sua nova fábrica e diz que o que levou a Hyundai a escolher a cidade não foi apenas a mão de obra qualificada, mas sim a cadeia de fornecedores existente na região, pois num raio de 30 km é possível montar um carro completo com os fornecedores existentes nas cidades próximas, tornando a região num grande polo de autopeças.

Segundo a Investe, o acesso a grandes áreas próximas as rodovias tem pesado na escolha e as áreas próximas às rodovias Anhanguera, Bandeirantes e

<sup>4</sup>Disponível

[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/setorial/get2is26.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/setorial/get2is26.pdf) (consultado em 10/10/2014)

em:

Castelo Branco têm atraído os investimentos do setor automobilístico.

Tabela 2 - Principais cidades que atraem montadoras.

Principais Cidades Paulistas que Atraem Montadoras						
	Longevidade	Renda	Educação	IDHM	Classificação	Posição no Brasil
São Caetano do Sul	0,887	0,891	0,811	0,862	Muito Alto	1°
Santo André	0,861	0,819	0,769	0,815	Muito Alto	14°
São Bernardo do Campo	0,861	0,807	0,752	0,805	Muito Alto	28°
Campinas	0,860	0,829	0,731	0,805	Muito Alto	28°
Piracicaba	0,848	0,797	0,717	0,785	Alto	92°
Iracemápolis	0,863	0,742	0,729	0,776	Alto	168°
Limeira	0,852	0,761	0,719	0,775	Alto	178°
Mauá	0,852	0,721	0,733	0,766	Alto	274°

Fonte: Autores<sup>5</sup>.

Em termos de números, o presidente da Anfavea (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automóveis), Luiz Moan, em entrevista na mesma reportagem supracitada, estima que R\$ 74 bilhões serão investidos no Brasil, o que elevará a capacidade de produção de 5,8 milhões de veículos ano.

Novos empregos estão sendo criados e especificamente em Piracicaba com a instalação da fábrica da Hyundai, dois mil postos de trabalhos diretos foram criados, contando com mais 20 mil postos de trabalho indiretos.

#### 4. DISCUSSÃO

Os grandes centros estão perdendo espaço para as cidades do interior. Não é a falta de mão de obra qualificada que está impactando na decisão de não instalar mais as indústrias na grande São Paulo e outros grandes centros, mas muitas restrições que as empresas veem sofrendo em suas operações. Os altos índices de criminalidade, restrições à locomoção da frota e as operações de carga e descarga corroboram com a informação publicada nessa reportagem. A grande São Paulo possui escolas técnicas e faculdades que formam milhares todos os anos, capacitando para o trabalho nas indústrias, mas seus índices de criminalidade, trânsito caótico e restrições à mobilidade impactam nessa migração.

Percebe-se que, em alguns casos, já existe uma cadeia de fornecedores

<sup>5</sup> Dados obtidos através do site: <http://g1.globo.com/economia/idhm-2013/index.html>, acessado em 20/04/2014.

próxima a essas cidades, o que facilita a produção, otimizando o tempo de espera pela chegada de material.

As rodovias paulistas têm uma condição boa se comparada a outros estados e o acesso ao porto de Santos é facilitado para o escoamento da produção.

Segundo Porter (1989), o principal objetivo da localização é criar uma vantagem competitiva agregando valor com a redução de custos ou simplesmente de uma forma melhor que os seus concorrentes.

A localização ideal garante maior competitividade ao proporcionar a redução dos custos e do tempo do ciclo de produção e, conseqüentemente, o aumento da lucratividade e da produtividade.

A decisão de uma nova localidade não é importante apenas para o futuro da empresa, mas também para a comunidade local e para o meio ambiente. O local deve possuir destino certo para os resíduos industriais, por exemplo. A comunidade não deve ser muito dependente da empresa, pois uma crise na empresa implicaria graves problemas sociais. Portanto, a escolha de um local deve ser realizada de modo sustentável, ou seja, deve promover o desenvolvimento econômico, social e ambiental.

## 5. CONCLUSÃO

Diversos são os fatores que tornam uma localidade interessante. Percebemos, nesse estudo de caso do setor automobilístico que a migração das indústrias do setor deve-se não tão somente a relação qualidade de vida/custo, mas também pelas facilidades que as regiões propiciam.

Entretanto, cada segmento da economia possui fatores chaves para garantir sua competitividade. Enquanto para algumas empresas é vital estar próximo de seus fornecedores, outras criam sua vantagem ao estarem próximas de seus consumidores finais. Na maioria dos casos a presença de concorrência é nociva, entretanto, alguns segmentos se beneficiam dessa suposta ameaça, como as concessionárias de automóveis, por exemplo.

Portanto, podemos afirmar que não existe uma regra específica para se determinar uma localidade. Essa escolha é dinâmica, porém deve estar alinhada com os objetivos e a realidade da empresa.

Por outro lado, uma decisão sem as devidas considerações pode ter implicações catastróficas para a empresa e para comunidade local. Ao observarmos a migração das fábricas de automóveis para o interior de São Paulo, concluímos que sua estratégia se baseia em estar próximas dos fornecedores de peças e dos grandes pólos formadores de mão-de-obra especializada, obtendo assim redução nos custos e aumento da produtividade. Os veículos são produtos com grande valor agregado, sendo assim, não há necessidade de estarem muito próximos aos mercados consumidores.

Os métodos que auxiliam na decisão de uma nova localidade demonstrados nesse trabalho – média ponderada e centro de gravidade - não determinam o local

exato para a implantação, mas indicam uma região que possui todos ou uma boa parte dos fatores críticos para a empresa. Sendo assim, cabe ao administrador escolher o melhor sítio dentro da região.

## REFERÊNCIAS

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística Empresarial** – 5ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CARDOSO, P. A. **Gestão de operações e logística II** /. – 2. ed. reimp . Florianópolis : Departamento de Ciências da Administração / UFSC; [Brasília] : CAPES : UAB, 2012.

CÔRREA, H. L.; CÔRREA, C. A. **Administração de produção e de operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica/**. - 1º Ed. - 4º reimpr. - São Paulo: Atlas, 2011.

KRAJEWSKI, L. J; RITZMAN, L. P. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

KUMAR, S. A.; SURESH, N. **Production and Operations Management**. New Delhi: New Age International, 2006.

MERLO, F. **Gestão da Produção e Logística**. São Paulo: Anhembi Morumbi, 2013.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações** – 2º Edição. Brasil: Cengage Learning, 2008.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)**. Curitiba: UniceP, 2007.

WEBER, A. **Theory of Location Of Industries**. University of Chicago, 1929.

**ABSTRACT:** The choice of distribution centre's or companies' locations have been studied over the years. This decision is not only important for the company financial health but also to promote social and environmental development. Nowadays, pursuing profit is not enough to be competitive, companies which aim sustainability are the norm. Several are the reasons that make a location so enticing, among of which are proximity of customer and suppliers, government incentives, water and energy supply, for instance. Due to these factors, in a specific area, the number of companies waxed at an impressive rate. In contrast to this scenario, some reasons make the deployment and permanence of companies just unviable, the dearth of infrastructure, red tape's hassles and burdensome taxes, for instance. These factors explain why, in specific areas, the number of companies has dwindled until its extinction. In this essay we are going to explain which factors contribute for companies' agglomeration and deagglomeration, which considerations should be done before replacing the current location. There are several methods and tools that

could be adopted to chose the ideal location. However, in order to demonstrate how to choose a new company's location, we are going to use a methodology known as weighted average.

**PALAVRAS-CHAVE:** Localization; Distribution Centre; Weighted Average; Agglomeration; Deagglomeration.



## **CAPÍTULO XVIII**

### **NOVA TRANSVERSAL FERROVIARIA ALPINA (NTFA): IMPACTOS SOCIAIS E ECONÔMICOS**

---

**Amauri Castilho Dias  
Jefherson Deconto  
Edilson Redon Battini  
Oliver Jürg Lips  
Bruno Toribio Xavier**

## NOVA TRANSVERSAL FERROVIÁRIA ALPINA (NTFA): IMPACTOS SOCIAIS E ECONÔMICOS

### **Amauri Castilho Dias**

Acadêmico de Engenharia Civil, Faculdade Mater Dei, Pato Branco-PR, amauri\_dias@msn.com

### **Jefherson Deconto**

Acadêmico de Engenharia Civil, Faculdade Mater Dei, Pato Branco-PR, jefdeconto@gmail.com

### **Edilson Redon Battini**

Acadêmico de Engenharia Civil, Faculdade Mater Dei, Pato Branco-PR, edilson\_battini@hotmail.com

### **Oliver Jürg Lips**

Mestre em Filosofia, tradutor, oliverlips@hotmail.com

### **Bruno Toribio Xavier**

Dr. em Solos e Nutrição de Plantas, Professor Faculdade Mater Dei, Pato Branco-PR, brunotoribio@gmail.com

**RESUMO:** O presente trabalho tem por objetivo descrever os aspectos de natureza técnica relacionados com os diversos túneis, os quais fazem parte da Transversal Ferroviária Alpina, a saber: Túnel de base del San Gottardo; Túnel del Lötschberg; Túnel del Monte Ceneri; Túnel del Zimmerberg; e outros túneis de acesso. Foi dada ênfase, neste trabalho, a descrição dos aspectos técnicos do "Túnel de base del San Gottardo", sobretudo pela sua posição altimétrica com uma cobertura máxima de cerca de 2 500 metros. Devido à importância desse megaprojeto de engenharia ferroviária, foi detalhado os cenários e impactos socio-economicos na Europa central. O Túnel de base de São Gotardo (TBSG) é um túnel ferroviário em construção na Suíça. O projeto inclui dois túneis separados de uma via cada. Tal como o túnel de Lötschberg, permitirá ultrapassar rotas montanhosas e estabelecer um caminho direto para linhas de alta velocidade e comboios de carga. Prevê-se que diminua para 2h30m o tempo atual da viagem entre Zurique (Suíça) e Milão (Itália), menos uma hora do que hoje. Os extremos do túnel serão em Erstfeld, no cantão de Uri, e Bodio, cantão de Ticino. Dados obtidos indicam que 64% dos suíços aprovaram em referendo o projeto AlpTransit em 1992, sendo que, a construção do túnel iniciou-se apenas em 1996.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nova transversal ferroviária alpina, NFTA, Alptransit, NEAT

## **1. INTRODUÇÃO**

O presente trabalho trata do mais longo túnel ferroviário já projetado. É conhecido como a obra do século XXI, integrando-se na nova "Transversal Ferroviária Alpina" (NEAT). Este túnel, com 57 km de comprimento, entrará em funcionamento no final do ano de 2016. Embora idealizado em 1947, a referida construção pode

ser iniciada apenas em 2001, tendo a conclusão do túnel Gotthard Base, junto com os túneis Ceneri e Zimmerberg, que somados a outras galerias e poços escavados, vão totalizar 152 km, prevista, em sua totalidade para o ano de 2017. É quando o primeiro trem de alta velocidade vai atravessar o túnel chamado New Alpine Transversal (NEAT) à velocidade de até 250 km/h, reduzindo o tempo de viagem para 2h40 entre as duas cidades.

O custo estimado desse megaprojeto é de aproximadamente 30 bilhões de CHF (Francos Suíços o que equivale ao cambio em 10.05.2016 a mais de 100 bilhões de reais) e a Suíça investe aproximadamente a 3,5 por cento do produto interno bruto (PIB) neste megaprojeto. Esta representa um contributo substancial da Suíça para a infraestrutura de transportes europeia e é um símbolo dos valores suíços, tais como inovação, precisão e confiabilidade. O início da operação comercial pela SBB (Caminhos de Ferro Suíços) está previsto para 11 de dezembro de 2016. A UE classifica o corredor Reno-Alpes como prioritário e irá investir cerca de 25 bilhões de euros nesta ampliação nos próximos anos. O corredor está integrado na política europeia para o desenvolvimento das redes de transportes (TEN-T) e ocupa nelas um papel pioneiro. Desde os anos 80, a Suíça segue uma política de transportes sustentável, que tem como ponto central a transferência do trânsito que atravessa os Alpes da via rodoviária para a via ferroviária.

Após a conclusão das obras no Ceneri e das linhas de acesso, os comboios poderão atravessar os Alpes sem grandes subidas. Desta forma, o tempo de viagem para o transporte de passageiros entre Zurique e Lugano será reduzido em cerca de 50 minutos e um maior número de comboios de mercadorias poderão atravessar os Alpes de forma mais rápida e com menos locomotivas. A eficiência e confiabilidade do transporte ferroviário vai aumentar o que torna a via ferroviária mais competitiva e reforça o mercado interno da UE. A vantagem econômica será, assim, conciliada com a proteção do mundo alpino. A linha que atravessa o túnel de base de São Gotardo tem cerca de 30km menos que o percurso atual pela linha de montanha. Graças ao novo túnel as capacidades aumentarão, podendo, de futuro, circular até 250 comboios de mercadorias e 65 comboios de passageiros por dia. No percurso de montanha histórico do São Gotardo eram no máximo 180 comboios de mercadorias. Os comboios de passageiros irão circular no túnel com uma velocidade de até 200km/h; são possíveis mesmo de futuro velocidades de até 250km/h. Cerca de 80% do transporte de carga entre Itália e outros países europeus atravessam os Alpes, e dois terços desse total passam pelas rodovias, usando os corredores de Brenner (Áustria), Frejus e Mont Cenis (França) e Gotthard (Suíça). Todos os países vizinhos da Suíça assinaram um acordo para instalar corredores ferroviários de alta velocidade em direção ao túnel Base Gotthard.

Quando o novo túnel do Gottardo estiver terminado, a Suíça terá a primazia de possuir a passagem subterrânea mais longa do mundo, relegando ao segundo lugar a de Seikan, no Japão (54 km). O primeiro túnel ferroviário do Gottardo (1882) e posteriormente o de Simplon (1908) permitiram, de fato, que a Confederação Helvética detivesse o recorde nessa categoria.

O presente trabalho tem por objetivo descrever os aspectos de natureza

técnica relacionados com os diversos túneis, a saber: Túnel de base del San Gottardo; Túnel del Lötschberg; Túnel del Monte Ceneri; Túnel del Zimmerberg; e outros túneis de acesso. Será dada especial atenção, neste trabalho, a descrição dos aspectos técnicos do "Túnel de base del San Gottardo", sobretudo pela sua posição altimétrica com uma cobertura máxima de cerca de 2500 metros.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho trata-se de uma exposição de um estudo de caso da engenharia baseado na coleta e análise de dados secundários, bem como, de dados obtidos junto a técnicos que participaram da execução da obra.

A pesquisa realizada indica que a forma prioritária de construção desses túneis foi a escavação com um equipamento produzido por uma empresa alemã chamada Herrenknecht, na cidade Schwanau. Este equipamento tem 120 metros de comprimento e altura equivalente de um prédio de quatro andares. Devido estas proporções e também as suas funcionalidades, ganhou o apelido de tatução, pois ao menos tempo em que escava a rocha sem uso de detonações o equipamento aplica anéis de concreto para sustentação do túnel.

A mais de 2 mil metros de altitude, quatro equipamentos anteriormente descritos, fragmentaram a rocha granítica no pé da cordilheira, na maior obra do gênero atualmente em curso. Desde 2003, já moeram mais de 10 milhões m<sup>3</sup> de rocha dura.

Tabela 1. Dados técnicos da construção bruta do túnel de base do São Gotardo

Parâmetros	Comprimentos, profundidades e distâncias
Comprimento de todo o sistema de túnel e galeria	151,840 km
Profundidade eixo escavação I Sedrun	850 m
Profundidade eixo escavação II Sedrun	820 m
Diâmetro de escavação nas seções do túnel com a perfuração e detonação	8.80 até 13,08 m
Produção diária por explosão	0,8-4 m
Comprimentos de seção	3,0 a 4,5 m
Desempenho médio em condições favoráveis	Cerca de 1,0 m
Desempenho médio na construção desfavorável	11,5 m
Quantidade de explosivos (líquidos) por tee (uma explosão)	Até 400 kg
Profundidade de orifícios de colocação dos explosivos	Até 4 m
Quantidade de buracos por explosão	Até 250
Quantidade de material detonado por explosão	Até 250 m <sup>3</sup>
Número de máquinas perfuradoras	4
Força motriz máquina perfuradora (10 motores)	3.500 kW
Potência total instalada	7.800 kVA

Força de avanço	27.500kN (a 350 bar)
Revoluções/giros da máquina perfuradora	Até 6 U/min
Inclinação máxima ponto culminante norte	4,055 ‰
Inclinação máxima ponto culminante sul	6,76 ‰
Diferença de altura a partir do portal norte Erstfeld até o ao ápice	89 m
Diferença de altura a partir do portal sul em Bodio ate ao ápice	237 m
<b>Desenho geométrico da estrada no túnel</b>	
Raio horizontal	Rh, min 5'000 m
Raio de concordância vertical	Rv, min 25'000
Velocidade de condução no túnel	Max. 250 kmh
<b>Gestão de materiais</b>	
Quantidade total de material quebrado	28,2 milhões de toneladas (100%)
Material de qualidade A Adequado para coroações de pedra para a produção de concreto	9,3 milhões de toneladas (33%)
Material de qualidade B Para aterros, depósitos e recuperação	18,7 milhões de toneladas (66,3%)
Lamas do jacking Aterro Reator Nuclear	0,2 milhões de toneladas (0,7%)
Comprimento de correias transportadoras para o transporte do material escavado	Cerca de 70 km
<b>Consumo de material</b>	
Concreto	4,0 milhões de m <sup>3</sup>
Cimento	1,4 milhões de toneladas
Chapa de aço	125.000 de tonealdas
Redes de aço	3,0 milhões de m <sup>2</sup>

Fonte: AlpTransit Gotthard AG

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O grande impacto dessa obra tanto econômico como ambiental, dar-se-á pelo fato das leis da Suíça, que obriga o transporte combinado, por razões de diminuição de agentes poluentes na atmosfera e congestionamento rodoviário evitando os comboios de caminhões TIR pelo meio de suas cidades.

Além da possibilidade de transporte de grandes volumes de forma mais concentrada e mais rápida também aumentará o fluxo de passageiros em visitas aos países vizinhos de forma mais econômica e maior conforto. Além dessas melhorias no transporte de passageiros e cargas a Suíça beneficiou-se durante a construção pela geração de novos empregos e a capacidade de atração de turistas desde o início das obras em 1996 onde foram registrados a marca de mais de um milhão de turistas que visitaram ao em torno das obras.

O impacto ambiental era um dos objetivos que foram alcançados com êxito,

um dos objetivos era retirar do tráfego os caminhões que emitiam gases poluentes, dos alpes suíços e agora a Suíça conta com 260 trens de carga que viajam sobre trilhos elétricos, chegando a incrível marca de 337 milhões de toneladas por dia o equivalente a 15 mil containers diariamente.

A Suíça bancou todo o custo do projeto sem agravar aos contribuintes e ainda poderá usar a obra realizada como uma arma diplomática para barrar sanções feitas pela União Européia.

A operação do túnel São Gotardo será efetivada 100% em dezembro deste ano, beneficiando mais de 20 milhões de pessoas, a rota é crucial para o desenvolvimento econômico pois liga o sul do continente aos portos ao norte do continente.

A Europa está no quarto ano consecutivo de retomada de crescimento sem grandes mudanças no panorama atual, agora com a possibilidade da efetivação em 100% da rota que liga os extremos do continente os países europeus esperam um aditivo para acelerar esta retomada aquecendo novamente o mercado europeu.

#### **4. CONCLUSÕES**

Pode-se avaliar este túnel como a obra de engenharia do século, o túnel de base do Gotthard apresentado neste trabalho, com um olhar cético, no sentido de: É possível que uma obra desta magnitude com um altíssimo custo virar um “elefante branco?” Esta é uma preocupação dos seus construtores.

Se a companhia ferroviária não se reinventa, se nenhum novo material é usado e se a política de transportes públicos não ficar alerta as mudanças, então, o túnel de base do Gotthard estará destinado a um investimento perdido.

Imaginando que o grande fluxo de pessoas, de mercadorias e o mercado europeu continue aquecido e constantemente em rota crescimento está obra poderá ser uma obra que sele o grande interesse europeu em realização financeiro pois o ambiental com certeza foi alcançado.

#### **AGRADECIMENTOS**

Ao Oliver Lips pela tradução de todo material adquirido em alemão e pelo empenho de buscar informações junto as empresas que construíram essa obra grandiosa.

#### **REFERÊNCIAS**

Geschaeftsbericht. AlpTransit Gotthard Ceneri-Basistunnel. Disponível em: <<https://www.alptransit.ch/en/home>>. Acesso em: 12 de jun. 2016.

**ABSTRACT:** This paper aims to describe aspects of a technical nature related to the various tunnels, which are part of the Alpine Transversal Railway, namely: Base Tunnel del San Gottardo; Lötschberg tunnel del; Monte Ceneri tunnel del; Tunnel del Zimmerberg; and other access tunnels. Emphasis was placed in this work, the description of the technical aspects of the "Base Tunnel del San Gottardo", especially for its altimetric position with a maximum coverage of about 2500 meters. Due to the importance of this mega-project of railway engineering was detailed scenarios and socio-economic impacts in central Europe. The Gotthard Base Tunnel (TBSG) is a railway tunnel under construction in Switzerland. The project includes two separate tunnels one-way each. Like the Lötschberg tunnel, will overcome mountain routes and establish a direct route for high-speed trains and freight lines. It is expected to fall to 2h30m the current travel time between Zurich (Switzerland) and Milan (Italy), less an hour than today. tunnel ends will be in Erstfeld in canton Uri and Bodio, Canton Ticino. obtained data indicate that 64% of the Swiss referendum approved in the AlpTransit project in 1992, with the construction of the tunnel began only in 1996.

**KEYWORDS:** NFTA, Alptransit, NEAT

## **CAPÍTULO XIX**

### **O EMPREGO DO BAMBU EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO**

---

**Audrei Felipe Lucatelli  
Káthia J. Bitencourt Franco  
Gustavo Augusto Bebber  
Michele Gheller Dias**



## O EMPREGO DO BAMBU EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO

### **Audrei Felipe Lucatelli**

Acadêmico do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Mater Dei.

### **Káthia J. Bitencourt Franco**

Professor orientador do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Mater Dei.

### **Gustavo Augusto Bebber**

Acadêmico do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil da Faculdade Mater Dei

### **Michele Gheller Dias**

Acadêmica do Curso de Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade Mater Dei

**RESUMO:** O presente trabalho trata da análise de viabilidade técnica do emprego de bambu como material de armadura em vigas de concreto, cujo estudo está relacionado a aspectos físicos, mecânicos e comportamentais de todos os materiais envolvidos na elaboração deste tipo de elemento estrutural. Os conceitos técnicos e os resultados, foram obtidos com base em fontes bibliográficas, portanto, sem a realização de ensaios e/ou pesquisas práticas pelo autor. Por meio dos dados concretos dos vários trabalhos científicos estudados, chegou-se à conclusão de que existe viabilidade técnica no emprego de armadura de bambu em vigas, sendo possível atender às condições da teoria dos Estados Limites Últimos, recomendados pelas NBR 6118:2014, desde que sejam levados em consideração certos aspectos primordiais de execução e tratamento dos respectivos materiais. Também foi verificada a necessidade de aprimoramento e normatização teórico-práticos e, padronização dos métodos executivos referentes a esta área da construção civil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vigas. Bambu. Concreto. Reforçadas.

## 1. INTRODUÇÃO

O principal intuito de construir estruturas de concreto armado é aproveitar ao máximo as propriedades do concreto quanto à sua resistência e à da sua armadura. Em vigas, mais propriamente ditas, essa ideia consiste em aliar a boa resistência à compressão do concreto à uma armadura constituída de materiais de elevada resistência à tração (DAROLT, 2016), buscando, assim, uma relação de equilíbrio que atenda aos requisitos de desempenho e ainda proporcione economia.

A grande maioria das estruturas de concreto armado utilizam o aço como armadura de reforço, em razão da sua grande resistência mecânica, durabilidade e compatibilidade com o concreto. Porém, apesar de todas estas qualidades o aço é um material caro e sua produção gera um certo impacto ambiental, pois, é necessária muita energia no seu processo de produção.

Para haver o cumprimento das exigências das entidades governamentais

em relação ao meio ambiente, há um grande movimento entre os profissionais da área de construção civil para utilização de materiais de construção ecologicamente corretos ou não-convencionais. (FERREIRA, 2002, p. 1).

É nesse sentido que nos últimos anos vêm sendo desenvolvidos vários estudos para encontrar substitutos para o aço, dentre eles o bambu, um material amplamente difundido na construção civil em países do Oriente como a China e, em alguns países da América Latina, que o empregam em estruturas de pontes, na construção de residências, estruturas para andaimes, tubulações de água, entre outras aplicações.

E por isso, muitas pesquisas já foram feitas sobre o emprego do bambu em reforço ao concreto, principalmente em vigas, levando em consideração aspectos como a resistência mecânica das várias espécies de bambu existentes, sua umidade, seu peso específico, sua variabilidade dimensional, sua morfologia, entre outros aspectos que estão relacionados com união entre concreto e bambu.

Destes estudos pode se dizer que o bambu é um material bastante resistente, possuindo boa relação resistência/peso específico, flexibilidade, porém, também pode-se dizer que ainda existem entraves para sua utilização como reforço em estruturas de concreto, em razão, por exemplo, de seu baixo módulo de elasticidade, da sua elevada capacidade de absorção de água e da baixa aderência entre o bambu e o concreto, todos estes problemas são alvo de pesquisa no intuito de melhorar estas propriedades e tornar o uso do bambu viável tanto quanto o aço.

Com isso, pretende-se analisar a viabilidade técnica do emprego do bambu como material de armadura em vigas de concreto por meio de revisão bibliográfica, ressaltando as melhores técnicas executivas existentes e, abordando as surpreendentes propriedades do bambu, um material natural que já chamado por muitos de “aço verde”.

## **2. CARACTERÍSTICAS QUE INFLUENCIAM O DESEMPENHO DE VIGAS DE CONCRETO REFORÇADO COM BAMBU**

Uma viga de concreto armado é uma estrutura sujeita a vários tipos de esforços, dentre eles: compressão, tração, flexão e cisalhamento, portanto, esses são todos aspectos que devem ser levados em consideração. Também é muito importante analisar as compatibilidades físicas entre o concreto e a armadura para garantir que este dois materiais trabalhem solidariamente, agindo como um só material. Deste modo, são apresentadas as principais características necessárias para o bom desempenho de uma viga de concreto armada com bambu.

### **2.1. CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS**

O bambu é um material que possui elevada relação resistência/peso

específico, sendo inclusive superior à do alumínio que é considerado um metal leve. Pereira e Beraldo (2016), apresentam uma tabela com os valores desta relação, nas diferentes alturas de um colmo, expressos com o nome de coeficiente K.

Tabela 1 – Valores para K (coeficientes de resistência/peso específico).

UMIDADE	COMPRESSÃO	FLEXÃO	CISLHAMENTO
seco (12%)	0,094	0,14	0,021
verde (úmido)	0,075	0,11	

Fonte: Adaptado de Jansenn (2000 apud Pereira; Beraldo 2016).

Na tabela 1 pode ser observado também que esta relação é maior quando o bambu está seco, uma vez que, nesta situação, sua resistência aumenta e seu peso diminui.

Nesta seção será comentada a importância de cada característica mecânica para o emprego do bambu em reforço ao aço e, posteriormente, na seção de resultados serão apresentados valores concretos de ensaios realizados por vários pesquisadores.

### 2.1.1. RESISTÊNCIA DO BAMBU À TRAÇÃO PARALELA ÀS FIBRAS

A principal característica mecânica do bambu é a resistência à tração paralela às fibras. Esta propriedade varia entre as espécies de bambu e também varia entre as regiões de um mesmo colmo. Os vários ensaios realizados até hoje revelam que na parte mais alta do colmo a resistência à tração é maior e vai diminuindo conforme vai se aproximando da região basal. Analisando as pesquisas disponíveis na bibliografia de várias fontes, tais como: (ALVES, 2006; BARBOSA et al., 2000; CULZONI, 1986; FERREIRA, 2002; FERREIRA, 2007; GHAVAMI e MARINHO, 2005), entre outros, é possível verificar que a média à tração de uma vara de bambu fica em torno de 100 Mpa, sendo, em alguns casos, maior e, em outros, menor.

Além disso, se a espessura de um colmo for dividida em três partes, o terço mais externo será mais resistente e, esta resistência vai decrescendo conforme vai percorrendo a parte interna do colmo, fato este que está ligado à quantidade de fibras presentes nestas diferentes regiões da parede do colmo.

No emprego do bambu em vigas de concreto armado, esta é uma propriedade muito importante, pois uns dos principais esforços em uma viga é a tração por flexão e, resistir a este esforço é a função principal de qualquer tipo de reforço em concreto.

### 2.1.2. RESISTÊNCIA DO BAMBU À COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS

A resistência à compressão do bambu é bem menor que à tração, segundo Ferreira (2002, p.11). Ainda assim, é considerada alta quando comparada ao seu

peso, ficando em torno de 30 a 50 Mpa.

Para o uso do bambu em reforço à vigas de concreto esta característica não é tão importante, uma vez que a maior parte da compressão em vigas é resistida pelo concreto, mesmo assim, o bambu resiste mais à compressão do que a maioria dos concretos utilizados convencionalmente.

### **2.1.3. MÓDULO DE ELASTICIDADE À FLEXÃO**

O módulo de elasticidade à está ligado com a capacidade do bambu fletir (deformar-se), sendo que, quanto menor o módulo de elasticidade de um material dúctil, maior será a deflexão.

Ferreira (2002, p. 53) ressalta que esta característica é considerada bem baixa no bambu quando comparado ao aço. Ficando em torno de 10 Gpa a 20 Gpa contra 200 Gpa do aço. Isso faz com que o bambu se deforme bastante quando sujeito a esforços de flexão. Como o Estado Limite Último propõe valores limite de deformação (flecha máxima), muitas vezes é necessário utilizar uma área de bambu muito maior do que de aço em função disso.

## **2.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

O estudo das características físicas estão relacionados ao comportamento do bambu quando exposto aos diferente meios, levando em consideração sua umidade natural, sua capacidade de absorção de umidade, sua variabilidade dimensional, sua durabilidade, entre outros fatores que determinam a viabilidade do uso de bambu junto ao concreto, verificando as compatibilidades físicas deste dois materiais.

### **2.2.1. ABSORÇÃO DE ÁGUA DO BAMBU E VARIABILIDADE DIMENSIONAL**

A absorção de água do bambu, conforme argumenta Ferreira (2007, p. 19) é um dos entraves que dificultam seu emprego em reforço ao concreto, principalmente, pelo fato de o mesmo, quando sem tratamento superficial, absorver grande quantidade da água de amassamento, aumentando seu volume dentro do concreto, este fenômeno é demonstrado na figura 1.

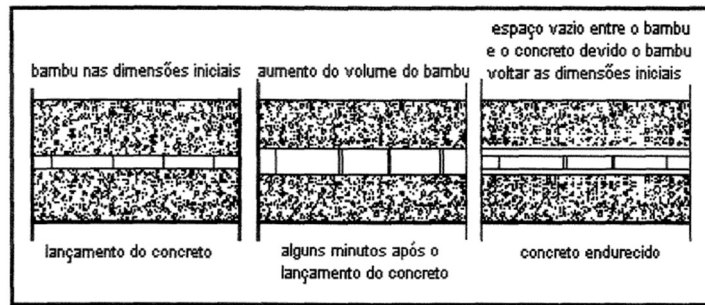


Figura 1: Comportamento do bambu durante a cura do concreto - Fonte: (MESQUITA et al., 2006).

Observa-se, neste caso, que quando o concreto está fresco, o bambu absorve água, aumentando seu volume e comprimindo o concreto. Quando ocorre a cura do mesmo, o bambu vai gradativamente se retraindo e fica um espaço entre o concreto e a armadura. Este fenômeno prejudica muito a aderência entre os dois materiais, enfatizando a necessidade de tratamentos que minimizem este problema.

Ghavami (2005), após deixar imersas, por 24 horas, amostra da espécie *D. giganteus*, obteve uma absorção de 27,45%, nesta mesma pesquisa, foi estudada a capacidade de absorção de água de 7 espécies, sendo os seus resultados expressos na figura 2.

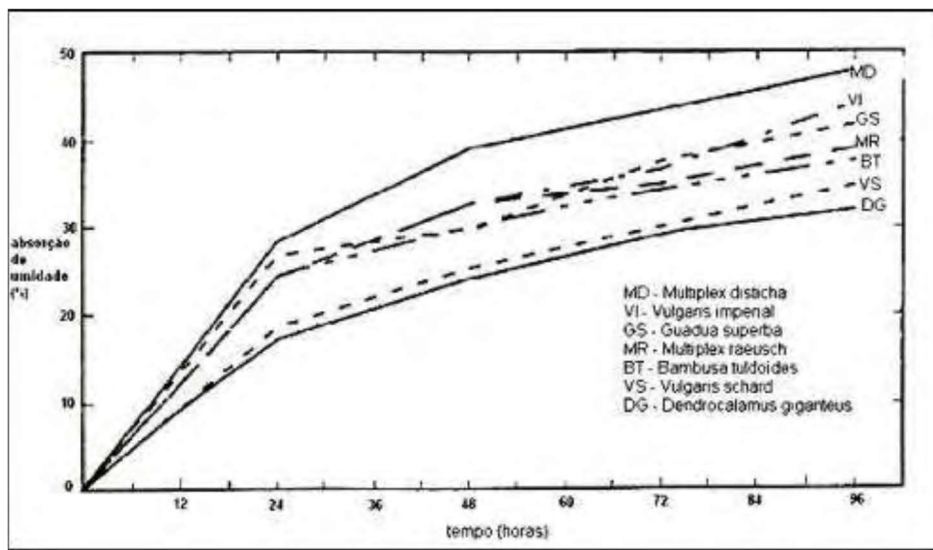


Figura 2 - Absorção de água de várias espécies de bambu - Fonte: (GHAVAMI, 2005 apud FERREIRA, 2002).

Dentre as espécies ensaiadas, a *Dendrocalamus Giganteus* e a *Bambusa Vulgaris Schard*, foram as que tiveram menor variação da seção transversal (6%), quando imersas em água por 7 dias, significando, também, que as mesmas absorvem menos umidade que as demais.

A absorção de água pelo bambu ocorre em função de sua casca não ser totalmente impermeável, e por sua possuir, em sua estrutura, veios o bambu tem capacidade de armazenar considerável quantidade de água dentro do seu colmo.

Vijay Raj (1991 apud FERREIRA, 2007), observou uma absorção entre 57% e 64% para amostras da espécie *Dendrocalamus strictus* com 2,5 anos de idade,

quando imersas em água por 7 dias.

Culzoni (1986 apud FERREIRA, 2005), observou que a absorção é maior na base do colmo, obtendo nas primeiras vinte e quatro horas os valores de 18,5%, 17% e 16,5%, para base, meio e colmo, respectivamente, também para amostras de DG. Em contrapartida, Geymayer et al. (1970), através de ensaios, concluíram que depois de alguns dias imerso, a absorção se torna praticamente igual tanto na parte interna quanto na externa.

A variação dimensional é observada, pelos pesquisadores, em 3 sentidos: na sua espessura, no seu diâmetro e no seu comprimento, sendo que este último é desprezível.

Vijay Raj (1991 apud FERREIRA, 2002), concluiu que a variabilidade dimensional é menor quando o bambu está na fase adulta, ficando em torno de 4% a 7% no seu diâmetro e de 3% a 7% na espessura da parede do colmo. Ferreira (2002) também cita que Geymaier e Cox (1970) obtiveram uma variação dimensional semelhante à da madeira, sendo de 5% na direção radial.

Ferreira (2007) recomenda que além de um tratamento impermeabilizante é importante usar um concreto rico e com rápida secagem como, por exemplo, o CPV-ARI.

### 2.2.2. UMIDADE DO BAMBU

A umidade varia de espécie para espécie, de região para região na qual a planta encontra e inclusive nas diferentes partes de um mesmo colmo. Sendo influenciada também pela idade e pela época de corte. (HIDALGO-LOPEZ, 2003 apud PEREIRA; BERALDO, 2016).

Como em qualquer tipo de material de origem natural (higroscópico), a exemplo da madeira, as propriedades mecânicas estão diretamente ligadas ao teor de umidade, assim, quanto maior a umidade, menor será a resistência mecânica. Neste sentido é necessário encontrar um teor ótimo de umidade.

Pereira e Beraldo (2016) afirmam que a região de maior umidade é a base, seguida pelo meio e pelo topo que é a parte que apresenta menor umidade.

No âmbito da construção interessa saber principalmente qual a umidade natural do bambu, ou seja, qual o teor de umidade em que o mesmo se estabiliza, deixando de perder ou ganhar umidade do meio em que se encontra.

Para Ghavami (2005) este valor, para a espécie *Dendrocalamus Giganteus*, varia entre 13% e 15%. Outros pesquisadores buscaram avaliar umidade nas diferentes alturas do colmo, Culzoni (1986 apud FERREIRA, 2005) obteve os valores de 19% na base, 18,9% no meio e 15,5% no topo para o bambu gigante.

Deve-se salientar que estes valores também dependem das condições do ambiente em que as amostras estiverem inseridas, podendo ser maiores ou menores, em cada região.

### 2.3. ADERÊNCIA ENTRE O BAMBU E O CONCRETO

Outra dificuldade de reforçar concreto com bambu está na pouca aderência entre esses dois materiais que prejudica o desempenho solidário entre os mesmos. Quando há aderência eficiente o concreto continua a resistir esforços mesmo após sua fissurado. (PARK e PAULEY, 1985 apud DAROLT, 2016).

Vários estudiosos do assunto consideram que existem três parcelas de aderência: por adesão, por atrito e mecânica (FIB,1999).

Quando forças pequenas atuam em uma estrutura de concreto armado, inicia-se o estágio 1, que é a aderência por adesão. Esta fase se desenvolve tanto pela reação química que ocorre durante a hidratação do concreto, quanto pelo efeito físico da capilaridade que está ligado às deformações elásticas das camadas de concreto que envolvem a armadura. Esta adesão rompe-se facilmente e torna-se desprezível a partir disso. Logo após isso, ocorre a adesão por atrito que é uma resposta da rugosidade da interface concreto-armadura que reage como uma força normal à força de compressão causada pela retração do concreto. A rugosidade da interface de contato depende principalmente do efeito de cunha das partículas de concreto (pequenas pontas em formato de agulha que penetram microscopicamente a armadura) e, quando há deslizamento no sentido longitudinal da armadura, as cunhas rompem e este tipo de aderência diminui. (MESQUITA et al., 2006).

Mesquita et al. (2006) ainda destaca que o estágio 3 é o que proporciona maior aderência, uma vez que, o mesmo acontece em superfícies de plano irregular e/ou com reentrâncias, portanto o efeito de cunha é potencializado, fazendo com que o deslizamento, proveniente da aplicação de esforços, se desenvolva em um plano que não coincide com a superfície de contato, o que oferece resistência ao deslocamento do bambu. É observado que em barras lisas ocorre apenas a aderência por atrito, enquanto que, em barras de superfície irregular, ocorrem simultaneamente a adesão por atrito e a mecânica, isso explica o fato de as barras de aço nervurado possuírem maior aderência do que as barras de aço liso.

Então, conforme já comentado anteriormente, além de o bambu sem tratamento absorver água de amassamento, fato que por si só já prejudica a aderência, este material também possui uma superfície relativamente lisa, sendo este outro fato que impede que sua aderência ao concreto seja mais baixa que a do aço nervurado. Ferreira (2007) afirma que vários estudiosos concluíram, através de ensaios, que a tensão aderência (de dimensionamento) do bambu ao concreto é 20% inferior à do aço liso ao concreto.

Portanto, para que se torne viável o uso do bambu como reforço ao concreto é necessário empregar técnicas e/ou tratamentos que aumentem a aderência entre os dois. Além disso, Ferreira (2007) afirma que ao aplicar tratamentos de impermeabilização é necessário verificar se os mesmos não vão diminuir ainda mais esta aderência.

A tensão de aderência é medida levando-se em consideração a força que provocou o deslocamento entre a barra de bambu e o concreto e, a área de contato entre este dois materiais, sendo que esta força é referente à tração à que é

submetido o corpo de prova. Portanto, de acordo com Rillen-Ceb-Fib (1973 apud DAROLT, 2006), a tensão de aderência é calculada pela seguinte expressão:

$$\tau_{bm} = \frac{F_{arr}}{u \times lb}$$

Onde:

$\tau_{bm}$  = Tensão de aderência média;

$F_{arr}$  = Força de arrancamento;

$u$  = Perímetro de contato;

$lb$  = comprimento da barra em contato com o concreto.

Os ensaios são realizados pelo método Pull-out, recomendado por Rillen-Ceb-Fib (1979), e que consiste em ensaiar corpos de prova constituídos de barras inseridas em uma massa de concreto, onde a parte das barras que fica livre do concreto é presa às garras de uma prensa que, por sua vez, exerce esforço de tração no corpos de prova e, por meio do qual são medidos deslocamentos para cada acréscimo de carga.

Este método de ensaio de arrancamento é considerado o mais adequado, pois diferentemente dos outros métodos, não sofre influência de deslocamentos parasitas que não estão relacionados com a força de arrancamento.

Ferreira (2002), realizando ensaios Pull-out com taliscas de bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*, concluiu que a inserção de anéis de arame farpado em taliscas revestidas com verniz obtiveram uma aderência cerca de duas vezes maior que taliscas sem nenhum tipo de tratamento, chegando a 1,2 Mpa para o deslocamento da talisca de 0,5 mm.

Ensaio desta mesma espécie conduzidos por Mesquita et al. (2006), também revelaram que o fck do concreto influencia na aderência, sendo que quanto maior a resistência do concreto à compressão maior é a tensão de aderência. Neste mesmo trabalho também foi verificado que a inserção de 2 pinos de aço ou de bambu, cravados no sentido de eixo transversal do bambu, aumenta 80% e 50% a tensão de aderência, respectivamente, sendo que, com os 2 pinos de aço, a tensão média alcançado foi de 2,43 Mpa.

O tratamento com Sikadur 32 – Gel, também mostrou-se bastante eficaz no incremento de aderência, em estudos semelhantes aos de Ferreira (2002), em Ghavami (apud Piazza, 2009), obteve-se uma tensão de aderência de 2,75 Mpa, utilizando este tipo de tratamento.

#### 2.4. CRESCIMENTO DO BAMBU E CORTE

O bambu, segundo Farhat (2010), é considerado a planta de mais rápida ascensão, em uma velocidade cerca de 30% superior ao das espécies de árvores consideradas de bom crescimento.

A velocidade média de crescimento, nas condições ideais, de um colmo é de 8 a 10 cm/dia, porém em alguns casos é ainda maior, como o exemplo da espécie *Dendrocalamus giganteus*, da qual seus colmos pode crescer até 40 cm em um



único dia (FERREIRA, 2002).

Do que se encontra na bibliografia, o crescimento recorde pertence a uma muda da espécie *Phillostachys reticulata* cultivada no Japão que chegou a crescer 1,21 m em um único dia. (OLIVEIRA, 2013 apud UEDA. K, 1960).

Pereira e Beraldo (2016), afirmam que o corte dos colmos pode ser feito com motosserra, serrote, machado ou até mesmo com facão, as figuras 3 e 4 demonstram, respectivamente, as maneiras correta e incorreta de cortar os colmos de bambu.



Figura 3 – Maneira correta de cortar colmos de bambu – Fonte: IPD TAIPAL (2011)



Figura 4 – Maneira incorreta de cortar colmos de bambu – Fonte: IPD TAIPAL (2011)

Para as espécies alastrantes, o corte deve ser rente ao solo e, para as entouceirantes a uma altura de 20 cm do solo. É importante cortar logo acima de um nó, conforme ilustra a figura 3. Este procedimento evita o apodrecimento dos colmos por causa do acúmulo de água, como o caso da figura 4.

Segundo Pereira e Beraldo (2016), para uso estrutural, a fase madura é a que apresenta maior resistência, portanto, é aconselhável que se corte os colmos acima de três anos de idade. O autor supracitado ainda recomenda que a colheita seja feita na estação seca, pois nesta época, o colmo tem menor teor de seiva e amido.

## 2.5. SECAGEM, DURABILIDADE E TRATAMENTO

A secagem é muito importante na aplicação do bambu na construção civil, sendo uma etapa que, se não realizada corretamente, compromete o seu uso. Suas

técnicas de secagem são semelhantes ao da madeira, sendo aplicados por exemplo, tratamentos de imersão e secagem na sombra para evitar retração rápida que pode ocasionar fissuras nas paredes do bambu.

Além disso, quando não aplicadas as técnicas corretas de secagem e tratamento, a durabilidade é prejudicada. Ferreira (2002) afirma que a retração do bambu não é uniforme durante a sua secagem, sendo observado que na espessura da parede esta característica varia entre 4% e 16% e entre 3% e 12% no seu diâmetro, estes valores variam de acordo com a espécie.

Neste sentido é importante observar mais afundo as características de umidade e retração específicas da espécie que se pretende trabalhar, definindo o tempo e as condições de secagem da mesma para se atingir a umidade ótima. Beraldo e Azzini (2003) definiram o modelo matemático a seguir que calcula a umidade em função do tempo, para seções retangulares da espécie *Guadua angustifolia*.

$$h = 11,20 + 111,76 * (\exp (-0,18211 * t^{1,1027}))$$

Onde:

t = tempo (horas);

h = umidade (%).

Esta expressão foi desenvolvida de forma estatística, por meio da curva expressa na figura 3.

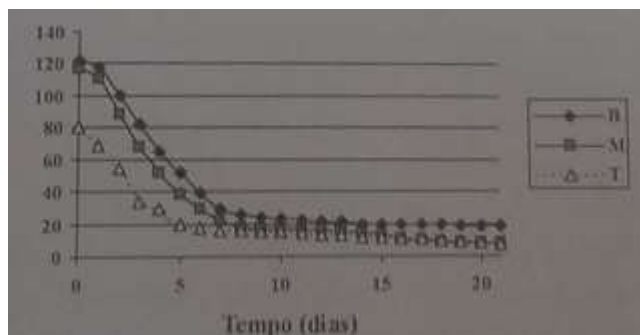


Figura 5 - Curva de secagem do bambu em função do tempo (B = Base, M = Meio, T = Topo) - Fonte: (PEREIRA; BERALDO, 2016).

Pode se notar, por meio desta curva, que a secagem da base, do meio e do topo, em função do tempo, possuem comportamentos muito parecidos. Beraldo et al. (2003 apud Pereira e Beraldo, 2016) afirmam que após o corte do colmo, torna-se necessário um período de um a quatro meses de secagem ao ar.

A durabilidade, por sua vez, varia entre as diferentes espécies. Esta propriedade depende muito do tipo de tratamento que recebe o colmo, sendo observado que um bambu sem tratamento, exposto diretamente ao meio ambiente, dura cerca de 3 anos, enquanto que, se tratado dura entre 10 a 15 anos. (PEREIRA e BERALDO, 2016).

Ghavami (2001), comparando uma viga com armadura de bambu, exposta ao ar por 15 anos, e um pilar com armadura de aço, exposta ao ar por 10 anos, verificou que a o bambu estava preservado, enquanto que, as barras de aço apresentavam corrosão. Este autor realizou ensaios com este bambu e não foram encontradas

alterações na sua resistência.

De maneira semelhante, Ferreira, S. (2005), estudou pilares armados com bambu, inseridos durante 4 anos no concreto e tratados com o impermeabilizante Sikadur 32 – Gel, onde concluiu que os pilares estava com suas características físicas inalteradas, mesmo estando em contato com elementos alcalinos do concreto e, não foram encontrados indícios de penetração destes elementos no bambu, evidenciando, assim, a eficiência do tratamento de impermeabilização com o referido produto.

Segundo Pereira e Beraldo (2016), existem vários métodos de tratamento, classificados em:

#### **Métodos tradicionais:**

- a) **Cura ou maturação na mata:** As varas de bambu devem ser mantidas na posição vertical, não se deve cortar as folhas, para que as mesmas consumam a seiva e para que o amido seja reduzido, tratamento não muito eficiente se o bambu, futuramente, for posto em contato com o solo;
- b) **Imersão em água:** Redução do amido por meio de fermentação biológica anaeróbica, por meio da imersão em água entre 4 a 7 semanas. Quando for imerso em água estagnada, deve ser tomada o cuidado de não deixar por muito tempo para evitar a proliferação de fungos e larvas;
- c) **Cura pela ação do fogo:** Os colmos são colocados diretamente em contato com o fogo, eliminando a seiva por exsudação, nesse processo a seiva também é alterada quimicamente deixando de se tornar atrativa aos organismos deterioradores;
- d) **Cura pela ação da fumaça:** Processo que se assemelha à defumação de alimentos. Este tratamento é realizado por cerca de 20 minutos, com temperatura entre 120 a 150 °C. (LIESE, 1980 apud PEREIRA; BERALDO, 2016);

#### **Métodos químicos:**

- a) **Produtos oleosos:** O método mais utilizado com produtos oleosos é o banho quente/frio com o óleo creosoto, sendo o quente feito a 90° C, durante 2 a 3 horas, sendo utilizados cerca de 21 litros de creosoto por m<sup>3</sup> aparente de bambu, que é imerso neste produto. Após o tratamento a quente é efetuado o tratamento à frio, com o mesmo processo, porem com o óleo em temperatura ambiente;
- b) **Produtos oleossolúveis:** É utilizado, geralmente, o pentaclorofenol em concentração de 5% em massa, este produto é um pó que deve ser dissolvido em óleo diesel ou óleo queimado, também podem ser empregados inseticidas na solução. Recomenda-se deixar os colmos imersos em temperatura ambiente na solução por cerca de 7 dias;
- c) **Hidrossolúveis:** Pode ser feito pela imersão dos colmos secos, por duas a quatro semanas, em solução de sais hidrossolúveis, uma formulação sugerida é: dicromato de sódio (1%) + sulfato de cobre (1%) + ácido bórico (1%). Há também a possibilidade de substituir a seiva por estes sais

hidrossolúveis através da transpiração, para isso, os colmos devem estar recém-cortados e ter no máximo 2,5 de altura, os colmos, então, são posicionados verticalmente e imersos na solução a uma profundidade de 0,80 m, a base dos colmos devem ser chanfradas. Este método dura 7 dias e depois disso deve ser invertida a posição dos colmos por mais 7 dias. Por fim, os mesmos devem secar na sombra por cerca de 30 dias;

#### Tratamentos hidrossolúveis sob pressão:

- a) **Autoclave:** Este processo é o mesmo utilizado em madeiras, onde a solução hidrossolúvel é aplicada sob pressão. Porém, o bambu deve estar seco, recomenda-se efetuar um tratamento preliminar por imersão antes da secagem dos colmos. Os colmos devem ser perfurados por hastes metálicas para evitar a explosão dos colmos na criação do vácuo.
- b) **Método Boucherie modificado:** Consiste em uma acelerada substituição da seiva, é aplicado aos colmos recém cortados de bambu por meio do equipamento da figura 5.

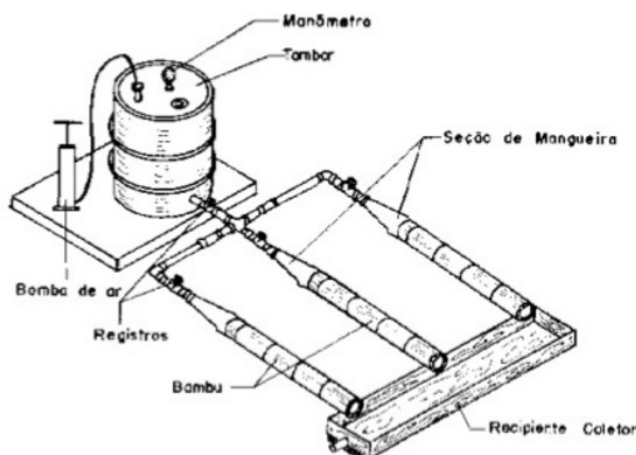


Figura 6 – Equipamento artesanal de Boucherie modificado – Fonte: (PEREIRA, 1997).

Conforme mostra a figura 6, a solução é injetada no colmo, a pressão de cerca de 0,7 atm, sendo a mesma composta pelo produto CCB (Borato de Cobre Cromatado) a uma concentração de 6%, este material tem ação fungicida e inseticida. São necessárias cerca de 2,5 a 3 horas para penetração total da solução nos vasos internos dos colmos, porém esse tempo pode variar de um colmo para o outro em razão das diferentes geometrias dos vasos internos de cada colmo, portanto, para analisar se a solução já entrou em estabilização, deve verificar a concentração de seus sais ao longo do tempo. (PEREIRA; BERLDO, 2016).

## 2.6. DIMENSIONAMENTO E ENSAIOS DE VIGAS REFORÇADAS COM BAMBU

No dimensionamento de vigas com armaduras de bambu, o principal aspecto a ser considerado é como se comporta o bambu frente aos esforços, sendo observados a compatibilidade de comportamento elástico entre armadura

longitudinal o concreto, resistência da viga ao cisalhamento e à flexão, bem como a sua deformação máxima. Considerando estes, entre outros fatores, é pré-determinada a carga última de ruptura de uma viga em função da área de seção transversal dos materiais utilizados e da resistência característica destes materiais, obtida em ensaios.

As principais pesquisas de dimensionamento desta vigas utilizam o método do estado limite último, que é o mesmo método utilizado para dimensionar vigas armadas com aço, previsto pela NBR 6118, 2014.

Neste método são levados em conta, condições de segurança, desempenho, conforto dos usuários, e economia, sendo que as vigas de concreto armado são dimensionadas de levando-se em consideração os seguintes critérios:

- Carga última teórica resistente da armadura; (carga que teoricamente causará ruína na estrutura por alongamento máximo na armadura);
- Encurtamento último do concreto;
- O domínio de dimensionamento;
- Coeficientes de segurança para o concreto e para o material da armadura;
- Carga cortante última teórica;
- Momento máximo;
- Flecha máxima.

São estipulados valores limite para estes critérios, recomendados pela NBR 6118, 2014, de acordo com a classe de utilização e servem de parâmetros para calcular a área da armadura e da seção transversal da viga, bem como, a resistência característica do concreto.

Existem várias maneiras de montar uma armadura de bambu em uma viga, tais como:

- Montagem convencional, com armaduras longitudinal e transversal de bambu;
- Com armadura longitudinal de bambu e armadura transversal de aço;
- Armadura longitudinal mista de aço e bambu.

Além disso, Ferreira (2007) utilizou o método de dobragem das extremidades das taliscas longitudinais inferiores, fazendo-as alcançarem a parte superior da viga, conforme mostra a figura 7.

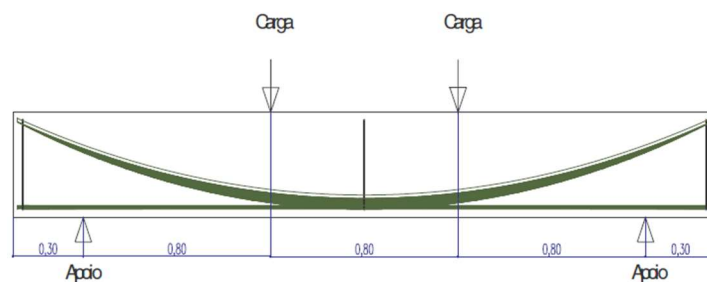


Figura 7 - Armadura com taliscas dobradas nas extremidades – Fonte: (FERREIRA, 2007).

A dobra, segundo Ferreira (2007), serve para dar maior ancoragem à armadura, fazendo-a trabalhar melhor em conjunto com o concreto, permitindo, assim, com que a viga suporte maior carga. Já Tsutsumoto (2016), reforçou os nós, conforme a figura 8.

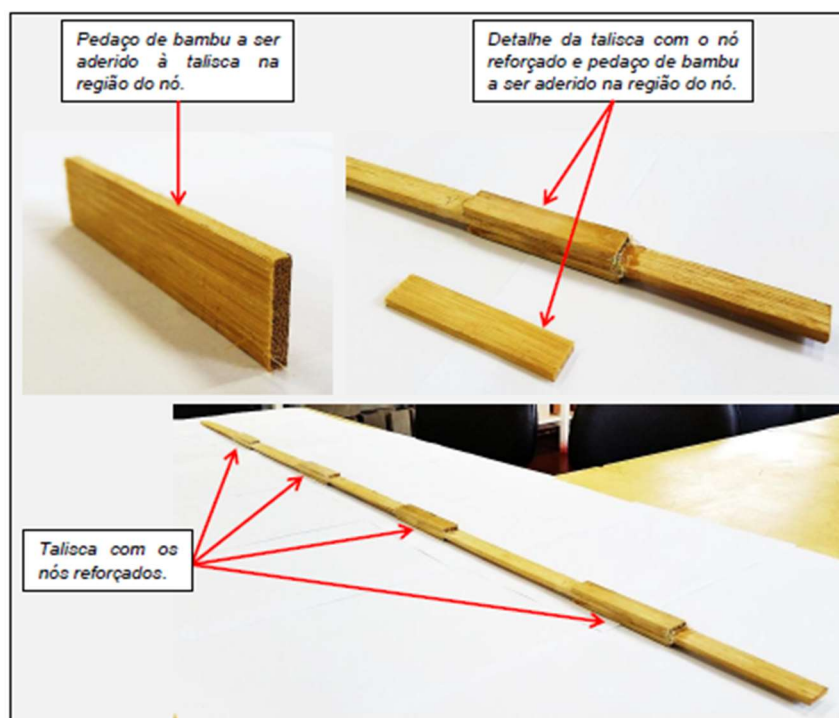


Figura 8 - Reforço nos nós das taliscas de bambu – Fonte: (TSUTSUMOTO, 2016).

Esta técnica, consiste em de reforçar os nós, colando sob os mesmos, pequenas taliscas de bambu, evitando que a armadura da viga rompa nos nós que são pontos fracos em razão de diminuída presença de fibras nesta região.

## 2.7. MÉTODOS UTILIZADOS PARA DIMINUIR A ABSORÇÃO DE ÁGUA

Os métodos de redução da absorção visam aplicar tratamentos superficiais de impermeabilização do bambu. RAJ (1991 apud Ferreira, 2007), por exemplo, realizou testes com 6 situações de tratamento superficial do bambu, com o objetivo

de reduzir a absorção de umidade, dentre eles:

- 1) Bambu sem tratamento superficial;
- 2) Bambu revestido com uma camada de óleo;
- 3) Bambu revestido com camada de verniz e grafite branco;
- 4) Bambu revestido com uma mistura de betume e querosene na proporção em massa de 4:1;
- 5) Infiltração de uma mistura de óleo e aguarrás na proporção em massa de 1:1;
- 6) Bambu imerso em material betuminoso aquecido.

Dos vários ensaios o autor acima citado, concluiu que o melhor tratamento de impermeabilização é a imersão em material betuminoso aquecido, onde, obteve-se 9% de absorção, enquanto que, para o bambu sem tratamento obteve-se 45% de absorção.

Ferreira (2002) analisou corpos de prova sem tratamento, tratados com Igol-2 e outros tratados com Sikadur 32-Gel, do qual é apresentado um gráfico comparativo do desempenho destes dois tipos de tratamentos.

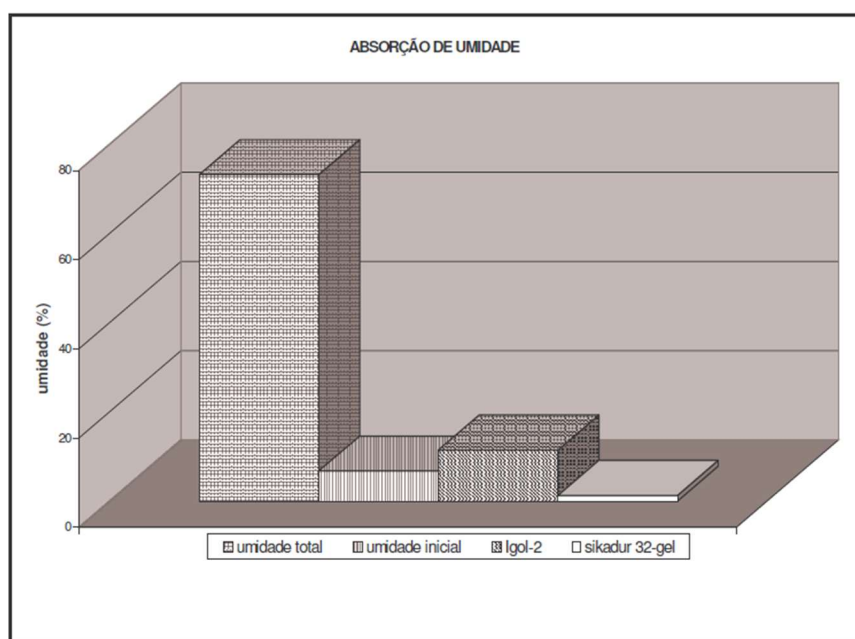


Figura 9 – Resultados de ensaios com vários tratamentos para diminuir absorção do bambu –  
Fonte: (FERREIRA, 2002).

Conforme, demonstra o gráfico, que o tratamento com Sikadur 32-Gel, diminuiu significativamente a absorção de água, sendo de apenas cerca de 1%.

Ghavami (1995 apud FERREIRA, 2002), após ter realizado vários ensaios com diferentes tipos de tratamentos, concluiu que os melhores produtos para usar como revestimentos impermeabilizantes foram:

1. Tinta asfáltica dispersa em água, fabricada pela Sika S.A;
2. Adesivo estrutural à base de resina epóxi, fabricado pela Sika S.A.

Com o produto 2, o bambu, da espécie *Dendrocalamus Giganteus*, apresentou

absorção de apenas 4%.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para obtenção dos resultados deste trabalho foram utilizadas apenas fontes bibliográficas, sendo feita uma seleção das pesquisas consideradas mais compatíveis com o objetivo deste estudo e que utilizaram os métodos mais adequados na obtiveram resultados mais precisos e condizentes com a realidade.

Dentre os vários trabalhos pesquisados, estão: (ALVES, 2006; BARBOSA et al., 2000; BRAGA FILHO et al., 2010; CHOU, 1914; CULZONI, 1986; FERREIRA, 2002; FERREIRA, 2007; GHAVAMI e MARINHO, 2002; GHAVAMI e MARINHO, 2005; GHAVAMI e SOUZA, 2000; GHAVAMI e TOLÊDO FILHO, 1992; LIMA JR. et al., 2005 – II; LIMA JR. et al., 2007; LOPES, 1974; MESQUITA et al., 2006; MOREIRA, 1991; OLIVEIRA, 2012; PEREIRA e BERALDO, 2016; SARTORI e CARDOSO JR., 1998 e SILVA 2007), estes de cunho científico que atestaram, com dados concretos, as propriedades de resistência mecânica do bambu, do comportamento deste material junto ao concreto, e das principais características de vigas de concreto reforçadas com bambu.

Estas pesquisas, do tipo descritivo, forneceram parâmetros de dimensionamento e execução deste tipo de viga, comprovaram a eficiência (ou ineficiência) de algumas técnicas e tratamentos e possibilitaram, por meio dos resultados de abordagem qualitativa e quantitativa, definir qual o grau de viabilidade técnica do emprego do bambu como reforço à vigas de concreto armado.

### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os dados considerados neste estudos mais relevantes para o bom desempenho de vigas de concreto reforçadas com bambu são: as características mecânicas do bambu, a aderência entre o bambu e o concreto e a resistência de vigas armadas com bambu, portanto foram pesquisadas várias fontes bibliográficas, as quais utilizaram as mais variadas técnicas para alcançar resultados o mais satisfatórios possíveis em relação a estas propriedades acima citadas, a seguir são apresentados estes resultados.

#### **4.1. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO PARALELA ÀS FIBRAS**

Um grande número de pesquisadores realizaram ensaios para verificação da resistência à tração do bambu, sendo que a grande maioria dos testes analisaram as várias partes de um mesmo colmo de bambu e de uma mesma vara de bambu. A tabela abaixo demonstra estes resultados.



Tabela 2 – Resistência do bambu à tração paralela às fibras

Referência	Espécie	Resistência à tração (Mpa)			
		Com nó	Sem nó	Local da vareta	Valor médio com nó
Lima Jr et al. (2007)	Não informado	97,51	277,19	Não informado	97,51
Sartori e Cardoso Jr. (1998)	B. Vulgaris var. vittata	120		Não informado	120
	B. Vulgaris	170		Não informado	170
	D. Giganteus	140		Não informado	140
Alves (2006)	D. Giganteus	100		Não informado	100
Lima Jr. et al. (2005 - II)	D. Giganteus	105		Não informado	105
Ferreira (2007)	D. Giganteus	108,22		Não informado	108,22
Ghavami e Marinho (2005)	Não informado	69,88	93,38	Base	72,25
		82,62	95,8	Centro	
		64,26	115,94	Topo	
Culzoni (1986)	Guadua Superba	110	135	Não informado	110
Barbosa et al. (2000)	D. Giganteus	106,2	214,1	Não informado	106,2
Ferreira (2002)	D. Giganteus	188,74			188,74
Ghavami e Tolêdo Filho (1992)	D. Giganteus	106,8	147	Base	121,47
		143,6	188,1	Centro	
		114	157,6	Topo	
<b>Valor Médio</b>					<b>119,95</b>

Fonte: Autor (2017).

Como pode ser analisado, existem, em alguns resultados, certas discrepâncias, por isso, é necessário considerar o fato de que os ensaios foram feitos em épocas diferentes, inclusive alguns, com métodos diferentes e em regiões e climas diferentes, portanto é compreensível que hajam certas diferenças nos resultados, sendo imprescindível, no entanto, o emprego coerente de coeficientes de segurança, no dimensionamento de vigas, que nivelem estes desvios. Ferreira (2002), por exemplo, diferentemente da maioria dos pesquisadores, executou

ensaios com taliscas de bambu e não com colmos inteiros, razão pela qual obteve valores maiores de resistência, pois a maior parte das fibras se concentra perto da casca, nas camadas mais externas da colmo.

Como era de se esperar, os corpos de prova sem nó apresentaram maior resistência do que os com nó, fato que, conforme já explicado se dá em razão de que na região dos nós há uma descontinuidade das fibras que são as partes responsáveis pela resistência à tração.

Porém, para o estudo do emprego de bambu como armadura longitudinal de vigas é necessário utilizar também os nós, uma vez que, o comprimento dos internós é de 50 cm a 60 cm (já os vão usuais de vigas são de 3 m a 5 m). Portanto, foram considerados os resultados dos ensaios de corpos de prova com nós, dos quais se chegou ao valor médio de 119,95 Mpa, que é um resultado bastante satisfatório para um material natural e de simples produção como o bambu, representando cerca de 24% da resistência à tração do aço CA-50.

Desta tabela também pode ser observado que a região (base, centro ou topo) a qual pertence o colmo não influencia significativamente na resistência à tração, sendo, possível, portanto, utilizar uma vara inteira de bambu como armadura longitudinal, desde que sejam considerados coeficientes de padronização da resistência.

#### 4.2. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS

Vários foram os ensaios de diferentes pesquisadores para estudar a resistência à compressão do bambu, há muitos anos são feitos ensaios desta natureza, sendo os mesmos aprimorados com o passar do tempo para expressar valores o mais aproximados possível da realidade. Seguem, na tabela 3, algumas destas pesquisas.

Tabela 3 – Resistência do bambu à compressão paralela às fibras

Referência	Espécie	Resistência à compressão (Mpa)			
		Com nó	Sem nó	Local da vareta	Valor médio com nó
Lopes (1974)	D. Giganteus	35	38	Não informado	35
Alves (2006)	D. Giganteus	15,1		Não informado	15,1
Ferreira (2007)	D. Giganteus	22,19	19,95	Não informado	22,19
		53,9			53,9
Culzoni (1986)	D. Giganteus	38,96	45,54	Não informado	38,96
Ghavami e Marinho (2002)	Phyllostachys Pubescens	50,54	54,97	Meio	50,54
	Guadua	27,57	25,6	Base	27,57
	Angustifolia	34,71	30,46	Meio	34,71

Ghavami e Tolêdo Filho(1992)	D. Giganteus	58,66	56,61	Base	58,66
		53,96	63,77	Meio	53,96
		54,04	72,87	Topo	54,04
Barbosa et al. (2000)	D. Giganteus	56,65	57,99	Não informado	56,65
<b>Média Geral</b>					<b>41,77</b>

Fonte: Autor (2017).

Estes resultados indicam que a resistência à compressão do bambu é bem menor que à tração, sendo esta última cerca de 3 vezes maior. Também, diferentemente dos testes de tração, a presença ou não de nós é insignificante para os testes de compressão sendo os valores quase os mesmos para estas duas situações.

A resistência média à compressão paralelas às fibras, levando em consideração estas pesquisas, é de 41,77 Mpa, sendo portanto o bambu mais resistente à compressão que grande parte dos concretos convencionais, o que significa que o mesmo pode contribuir com o concreto também na compressão de vigas sujeitas à flexão.

#### 4.3. RESISTÊNCIA DO BAMBU AO CISALHAMENTO PARALELO ÀS FIBRAS

Nesta parte da pesquisa bibliográfica foram considerados apenas os estudos de resistência ao cisalhamento na direção paralela às fibras que é o tipo de esforço cortante que sofrem estribos de vigas. Durante esta pesquisa foi verificado que a resistência ao cisalhamento na direção transversal às fibras é cerca de 5 a 10 vezes maior que na direção paralela, portanto é importante não confundir estes dois tipos distintos de esforços. Vide tabela 4 com os resultados de algumas pesquisas:

Tabela 4 – Resistência do bambu ao cisalhamento paralelo às fibras

Referência	Espécie	Resistência ao cisalhamento (Mpa)				Valor Médio com nó
		Com nó	Sem nó	Local da vareta	da	
Ghavami e Marinho (2005)	Guadua angustifolia	2,2	1,67	Base	com nó	2,02
		2,27	1,43	Centro	com nó	2,27
		2,42	2,11	Topo	com nó	2,42
Moreira (1991)	D. Giganteus	Não informado	Não informado	Não informado		7
Ghavami e Souza (2000)	D. Giganteus	Não informado	Não informado	Não informado		3,1
Chou (1914)	Phillostachys	Não informado	Não informado	Não informado		8
<b>Média Geral</b>						<b>4,135</b>

Fonte: Autor (2017).

Os respectivos resultados evidenciam a anisotropia do bambu, característica presente em qualquer material natural, se por um lado um ponto forte é sua resistência à tração, o mesmo não pode ser dito da sua resistência média ao cisalhamento paralelo às fibras que, nesta pesquisa, chega aos modestos 4,135 Mpa. Portanto, se torna um tanto quanto inviável o uso de estribos de bambu em armaduras de vigas, sendo muito mais viável utilizar estribos de aço.

#### 4.4. RESISTÊNCIA À FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE À FLEXÃO

Os ensaios de flexão são talvez os que mais bem retratam o comportamento de uma armadura longitudinal de bambu em uma viga, seguem na tabela 5 algumas das principais pesquisas encontradas na bibliografia.

Tabela 5 – Resistência do bambu à flexão e módulo de elasticidade à flexão.

Referência	Espécie	Resistência à Flexão (Mpa)				Módulo de elasticidade à flexão (Gpa)
		Com nó	Sem nó	Local da vareta	da	Valor médio com nó
Culzoni (1986)	D. Giganteus	93,04	124,36	não informado		9,94
Ghavami e Tolêdo Filho (1992)	D. Giganteus	90,1	115,1	Base		não informado
		99,5	127,4	Meio	90,1	
		86	136,7	Topo	99,5	
					86	

Pereira Beraldo (2016)	e D. Asper	118,7	169,1	Base	111,83	12,3
		104,9	161,1	Meio		
		111,9	170,7	Topo		
	D. Giganteus	115	175	não informado	115	12
<b>Média Geral</b>					<b>99,25</b>	<b>11,41</b>

Fonte: Autor (2017).

Os resultados de resistência à flexão são muito parecidos com os de resistência à tração, o que evidencia que na flexão, o bambu trabalha muito mais à tração do qualquer outro esforço. Na flexão, a presença de nós também diminui a resistência, ficando em torno de 99,25 Mpa, se considerarmos estas quatro pesquisas. Com estes resultados é possível afirmar que a resistência do bambu à flexão representa aproximadamente 20% da resistência à flexão do aço CA-50.

Já o módulo de elasticidade do bambu é baixo em relação ao aço, tendo o aço CA-50 um módulo de elasticidade à flexão (MOE) de 200 Gpa contra apenas 11,41 Gpa do bambu com nós, sendo, portanto, cerca de 15 a 20 vezes maior o MOE do aço. Isto significa que o bambu deforma-se muito mais na flexão, fato este que deve ser analisado com muito cuidado, uma vez que, existem valores limites para deflexão de vigas, em função do vão teórico, na teoria dos Estados Limites Últimos, além disso deformações excessivas da armadura podem causar ruptura do concreto.

#### 4.5. ADERÊNCIA ENTRE O BAMBU E O CONCRETO

Como já dito anteriormente, aderência entre o bambu e o concreto é um ponto crítico em vigas, pois é ela que garante o comportamento solidário destes dois materiais e, a falta ou insuficiência da mesma compromete toda a estrutura sujeita à flexão. Neste sentido muitos pesquisadores testaram vários métodos de incremento de aderência dos quais foram elencados na tabela a seguir alguns dos mais eficientes.

Tabela 6 – Resultados de diferentes tratamentos para incremento de aderência do bambu ao concreto.

Referência	Tipo de tratamento	Deslocamento da talisca	Tensão (Mpa)
Ferreira (2002)	Verniz + arame farpado	0,5 mm	1,25
	Sem tratamento	0,5 mm	0,7
Ferreira (2007)	Sem tratamento	0,1 mm	0,26
	Inserção de 1 pino de ferro com aderência	0,1 mm	0,25
Mesquita et al. (2006)	aumento do fck do concreto (35 Mpa)	0,1 mm	1,458
	Inserção de 2 pinos de aço com	0,1 mm	2,29

aderência		
Inserção de 2 pinos de bambu com aderência	0,1 mm	1,88

Fonte: Autor (2017).

Ferreira (2002), testou várias técnicas entre elas, tratamento com piche e areia, tratamento com verniz e areia, e tratamento com verniz e anéis de arame farpado. Destes ensaios, este autor concluiu que o melhor método é o tratamento com verniz e anéis de arame farpado, chegando à tensão de aderência de 1,25 Mpa para os 0,5 mm de deslocamento, enquanto que os corpos de prova sem tratamento apresentaram tensão de aderência de 0,7 Mpa, obtendo, ainda assim, para taliscas sem tratamento, resultados melhores que o tratamento com piche e areia.

Mesquita et al. (2006) foram ainda além no que diz respeito ao incremento de aderência, chegando aos notáveis 1,458 Mpa para apenas 0,1 mm de deslocamento, com o simples uso de um concreto com fck de 35 Mpa. Em seus testes estes mesmos autores verificaram que, quanto maior resistência à compressão do concreto, maior é a tensão de aderência.

No trabalho de Mesquita et al. (2016) ainda foi testada a técnica de cravar pinos sob pressão, de forma transversal, em taliscas de bambu, alcançando com a cravação de 2 pinos de aço a tensão de aderência de 2,29 Mpa e de 1,88 Mpa com 2 pinos de bambu. Se fosse aplicado o coeficiente de segurança de 2,15; recomendado pelo Eurocode (1992 apud Mesquita et al., 2006) esses valores, para efeito de dimensionamento, seriam respectivamente de 1,06 Mpa e 0,8744.

Para efeito de comparação, caso fossem utilizadas as mesmas dimensões e características do concreto utilizado nos ensaios destes dois métodos (cravação de pinos de bambu ou aço), apenas substituindo os colmos de bambu pelo aço corrugado/nervurado, teríamos no lugar do corpo de prova com 2 pinos de aço a tensão de aderência de 0,84 Mpa e, de 0,838 Mpa, no lugar do corpo de prova com 2 pinos de bambu. (MESQUITA et al., 2006).

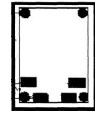
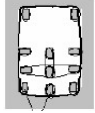

A cravação sob pressão de pinos nas taliscas tornaram a tensão de aderência entre o concreto e o bambu superior à do aço nervurado com o bambu, porém estes pinos reduzem bastante a área de seção transversal das taliscas de bambu, podendo comprometer a resistência das mesmas.

O simples uso de um concreto resistente (acima dos 35 Mpa) por si só já melhora muito a aderência do concreto com o bambu, tornando-a comparável com a do concreto e o aço liso, e o mesmo acontece com a técnica de tratamento das taliscas de verniz com anéis de arame farpado, portanto, estes vários métodos mostram que é possível alcançar aderência suficiente entre o bambu e o concreto para o bom desempenho estrutural de vigas.

#### 4.6. ENSAIOS DE FLEXÃO DE VIGAS REFORÇADAS COM BAMBU

Nos testes de flexão, as vigas armadas com bambu são dimensionadas de maneira semelhante a estruturas de concreto armado com aço, com base, em calcular uma área de bambu equivalente à de aço. Neste dimensionamento são considerados critérios de aderência, deformação máxima, carga de ruptura ou escoamento, entre outros fatores. Os ensaios que serão apresentadas a seguir foram feitas por autores que adotaram as mais diferentes técnicas de montagem de armadura, tratamento para incremento de aderência, entre outras técnicas, das quais se pode ter uma ideia do quanto de carga pode suportar uma viga composta por armadura longitudinal de bambu.

Tabela 7 – Resultados de ensaios de flexão realizados com vigas de concreto armadas com bambu.

Ensaio	1	2	3	4	5	
Referência	Ferreira (2002)	Ferreira (2007)	Silva (2007)	Braga Filho et al. (2010)	Oliveira (2012)	Média
Carga última de ruptura (kN)	60	22,35	5,5	33	22,13	28,60
Momento de ruptura (kN.m)	15	9	1,1	14,025	10,69	9,96
Comprimento (cm)	180	300	120	250	290	-
Seção da viga (b x h)	15 cm x 20 cm	15 cm x 30 cm	10 cm x 20 cm	10 cm x 25 cm	12 cm x 40 cm	-
Área de bambu (m <sup>2</sup> )	8	17,93	5,4	4	5,26	8,12
área de aço cm <sup>2</sup> (armadura positiva)	0,4	0	0	0	0	0,08
Area de concreto (cm <sup>2</sup> )	291,6	432,07	174,6	246	474,74	323,80
fck do concreto (Mpa)	20,6	25	20	25,62	25	23,24
Taxa de armadura (%)	2,80%	3,98%	3%	1,6%	1,10%	0,02
Tensão na flexão (Mpa)	2	0,4967	0,275	1,32	0,461	0,91
Espécie de bambu	D. Giganteus	D. Giganteus	B. Vulgaris Schard	D. Giganteus Munro	D. Giganteus	-
Deflexão %	1,11	0,21	0,035	1,4375	0,2056	0,60
Causa da ruptura	escoamento da armadura de tração	ruptura das taliscas na região nodal	colapso por deficiência de aderência	ruptura da armadura de tração	não informado	-
tratamento na armadura	taliscas revestidas com verniz e anéis de arame farpado	cravação de 2 pinos nas taliscas de bambu	não informado	cravação de 4 pinos de aço por internódio das ripas de bambu	aberturas nos colmos para aumentar a aderência	-
Detalhe da seção transversal		não disponível			não disponível	

Fonte: Autor (2017).

Os resultados obtidos nestas pesquisas são, em sua grande maioria, satisfatórios, evidenciando que vigas armadas com bambu resistem a cargas

bastante significativas desde que sejam aplicados procedimentos eficientes na execução destes elementos.

O ensaio 1 elaborado por Ferreira (2002), foi o que alcançou maior carga de ruptura, ou seja, 60 kN, que inclusive é muito mais alta em relação aos demais ensaios, porém é importante lembrar que a armadura longitudinal positiva desta viga conta com 2 barras de aço CA-60 de 5 mm de diâmetro que potencializaram a resistência da viga. Ainda assim é notória a contribuição do bambu, uma vez que o autor elaborou um corpo de prova com armadura composta apenas por duas barras de aço CA-60 de 5 mm (testemunho) a qual resistiu uma carga de 17,7 kN, portanto, nota-se que inserção da armadura de bambu aumentou em cerca de 2,4 vezes a resistência da viga.

A viga do ensaio 1 também teve suas taliscas tratadas com verniz e anéis arame farpado, o que elevou a resistência da mesma, que chegou a uma tensão de flexão igual a 2 Mpa e ao momento fletor de ruptura de 15 kN.m.

Nos ensaios 2 e 5, conduzidos por Ferreira (2007) e Oliveira (2012), respectivamente, foram obtidos resultados bastante semelhantes em relação à carga de ruptura, momento fletor de ruptura, deflexão e tensão de flexão.

Porém a viga do ensaio 5 se mostrou mais eficiente, uma vez que, foram utilizados 5,26 cm<sup>2</sup> de bambu, contra 17,96 cm<sup>2</sup> no ensaio 2. Nesta última viga, verifica-se que a ruptura, segundo ao autor, não foi na região de momento máximo e sim na região nodal, caracterizada por pontos fracos, por isso, para prevenir este tipo de problema recomenda-se que as taliscas (ou colmos) sejam posicionadas de maneira que seu nós fiquem intercalados com os nós das outras taliscas para não criar linhas de ruptura.

A abertura de janelas nos colmos do ensaio 5 certamente aumentou a aderência entre o bambu e o concreto, por isso, essa viga alcançou um bom desempenho de resistência à flexão, mesmo com uma área reduzida de bambu. Segue, na figura 10, a imagem das aberturas nos colmos no ensaio 5.



Figura 10 - Abertura no colmos de bambu para incremento de aderência (ensaio 5) – Fonte: (OLIVEIRA, 2012).



A viga do ensaio 4 também alcançou resultados significativos chegando aos 1,32 Mpa de resistência à flexão, fato que pode ser explicado pela grande aderência que deve ter proporcionado a inserção de 4 pinos de aço por internó de cada colmo.

Já o ensaio 3 foi o que apresentou menor força de ruptura, sendo de apenas 5,5 kN. Segundo Silva (2005), autor da pesquisa, a ruptura se deu por deficiência de aderência, não expressando, portanto, a capacidade total da estrutura.

Pode ser observado que as únicas 2 vigas que atingiram colapso por ruptura da armadura longitudinal foram as dos ensaios 1 e 4, além disso, as mesmas foram as que suportaram maior carga e maior tensão na flexão, outro fato em comum é que apenas nestes dois ensaios a deflexão relativa foi maior que a de norma (vão/250).

Diante de todos estes fatos, pode ser afirmado que, apenas os ensaios 1 e 4 chegaram ao seu objetivo principal que foi a ruptura por escoamento da armadura longitudinal e, verifica-se que os esforços suportados por estas duas vigas são relativamente significativas se comparados a vigas análogas armadas com aço CA-50. Já a deformação nas mesmas foi um tanto quanto excessiva, portanto, observa-se que em muitos casos, no dimensionamento de vigas de concreto armadas com bambu, o critério crítico é a flecha máxima e não a carga última de ruptura.

Por fim, comparando os dados da viga do ensaio 4, (que é a que mais condiz com o objeto de estudo deste trabalho), com uma viga análoga, de mesma seção transversal, mesmo vão e mesmo  $f_{ck}$  do concreto, apenas substituindo a armadura longitudinal de bambu por uma de aço CA-50, temos os seguintes valores:

Tabela 8 – Comparativo entre uma viga armada com bambu e uma viga armada com aço CA-50.

ITEM	AÇO CA-50	BAMBU - ENSAIO 4
Área armadura longitudinal (cm <sup>2</sup> )	1,591	4
Seção da viga (b x h)	10 cm x 25 cm	10 cm x 25 cm
$f_{ck}$ do concreto (Mpa)	25,62	25,62
Vão teórico (m)	2,5	2,5
Deflexão %		1,44%
Momento de ruptura (kN.m)		14,025
Deflexão máxima (norma - l/250)		0,4%

Fonte: Autor (2017).

Se for desconsiderada a flecha máxima, pode-se dizer que a área de bambu equivalente para uma viga armada com este material seria de 2,5 a 3 vezes maior que a área de aço necessária para resistir aos mesmos esforços. Porém a área de bambu deveria ser muito maior para não atingir a flecha máxima, evidenciando que o critério mais crítico a ser considerado no dimensionamento de vigas armadas com bambu é a flecha máxima em razão do baixo módulo de elasticidade à flexão do bambu.

Para ter-se uma ideia prática do comportamento de uma viga nestas condições, se devidamente executada, com as técnicas adequadas, significa que a mesma resiste ao peso de:

- a) 1 parede de blocos cerâmicos furados de 2,5 m de comprimento por 2,7 m de altura e 0,165 m de espessura (incluso revestimentos);
- b) 1 laje de 3,5 m<sup>2</sup> x 0,10 m de espessura (inclusa a carga de uso);
- c) Seu peso próprio.

Com uma deformação máxima no centro de seu vão de aproximadamente 3,6 cm. Estas cargas foram calculadas com base na NBR 6120: 1980.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O que as várias pesquisas feitas, até hoje sobre o bambu, mostram é, que é viável, do ponto de vista técnico, o emprego de vigas armadas com bambu em edificações de pequeno porte, podendo estas, suportar, simultaneamente, o peso de paredes, lajes, carga de uso, além de seu peso próprio.

Observa-se que estudiosos do assunto, ao longo dos anos, aprimoraram técnicas de execução de vigas armadas com bambu, resolvendo alguns entraves que antes impossibilitavam o uso deste tipo de elemento, com o desenvolvimento de tratamentos que diminuem a sua absorção de água, como o revestimento com Sikadur 32 – Gel, com a aplicação de técnicas para incremento de aderência, como o tratamento com verniz e anéis de arame farpado e a cravação de pinos de aço. Além, disso, desenvolveram, também, métodos de dimensionamento, forneceram resultados e desenvolveram conceitos que dão parâmetros para o desenvolvimento de novas pesquisas na área.

Diante das conclusões deste vários autores, outrora citados no desenvolvimento deste trabalho, é necessário considerar alguns aspectos para o bom desempenho de vigas reforçadas com bambu, tais como:

1. Faz-se necessário aplicar um tratamento ao bambu que aumente sua aderência com o concreto, para que estes dois materiais trabalhem de maneira unificada;
2. Deve-se impermeabilizar os colmos ou as taliscas para estes diminuam sua absorção de água e conseqüentemente mantenham sua estabilidade dimensional durante o processo de cura do concreto;
3. As taliscas de bambu são mais resistente que o colmo inteiro de bambu, uma vez que aproveita-se melhor o terço mais externo da parede do colmo, região que possui mais fibras;
4. Os nós são pontos fracos do bambu, portanto, na montagem da armadura deve-se intercalar de um colmo ou talisca com os nós do (a) outro (a) para não criar linhas frágeis de ruptura;
5. Recomenda-se usar uma área de bambu em torno de 10 vezes maior que a área equivalente de aço, em razão do baixo módulo de elasticidade do

- bambu que faz com que o mesmo deforme-se muitos mais do que o aço;
6. No dimensionamento, é necessário o emprego de um coeficiente de minoração de resistência que nivele os desvios padrões de resistência existentes em função da heterogeneidade do bambu;
  7. Recomenda-se usar armadura transversal (estribos) de aço, uma vez, que a resistência do bambu ao cisalhamento paralelo às fibras é muito baixa;

Por fim, sabendo-se da comprovada a eficiência de armadura de bambu em vigas, por meio de pesquisas, ao longo de muitos anos, se fazem necessários, no Brasil, a criação de normas para o uso tipo de material na construção civil, e o desenvolvimento de uma padronização de todos os aspectos acima citados para que existam parâmetros que possibilitem que os profissionais de engenharia civil e arquitetura sintam-se habilitados, do ponto de vista técnico, a utilizar este tipo de material em vigas e demais estruturas nas obras de construção civil.

### 5.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Aos trabalhos futuros, sugere-se que sejam realizados ensaios práticos, que sejam feitos estudos de aprimoramento das técnicas de execução de vigas de concreto armadas com bambu e que, principalmente, seja realizada, uma análise da viabilidade econômica do emprego deste tipo de elemento estrutural em edificações, comparando seu custo com o custo de vigas de concreto armadas com aço que tenham desempenho estrutural equivalente.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto**. Rio de Janeiro – RJ: ANBT, 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR 6120: cargas para o cálculo de estruturas de edificações: procedimento**. Rio de Janeiro – RJ: ABNT, 1980.

BERALDO, Antonio L, PEREIRA, Marco A. R. **Bambu de Corpo e Alma**. 2.ed. Bauru – SP: editora Canal 6, 2016.

BRAGA FILHO, Antonio C. et al. **Comportamento estrutural de vigas de concreto reforçadas com ripas de bambu cravejadas de pinos**. Campina Grande – PB: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi, v. 14, n. 10, 2010.

DAROLT, Luiz Renato Henrique. **Análise aderência bambu-concreto**. Araranguá – SC: Revista on-line IPOG Especialize, 2016.

DE OLIVEIRA, Luiz Fernando Andrade. **Conhecendo Bambus e suas Potencialidades para Uso na Construção Civil**. Belo Horizonte – MG: Universidade Federal de Minas

Gerais, 2013.

FARHAT, Filipe Braga. **Proposições para um programa de governo de desenvolvimento sustentável da cadeia produtiva do bambu no estado do Paraná.** Curitiba – PR: UEPG – Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2010.

FERREIRA, Gisleiva Cristina dos Santos et al. **Armadura de bambu em vigas de concreto.** Cuiabá – MT: IX Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, 2004.

FERREIRA, Gisleiva Cristina dos Santos et al. **Vigas de concreto armadas com taliscas de bambu *Dendrocalamus giganteus*.** São Paulo - SP: Universidade Estadual de Campinas, 2007.

FERREIRA, Gisleiva Cristina dos Santos et al. **Vigas de concreto armadas com bambu.** Campinas – SP: Universidade Estadual de Campinas, 2002.

FERREIRA, Leandro Silva. **Durabilidade das armaduras de bambu tratado utilizadas como reforço em pilares de concreto armado.** Rio de Janeiro – RJ: PUC-RIO, 2005.

<http://ipdtaipal.blogspot.com.br/2011/06/> - Acesso em 21 de setembro de 2017.

LIESE, Walter. **A preservação do colmo de bambu com relação à sua estrutura.** Beraldo, AL (trad.). Pereira – COLÔMBIA: Simpósio Internacional Guadua, 2004.

MESQUITA, Ligia P. et al. **Determinação da tensão de aderência do bambu-concreto.** Campina Grande – PB: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 10, n. 2, p. 505-516, 2006.

NACCACHE, Anna Carolina Aiex. **Tratamentos do bambu como reforço em concreto.** Rio de Janeiro – RJ: PUC-RIO, 2013.

OLIVEIRA, Claiton Sommariva de. **Substituição total do aço, usando bambu como armadura de combate a flexão em vigas de concreto.** Santa Catarina: UNESC – Universidade do Extremo Sul de Santa Catarina, 2013.

PAES, Juarez Benigno et al. **Caracterização e aspecto de um piso confeccionado com bambu (*Dendrocalamus giganteus* Munro).** Pelotas - RS: Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science), v. 1, n. 1, p. 10-12953/2177-6830. v01n01a05, 2010.

PEREIRA, M. A. dos R. **O uso do bambu na irrigação montagem de um sistema de irrigação por aspersão de pequeno porte, utilizando tubulação de bambu.** Bauru – SP: In: SBEA, Congresso Brasileiro de Engenharia. 1997.

PIAZZA, Joel. **Análise experimental da substituição parcial do aço por varetas de bambu em vigotas pré-moldadas.** Criciúma – SP: Unesc – Universidade do Extremo Sul Catarinense. 2009.

SILVA, Osvaldo Ferreira da et al. **Estudo sobre a substituição do aço liso pelo bambusa vulgaris, como reforço em vigas de concreto, para o uso em construções rurais.** Maceió – AL: Centro de Tecnologia – Universidade Federal de Alagoas, 2007.

TSUTSUMOTO, Nayra Yumi. **Avaliação do comportamento estrutural de vigas de concreto armado com taliscas de bambu reforçadas nos nós.** Ilha Solteira – SP: UNESP - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2016.

**ABSTRACT:** The present work deals with the technical feasibility analysis of the use of bamboo as reinforcement material in concrete beams, whose study is related to physical, mechanical and behavioral aspects of all the materials involved in the elaboration of this type of structural element. The technical concepts and the results were obtained based on bibliographic sources, therefore, without the accomplishment of tests and / or practical researches by the author. Through the concrete data of the various scientific studies studied, it was concluded that there is technical feasibility in the use of bamboo reinforcement in beams, and it is possible to meet the conditions of the theory of the Latest Limit States, recommended by NBR 6118: 2014, since that certain key aspects of the execution and treatment of their materials are taken into account. It was also verified the need for improvement and standardization of theoretical and practical and standardization of the executive methods related to this area of civil construction.

**KEYWORDS:** Beams. Bamboo. Concrete. Strengthened.

## **CAPÍTULO XX**

### **PAINEL LAMINADO DE MADEIRA E TETRA PAK**

---

Dixon Gomes Afonso  
Suelem Marina de Araújo Pontes  
Daniel do Nascimento Lima  
Claudiane Beatriz Gurgel do Amaral Canto Sales

## PAINEL LAMINADO DE MADEIRA E TETRA PAK

### **Dixon Gomes Afonso**

Fundação de Tecnologia do Estado do Acre  
Rio Branco – Ac

### **Suelem Marina de Araújo Pontes**

Fundação de Tecnologia do Estado do Acre  
Rio Branco – Ac

### **Daniel do Nascimento Lima**

Fundação de Tecnologia do Estado do Acre  
Rio Branco – Ac

### **Claudiane Beatriz Gurgel do Amaral Canto Sales**

Fundação de Tecnologia do Estado do Acre  
Rio Branco – Ac

**RESUMO:** Realizou-se um levantamento da produção de resíduos de Tetra Pak através das vendas mensais de caixas de leite de 11 empresas localizadas em Rio Branco, estima-se que sejam consumidas mensalmente 378.000 unidades de caixas de leite equivalentes a um volume superior a 9 m<sup>3</sup> de Tetra Pak. Para a determinação das propriedades dos painéis foram confeccionados painéis utilizando o Tetra Pak juntamente com lâminas de madeira da espécie sumaúma. Inicialmente os painéis apresentaram baixa resistência a umidade e baixa aderência da cola devido a superfície impermeável do Tetra Pak, como alternativa foram fabricados também painéis com as lâminas Tetra Pak recobertas por serragem de madeira, e em laboratório foram analisadas as características físicas e mecânicas comparando-as aos resultados de painéis compensados convencionais. Verificou-se que a redução do uso de madeira na confecção de painéis seria em torno de 16% quando substituídos por Tetra Pak. Os resultados de resistência mecânica e caracterização física indicaram que apesar de serem menores que as de painéis convencionais, encontram-se dentro dos limites mínimos exigidos por norma para este tipo de produto (compensado) e que a aplicação deste produto em ambientes úmidos não é recomendada em seu estado natural.

**PALAVRAS-CHAVE:** Produto madeireiro, Reciclagem, Tetra Pak, Estado do Acre

## **1. INTRODUÇÃO**

O consumo de painéis de madeira tem crescido vertiginosamente em decorrência do desenvolvimento tecnológico na produção, tendo como resultado produtos mais baratos e competitivos, além de diminuir o uso de madeira tropical, implicando numa melhor aceitação do mercado consumidor (Vieira et al, 2012).

Ainda segundo Vieira et al (2012), nos últimos anos, em decorrência de pressões contra o desmatamento, e o aumento crescente da comercialização de

painéis de MDF e OSB, ocasionou uma redução na oferta de madeira nativa.

Estudos realizados por Brand et al (2004) verificaram que o rendimento da madeira no processo de manufatura de painéis de compensado é de cerca de 65%.

De outro lado, Frésca (2007) afirma que o percentual de resíduo sólido domiciliar de Tetra Pak é de 0,94%, e que a coleta seletiva para fins de reciclagem é de 5,30%. Segundo Santos (1999), o sistema de gestão ambiental da indústria de embalagem Tetra Pak tem como meta ambiental a reciclagem das embalagens cartonadas pós-consumo, inclusive com o estabelecimento de uma tecnologia adequada e do incentivo às coletas seletivas.

Assim, este trabalho permitiu a identificação da viabilidade técnica do uso de lâminas de madeira e embalagem Tetra Pak na fabricação de compensado, possibilitando a oferta de um produto ambientalmente correto e, ao mesmo tempo, minimizando os custos de produção e comercialização.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Foi realizado o levantamento de resíduos de caixas de leite Tetra Pak a partir da estimativa de consumo mensal, para isto aplicou-se formulário em 11 empresas na cidade. A quantidade de lâminas para cada painel foi de 7 lâminas de madeira e 6 lâminas de Tetra Pak intercaladas, o resultado foram painéis com dimensões de 60x80cm e espessura de 15mm. Para o processo de fabricação foi utilizado prensa fria. Dos painéis foram retirados os corpos-de-prova para ensaios físicos e mecânicos seguindo as especificações das Normas ABNT-NBR 9484, NBR 9486, NBR 9535, NBR 9485 para ensaios físicos de compensados e norma ABNT NBR ISO 9533:1986 e ABNT NBR ISO 12466-1:2012 para ensaios mecânicos. Os ensaios físicos foram de determinação do Inchamento, da absorção de água, do teor de umidade, e massa específica. Os ensaios mecânicos foram de flexão paralela, flexão perpendicular e de cisalhamento na linha de cola. Foram definidos como tratamento para análise estatística os tipos de adesivos utilizados na confecção dos painéis a fim de verificar a maior eficiência entre os tipos analisados, sendo que: T1 – painéis com resina uréia formaldeído – 5H, T2 – painéis com resina uréia formaldeído 2030 e T3 – painéis com adesivo PVAc Wonderbond 2320. O tratamento testemunha foi feito com painéis adquiridos no mercado local. O modelo estatístico foi delineamento inteiramente casualizado (DIC) e utilizou-se o software Assistat V. 7.6 Beta e Microsoft Excel.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Volume de resíduo Tetra Pak em Rio Branco - AC**

Com o levantamento realizado em 11 empresas na cidade de Rio Branco



estima-se que mais de 378.000 unidades de leite em embalagem Tetra Pak sejam consumidas mensalmente. Avaliar-se que o volume mensal descartado de Tetra Pak no modelo de embalagens de leite seja superior 9m<sup>3</sup> levando em conta a caixa aberta com dimensões de 30 cm x 20 cm x 0,044 cm. Aparentemente não parece representar um grande volume, no entanto foi feito o cálculo para verificar o quanto este volume representa na confecção de painéis dentro do padrão comercial de 2,20m de comprimento por 1,10m de largura e 15mm de espessura, com lâminas de madeira de 2mm de espessura e lâminas Tetra Pak de 0,44mm de espessura, o percentual de madeira substituído por Tetra Pak em cada painel seria de 16%. Com um volume mensal de 9m<sup>3</sup> de Tetra Pak seria possível fabricar aproximadamente 37.000 painéis/mês, quando confeccionado com lâmina de madeira convencional. Vale ressaltar que os cálculos foram feitos tendo em vista o aproveitamento de 100% do volume total de Tetra Pak levantado com a pesquisa.

#### 4. CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DOS PAINÉIS

Os resultados dos ensaios físicos e mecânicos de painéis confeccionados com Tetra Pak, madeira e adesivo Wonderbond 2320 - T1; resina Uréia formaldeído 2030 - T2; resina Uréia formaldeído - 5H - T3 e painéis convencionais de madeira - Testemunha, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados da caracterização física e mecânica dos painéis.

Tratamentos	Ensaio Físicos				Ensaio Mecânicos				
	M.E.	T.U.	I	A.A.	F.Pa (Kgf/mm <sup>2</sup> )		F.Pe (Kgf/mm <sup>2</sup> )		Cs (Mpa)
	(g/cm <sup>3</sup> )	(%)	(%)	(%)	MOE	MOR	MOE	MOR	MOR
T1	0,50	16,75	7,80	130,06	274,81	1,33	158,66	1,1	0,61
T2	0,51	9,98	2,72	99,57	309,94	1,66	158,26	1,18	0,61
T3	0,53	14,13	5,04	90,93	276,18	0,88	129,93	0,73	0,53
T4	0,57	10,94	4,93	76,84	380,89	2,65	628,27	4,54	1,93

M.E-massa específica; T.U- teor de umidade; I-porcentagem de inchamento; A.A-absorção de água; F.Pa-flexão paralela; F.Pe-flexão perpendicular; Cs-cisalhamento na linha de cola; MOE-módulo de elasticidade; MOR- módulo de ruptura.

T1 = Madeira-Tetra Pak - Adesivo Wonderbond 2320; T2 = Madeira - Tetra Pak - Uréia Formaldeído 2030; T3 = Madeira - Tetra Pak- Resina Uréia Formaldeído - 5H; T4 = Painéis (*Ceiba pentandra*) - Testemunha para comparativo.

Ao avaliarmos a massa específica, nota-se que painéis de madeira e Tetra

Pak com os diferentes tipos de adesivo utilizados apresentaram valores próximos à massa específica de painéis convencionais de madeira adotados como testemunha, quanto ao teor de umidade todos os painéis apresentaram valores próximos a 15%, denotando o baixo conteúdo de umidade, no entanto o destaque foram os painéis de madeira Tetra Pak e resina Uréia Formaldeído 2030 com 9,98% de umidade sendo este o valor mais próximo aos resultados obtidos em painéis somente de madeira.

Quanto a porcentagem de inchamento, painéis de Madeira – Tetra Pak – Uréia Formaldeído 2030 foram os que apresentaram menores valores mesmo em relação aos painéis convencionais, demonstrando maior estabilidade quando submetidos a umidade. O inverso ocorreu com painéis Madeira – Tetra Pak – Adesivo Wonderbond 2320, que apresentou porcentagem de inchamento de 7,8% indicando maior variação nas dimensões quando submetidos à umidade excessiva.

No teste de absorção de água, nota-se que painéis confeccionados com Madeira – Tetra Pak e Adesivo Wonderbond 2320 apresentaram valores com média de 130%, o que demonstra que o material absorve muita água quando submetido à saturação, o que consequentemente justifica a maior porcentagem de inchamento. Painéis de Madeira – Tetra Pak – Resina Uréia Formaldeído – 5H, foram os que apresentaram comportamento mais próximo da Absorção de água de painéis de madeira sem o uso de Tetra Pak. Todavia, painéis experimentais avaliados neste estudo apresentaram características de absorção superiores ao detectado em painéis de madeira, o que pode ser explicado pela composição destes painéis avaliados em que estão presentes estruturas de papelão contido nas embalagens Tetra Pak, e no caso dos painéis de Madeira – Tetra Pak – Adesivo Wonderbond 2320, existe o agravante de que o adesivo possui grande concentração de água em sua composição.

No ensaio mecânico de flexão paralela, painéis de Madeira – Tetra Pak e Uréia Formaldeído 2030 foram os que apresentaram Módulo de Elasticidade com valores mais próximos ao obtido em painéis de madeira convencionais. Todos os valores obtidos com painéis experimentais foram inferiores aos painéis de madeira da espécie *Ceiba pentandra*, sendo que painéis de Madeira – Tetra Pak – Adesivo Wonderbond 2320 e painéis de Madeira – Tetra Pak – Resina Uréia Formaldeído – 5H apresentaram Módulos de Elasticidade semelhantes entre si. Comportamento semelhante também ocorreu com o Módulo de Ruptura dos painéis experimentais com uso de Tetra Pak.

Na flexão perpendicular foi a situação em que ocorreu maior divergência entre os valores obtidos com os painéis experimentais e os painéis convencionais (Testemunha), tanto MOE quanto MOR apresentaram valores muito inferiores aos painéis de madeira sem o uso de Tetra Pak. Quanto ao cisalhamento na linha de cola os painéis experimentais apresentaram valores semelhantes entre si, no entanto quando comparados aos painéis testemunha os resultados são considerados como valores críticos e inferiores. A justificativa para baixa resistência se dá pela impermeabilidade do Tetra Pak.

## 5. CONCLUSÕES

Analisando os testes realizados, pode-se concluir que, para os ensaios mecânicos de cisalhamento e flexão paralela quanto ao módulo de elasticidade, não existem distinções entre os adesivos utilizados nos painéis experimentais com Tetra Pak, pois os resultados são estatisticamente iguais.

Quanto aos ensaios físicos, os painéis confeccionados com resina uréia formaldeído 5H e uréia formaldeído 2030 foram os que apresentaram a maior massa específica com 0,53 e 0,51 g/cm<sup>3</sup>, demonstrando que ao se utilizar o mesmo material para a fabricação do painel, o adesivo pode influenciar na massa específica do produto final. Outra situação que pode ser constatada é que o adesivo também pode influenciar diretamente no teor de umidade dos painéis, neste trabalho painéis confeccionados com resina Uréia formaldeído 2030 foram os que apresentaram o menor teor de umidade, os teores de umidades dos demais tratamentos foram superiores a 12%, sendo que antes da confecção as lâminas de madeira apresentavam teor menor ou igual a 12%, os painéis confeccionados com o adesivo Wonderbond foi o que apresentou maior teor de umidade.

Os painéis confeccionados com resina Uréia formaldeído 2030 foram os que apresentaram a menor porcentagem de inchamento apresentando diferença significativa de painéis confeccionados com adesivo Wonderbond, no entanto a resina Uréia formaldeído 5H mesmo tendo uma porcentagem maior que a resina 2030, não houve diferença significativa desta.

Quanto ao ensaio de absorção de água, todos os painéis apresentaram alto teor de absorção de água, no entanto as duas resinas utilizadas apresentaram valores de absorção estatisticamente semelhantes, diferenciando-se de painéis confeccionados com adesivo Wonderbond que apresentaram os maiores valores de absorção.

Contudo, conclui-se que, quanto as características físicas analisadas para a situação de aplicação de Tetra Pak na confecção de painéis compensados de madeira, as resinas uréia formaldeído 5H e uréia formaldeído 2030 apresentam melhores resultados que painéis confeccionados com adesivo Wonderbond.

Quanto ao aspecto produtivo, a utilização de embalagem Tetra Pak em um painel com dimensões de 160x220mm e 15mm de espessura, há uma redução volumétrica de madeira em cerca de 16%. Assim, em 1m<sup>3</sup> de madeira utilizada na produção de chapa de compensado, é possível reduzir cerca de 0,16m<sup>3</sup> desse volume, substituindo-o por embalagem Tetra Pak, favorecendo portanto sua empregabilidade.

Com os resultados obtidos nos ensaios e a avaliação da metodologia utilizada é possível deduzir que o painel em madeira e Tetra Pak poderá ser um produto alternativo para a indústria moveleira, porém, é necessário reavaliar a metodologia de confecção em decorrência da fragilidade apresentada no ponto de cola entre os diversos materiais, inclusive devido à ausência de um adesivo colante no mercado local e nacional que corresponda às especificidades das áreas de

contato estudadas.

## REFERÊNCIAS

Brand, M. A.; Klock, U.; Muñiz, G. I. B. de; Silva, D. A. da. **Avaliação do processo produtivo de uma indústria de manufatura de painéis por meio do balanço de material e do rendimento da matéria prima.** Revista Árvore, Viçosa-MG, v.28, n.4, p.553-562, 2004.

Frésca, F. R. C. **Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares no município de São Carlos, SP, a partir da caracterização física.** São Carlos: USP, 2007. 134p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental).

Santos, C. F. M. dos. **Gestão ambiental nas empresas: o caso da indústria de embalagem tetra pak.** Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1999. 20p.

Vieira, M. C.; Brito, E. O.; Gonçalves, F. G. **Evolução econômica do painel compensado no Brasil e no Mundo.** Revista Floresta e Ambiente, 2012; 19(3):277-285.

## **CAPÍTULO XXII**

### **REABILITAÇÃO DA FACHADA EM MÁRMORE DE UM EDIFÍCIO – ESTUDO DE CASO**

---

**Angélica Arruda de Oliveira  
Juliana Maria Mccartney da Fonseca  
Rogério Rodrigues Sousa  
Angelo Just Da Costa e Silva  
Dione Luiza da Silva**

## REABILITAÇÃO DA FACHADA EM MÁRMORE DE UM EDIFÍCIO – ESTUDO DE CASO

**Angélica Arruda de Oliveira**

Universidade de Pernambuco

Recife – Pe

**Juliana Maria Mccartney da Fonseca**

Universidade de Pernambuco

Recife – Pe

**Rogério Rodrigues Sousa**

Universidade de Pernambuco

Recife – Pe

**Angelo Just Da Costa e Silva**

Universidade de Pernambuco

Recife – Pe

**Dione Luiza da Silva**

Universidade de Pernambuco

Recife – Pe

**RESUMO:** As fachadas das edificações estão sujeitas a diversas tipologias de manifestações patológicas, dentre os principais estão o descolamento dos revestimentos aderidos com argamassa, a citar as placas de mármore. O presente estudo consiste na investigação do sistema de revestimento, sistema e quantitativo para realização do reparo e a adoção da técnica utilizada para a recuperação com objetivo de sanar os problemas de má aderência das pedras de mármore travertino à fachada de um edifício zoneado em Jaboatão dos Guararapes, Região Metropolitana de Recife-PE. Tema de grande relevância, já que a má aderência fazia com que as pedras caíssem, gerando pontos de infiltração e perigo de acidentes a moradores e transeuntes. A solução encontrada foi a fixação de uma barra rosqueada de aço inoxidável, de 10 cm de comprimento, em cada pedra do edifício que apresentasse som cavo, após inspeção acústica e manual. A técnica investigativa e reparadora da manifestação patológica mostrou-se eficiente aos requisitos de aderência exigidos em obras dessa natureza.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fachada. Manifestação Patológica. Revestimento.

### 1. INTRODUÇÃO

Este artigo trata da análise das manifestações patológicas observados no revestimento (ANGELO E FRANCO, 2001) de fachada de um edifício, situado na Av. Bernardo Vieira de Melo, na cidade de Jaboatão dos Guararapes, Região Metropolitana do Recife-PE. O trabalho descreve as características da edificação, vistorias realizadas, análise dos ensaios e resultados encontrados, recomendações sugeridas para as atividades de intervenção e, por fim, a execução do reparo nas fachadas do edifício composta por pedras de mármore travertino.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A edificação em análise data de 21 anos de construção, possui 14 pavimentos, com um apartamento por andar, além de estacionamento no subsolo. O prédio possui estrutura tradicional em concreto armado com sistema de pilares, vigas e lajes.

O revestimento vertical externo é constituído por placas de rochas ornamentais designadas de mármore travertino (ABIROCHAS 2002) com dimensões variadas. Conforme os trechos examinados foram executadas as camadas de revestimento de acordo com a ordem a seguir:

- **Base:** estrutura em concreto armado e sistema de vedação em blocos cerâmicos.
- **Preparação da base:** argamassa de chapisco com cimento e areia grossa.
- **Camada de regularização:** argamassa de emboço constituída por cimento, areia e saibro, com espessura variável.
- **Revestimento:** Placas de mármore Bege Bahia (travertino), em sua maioria com dimensões retangulares (20x40)cm, e trechos de granito marrom escuro em detalhes de composição horizontal das janelas, nas fachadas laterais norte e sul.
- **Assentamento das placas:** efetuada de maneira simultânea com a aplicação da argamassa de emboço, utilizando colher de pedreiro, técnica bastante aplicada na época de execução do prédio.
- **Rejunte:** Argamassa cimentícia com espessura variável e acabamento alisado.

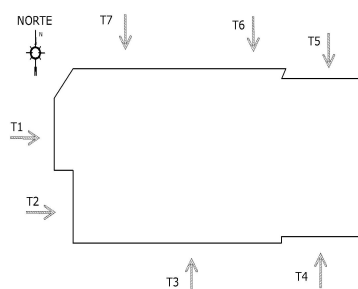
Foram realizadas vistorias ao prédio com o intuito de investigar o estado de conservação do sistema de revestimento, métodos e materiais de execução e propor alternativas consideradas adequadas para a intervenção.

Observou-se que o emboço da fachada era à base de “saibro”, em seguida as placas eram fixadas. Além disso, foram utilizados arames, que amarravam as pedras ao emboço. Ao transcorrer do tempo, a incidência da maresia (ataque de cloretos) e umidade resultaram na oxidação e perda da resistência dos arames, tornando as placas susceptíveis a quedas.

Em função do quadro apresentado, foram efetuados ensaios de resistência de aderência à tração direta em trechos aleatórios da fachada para avaliação da aderência das placas cerâmicas à base. As análises das investigações estão a seguir descritas.

Durante a avaliação foram efetuados ensaios de aderência, de acordo com a NBR 15258 (ABNT, 2005), em 42 (quarenta e dois) pontos espalhados pelos 13 pavimentos do prédio, em 7 (sete) áreas amostrais apresentadas no croqui esquemático indicado na Figura 13.

Figura 13: Croqui esquemático do prédio e posicionamento dos locais dos ensaios.



Fonte: (Autores, 2012)

Em nenhum dos panos ensaiados foram encontrados valores acima dos critérios normativos, tanto nos casos ensaiados nas quinas quanto no centro das placas. 66,67% das placas ensaiadas não apresentaram qualquer resistência para o arranchamento, justificando a incidência de descolamento.

Tabela 11: Resultado do ensaio a tração realizado nas fachadas

TRECHO	POSIÇÃO DAS CHAPAS	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (MPa)					
1	Quina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Centro	0,11	0,09	0,0	0,0	0,0	0,0
3	Quina	0,14	0,12	0,12	0,10	0,05	0,04
4	Centro	0,69	0,21	0,17	0,16	0,10	0,07
5	Centro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	Quina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	Quina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Autores (2012)

A fim de se verificar a situação em que se encontra o revestimento foi realizada também inspeção amostral por percussão em diversos trechos das fachadas.

Dentre as mais de 5.096 placas avaliadas, 1.905 amostras foram identificadas com som cavo (37%). Observa-se que não há critério normativo que indique níveis aceitáveis para esse ensaio, entretanto, em se comparando com outros casos estudados, os valores encontrados, representativos de falhas, podem ser considerados bastante representativos.



A solução encontrada pela empresa avaliadora:

- Lavagem e inspeção geral da fachada com jato de água (2.400psi) para identificação de falhas nas placas (deficiência de aderência) e nos elementos de rejunte.
- As placas identificadas como soltas devem ser removidas e substituídas por novas placas assentadas com argamassa colante tipo ACIII, precedidas por uma regularização com argamassa.
- Toda a área de rejunte deve ser removida superficialmente (profundidade aproximada de 3mm), seguida da recomposição com nova argamassa de rejunte (tipo ARII), indicada pelo fabricante como específica para esse tipo de aplicação, e colocação de hidropelente superficial à base de silano siloxano.
- Fixação de uma barra rosqueada de aço inoxidável, de 10 cm de comprimento, em cada pedra do edifício que apresentasse som cavo, após inspeção acústica e manual. Nessas pedras seriam realizados quatro furos com furadeira sem impacto diamantada e com a presença de água no momento de realização furo.

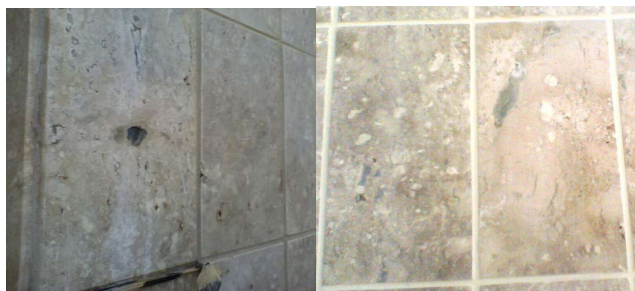
Os furos seguem a sequência:

- Execução o furo (sem impacto) nas placas com diâmetro de 14mm e profundidade 5mm, atingindo, com isso a região central da placa.
- Execução de pré furos (sem impacto) com diâmetro de 6mm, perfurando toda a placa até atingir o emboço, para servir como guia para os furos definitivos.
- Execução dos furos definitivos (sem impacto) com diâmetro de 8mm, perfurando toda a placa até atingir o emboço.
- Perfuração da argamassa de emboço com broca de diâmetro de 5mm (com impacto) com profundidade aproximada de 100mm, contado desde a superfície da placa.
- Execução de furo (sem impacto) com diâmetro de 8mm, até alcançar profundidade aproximada de 100mm, contado a partir da superfície da placa.
- Realizar giro de 15° (graus) para abrir uma cunha dentro do furo.
- Limpeza do furo a seco com ar comprimido, não se permitindo a presença de qualquer umidade no interior do furo.
- Aplicação manual de adesivo epóxi tixotrópico em toda a cavidade formada do furo na base.
- Colocação da barra rosqueada de aço inoxidável 304, com diâmetro ¼”, profundidade de 100mm, já previamente ancoradas com as porcas de aço inoxidável 304, com diâmetro ¼”, empurrando de forma que se garanta a penetração da barra no furo em toda a sua profundidade.

Após a realização da perfuração, houve a limpeza de todo o furo que não poderia estar úmido, posteriormente preenchido com adesivo Epóxi e inserido o parafuso de aço até atingir todo o seu comprimento. Logo após essa aplicação, foi executada a limpeza imediata do excesso de adesivo epóxi que transborda do furo quando da colocação da barra rosqueada, por meio da utilização de álcool isopropílico. O acabamento do furo após o preenchimento com adesivo Epóxi (Figura 2) foi feito com a mistura de rejuntamento aditivado com balcryn 500 como água de

amassamento para colmatar o furo, dando acabamento adequado na cor do mármore existente.

Figura 14: Furo na pedra preenchido com adesivo épxi e após finalização com cobertura do furo.



Fonte: Autores (2012)

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto à estabilidade das placas do revestimento, foram parafusadas 37% das pedras das fachadas e substituídas cerca de 5% que apresentavam uma porcentagem acima de 30 % de som cavo. o método corretivo proposto, aprovado e aplicado pela executante mostrou-se eficaz até o presente momento, pois a supervisão não registrou desde o final da intervenção, em janeiro de 2013, nenhuma nova ocorrência de descolamento das placas de mármore travertino aplicadas no acabamento do revestimento do edifício.

A realização do preenchimento do furo com adesivo Epóxi, que garantiu a fixação das barras de aço, não seria suficiente para garantir a estanqueidade das placas, sendo assim, a mistura de rejuntamento aditivado com balcryn 500, finalizou o serviço do furo, revestindo-o e garantindo até o momento atual, resultados satisfatórios, não existindo infiltrações oriundas desse rejuntamento nas fachadas do edifício.

### 4. CONCLUSÃO

A partir dos ensaios realizados no edifício e após a execução das atividades de reparo aprovadas, foi possível comprovar que a técnica utilizada de recuperação da fachada de mármore travertino com barras de aço inoxidável mostra-se como uma forma segura de revitalização. A partir de um método padronizado, conforme as exigências apresentadas, associado a uma fiscalização eficiente, a manifestação patológica pode ser solucionada, bem como a recuperadas as pedras que se encontravam aderidas. Dessa forma, essa recuperação caracteriza-se como uma eficiente escolha tanto na aplicação de novas placas quanto na manutenção de fachadas onde exista o descolamento de placas de mármore com aplicação de argamassas.

## REFERÊNCIAS

ABIROCHAS/CETEM. 2002. **Catálogo de rochas ornamentais do Brasil**. Rio de Janeiro. CD ROM. Windows 95.

ABNT, NBR 15258 (2005), **Argamassa para revestimento de paredes e tetos- Determinação da resistência potencial de aderência à tração**. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Normas Técnicas.

JUST, ANGELO.; L.S. FRANCO. **Descolamento dos revestimentos cerâmicos de fachada na cidade do Recife**. *Boletim Técnico*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2001.

**ABSTRACT:** The facades of buildings are subject to various types of pathological manifestations, among the main ones are the detachment of adherent coatings mortar, quoting the marble slabs. The present study is to investigate the coating system, system and quantity to perform the repair and the adoption of the technique used to recover in order to solve the problems of poor adhesion of travertine marble stones to the facade of a zoned building in Jaboatão dos Guararapes, metropolitan area of Recife-PE. highly relevant topic, since poor adherence caused that fell stones, creating points of infiltration and accident hazard to residents and bystanders. The solution was the establishment of a stainless steel threaded bar, 10 cm long, in every stone of the building to produce hollow sound after acoustic inspection and manual. The investigative technique and repair of pathological manifestation proved efficient to adhesion requirements on works of this nature.

**KEYWORDS:** Facade. Pathological. Manifestation. Coating.

## **CAPÍTULO XXII**

### **REUSO DE ÁGUA E USO DA ENERGIA SOLAR**

---

**Julio Cesar Ludwig  
Marcelo Petrycoski  
Michelle Gheller Dias  
Vitor Guerra**

## REUSO DE ÁGUA E USO DA ENERGIA SOLAR

**Julio Cesar Ludwig**

**Marcelo Petrycoski**

**Michelle Gheller Dias.**

Acadêmicos dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura da Faculdade Mater Dei  
Pato Branco - Pr

**Vitor Guerra**

Professor

**RESUMO:** Água com sua finita quantidade, seu uso desenfreado e desorganizado. A energia solar abundante sendo absorvida por placas fotovoltaicas e servindo para todo a edificação. Como uma organização de métodos será mostrado neste trabalho o reuso da água da chuva, como deverá ser coletada, filtrada, armazenada em cisterna e bombeada até reservatório para utilização. O artigo demonstrará a farta e grandiosa fonte de energia natural que o planeta Terra possui; a energia solar, onde será coletada através de placas fotovoltaicas e transformando esta energia solar em elétrica usável. Assim usar a energia para bombear a água captada e enviar ao reservatório para o uso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agua. Chuva. Reuso. Energia. Solar. Fotovoltaica.

### 1. INTRODUÇÃO

Objetivo do estudo é demonstrar o devido e correto uso da Água da Chuva com reaproveitamento para uso próprio na edificação em conjunto com fornecimento de energia elétrica, através de placas fotovoltaicas para o funcionamento de equipamentos elétricos.

Sabe-se que a água é um recurso natural essencial, seja como componente bioquímico dos seres vivos, como meio de vida de várias espécies vegetais e animais, como elemento representativo de valores sociais e culturais e até como fator de produção de vários bens de consumo final e intermediário.

Segundo Tomaz (2010), a falta de água é um dos graves problemas mundiais que pode afetar a sobrevivência dos seres humanos. O uso desordenado, o desperdício e o crescimento da demanda são fatores que contribuem para intensificar a escassez de água potável no planeta.

É tanta a preocupação com a possibilidade de falta ou racionamento de água por uso desenfreado que desde maio de 2007, todo curitibano que construir ou comprar um imóvel tem de estar atento às novas exigências da prefeitura quanto ao uso racional da água. (KOTOWLKI, 2009).

Para Bittermann (1990), o tema que aqui se trata é **água** – esse bem tão abundante e, paradoxalmente, tão raro. Olhando do espaço, a visão que o nosso planeta oferece é de um grande aquário azulado girando em torno do Sol.

Segundo o mesmo autor, essa enorme massa líquida ocupa cerca de três quartos da superfície terrestre, ou 372 milhões dos 510 milhões de quilômetros quadrados (Km<sup>2</sup>) totais. Isso corresponde a um volume de 1,5 bilhão de Km<sup>3</sup> de água, que tem um papel relevante na alimentação do vapor atmosférico, na regulação térmica do planeta e nos processos de intercâmbio de energia.

Para conseguir uma eficiência plena as instalações das placas deverão ser em locais abertos sem sobras para que possam receber a luz solar em sua totalidade. Para Rüter (2004), a orientação ideal é a de uma superfície voltada para o equador (norte geográfico para instalações no hemisfério sul e sul geográfico para instalações no hemisfério norte).

Ainda através do efeito fotovoltaico, células solares convertem diretamente a energia do sol em energia elétrica de forma estática, silenciosa, não-poluente e renovável.

Os estudos tiveram como base teórica os autores; Kotowski (2009), Tomaz (2010); Rüter (2004); Botelho (2014); NBR 15.527 (2007), água da chuva, Pinho e Galdino (2014).

## **2. REUSO DE AGUA E USO DA ENERGIA SOLAR**

Demonstra-se a seguir o uso a água da chuva sendo coletada em telhados via calhas e condutores, passando por filtro e chegando até uma cisterna onde com auxílio de motobomba movida por energia elétrica produzida por celular fotovoltaicas será enviada a uma caixa de armazenamento superior na edificação.

### **2.1. REUSO DA AGUA DA CHUVA**

A ideia principal é demonstrar o reuso das água da chuva coletada com auxílio de energia elétrica produzida por placas solares. Coletando a água chuva através de calhas condutoras ramificadas, coletadas pelas caixas de passagem; sendo enviadas para uma caixa de filtragem básica para após armazenamento em cisterna. Todo esse trajeto usando desníveis simples no terreno.

Na Figura 1, demonstra as etapas a serem seguidas para a melhor utilização da água da chuva.

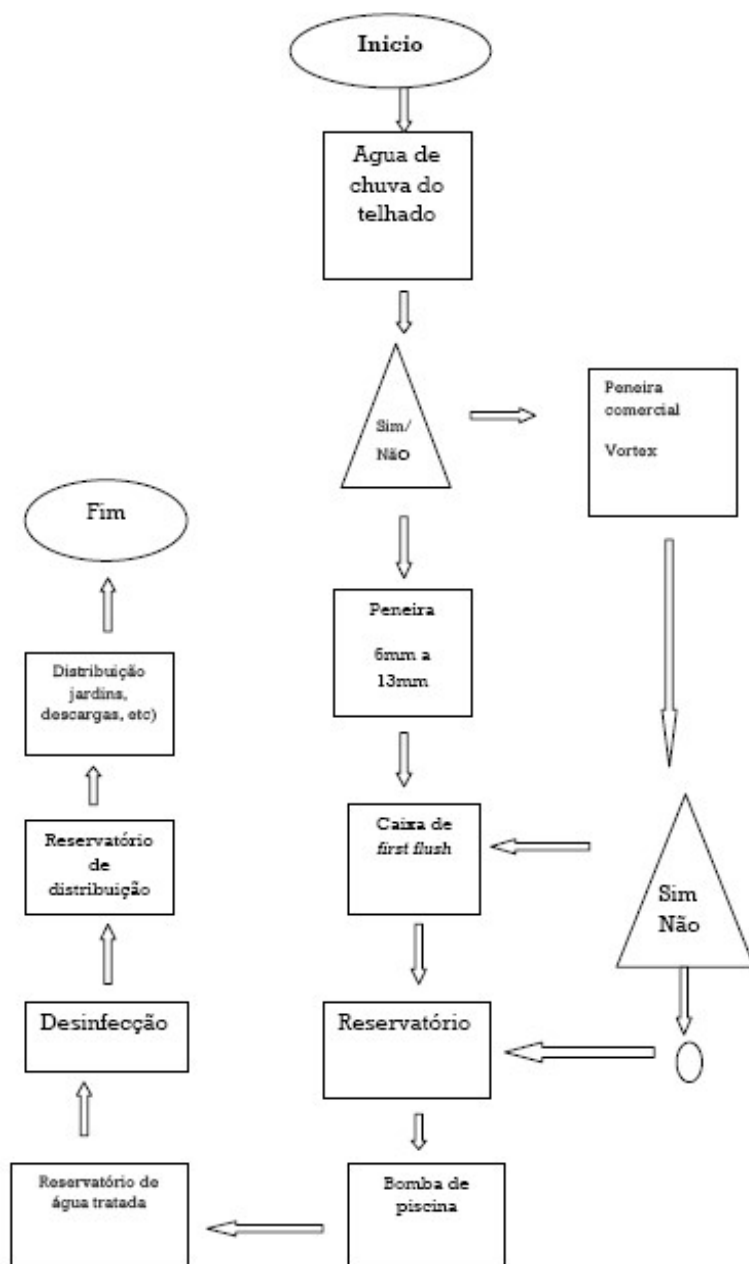


Figura 1: Etapas para a utilização da água da chuva. Fonte: Tomaz, 2010 p1-10

Conforme se descreve a figura 1, todo esse processo, a água pré-tratada, será enviada para reservatório de uso por meio de força mecânica. Esta força mecânica terá como uso energético a energia solar transformada em energia pura com corrente contínua que abastecerá os equipamentos locados para “bombear” a água armazenada até o local final.

Para que o sistema funcione adequadamente, todo o ciclo deverá estar em sincronia, tanto a coleta, armazenamento e bombeamento.



Figura 2, Fonte: Aproveitamento de Água da Chuva Tomaz, 2010 p 25-13

A figura 2 mostra o ciclo de abastecimento de água com o bypass entre caixas (A), calha coletora (B), condutores (C, F), conjunto motobomba (D), caixa com pré-filtros (E), entrada de água potável (G), cisterna de armazenamento (H).

### 2.1.1. componentes principais para coleta de água da chuva

São base para uma coleta os seguinte itens:

- Área de Captação ou Telhado;
- Calhas e Condutores;
- By Pass;
- Peneira;
- Reservatório com extravasor;

### 2.1.2. eficiência da coleta da chuva

A eficiência do aproveitamento da chuva segundo Tomaz (2010), se dá pela multiplicação pela eficiência do dispositivo para a retirada do *first flush*<sup>6</sup>.

Ainda segundo Tomaz (2010), a eficiência em telhados é 0,95 e a eficiência para retirada do first flush é de 0,85, então o produto  $0,95 \times 0,85 = 0,80$ , concluindo assim que aproveitamos 80% da água da chuva.

<sup>6</sup> Primeiros minutos de chuva no telhado, então joga-se fora a primeira água de lavagem do telhado



### 2.1.3. Reservatório para água de chuva

O reservatório deverá ser instalado próximo a rede pública coletora, assentado sob camada de areia, possuirá um extravasor ligado à rede pública. Tubo de descarga para manutenção e limpeza. Sistema de bombeamento deverá estar instalado a cerca 100 mm abaixo da superfície da água para evitar a sucção de material pesado e com auxílio de uma válvula pé de crivo e boia de mínimo e máximo para não danificar a bomba.

### 2.1.4. Áreas de uso da água da chuva

Neste estudo foi considerado demandas de uso cita Tomaz (2010, p. 3-3), “[..]. Somente será usada para descargas dos vasos sanitários, irrigação, lavagem de passeios e calçadas [...]”.

A tabela 1, mostra dados de consumo em uma residência unifamiliar.

Tabela 1: Aproveitamento de Agua da Chuva

<b>PURA</b>		
<b>Tipos de usos da água</b>		<b>Porcentagem</b>
Descargas na bacia sanitária		29%
Chuveiros		28%
Lavatório		6%
Pia de cozinha		17%
Tanque		6%
Máquina de lavar roupas		5%
Máquina de lavar louças		9%
<b>Total</b>		<b>100%</b>

Fonte: Tomaz, 2010, p 3-3

A tabela 1 mostra as porcentagens de uso da água. Demonstrando-se que a descarga na bacia sanitária tem o maior consumo dentre as demais. A máquina de lavar roupas demonstram percentual baixo apesar da dimensão ser maior que a bacia sanitária. O chuveiro também é um grande vilão no consumo de uma residência.

## 2.2. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O sistema de energia solar fotovoltaica, basicamente seria na transformação da energia solar em eletricidade, usando placas fotovoltaicas. A conversão de luz em energia elétrica se dá através de célula fotovoltaicas fabricadas com material semicondutor, uma das principais peças para esse processo.

Estes módulos são fabricadas de vários materiais, segundo Pinho e Galdino (2004, p. 50), “[...]há produção de células e módulos fotovoltaicos são classificadas em três gerações:

A primeira geração é dividida em duas cadeias produtivas: silício monocristalino (m-Si) e silício policristalino (p-Si) “[...], esta geração representa 85% do mercado atual.

A segunda geração chamada de filme e dividida em três cadeias; silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre e índio (CIS), índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe), representa menos eficiência e pequena participação no mercado[...].

Há existência de uma terceira geração que ainda está em desenvolvimento, que segundo Pinho e Galdino (2004, p. 50), “[...] é dividida em três cadeias produtivas: célula fotovoltaica multijunção e célula fotovoltaica para concentração (CPV – *Concentrated Photovoltaics*), células sensibilizadas por corante (DSSC – *Dye-Sensitized Solar Cell*) e células orgânicas ou poliméricas (OPV – *Organic Photovoltaics*)[...]”.

### 2.2.1. Radiação solar sobre a terra

O feixe de luz produzido pelo irradiação solar, considerando uma certa inclinação pode produzir, através de placas fotovoltaicas, volumes de energia elevados. Segundo Pinho e Galdino (2004, p.76):

[...] a densidade média anual do fluxo energético proveniente da radiação solar (irradiância solar), quando medida num plano perpendicular à direção da propagação dos raios solares no topo da atmosfera terrestre recebe o nome de constante solar e corresponde ao valor de  $1.367 \text{ W/m}^2$ .

Ainda, segundo Pinho e Galdino (2004, p.76), “[...] Considerando que o raio médio da Terra é 6.371 km, e considerando o valor da irradiância de  $1.367 \text{ W/m}^2$  incidindo sobre a área projetada da Terra [...]”.

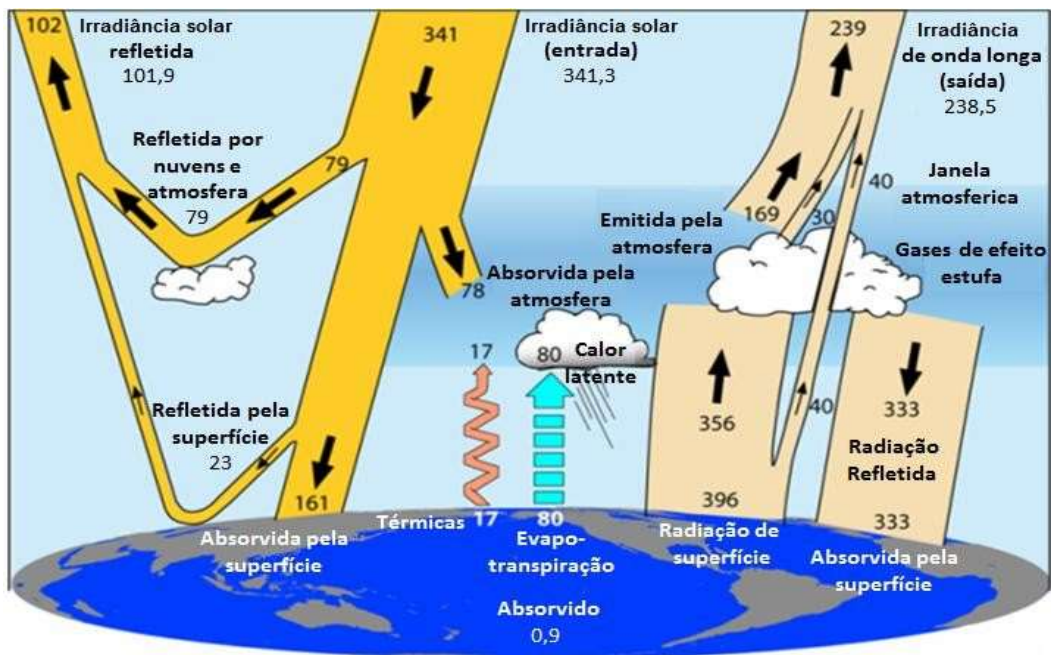


Figura 3: Fluxo de potência global. Fonte: Segundo PINHO e GALDINO (2004), Trenberth et al.,(2009 p 77)

Figura 3 - Fluxo de potência global (em  $W/m^2$ ). Valor aqui demonstrada de irradiância solar apresentado e um fluxo médio recebido durante um período de 24 horas de um dia ( $341,30 W/m^2$ ) no topo da atmosfera.

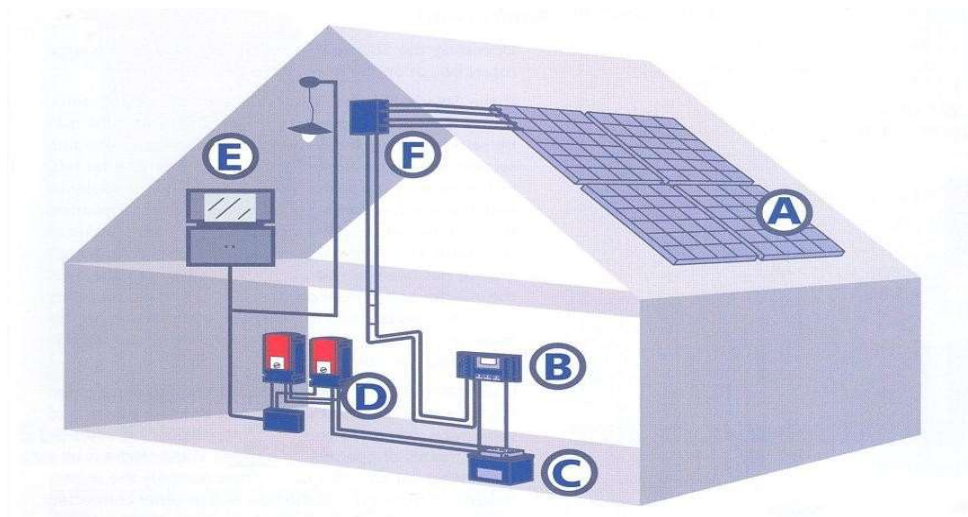


Figura 4:Esquema de um SFI unifamiliar Pinho e Galdino (2004, p.204)

A figura 5 apresenta a forma de utilização do sistema de energia solar. Sua melhor posição em relação a radiação solar (A), controlador de carga (B), baterias (C), inversor de carga (D), carga c.a. (E) e caixa de conexão(F).

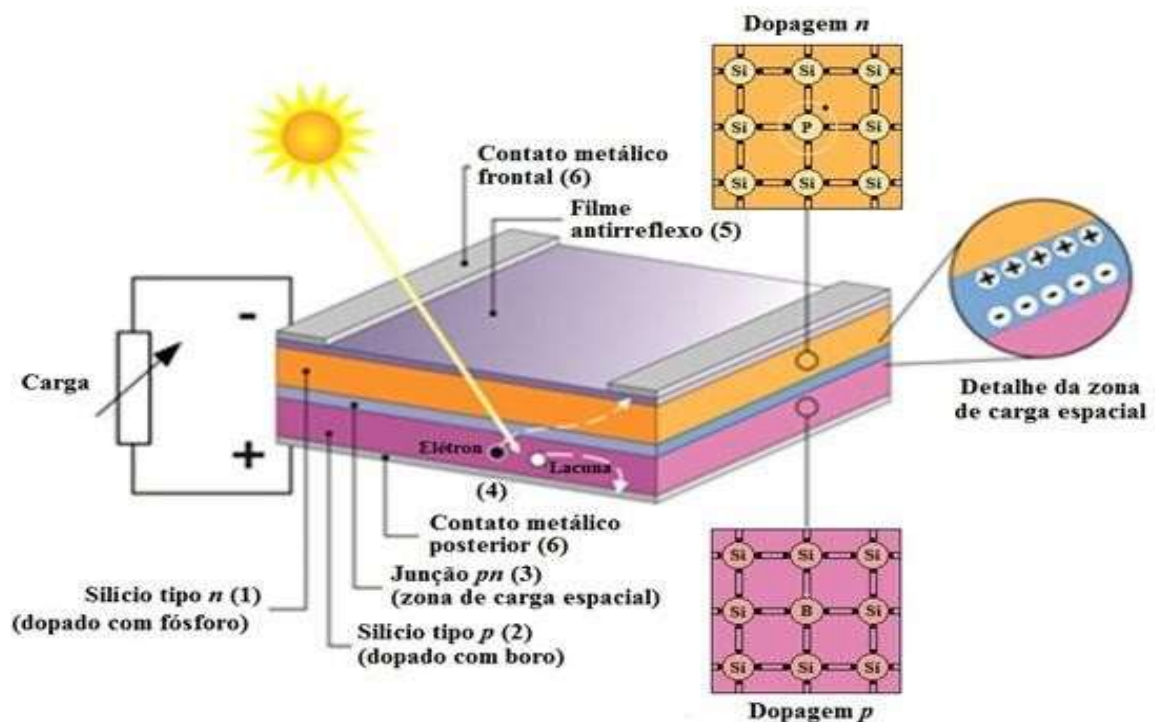


Figura 5: Célula Fotovoltaica. Fonte: Adaptada de Moehlecke e Zanescos,( 2005, p 112

Na figura 5 a estrutura de uma célula fotovoltaica, mostrando a inclinação do sol, contato metálico sob o filme antirreflexo (5, 6), contato metálico posterior (6), junção pn (3) e detalhe da zona de carga espacial.

### 2.3. SISTEMA BOMBEAMENTO DE ÁGUA

Segundo Pinho e Galdino (2004, p.265), um sistema fotovoltaico de bombeamento (SBFV) é constituído por gerador fotovoltaico, dispositivo de condicionamento de potência (inversor, controlador de bomba), conjunto motobomba e reservatório de água.

A água coletada pela chuva e armazenada em cisterna irá ser enviada com auxílio de força mecânica, ou seja, bomba elétrica, para o caixa d'água localizada acima das instalações.

A energia usada para ligar a bomba virá do sistema fotovoltaico acima já citado.

Figura 15 Esquema demonstrando o sistema SBFV

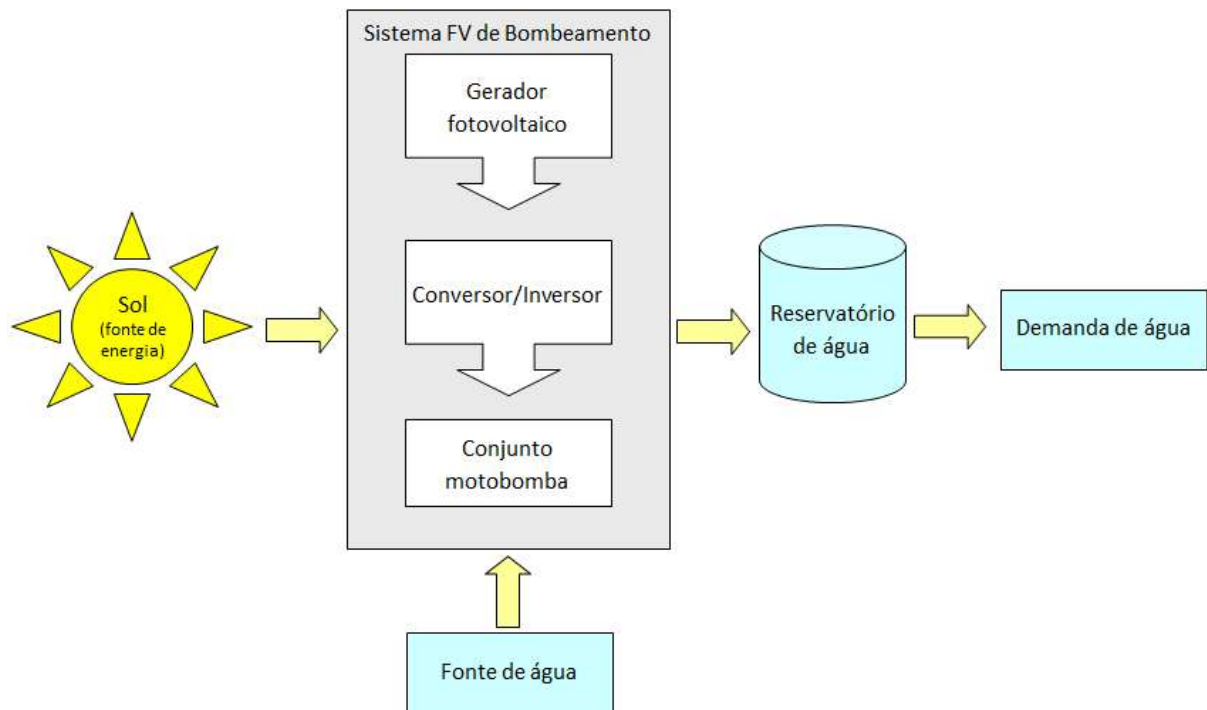


Figura 6 Sistema SBFV. Fonte: Modificado de (FRAINDEIRAICH, 2002) p 265.

Figura 6 demonstra um diagrama esquemático de um sistema fotovoltaico para abastecimento de água, com a fonte de energia, o Sol, onde as placas fotovoltaicas receberam a energia e enviaram para conversor/inversor, que por sua vez efetuou a ligação do conjunto motobomba. Assim a água conseguiu chegar até o reservatório.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo, utilizou-se da pesquisa bibliográfica, que para Gil (2008), é definida como a reunião de informações e dados que servirão de base a construção da proposta para o determinado tema.

Nesta foram utilizadas referenciais teóricos de autores como Pinho e Galdino (2004) que discorreram sobre a temática relacionada a placas fotovoltaica, tratando sobre o uso da geração de energia; Tomaz (2010), que descreve sobre o reuso da água e seu conceito sobre bombeamento de água da chuva.

A Norma NBR 15.527 (2007) Água da Chuva, traz sobre este assunto referências que ajudam a entender o uso da água.

O recorte teórico trouxe dados referentes aos anos de 1990 a 2014.

A análise dos dados foram apresentados do tipo descritivo, cujo objetivo visava a descrição da temática. A abordagem do problema consiste de resultados qualitativos e quantitativos através da interpretação e compreensão de conceitos,

procedimentos e normativas.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados pelos autores e documentos informados neste estudo com base no objetivo de demonstrar o devido e correto uso da água da Chuva com reaproveitamento para uso próprio na edificação em conjunto com fornecimento de energia elétrica, através de placas fotovoltaicas para o funcionamento do equipamento elétrico, apontaram que:

Para Tomaz o uso da água da como reaproveitamento para as edificações em conjuntos habitacionais, devem ser usados para uso não potável; somente em vasos, torneiras de jardim e uso com controle em maquinas de lavar.

Rüther, argumenta que a energia gerado pelo sol e inesgotável numa escala de tempo razoável e deve ser utilizada em abundancia, auxiliando e muito na demanda de energia limpa.

Da mesma forma, Pinho e Galdino dizem que esperam estimular o aprofundamento de pesquisa no campo da energia limpa e com baixo efeito estufa, contribuindo para a evolução da energia renovável.

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, coletar e armazenar água da chuva e um procedimento bem simples. Fazer o reuso da água em época de escassez e de aquíferos baixos, não se torna uma exigência, e sim uma necessidade, necessidade cultural.

E se falando em reuso, porque não usar uma energia inesgotável que produza energia elétrica dentro da sua própria residência ou próprio comercio.

Acredita-se na possibilidade de no futuro próximo vários estudos com esses dois casos possam ser agrupados e com isso demonstrar a diminuição no custo de operação como a utilização com consciência desta tão pura e necessária fonte de vida chamada água.

#### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 15.527**: Água de chuva – Aproveitamento de Coberturas em Áreas Urbanas para Fins não Potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

BITTTERMANN, Rosana Fernandes. ROLIM, Maria Augusta. PÓVOA, Francisco Liberato. **Geografia - 2º Grau - Volume 2**. Editora Lê, Belo Horizonte - MG. 1990

KOTOWSKI I.B., **O Professor PDE e os Desafios da Escola Pública Paranaense**. Paraná, Estado do Paraná, 2009

PINHO J. T. e GALDINO M.A., **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, Cepel – Cresesb 2014.

RÜTHER R., **Edifícios Solares Fotovoltaicos**. Florianópolis Ufsc, 2004.

TOMAZ P., **Aproveitamento Água de Chuva**, Guarulhos, 2010.

**ABSTRACT:** Water with its finite amount, its unbridled and disorganized use. Abundant solar energy being absorbed by photovoltaic panels and serving for all the building. As an organization of methods will be shown in this work the reuse of rainwater, how it should be collected, filtered, stored in cistern and pumped to the reservoir for use. The article will demonstrate the abundant and great source of natural energy that planet Earth possesses; solar energy, where it will be collected through photovoltaic panels and transforming this solar energy into usable electrical. So use the energy to pump the captured water and send to the reservoir for use.

**KEYWORDS:** Water. Rain. Reuse. Energy. Solar. Photovoltaic

## **CAPÍTULO XXIII**

### **UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS**

---

**Leandro Sbarain  
Adernanda Paula dos Santos**



## UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS

**Leandro Sbarain**

Acadêmico do curso de Engenharia Civil da Faculdade Mater Dei – Pato Branco/PR

**Adernanda Paula dos Santos**

Professora da disciplina de Tecnologia da Construção Civil da Faculdade Mater Dei – Pato Branco/PR

**RESUMO:** A cada dia que passa aumenta a preocupação por parte da indústria da construção civil e dos órgãos públicos ambientais referente ao destino dos entulhos que a atividade gera, tanto na fabricação de artefatos quanto nas construções e obras em geral. Outra preocupação de fato, é a escassez dos recursos naturais e a diminuição crescente de jazidas minerais. Este estudo tem como objetivo, verificar, por meio de estudos de outros autores, as possibilidades de utilização dos resíduos de construção e demolição-RCD como agregados na confecção de argamassas e concretos, minimizando os impactos sociais e ambientais causados por frequentes descartes incorretos ou clandestinos. Foram analisados estudos de diferentes autores, sempre utilizando entulhos nos ensaios, para obtenção de concretos e argamassas de diferentes traços e idades. Os resultados dos testes realizados pelos autores conforme bibliografias consultadas mostram características distintas, no que diz respeito à resistência e trabalhabilidade dando a possibilidade de utilização de agregados de RCD na fabricação de alguns tipos de materiais de construção.

**Palavras-Chave:** Entulhos. Recursos Naturais. Meio Ambiente. Concreto.

### 1 INTRODUÇÃO

A construção civil, desde os seus primórdios, se caracterizou por ser realizada de forma artesanal, acarretando em enormes quantidades de entulhos sólidos. Entretanto, “só a partir de 1928 começaram a ser desenvolvidas pesquisas de formas mais sistemáticas para avaliar o consumo de cimento, a quantidade de água e o efeito da granulometria dos agregados oriundos de alvenaria britada e de concreto”. (LEVY; HELENE, 1995, p. 315-325).

Com o desenvolvimento destas pesquisas, na atualidade pode-se afirmar que ocorreu um grande avanço nos estudos e na criação de soluções para utilização dos resíduos de construção e demolição (RCD) ou resíduos de construção civil (RCC), especialmente em países desenvolvidos, sendo que no Brasil a reciclagem destes resíduos ainda é uma prática pouco difundida, apesar da quantidade de usinas instaladas no país terem aumentado significativamente após a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 307 (2002), que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

Este estudo tem como objetivo, verificar, por meio de estudos de outros autores, as possibilidades de utilização dos resíduos de construção e demolição-

RCD como agregados na confecção de argamassas e concretos, minimizando os impactos sociais e ambientais causados por frequentes descartes incorretos ou clandestinos.

A prática de aproveitamento de RCD caminha lado a lado com questões ambientais, o que fortalece o tema sustentabilidade nos dias atuais, pelo fato de não se utilizar recursos naturais nos processos propostos, com isso os relacionamentos com órgãos públicos ganham força. Contribui ainda para a limpeza das cidades e o descongestionamento de aterros sanitários e lixões (ZORDAN, 1997).

Os dados apresentados nesse estudo tiveram como base autores como Cardoso (2010), ele aborda sobre o uso de agregado de entulho da construção civil de Manaus-AM para obtenção de bloco de argamassa celular, Saraiva (2016), apresenta estudo da utilização de resíduos de concretos e argamassas gerados na construção civil na região de São Miguel-SC, Morand (2016), ressalta as principais aplicações dos resíduos de obras como materiais de construção, Zordan (1997), argumenta sobre a utilização do entulho como agregado na confecção do concreto e Bauer (2005), elenca sobre Materiais de Construção.

Segundo os autores, os resultados obtidos mediante ensaios de laboratório realizados em suas pesquisas, mostram que os agregados reciclados podem ser utilizados na confecção de concreto não estrutural e na fabricação de elementos construtivos empregados em obras de infra estruturas urbanas, trazendo benefícios para a população e redução dos impactos sociais e ambientais.

## **2 UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO AGREGADOS**

Neste capítulo aborda-se conceitos sobre RCD e seus impactos além de definições sobre os materiais reciclados utilizados nos estudos analisados.

### **2.1 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD)**

Os resíduos da construção e demolição – RCD são compostos por concretos, tijolos, telhas, madeiras, metais, materiais poliméricos, argamassas, materiais cerâmicos, papéis, entre outros.

Resíduos de Construção e Demolição (RCD) são considerados todo e qualquer resíduo oriundo das atividades de construção, sejam eles de novas construções, reformas, demolições, que envolvam atividades de obras de arte e limpezas de terrenos com presença de solo ou vegetação (ÂNGULO, 2000; FERRAZ et al., 2001; EC, 2000; WILSON, 1996; SCHULTMANN; RENTZ, 2000 apud ANGULO, 2005 apud SARAIVA 2016).

Segundo Pinto (1999), cada metro quadrado construído gera 150 kg de resíduos, já no estudo de Agoypan et al. (2001) o valor aproximado é de 50 kg/m<sup>2</sup>.

Ainda, para a utilização de parte destes resíduos como agregados na confecção de concreto e argamassas, devem ser selecionadas partes destes materiais, que nas usinas de reciclagem passam por uma triagem na qual são separados apenas os materiais derivados de cimento, cerâmicos e concretos. Os demais materiais podem ser encaminhados para reciclagem separadamente.

O emprego dos agregados de resíduos de construção e demolição em concreto não é muito comum, pelo fato de possuir pouca informação referente à ação de suas diversas características no desempenho do concreto, assim necessitando de estudos de microestrutura para obtenção de resultados mais coerentes, e com maior precisão nos dados. (ÂNGULO, 2005 apud SARAIVA, 2016).

## 2.2 IMPACTOS GERADOS POR RCD

Devido aos descartes em locais impróprios, como terrenos baldios, reservas ambientais, margens e leitos de rios, os impactos causados por entulhos de construção civil são de ordem social, econômica e ambiental. (PINTO, 1999).

A pesquisa setorial 2015 da Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - ABRECON (2015, p. 11), diz que:

No Brasil, a disposição irregular deste material tem causado enchentes, perda de infraestrutura de drenagem por entupimento de galerias e assoreamento de canais, além da proliferação de vetores, poluição e do aumento desnecessário dos custos de administração pública.

Tais impactos podem ser minimizados ou solucionados com a prática da reciclagem, na qual os resíduos que seriam descartados serão utilizados como agregados na confecção de concretos e argamassas assim como em bases e sub bases de pavimentações. (CARDOSO, 2010 apud SARAIVA 2016).

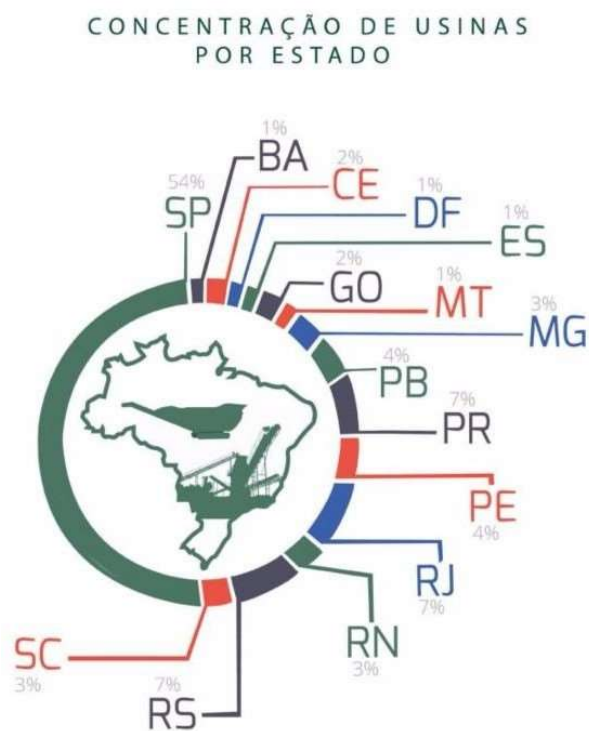
## 2.3 USINAS DE RECICLAGEM

Para que a reciclagem de RCD seja bem procedida, são necessárias boas usinas de reciclagem, que possuam britadoras que produzam agregados com qualidades aceitáveis de granulometria. Nas usinas também ocorrem as triagens nas quais os resíduos são selecionados para produção de agregados. (PINTO, 1999).

Em Miranda et al. (2009) foi realizado um estudo que avaliou as usinas em funcionamento no país. Foi constatado que em 2002 havia apenas 16 usinas instaladas. No entanto após a resolução CONAMA 307 de 2002, este cenário mudou. Atualmente, sabe-se que a quantidade de usinas existentes no país, é de pelo menos 310, sendo que 54% delas se encontram no estado de São Paulo, como mostra a figura 1. (Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição -ABRECON, 2015, p. 15)

Desta forma, após a resolução CONAMA 307, que impôs diretrizes e procedimentos para a instalação de usinas de reciclagem em todo o país e propôs a extinção de todos os lixões existentes, muitos municípios se adequaram ao projeto.

Figura 1 - Gráfico de concentração de usinas de reciclagem



Fonte: Pesquisa Setorial 2015 – Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição ABRECON, p. 15

Analisando o gráfico e a pesquisa setorial, nota-se que as maiores concentrações de usinas abrangem os estados da região sudeste seguidamente da região sul, isso se explica pelo fato de serem regiões onde existe maior concentração de atividades de construção civil ou por outros fatores como o elevado preço dos agregados naturais.

## 2.4 CONCRETO

O concreto é uma mistura homogênea de materiais conhecidos como agregados, e de material colante, chamado de aglomerante. O aglomerante mais usado é o cimento e os agregados pedra e areia. Para que o cimento forme a cola necessita-se apenas de água. Existem diversos tipos de concretos, com dosagens dos materiais direcionadas para cada situação e denominadas de traço, sendo que as características atingidas pelos concretos estão diretamente relacionadas com

as dosagens de materiais. (REBELLO, 2007 apud SARAIVA, 2016).

## 2.5 ARGAMASSA

Argamassa, é um composto misto de aglomerante (cimento), agregado miúdo e água, pode conter aditivos e possui propriedades de endurecimento e aderência. (NBR 13529, 1995, p.3).

Existem diversas finalidades de aplicação para argamassas, como regularização de pisos, revestimentos de paredes e tetos por meio de emboço e reboco e assentamento de alvenarias e cerâmicas. (AMBROZEWICZ, 2012 apud SARAIVA, 2016).

Ressalta Cardoso (2010) que com o advento de novos materiais como cimento Portland e através de processo tecnológicos inovadores, trouxeram maior resistência e dureza à argamassa e algumas propriedades, como a trabalhabilidade, melhoraram com aditivos orgânicos.

## 2.6 AGREGADOS

Na preparação do concreto, a definição dos agregados a serem utilizados é de suma importância, pois quando está no estado fresco, influenciam diretamente na trabalhabilidade das misturas e na determinação do custo, já quando se encontra no estado endurecido, influenciam na estabilidade dimensional, na resistência e na durabilidade. (CASTRO, 2007 apud SARAIVA 2016). Segundo Bauer, (2005, p. 63)

Agregado é o material particulado, incoesivo, de atividades químicas praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos. O termo “agregado” é de uso generalizado na tecnologia do concreto; nos outros ramos da construção é conhecido, conforme cada caso, pelo nome específico: fíler, pedra britada, bica-corrida, rachão etc.

Os agregados podem ser classificados quanto à origem (naturais ou artificiais), às dimensões (agregado miúdo ou graúdo) e ao peso unitário (leves, normais e pesados). (YAZIGI, 2014 apud SARAIVA 2016).

### 2.6.1 FABRICAÇÃO, TIPOS E UTILIZAÇÕES DE AGREGADOS DE RCD

Para obtenção dos agregados de RCD, basicamente ocorre a seleção dos materiais do entulho e posteriormente com a utilização de equipamentos apropriados, a trituração em diversas dimensões. Os resíduos recicláveis encontrados predominantemente e que podem ser utilizados para a produção de agregados, dividem-se em três grupos como verifica-se no quadro 2. (ABRECON,

[s.d.]

Quadro 1 – Grupos de resíduos utilizados para confecção de agregados

<b>GRUPO 1</b>	Materiais compostos de cimento, cal, areia e brita: concretos, argamassa, blocos de concreto.
<b>GRUPO 2</b>	Materiais cerâmicos: telhas, manilhas, tijolos, azulejos.
<b>GRUPO 3</b>	Materiais não-recicláveis: solo, gesso, metal, madeira, papel, plástico, matéria orgânica, vidro e isopor. Desses materiais, alguns são passíveis de serem selecionados e encaminhados para outros usos. Assim, embalagens de papel e papelão, madeira e mesmo vidro e metal podem ser recolhidos para reutilização ou reciclagem

Fonte: ABRECON, ([s.d.]

Desta forma, no quadro 1, nota-se que o grupo 1 é formado por resíduos de materiais provenientes de cimento e cal e são os mais utilizados para a fabricação de agregados de RCD, uma vez que os componentes do grupo 2 pelas suas características cerâmicas absorvem muita água o que resulta em um aumento da relação água cimento na produção de argamassas e concretos e consequente diminuição da resistência das misturas. O grupo 3 é composto por materiais que não podem ser utilizados como agregados e são encaminhados para outros processos de reciclagens.

No quadro 3 pode-se verificar os tipos de agregados de RCD que são produzidos no mercado e quais as utilizações recomendadas:

Quadro 2 – Tipos de agregados produzidos com RCD

<b>PRODUTO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>USO RECOMENDADO</b>
<b>Areia reciclada</b>	Material com dimensão máxima característica inferior a 4,8 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Argamassas de assentamento de alvenaria de vedação, contrapisos, solo-cimento, blocos e tijolos de vedação.
<b>Pedrisco reciclado</b>	Material com dimensão máxima característica de 6,3 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto, entre outros.
<b>Brita reciclada</b>	Material com dimensão máxima característica inferior a 39 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.

<b>Bica corrida</b>	Material proveniente da reciclagem de resíduos da construção civil, livre de impurezas, com dimensão máxima característica de 63 mm (ou a critério do cliente).	Obras de base e sub-base de pavimentos, reforço e subleito de pavimentos, além de regularização de vias não pavimentadas, aterros e acerto topográfico de terrenos.
<b>Rachão</b>	Material com dimensão máxima característica inferior a 150 mm, isento de impurezas, proveniente da reciclagem de concreto e blocos de concreto.	Obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.

Fonte: ABRECON, ([s.d.])

Assim, pela análise do quadro 2, pode-se conhecer os tipos de materiais produzidos em usinas de reciclagem, que são predominantemente areias e pedras das mais variadas bitolas e as suas utilizações que vão desde produção de argamassas e concretos até obras de drenagens e pavimentações.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Uma vez que o estudo trata-se de uma pesquisa bibliográfica, que aborda artigos, dissertações, revistas e livros já publicados, neste capítulo demonstra-se os materiais e métodos utilizados por parte dos autores analisados.

Em seu estudo, Saraiva (2016), realizou a escolha dos materiais, coleta, trituração, identificação do traço, caracterização dos agregados e a obtenção e análise dos resultados através de testes laboratoriais. Foram utilizados como materiais areia, pedra brita, cimento e RCD, sendo que os resíduos substituíram a areia natural no experimento para confecção de concreto com agregado miúdo reciclado.

Por sua vez, Cardoso (2010), em seu trabalho, fez a identificação, coleta, tratamento, beneficiamento e caracterização das matérias primas para obtenção de bloco de argamassa celular utilizando RCD. Moldou diversos corpos de prova e avaliou de forma comparativa os traços de argamassa de referência com a argamassa produzida com resíduos de construção civil. Por fim avaliou os custos para obtenção dos blocos desejados. Os materiais utilizados foram: cimento Portland CPI-32, agregado natural de jazida, agregado de concreto reciclado, microfibras de polipropileno e aditivo espumante.

Já a pesquisa de Morand (2016), demonstra o aproveitamento de resíduos da construção de uma linha de metrô na cidade do Rio de Janeiro-RJ. Nas detonações das rochas foram utilizadas paredes diafragmas como contenção e para evitar vazamentos nas juntas destas paredes, aderiu-se uma técnica chamada *Jet Grouting* que consiste em injetar uma calda de cimento com alta velocidade e pressão para o melhoramento da resistência da estrutura. Na aplicação deste serviço, ocorre o refluxo de água com restos de areia e cimento que é reutilizado na fabricação de blocos de solo cimento empregados em alvenarias de vedação.

## **4 ANÁLISE E RESULTADOS**

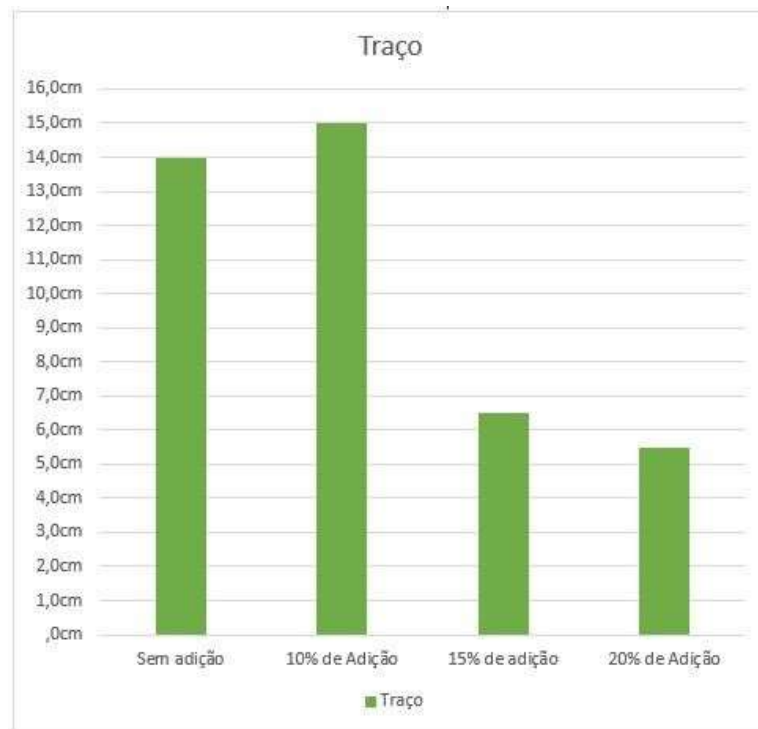
Neste tópico, apresenta-se os resultados obtidos pelos autores analisados em suas pesquisas e demonstra-se a aplicação de RCD em alguns tipos de materiais e processos da construção civil.

### **4. 1 CONCRETO COM AGREGADO MIÚDO PROVENIENTE DE RCD**

Nos estudo de Saraiva (2016), foram realizados testes de trabalhabilidade e resistência à compressão. Foram realizados 01 traço de concreto convencional e 03 traços com substituição da areia natural por RCD nas proporções de 10%, 15% e 20%, conforme mostram os gráficos 2 e 3:



Figura 2 - Resultado do Ensaio de Abatimento de Cone (trabalhabilidade)

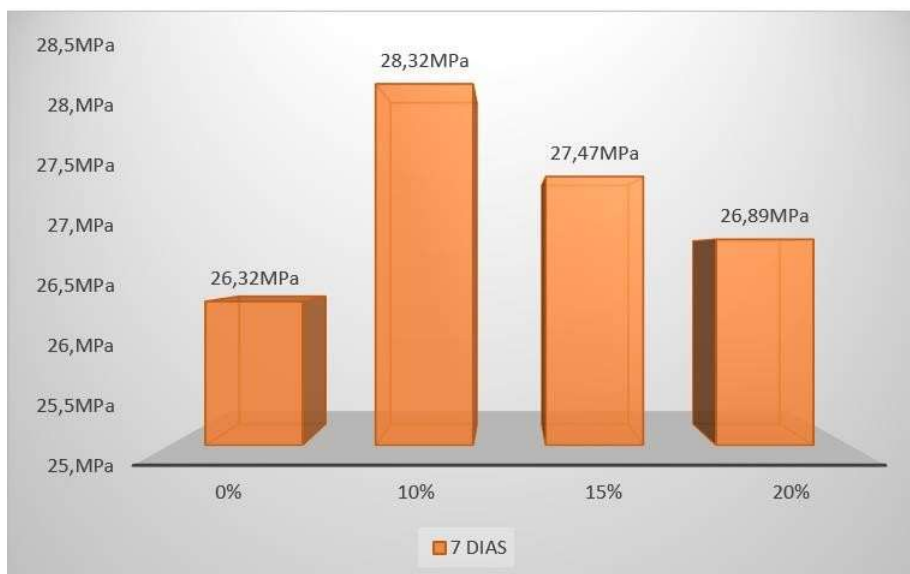


Fonte: Saraiva (2016, p. 62)

Na análise do gráfico 2 nota-se que os resultados da trabalhabilidade entre os traços sem adição de RCD e do traço com 10% de adição são muito próximos, enquanto que os traços com maior adição reduzem consideravelmente a trabalhabilidade do concreto.

Os ensaios de resistência mecânica à compressão mostram os esforços transversais que cada tipo de concreto pode suportar. Os corpos de prova do estudo foram rompidos com tempos de cura de 7 dias, 14 dias e 38 dias, conforme mostram os gráficos 3, 4 e 5.

Figura 3 – Gráfico de Resistência à Compressão aos 7 dias



Fonte: Saraiva (2016, p. 63)

Ao observar-se o gráfico 3, pode-se verificar que os corpos de prova que receberam adições de agregado reciclado, no sétimo dia apresentaram maior resistência que o corpo de prova do concreto convencional, e que na medida que a adição dos resíduos aumentou a resistência à compressão diminuiu.

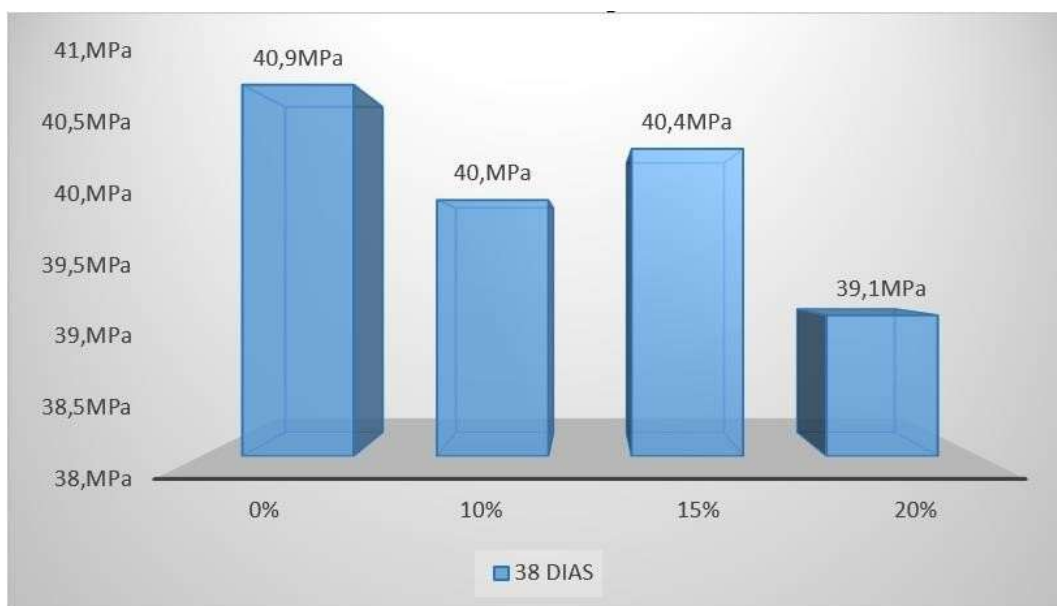
Figura 4 - Gráfico de Resistência à Compressão aos 14 dias



Fonte: Saraiva (2016, p. 64)

No gráfico 4 percebe-se que ao romper os corpos de prova com tempo de cura de 14 dias, o traço com 10% de adição de areia de RCD apresentou resistência à compressão semelhante ao traço composto por areia natural, o que confirma o melhor resultado conforme o teste do sétimo dia demonstrado no gráfico 3.

Figura 5 – Gráfico de Resistência à Compressão aos 38 dias



Fonte: Saraiva (2016, p. 64)

Ao se analisar o gráfico 5, constatou-se que os corpos de prova moldados com concreto convencional sem adição de agregado de RCD, tiveram o melhor desempenho com relação à resistência à compressão, porém as misturas com 10% de adição de resíduos, mesmo que abaixo da adição de 15%, manteve uma média de bom resultado se comparado com os outros gráficos.

Dessa forma, conclui-se que os concretos com traços de 10% apresentaram resultados satisfatórios tanto no ensaio para análise da trabalhabilidade quanto nos testes para verificação de resistência mecânica à compressão, comprovando que está medida de areia natural pode ser substituída pelo agregado de RCD.

#### 4.2 BLOCO DE SOLO CIMENTO

Em seu projeto de graduação, Morand (2016), demonstrou que em uma obra de um trecho do metro na cidade do Rio de Janeiro-RJ, utilizou-se resíduos de cimento e areia provenientes do refluxo de *Jet Grouting*, técnica utilizada para aumentar a resistência do solo e das estruturas durante os processos de detonações dos túneis, para fabricação de blocos de solo cimento que foram utilizados pela própria construtora como alvenaria de vedação, na construção de guaritas, além de serem utilizados na construção de uma biblioteca municipal.

Ainda, nota-se que neste processo, ocorre outra forma de reutilização de RCD, na qual os agregados dos blocos produzidos não passam por usinas de reciclagem para separação, preparação e confecção, uma vez que já são aproveitados diretamente na obra em seu estado líquido.

Segundo o engenheiro da obra, são coletados os 3 metros finais de injeção

de *Jet Grouting* que são inseridos em fôrmas de madeira e após enrijecidos são cortados no formato de blocos.

Nas imagens 1 a 5 pode-se entender melhor o processo de reutilização praticado pela empresa analisada.

Imagem 1 – Jet Grouting



Fonte: Morand (2016, p. 76)

Na imagem 1 pode-se observar a máquina utilizada para a técnica de aplicação de *Jet Grouting* e o refluxo com resíduos de areia e cimento que são utilizados na fabricação de blocos reciclados de solo cimento.

Imagem 2 – Fôrmas para produção de blocos



Fonte: Morand (2016, p. 77)

Ao se observar a imagem 2, vemos as fôrmas de madeiras com o material coletado aguardando o endurecimento para posteriormente serem cortados para formação dos blocos reciclados.



Imagem 3 - Blocos de solo cimento reciclados  
Fonte: Morand (2016, p. 78)

Na imagem 3, temos os blocos já cortados e desenformados prontos para utilização ou comercialização.

Imagem 4 - Guarita construída com blocos reciclados



Fonte: Morand (2016, p. 78)

A imagem 4 mostra a guarita construída, com blocos de solo cimento reciclado, pela própria construtora que gerou os resíduos através da aplicação de

Jet Grouting em obras de linhas de metrô.

### 4.3 BLOCO DE ARGAMASSA CELULAR

Cardoso (2010), após os testes para comparar a fluidez e trabalhabilidade, cura dos corpos de prova e resistência à compressão x idade, entre as argamassas convencional e reciclada, verificou a possibilidade de utilização de RCD como agregado na confecção de blocos de argamassa celular para alvenaria de vedação, pois os valores que se referem a trabalhabilidade e fluidez assim como os de resistência mecânica à compressão, ficaram dentro do previsto em norma.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho foi demonstrado, que no Brasil, a construção civil é uma das maiores geradoras de entulhos e que pela falta de gerenciamento da destinação final dos resíduos, é responsável por grandes impactos sociais e ambientais.

Através da análise de estudos de outros autores foi possível comprovar que o RCD gerado nas obras pode ser utilizado para confecção de diversos materiais de construção reciclados. Mesmo que sejam em pequenas quantidades, só trazem benefícios para o meio ambiente e para a sociedade em geral.

Para que ocorra a utilização e a destinação adequada do RCD deve-se romper a barreira cultural que existe em nosso país, através da conscientização das empresas da construção civil e dos órgãos públicos, além da continuação de estudos para o aperfeiçoamento das técnicas utilizadas no gerenciamento de resíduos da construção civil e diferentes aplicações destes resíduos na fabricação de novos materiais.

## REFERÊNCIAS

ABRECON, Associação Brasileira para a Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição. **Pesquisa Setorial 2014/2015**. São Paulo-SP: Agência Sancho Comunicações, 2017. Disponível em: <[https://abrecon.org.br/pesquisa\\_setorial/](https://abrecon.org.br/pesquisa_setorial/)>. Acesso em 24 agosto. 2017.

AMBROZEWICZ, Paulo Henrique Laporte. **Materiais de construção**. São Paulo: Pini, 2012. 457 p.

ÂNGULO, Sérgio Cirelli. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São

Paulo, 2005, 167p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529 – Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas**. Rio de Janeiro, 1995, 3p.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção**. 5. ed. rev. Rio de Janeiro: LTC Editora. 2005. 471 p.

CARDOSO, José Ribamar de Abreu. **Uso do agregado de entulho da construção civil de Manaus – AM para obtenção de bloco de argamassa celular**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Mecânica e Materiais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Manaus, 2010, 84p.

CASTRO, Alessandra Lorenzetti de. **Aplicação de conceitos reológicos na tecnologia dos concretos de alto desempenho**. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 307**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília-DF, 2002. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/port/Conama/legiabre.cfm?codlegi/>>. Acesso em 01 setembro. 2017.

LEVY, S.M.; HELENE, P.R.L. **Reciclagem de entulhos na construção civil e a solução -política e ecologicamente correta**. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologias de Argamassa, 1º, Goiânia, Brasil. Agosto 1995 Anais. Goiânia, PP 315-325.

MORAND, Fernanda Guerra. **Principais aplicações dos resíduos de obras como materiais de construção**. Projeto de graduação – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 2016.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 1999.

SARAIVA, Amanda. **Utilização de resíduos de concretos e argamassas gerados na construção civil na região de São Miguel do Oeste-SC**. Trabalho de Estágio Supervisionado – Universidade do Oeste de Santa Catarina, São Miguel do Oeste-SC, 2016.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificação**. 14. ed. rev. e atual. São Paulo: Pini: Sinduscon, 2014. 848 p.

ZORDAN, Sérgio Eduardo. **Utilização de entulho como agregado na confecção de concreto**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 1997.

**ABSTRACT:** With each passing day, the concern of the construction industry and environmental public agencies regarding the fate of the rubbish that the

activity generates, both in the manufacture of artifacts and in the constructions and works in general, increases. Another concern in fact is the scarcity of natural resources and the growing decline of mineral deposits. The objective of this study is to verify, through studies by other authors, the possibilities of using RCD construction and demolition waste as aggregates in the manufacture of mortars and concretes, minimizing the social and environmental impacts caused by frequent incorrect or clandestine discards . We analyzed studies of different authors, always using debris in the tests, to obtain concretes and mortars of different traits and ages. The results of the tests carried out by the authors according to the bibliographies consulted show different characteristics in terms of strength and workability, giving the possibility of using RCD aggregates in the manufacture of some types of building materials.

**Keywords:** Debris. Natural resources. Environment. Concrete.



## Sobre os autores

**Abel Sidney Bravin Junior** Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina – PR

**Adernanda Paula dos Santos** Graduada em Engenharia Civil pela Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC Campus de Joaçaba/SC (2011). MBA Gerenciamento de Obras, Tecnologia e Qualidade da Construção - Instituto de Pós graduação -IPOG (2016). Mestranda na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR - Área do Conhecimento: Materiais e Engenharia de Estruturas (2015 - Atual). Exerceu a função de professora (Introdução a Engenharia Civil, Construção Civil II, Construção Civil III, Construção Civil IV, Materiais de Construção II, Laboratório de Materiais de Construção), orientadora e Coorientadora de projetos de Iniciação Científica na Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC campus de São Miguel do Oeste, Coordenadora de Estágios Supervisionados (I, II, III) e Trabalho de Conclusão de Curso na Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC campus de São Miguel do Oeste. Atualmente exercendo a função como docente na Faculdade Mater Dei, ministrando as disciplinas de Tecnologia da Construção I e II, exercendo também a função de coordenadora dos estágios I e II. É responsável técnica pela empresa Artefatos de Cimento Rossi LTDA ME (2012 - Atual). Exerceu a função de Engenheira Civil nas prefeituras municipais de Sul Brasil - SC; Serra Alta - SC e Romelândia - SC. Atua na elaboração de projetos, fiscalização e execução de obras civis, bem como consultoria técnica. Atua como responsável técnica na área de qualidade, controle, planejamento e gestão física e financeira, na A3M Construtora e Arquitetura

**Adriana de Paula Lacerda Santos** Professora Adjunto da Universidade Federal do Paraná; Graduação em Tecnologia da Construção Civil (1996); Mestrado em Construção Civil pela Universidade Federal do Paraná (2002); Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (2006). Grupo de Pesquisa: Grupo de Estudos em Inovação Tecnológica (GESIT). Bolsista de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora do CNPQ – Nível 2

**Ajadir Fazolo** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina. Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina – PR. Graduação em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – Santa Catarina. Mestrado em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos – São Paulo. Doutorado em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos – São Paulo. E-mail para contato: [afazolo@utfpr.edu.br](mailto:afazolo@utfpr.edu.br)

**Allan Araújo Veloso** Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido. E-mail para contato: [allan\\_velozo@hotmail.com](mailto:allan_velozo@hotmail.com)

**Almir Mariano Sousa Junior** Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, Especialista em Geografia e Gestão Ambiental, Mestrado em Engenharia de Petróleo e Gás Natural e Doutor em Ciência e Engenharia de Petróleo (UFRN). Atualmente é professor Efetivo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido e professor do Mestrado Acadêmico em Planejamento e Dinâmicas Territoriais da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte. Foi Professor e Coordenador de Curso de Graduação e Pós Graduação em Eng. de Petróleo e Gás Natural da Universidade Potiguar, Gerente e Assessor Técnico e Gerente do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Rio Grande do Norte (CREA-RN).

**Amauri Castilho Dias** Acadêmico de Engenharia Civil, Faculdade Mater Dei, Pato Branco PR, amauri\_dias@msn.com

**Ana Lúcia Cabanas Nascimento** Comunicóloga. Especialista em Metodologia Científica do Ensino. Especialista em Educação Especial com ênfase em Deficiência Intelectual. Mestre em Gestão e Desenvolvimento Regional. Doutora em Humanidades y Artes com Mención en Ciencias de la Educación. Directora Académica del Kriterion Educare. Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Humanidades y Artes. Rosario, Argentina

**Angélica Arruda de Oliveira** Graduação em engenharia civil pela universidade de Pernambuco. Email: angelica91eng@gmail.com

**Angelo Just da Costa e Silva** Doutor em engenharia civil pela universidade de são Paulo. Professor do curso de engenharia civil na universidade de Pernambuco. Membro do corpo docente do programa de pós-graduação em engenharia civil da universidade de Pernambuco. Email: angelo@tecomat.com.br

**Audrei Felipe Lucatelli** Acadêmico de Engenharia Civil na Faculdade Materdei

**Bernardo Borges Pompeu Neto** Doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2004). Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Campina Grande (1976). Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (1973). Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Saneamento Urbano. Membro do Corpo Docente no Grupo de Análise Experimental de Estruturas e Materiais. Professor Titular da Universidade Federal do Pará. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em materiais, atuando principalmente nos seguintes temas: ensino pesquisa e extensão.

**Bruno Henrique Simão Soares** Graduação de engenharia civil, pelo centro universitário de patos de minas. Grupo de pesquisa: Bruno Henrique Simão Soares, Fábio Luis Neves Araujo e professor Maurides Paulo Dutra júnior. Email para contato: [brunohssoares29@gmail.com](mailto:brunohssoares29@gmail.com)

**Bruno Ítalo Franco de Oliveira** Graduação em Engenharia Civil pela UFRSA.

**Bruno Toribio Xavier** Dr. em Solos e Nutrição de Plantas, Professor Faculdade Mater Dei, Pato Branco-PR, brunotoribio@gmail.com

**Carla Caroline Alves Carvalho** Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte. Graduanda em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFRSA). Bacharel em Ciência e Tecnologia - UFRSA. Na referida instituição de ensino participa de grupos de pesquisa e extensão voltados para o estudo do semiárido nordestino no tocante ao planejamento urbano, políticas públicas, e regularização fundiária. Durante a formação do ensino médio participou de projetos de iniciação científica vinculados ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

**Claudiane Beatriz Gurgel do Amaral Canto Sales** Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Acre (2013)

**Daniel do Nascimento Lima** Graduado em Engenharia Florestal com experiência na área de Tecnologia da Madeira para avaliação da qualidade, indicações de usos e caracterização física e mecânica de madeiras. Experiência em produtos tecnológicos com uso de bambu e caracterização tecnológica de espécies de bambu nativas do Sudoeste da Amazônia. Atualmente é Assistente técnico no Laboratório de Tecnologia da Madeira da Fundação de Tecnologia do Estado do Acre.

**Deize Daiane Pinto Guilherme** Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido. E-mail para contato: deize\_daiane@hotmail.com

**Dione Luiza da Silva** Mestranda em engenharia civil pela universidade de Pernambuco. Professora do curso de engenharia civil na universidade de Pernambuco. Bolsista produtividade em pesquisa pela fundação **x**; Email: dione\_luiza@hotmail.com

**Dixon Gomes Afonso** Graduado em Tecnologia da Construção Civil - Mod. Edificações, pela Universidade Federal do Acre-UFAC (1990), pós-graduação em Agente de Inovação e Difusão Tecnológica, pela ABIPTI/UFAC (2007), MBA em Gerenciamento de Projetos, pela FGV (2010), e Especialização em Gestão Madeireira pela UFPR (2011). Atualmente é Diretor Presidente do Instituto SI Amazônia. Faz parte de Grupo de Trabalho para o Estudo e Desenvolvimento do Bambu Nativo do Acre. Faz parte do Grupo de Pesquisa do Bambu Nativo.

**Ediane Cristina Daleffe** Atualmente é Engenheira Ambiental da empresa JD Assessoria Florestal LTDA. Mestre em ENGENHARIA CIVIL, com linha de pesquisa em Tecnologia Ambiental no Ambiente Construído, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pós-graduada em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Gestão Corporativa de Carbono, pela Universidade Federal do Paraná (2015). Possui

graduação em ENGENHARIA AMBIENTAL pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2014). Vem atuando principalmente nos temas relacionados a geoinformação, capacidade de uso do solo, estoques de carbono em bacias hidrográficas, estabilidade do solo urbano bem como demais temas vinculados à área ambiental.

**Edilson Redon Battini** Acadêmico de Engenharia Civil, Faculdade Mater Dei, Pato Branco-PR, [edilson\\_battini@hotmail.com](mailto:edilson_battini@hotmail.com)

**Edvanilson Jackson Da Silva** Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido. E-mail para contato: [eng.edvanilson@hotmail.com](mailto:eng.edvanilson@hotmail.com)

**Elisa Degrandi Fochesato:** Graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI; [elisafochesato@hotmail.com](mailto:elisafochesato@hotmail.com) Atualmente cursando Pós-graduação em Arquitetura e Design de Interiores para o Mercado de Luxo pela Universidade do Vale do Itajaí (conclusão prevista em 2018).

**Fábio Luis Neves Araujo** Graduação de engenharia civil, pelo centro universitário de patos de minas. Grupo de pesquisa: Bruno Henrique Simão Soares, Fábio Luis Neves Araujo e professor Maurides Paulo Dutra júnior. Email para contato: [fabiolnevesa@gmail.com](mailto:fabiolnevesa@gmail.com)

**Francisco Yuri Rios Osterno** Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual Vale do Acaraú – CE. Email para contato: [osterno.engcivil@gmail.com](mailto:osterno.engcivil@gmail.com)

**Gabriel Ferreira da Silva** Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Bacharel em Ciência e Tecnologia – UFERSA.

**Gérson Luiz Apoliano Albuquerque** Engenheiro Civil. Mestrado em Gestão e Modernização Pública pela Universidade Internacional, Lisboa, Portugal. em convênio com a Universidade Estadual Vale do Acaraú – CE. Professor do curso de Engenharia Civil, da Universidade Estadual Vale do Acaraú – CE. Email para contato: [gersonapoliano@hotmail.com](mailto:gersonapoliano@hotmail.com)

**Giorgio Eugênio Oscare Giacaglia** Professor da Universidade de Taubaté. Membro do Corpo Docente e Coordenador de Programas de Pós-Graduação em Engenharia Aeronáutica, Gestão de Processos Industriais e Projeto Mecânico da Universidade de Taubaté. Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Graduação em Física pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Mestrado em Física pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Doutorado em Engenharia Mecânica pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Ph.D. pela Yale University, New Haven, EUA. Pós Doutorado em Geofísica Espacial pelo Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge, EUA. Grupo de pesquisa: ENERGIA (Coordenador Prof. Dr. José Luz Silveira UNESP). E-mail para contato: [giorgio.giacaglia@unitau.com.br](mailto:giorgio.giacaglia@unitau.com.br)

**Gustavo Augusto Bebber** Acadêmico de Engenharia Civil na Faculdade Materdei

**Hellen de Araújo Costa Rodrigues:** Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Piauí; E-mail para contato: [hellen\\_acr@hotmail.com](mailto:hellen_acr@hotmail.com).

**Henrique Haruo Sawamura** Graduado em Tecnologia em Logística pela Faculdade de Tecnologia da Zona Sul

**Ingrid Lemos Caetano Silva** Graduado em Tecnologia em Logística pela Faculdade de Tecnologia da Zona Sul

**Jefferson Deconto** Acadêmico de Engenharia Civil, Faculdade Mater Dei, Pato Branco-PR, [jefdeconto@gmail.com](mailto:jefdeconto@gmail.com)

**Jerfson Moura Lima** Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA; Bolsista produtividade em Pesquisa pela Fundação CNPq; [jerfsonlima2009@hotmail.com](mailto:jerfsonlima2009@hotmail.com).

**Juliana Maria McCartney Da Fonseca** Graduação em engenharia civil pela universidade de Pernambuco. E-mail: [mccartney.juliana@gmail.com](mailto:mccartney.juliana@gmail.com)

**Julio C. Ludwig**, Acadêmico de Engenharia Civil na Faculdade Materdei. Email: [julio\\_ludwig@hotmail.com](mailto:julio_ludwig@hotmail.com)

**Kátia Valéria Marques Cardoso Prates** Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina. Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina – PR. Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – São Paulo. Mestrado em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos – São Paulo. Doutorado em Ciências Ambientais pela Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos – São Paulo

**Laércio Gouvêa Gomes** Doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2012). Mestrado em Geofísica Aplicada pela Universidade Federal do Pará (2002). Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (1997). Membro do Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais. Membro do Grupo de Pesquisa em Tecnologia de Materiais, Estruturas e Construção. Professor do Instituto Federal do Pará. Tem experiência na área de Engenharia Civil e de Materiais, com ênfase em concreto, construção civil, materiais de construção e saneamento básico, processos de fabricação. Atuando nos temas: Materiais Alternativos, Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Geofísica de Poço.

**Leandro Sbarain** Graduação em Engenharia Civil pela Faculdade Mater Dei – 9º Período. Endereço da instituição: R. Mato Grosso, 200 - Baixada, Pato Branco - PR, 85501-200 – telefone (46) 2101-8200

**Lucas Ramos da Costa** Graduação em Agronomia pela UFRSA; Mestrado em Manejo de Solo e Água pela UFRSA; Grupo de pesquisa: Estudo em ambientes hipersalinos; Bolsista produtividade em Pesquisa pela Fundação CAPES.

**Luís Eduardo Figueiredo de Carvalho:** Graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI; [luisefcarvalho@gmail.com](mailto:luisefcarvalho@gmail.com). Atualmente cursando Pós-graduação MBA em Plataforma BIM – Modelagem, Planejamento e Orçamento pela Universidade Paulista (conclusão prevista em 2018). Sócio da Neo Concept – Engenharia e Arquitetura, escritório especializado em projetos e execução de obras de pequeno e médio porte, na região do Vale do Itajaí – SC

**Luzia Luana da Silva Medeiros** Graduanda em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFRSA). Bacharel em Ciência e Tecnologia – UFRSA. Bolsista de Iniciação Científica atuando em um Projeto de Pesquisa no ramo de Avaliações de Empresas. Atuou em um Projeto de Pesquisa sobre o desenvolvimento de um modelo de implantação de tecnologias de convivência com o semiárido.

**Manoel Jobson Costa Da Silva** Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido

**Marcelo Petrycoski** Acadêmico de Engenharia Civil na Faculdade Materdei

**Marcelo Tavares Gurgel** Professor da UFRSA; Membro do corpo docente do Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água (PPGMSA) da UFRSA; Graduação em Engenharia Agrônômica pela Escola Superior de Agricultura de Mossoró – ESAM; Mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade da Paraíba – UFPB; Doutorado em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG; Pós-doutorado em Recursos Naturais pela UFCG.

**Marcio Araujo Costa Silva** Graduado em Tecnologia em Logística pela Faculdade de Tecnologia da Zona Sul

**Marco Antonio Barbosa de Oliveira** Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (2015). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade da Amazônia (2010). Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (2005). Membro Pesquisador do Grupo de Pesquisa em Tecnologia de Materiais, Estruturas e Construção e do Grupo de Análise Experimental e Pesquisa aplicada à Tecnologia e Eco-Tecnologia do Concreto. Professor do Instituto Federal do Pará. Tem experiência na área de Engenharia Civil, de Materiais e de Segurança do Trabalho, com ênfase na Construção Civil, Materiais da Construção Civil, Prevenção e Combate a Incêndio e Controle de Pânico, nos temas: Tecnologia de Argamassas e Concreto, Materiais Alternativos, Reforço com Fibras, Resíduos da Construção Civil e Segurança na Construção Civil

**Marcos Antonio Araújo da Costa** Graduação em Engenharia Civil pela Universidade

Federal Rural do Semi-Árido. E-mail para contato: marcosmaac3@gmail.com

**Marcos Yoshio Fujisawa** Possui graduação em Engenharia Industrial Mecânica pela Escola de Engenharia Industrial de São José dos Campos (1999), graduação em Licenciatura em Matemática pela Faculdade de Ciências Aplicadas de São José dos Campos (2000) e graduação em Licenciatura em Pedagogia pela Universidade Cidade de São Paulo (2013). Pós Graduado em Ensino da Matemática e Física pela Faculdade Internacional de Curitiba (2011). Estudante do Mestrado em Astronomia e Física pela UNIVAP - Universidade do Vale do Paraíba 2012. Estudante de Doutorado Ciências Humanas e Educação - Universidad Nacional de Rosario - Argentina - 2014. Estudante de Mestrado Ciências Humanas e Educação - Universidad Nacional de Rosario - Argentina - 2016.

**Marcus Vinicius Souza Dias** Professor convidado da Universidade de Taubaté. Membro do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Gestão de Processos Industriais da Universidade de Taubaté. Graduação em Engenharia de Produção Mecânica pela Faculdade Anhanguera de Taubaté. Mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade de Taubaté. E-mail para contato: marvinidias28@gmail.com

**Maria de Lourdes Teixeira Moreira** Professora da Universidade Federal do Piauí; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Bahia; Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro; Doutorado em Engenharia de Estruturas pela Universidade de São Paulo; E-mail para contato: [mmoreira@ufpi.edu.br](mailto:mmoreira@ufpi.edu.br).

**Matheus Henrique Anderle** Engenheiro Civil; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2013);

**Maurides Paulo Dutra Junior** Professor do Centro Universitário de Patos de Minas, no curso de Engenharia Civil; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade de Uberaba - UNIUBE; Grupo de pesquisa: Bruno Henrique Simão Soares, Fábio Luis Neves Araujo e professor Maurides Paulo Dutra júnior. E-mail para contato: maurides@hotmail.com

**Michele Gheller Dias** Acadêmica de Arquitetura e Urbanismo na Faculdade Materdei. Email: michele\_gheller@msn.com

**Mike Pereira da Silva** Mestrado em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília (2008). Especialista em Engenharia de Segurança no Trabalho (2013). Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará (2005). Engenheiro Civil da Universidade Federal do Pará e Doutorando em Engenharia Civil do PPGE. Professor da Universidade da Amazônia. Membro do Grupo de Análise Experimental de Estruturas e Materiais. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Construção Civil e Materiais de Construção, atuando nos temas: Tecnologia do

Concreto, Planejamento, Construção Civil, Saneamento, Tecnologia em Sistemas de Revestimentos, Solo Cimento e Resíduo e Meio Ambiente.

**Moacir Freitas Jr.** Mestre em Engenharia da Produção pela UNIP - Universidade Paulista. Pós graduado em Logística Empresarial pela UASP. Pós graduado em Gestão de Recursos Humanos pela UCAM. Em Formação Profissional em Educação pelo UNIA e em Sistemas da Computação pela Universidade Federal de Uberlândia/Unisanta.

**Ney Lissandro Tabalipa** Graduado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (1995) e Faculdade Mater Dei (2004). Mestre (2002) e Doutor (2008) em Geologia pela UFPR. Pós-Doutor em Geologia pela Università degli Studi di Siena, TO, Itália (2015). Atualmente é coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC da UTFPR, campus Pato Branco. Membro da Sociedade Brasileira de Geologia - SBGEO. Líder do Grupo de Pesquisa NUPRU - Núcleo de Pesquisa em Riscos Urbanos (CNPq). Tem experiência na área de Geotecnia, Geociências e Direito, atuando principalmente nos seguintes temas: Geologia Ambiental, Mecânica dos Solos, Estabilidade de Vertentes, Riscos ambientais e Catastróficos, Direito Ambiental, Direito dos Desastres e Uso e Ocupação do Solo.

**Oliver Jürg Lips** Mestre em Filosofia, tradutor, oliverlips@hotmail.com

**Regina Célia Brabo Ferreira** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> da Universidade Federal do Pará, ministra disciplinas de transportes na Faculdade de Engenharia Civil. Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Pará (1994) e mestrado em Engenharia de Transportes pela Universidade de Brasília (2005) Doutorado em Desenvolvimento Sustentável pela Universidade Federal do Pará, no Núcleo de Altos Estudos Amazônicos-NAEA (2011). Coordenadora do Grupo de Estudo Mobilidade Urbana Sustentável – GEMOB. Tem experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, Engenharia de Transportes, atuando principalmente nos seguintes temas: transporte e mobilidade, trânsito, transporte e desenvolvimento.

**Renato Sandi Magalhães** Graduado em Tecnologia em Logística pela Faculdade de Tecnologia da Zona Sul

**Ricardo Rocha de Oliveira** Professor Adjunto da Universidade Estadual do Oeste do Paraná; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Londrina (1988); Mestrado em Engenharia pela Universidade Federal de Santa Catarina (1993); Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina (2010)

**Rodrigo Nunes de Souza** Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Estadual Vale do Acaraú – CE. Bolsista de Iniciação Científica PIC-PBU pela Universidade Estadual vale do Acaraú. Email para contato: rodrigons.1995@gmail.com

**Rogério Rodrigues Sousa** Graduando em engenharia civil pela universidade de



Pernambuco. E-mail: rogerio\_rodrigues51@hotmail.com

**Sara Morais da Silva** Graduada em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

**Saulo Elam Vilches da Costa** Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Pará (2016). Tem experiência na área de construção civil e planejamento de transportes.

**Sílvia Santos** Professora da Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC; Mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC; Doutorado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC; Grupo de pesquisa: Gestão da Edificação e Desenvolvimento de Materiais – GEMAT. ssantos@univali.br

**Simone Minuzzo** Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2012); Especialização em Engenharia de Gestão e Prevenção Contra Incêndio e Pânico pela FAG (2014). Mestrado em Engenharia Civil pela UTFPR (2017), na linha de Tecnologia Ambiental no Ambiente Construído. Atua na elaboração projetos hidrossanitários, gás e prevenção de incêndio, prestando serviço para construtoras e indústrias que necessitam de tais projetos.

**Suelem Marina de Araújo Pontes Farias** Graduada em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Acre. Especialista em Gestão da Indústria Madeireira pela UFPR. Mestre em Engenharia Florestal com ênfase em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais pela UFPR. Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia pela Rede BIONORTE. Experiência na área de Recursos Florestais, com ênfase em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais, atuando principalmente no seguinte tema: Caracterização de espécies madeireira, Biomassa Florestal, Resíduos madeireiros e bambu.

**Tamiris Evangelista Martins** Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2016), tendo realizado um trabalho de conclusão de curso envolvendo concretos especiais e estruturas de concreto armado. E-mail para contato: tami\_rmc@hotmail.com

**Tatiana Cristina Shneider Ghisi** Possui graduação em Tecnologia em Construção Civil - Gerência de Obras pelo Centro Federal de Educação Tecnológica - CEFET/PR (2002) e graduação de Arquitetura e Urbanismo pela Universidade paranaense – UNIPAR (2014). Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo CEFET/PR (2004). Mestre em Engenharia Civil - Linha de pesquisa em tecnologia Ambiental do Ambiente Construído da UTFPR - PATO BRANCO. Atualmente trabalha na Universidade Federal Fronteira Sul no setor de engenharia e fiscalização de obras e na UNIPAR, como docente na graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em gerenciamento, execução e

fiscalização de obras e elaboração de projetos arquitetônicos.

**Thalita Pereira Delduque** Graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão – PR. Mestrado em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina – PR

**Tharlys Hikaro Pinheiro Silva:** Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Piauí; E-mail para contato: [tharlys.hikaro@gmail.com](mailto:tharlys.hikaro@gmail.com).

**Thiago Cezar Oliveira** Graduando de Engenharia Civil na Universidade Federal do Pará, fez Graduação Sanduíche pelo Programa Ciência Sem Fronteiras na Université de Cergy-Pontoise na França (2015-2016). Bolsista UFPa do Grupo de Estudos de Mobilidade Urbana Sustentável - GEMOB. Tem experiência acadêmica na área de instrumentação geotécnica, fundações, planejamento de transportes, infraestrutura de rodovias, transporte urbano de cargas.

**Tiago Alves Cardoso** Engenheiro Civil da Prefeitura Municipal de Cascavel; Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2011); Especialização em Engenharia e Gestão Contra Incêndio e Pânico (2014); Mestrado em Engenharia de Construção Civil pela Universidade Federal do Paraná (2017). Grupo de Pesquisa: Grupo de Estudos em Inovação Tecnológica (GESIT)

**Ticiane Sauer Pokrywiecki** Possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (1999), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (2002), doutorado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (2006) e Pós doutorado em Engenharia Química na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto-Portugal (2007). Experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em processos industriais, atuando principalmente com fotocatalise, reatores fotocatalíticos, adsorção e desenvolvimento de novos produtos. Na área ambiental tem experiência no tratamento de águas e efluentes, recuperação de resíduos sólidos e líquidos

**Valkiria Zucchetto Padilha:** Graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI; [valkiria@edu.univali.br](mailto:valkiria@edu.univali.br). Atualmente cursando Pós-graduação em Estruturas de Concreto Armado e Fundações pela Universidade Paulista (conclusão prevista em 2018) e Mestrado em Engenharia Civil, com ênfase em Construção Civil, pela Universidade Federal de Santa Catarina (conclusão prevista em 2019).

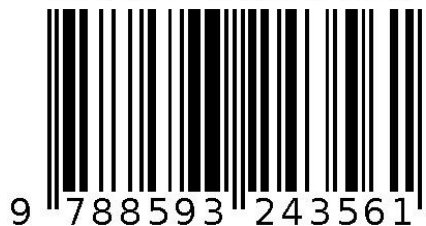
**Vitor Preto Guerra** Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (1997) e é especialista em Administração Financeira e Sistemas Preventivos contra Incêndio e Pânico. Atualmente é Coordenador do Núcleo de Engenharias da Faculdade Mater Dei, em Pato Branco, sócio-gerente - GUERRA ENGENHARIA e Presidente do Conselho de Administração da Pato Branco Tecnópole , atuando principalmente nos seguintes temas: otimização de recursos,

desenvolvimento, administração financeira, emprego e instituição de ensino. Email: guerravitor@uol.com.br

**Wellington Mazer** Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Paraná (1994), especialização em Engenharia Civil Estruturas (1996), mestrado em Engenharia Hidráulica pela Universidade Federal do Paraná (2003) e doutorado em Infraestrutura Aeronáutica pelo ITA. Atualmente é professor do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, ministrando aulas no curso de Engenharia Civil e na Pós-graduação em Patologia das Construções, nas disciplinas de Argamassas e Concretos, Concretos Especiais e Patologia das Construções. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Estruturas de Concreto, atuando principalmente nos seguintes temas: concreto, durabilidade, estruturas, patologia do concreto e dosagem de concretos. E-mail para contato: [wmazer@utfpr.edu.br](mailto:wmazer@utfpr.edu.br).

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-93243-56-1



9 788593 243561