

# Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil

Atena Editora



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 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.

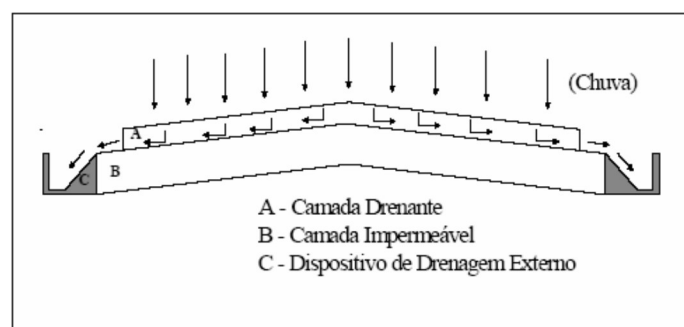
Segundo Balbo (2007) o CPA é um CBUQ produzido com um elevado volume de vazios de ar (18 -25%), de maneira que a água das chuvas infiltre no pavimento poroso fazendo com que o fluido esco horizontalmente para as sarjetas das rodovias. Isso, garante um elevado coeficiente de atrito do pneu/pavimento evitando 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 (m <sup>2</sup> )	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: Autorial 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 B0 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 analise 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

## 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 UFERSA.

**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 (UFERSA). Bacharel em Ciência e Tecnologia - UFERSA. 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 UFERSA; Mestrado em Manejo de Solo e Água pela UFERSA; 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 (UFERSA). Bacharel em Ciência e Tecnologia – UFERSA. 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 UFERSA; Membro do corpo docente do Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água (PPGMSA) da UFERSA; 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