



Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a
Economia e o Meio Ambiente

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente
[recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. –
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente
a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 1)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-429-0
DOI 10.22533/at.ed.290192506

1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos
econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique
Ajuz. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2019

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
CIDADES SUSTENTÁVEIS: PRÁTICAS PARA A RECUPERAÇÃO DAS ÁGUAS	
Aline Pereira Gaspar Karen Niccoli Ramirez	
DOI 10.22533/at.ed.2901925061	
CAPÍTULO 2	14
APROVEITAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA EM EMPREENDIMENTOS RURAIS: CAPTAÇÃO, ARMAZENAMENTO E UTILIZAÇÃO	
Natalia da Rocha Pinto Elfride Anrain Lindner	
DOI 10.22533/at.ed.2901925062	
CAPÍTULO 3	31
PURIFICAÇÃO DE ÁGUA DOMÉSTICA UTILIZANDO PROCESSOS DE FILTRO BIOLÓGICO, FOTOCATÁLISE DE TiO ₂ E ADIÇÃO DE MORINGA	
Maria Marcyara Silva Souza Francisco Wellington Martins da Silva Antônia Mayara dos Santos Mendes Quezia Barboza Rodrigues Juan Carlos Alvarado Alcócer	
DOI 10.22533/at.ed.2901925063	
CAPÍTULO 4	41
DETERMINAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE RECUPERAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA UTILIZANDO BOMBA DE ÁGUA COM ENERGIA MOLECULAR E TUBOS DE BOROSSILICATO	
Igor José Langer Luis Eduardo Palomino Bolivar	
DOI 10.22533/at.ed.2901925064	
CAPÍTULO 5	47
CARACTERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E REVISÃO DAS TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DA ÁGUA PRODUZIDA NOS CAMPOS MADUROS DA BACIA DO RECÔNCAVO	
Thaís Freitas Barbosa Victor Menezes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.2901925065	
CAPÍTULO 6	60
CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DE QUATRO SUB-BACIAS DE DRENAGEM DE PONTA GROSSA-PR	
Rafaela Paes de Souza Barbosa Gustavo Forastiere Simoneli Maria Magdalena Ribas Döll Mayra Alves Donato	
DOI 10.22533/at.ed.2901925066	

CAPÍTULO 7	73
VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE HÍDRICA DA LAGOA COSTEIRA DE JACAREPAGUÁ NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Ana Carolina Silva de Oliveira Lima Ana Cláudia Pimentel de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.2901925067	
CAPÍTULO 8	77
POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E TOXICIDADE DE PRODUTOS COMERCIAIS À BASE DE FUMO (<i>NICOTIANA TABACUM</i>) UTILIZADOS EM AGRICULTURA ORGÂNICA	
Magda Regina Santiago Lígia Maria Salvo	
DOI 10.22533/at.ed.2901925068	
CAPÍTULO 9	85
CONSCIENTIZAÇÃO AMBIENTAL E GEOTÉCNICA: CARTILHA INFANTIL E O PROJETO GEOPREVENÇÃO	
Carla Vieira Pontes Talita Gantus de Oliveira Vitor Pereira Faro Roberta Bomfim Boszczowski	
DOI 10.22533/at.ed.2901925069	
CAPÍTULO 10	95
AVALIAÇÃO DO EFEITO DA CAMADA DE COBERTURA NA ESTABILIDADE EM ATERROS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	
Alison de Souza Norberto Rafaella de Moura Medeiros Maria Odete Holanda Mariano	
DOI 10.22533/at.ed.29019250610	
CAPÍTULO 11	104
AVALIAÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (RSS) DE UM HOSPITAL MATERNIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Leonardo de Lima Moura Claudio Fernando Mahler	
DOI 10.22533/at.ed.29019250611	
CAPÍTULO 12	117
UM ESTUDO SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA DE RECICLAGEM DE PAPEL PARA UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MANHUAÇU	
Millena Gabriela Gualberto de Souza Nandeyara de Oliveira Costa Glaucio Luciano de Araujo Marcela Moreira Couto	
DOI 10.22533/at.ed.29019250612	
CAPÍTULO 13	126
BIOGÁS: O APROVEITAMENTO ENÉRGICO DO GÁS METANO GERADO EM ATERROS SANITÁRIOS	
Daniela Cristiano Rufino	
DOI 10.22533/at.ed.29019250613	

CAPÍTULO 14	138
PRODUÇÃO DE BIOETANOL UTILIZANDO HIDROLISADO CELULÓSICO DE BIOMASSA	
Cristian Jacques Bolner de Lima	
Francieli Fernandes	
Charles Souza da Silva	
Juniele Gonçalves Amador	
Charles Nunes de Lima	
Monique Virões Barbosa dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.29019250614	
CAPÍTULO 15	146
PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DE DEJETOS DE SUÍNOS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PROPRIEDADES RURAIS DA REGIÃO DE CANOINHAS-SC	
Bruna Weinhardt da Silveira	
Leila Cardoso	
Olaf Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.29019250615	
CAPÍTULO 16	150
MODELAGEM DE BIORRETORES EM SÉRIE E COM RECICLO PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL ATRAVÉS DE UM ESTUDO DE CASO INDUSTRIAL	
Guilherme Guimaraes Ascendino	
Juan Canellas Bosch Neto	
Laura de Oliveira Martins Torres	
DOI 10.22533/at.ed.29019250616	
CAPÍTULO 17	166
O USO DO HIDROGÊNIO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	
Gustavo Destefani Picheli	
Luiz Carlos Vieira Guedes	
DOI 10.22533/at.ed.29019250617	
CAPÍTULO 18	183
ENERGIA SOLAR: PANORAMA BRASILEIRO	
Douglas Mito Cerezoli	
Leonardo Vinhaga	
Camila Ricci	
DOI 10.22533/at.ed.29019250618	
CAPÍTULO 19	195
ECONOMIA DE ENERGIA: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL – ESTUDO DE CASO NO BLOCO I DO UNIPAM	
Daniel Marcos de Lima e Silva	
Maísa de Castro Silva	
Marcelo Ferreira Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.29019250619	

CAPÍTULO 20	211
USINAS SOLARES FLUTUANTES EM RESERVATÓRIOS DE HIDRELÉTRICAS: UMA SOLUÇÃO ALTERNATIVA PARA AUMENTAR A DEMANDA DE GERAÇÃO DE ENERGIA NA REGIÃO NORDESTE	
Jéssica Beatriz Dantas Antonio Ricardo Zaninelli do Nascimento Thayse Farias de Barros	
DOI 10.22533/at.ed.29019250620	
CAPÍTULO 21	222
CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTES NATURAIS	
José Waltrudes Castanheira Pereira Márcio Cataldi	
DOI 10.22533/at.ed.29019250621	
CAPÍTULO 22	238
AVALIAÇÃO ANALÍTICA DAS EFICIÊNCIAS TÉRMICAS E ELÉTRICAS DE UM MÓDULO FOTOVOLTAICO ACOPLADO A UM COLETOR SOLAR DE PLACA PLANA	
Maxwell Sousa Costa Anderson da Silva Rocha Lucas Paglioni Pataro Faria	
DOI 10.22533/at.ed.29019250622	
CAPÍTULO 23	252
ESTUDO DO POTENCIAL EÓLICO NAS REGIÕES NOROESTE E SUL DO ESTADO DO CEARÁ NO PERÍODO DE 2013 À 2016	
Amanda Souza da Silva Rejane Félix Pereira Umberto Sampaio Madeiro Junior Guilherme Geremias Prata Ivandro de Jesus Moreno de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.29019250623	
CAPÍTULO 24	258
INVESTIGAÇÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA E UTILIZAÇÃO DE PAPEL RECICLADO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR EM MINAS GERAIS	
Nandeyara de Oliveira Costa Millena Gabriela Gualberto de Souza Glaucio Luciano de Araújo Marcela Moreira Couto	
DOI 10.22533/at.ed.29019250624	
CAPÍTULO 25	270
UTILIZAÇÃO DA CINZA RESULTANTE DA INCINERAÇÃO DOS RESÍDUOS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE PAPEL	
Olaf Graupmann Susan Hatschbach Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.29019250625	
CAPÍTULO 26	273
PRODUÇÃO DE LUMINÁRIAS A PARTIR DE RESÍDUOS DE MADEIRA	
Ana Luiza Enders Nunes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.29019250626	

CAPÍTULO 27	279
REAPROVEITAMENTO DE MATERIAL FRESADO EM CAMADAS DE BASE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS FLEXÍVEIS	
<p>Marcos Túlio Fernandes Jouséberon Miguel da Silva Henrique Lopes Jardim Alaor Afonso Ramos Soares Glaucimar Lima Dutra</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250627	
CAPÍTULO 28	289
NOVA PROPOSTA DE ANTENA TÊXTIL COM SUBSTRATO BIODEGRADÁVEL PARA COMUNICAÇÕES SEM FIO	
<p>Matheus Emanuel Tavares Sousa Humberto Dionísio de Andrade Samanta Mesquita de Holanda Idalmir de Souza Queiroz Júnior</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250628	
CAPÍTULO 29	296
RISCOS DE INCÊNDIO ASSOCIADOS AO USO DE LÍQUIDOS IÔNICOS EM DIFERENTES PROCESSOS	
<p>Milson dos Santos Barbosa Isabela Nascimento Souza Juliana Lisboa Santana Isabelle Maria Duarte Gonzaga Lays Carvalho de Almeida Aline Resende Dória Luma Mirely Souza Brandão Débora da Silva Vilar Priscilla Sayonara de Sousa Brandão</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250629	
CAPÍTULO 30	307
CENÁRIO DAS PESQUISAS SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE IMPLANTAÇÃO OU DUPLICAÇÃO DE RODOVIAS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA	
<p>Zeferino José Alencar Bezerra Emerson Acácio Feitosa Santos João Gomes da Costa Thiago José Matos Rocha Aldenir Feitosa dos Santos Jessé Marques da Silva Júnior Pavão</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250630	
CAPÍTULO 31	323
A MECÂNICA DOS AGENTES IMPONDERÁVEIS: UMA PROPOSTA DE INTEGRAÇÃO PARA AS DISCIPLINAS DE QUÍMICA E MECÂNICA NO ENSINO TÉCNICO	
<p>Maria Lia Scalli Fonseca Felipe de Lucas Barbosa José Otavio Baldinato</p>	
DOI 10.22533/at.ed.29019250631	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	341

REAPROVEITAMENTO DE MATERIAL FRESADO EM CAMADAS DE BASE DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS FLEXÍVEIS

Marcos Túlio Fernandes

Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni
Teófilo Otoni - Minas Gerais

Josébernon Miguel da Silva

Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni
Teófilo Otoni - Minas Gerais

Henrique Lopes Jardim

Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni,
Teófilo Otoni - Minas Gerais

Alaor Afonso Ramos Soares

Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni
Teófilo Otoni - Minas Gerais

Glaucimar Lima Dutra

Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte - Minas Gerais

RESUMO: Um dos materiais gerados a partir do processo de manutenção de rodovias é o resíduo de fresagem do revestimento asfáltico, sendo em muitos casos um volume considerável. Sendo assim, o presente trabalho teve como intuito avaliar a utilização de material fresado em camadas de base de pavimentos asfálticos flexíveis. Para avaliar a eficiência da incorporação deste material na camada de base foram realizados ensaios de CBR em três misturas, sendo a primeira com 20% de material fresado, 10% de brita 1 e 70% de bica corrida, a segunda com 30% de material fresado, 10%

de brita 1 e 60% de bica corrida, e por fim, a terceira mistura contendo, 20% de material fresado, 10% de brita 1, 68% de bica corrida e 2% de cimento. Os resultados demonstraram que a única mistura que apresentou expansão menor que 0,5% e índice de resistência a penetração maior que 80%, aceitáveis segundo a norma, foram o da mistura com adição de 2% de cimento.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimentos Flexíveis, Camada de Base, Material Fresado.

ABSTRACT: One of the materials produced from the process of maintenance of highways is the milled residue of the asphaltic revetment, in many cases a considerable volume. Being so, the present work had as intention valued the use of milled material in basic layers of flexible asphaltic road surfaces. To value the efficiency of the incorporation of this material at the basic layer tests of CBR were carried out in three mixtures, being the first one with 20 % of milled material, 10 % of crushed stone 1 and 70 % of crushed run, the second with 30 % of milled material, 10 % of crushed stone 1 and 60 % of crushed run, and finally, the third mixture containing 20 % of milled material, 10 % of crushed stone 1, 68 % of crushed run and 2 % of cement. The results demonstrated what the only mixture that presented expansion less than 0,5 % and penetration resistance index

bigger than 80 % acceptable according to the standard was that of the mixture with 2% cement addition.

KEYWORDS: Flexible Pavement, Basic layer, Milled material.

1 | INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário é o modal predominante no Brasil para locomoção de pessoas e bens. Segundo dados da Confederação Nacional do Transporte - CNT (2016), o território brasileiro conta com 211.468 quilômetros pavimentados, todavia a qualidade destes pavimentos não atende, em sua maioria, ao padrão de qualidade admissível para segurança e conforto do usuário, enquadrando-se nas características de países subdesenvolvidos, especialmente por exceder a vida útil de projetos originais, tão como, a intensa requisição do tráfego, conduzindo a crescente ênfase para as atividades de recuperação e restauração da malha rodoviária.

Em se tratando de rodovias, novas tecnologias vêm sendo estudadas para reduzir os impactos, tanto na construção como na reabilitação, a qual se pode citar: incorporação de resíduos em camadas de base, como resíduos de construção civil (RDC) e borracha de pneus moída, dentre outros materiais, além da reciclagem de pavimentos, reduzindo a utilização de matéria prima virgem (Specht *et al.*, 2013).

Um dos processos de reciclagem dos pavimentos mais utilizado no Brasil e no mundo é o da fresagem, em que o material é retirado por processos mecânicos, sem a utilização de calor, podendo ser reutilizado posteriormente, mesmo tendo sua estrutura granulométrica alterada e a presença de ligantes envelhecidos na sua composição (Bonfim, 2011).

Segundo Pires (2014), o material fresado está em quase todas as obras de restauração, devendo ser muito bem avaliada a utilização deste material granular em camadas de pavimentação, por se tratar de um material envelhecido que teve suas propriedades iniciais alteradas.

Com base nos dados apresentados, vê-se a necessidade de se estudar a incorporação de material fresado em camadas de pavimentos, visando, além de um ganho econômico, um destino final mais adequado a este material. Para realizar a avaliação da incorporação do material fresado em camadas de base de pavimentos flexíveis, serão realizados ensaios de California Bearing Ratio (CBR) em três misturas, analisando o índice de suporte e a expansão, verificando se os valores encontrados estão dentro dos limites recomendados pela norma do DNIT 141/2010-ES.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Misturas Analisadas

O material fresado utilizado nos ensaios foi doado pela empresa Zag Ltda e obtidos do recapeamento da rodovia BR-116, quilômetro 275. Esta obra de manutenção da rodovia 116 contemplava do Km 207 ao 306, e o tipo de pavimento utilizado era flexível.

Os agregados utilizados como material de base e incorporados nas misturas avaliadas são a bica corrida e brita 1, ambos doados pela pedreira São João Ltda, situada no município de Governador Valadares-MG, para que pudesse ser realizado o experimento.

Na Tabela 1 é apresentada as composições das misturas dos materiais de fresagem, brita 1, bica corrida e cimento, no qual buscou-se variar as porcentagens de cada material definindo três tipos de misturas denominadas de 1, 2 e 3. Assim pode-se avaliar cada mistura, conforme a porcentagem de material, através dos ensaios.

Material	Percentual de cada material		
	Mistura 1	Mistura 2	Mistura 3
Material fresado	20%	30%	20%
Brita 1	10%	10%	10%
Bica corrida	70%	60%	68%
Cimento	-	-	2%

Tabela 1. Composições das misturas.

2.2 Caracterização do Material

A caracterização dos materiais empregados nas misturas, foi realizada através dos ensaios de granulometria, conforme as recomendações da ABNT NBR 7181:1984, e ensaios de compactação, seguindo as recomendações da ABNT NBR 7182:1986.

Os ensaios de granulometria têm por objetivo verificar em qual faixa de trabalho, segundo a norma do DNIT 141/2010-ES, o material se encontra.

Os ensaios de compactação foram realizados para se determinar o peso específico seco máximo e o teor de umidade ótimo, que seria adotado na moldagem dos corpos de prova submetidos aos ensaios de Índice de Suporte Califórnia (CBR). A energia de compactação utilizada nos ensaios foi a do Proctor Normal, seguindo as recomendações da ABNT NBR 7182:1986.

A partir dos dados do ensaio pode-se traçar a curva de compactação e obter os seguintes parâmetros, expostos na Tabela 2:

Mistura	$w_{\text{ótima}}$	γ_d
1	4,20	2,12
2	4,22	2,05
3	6,20	2,12

Tabela 2. Resumo dos resultados dos ensaios de compactação.

2.3 Ensaio de Índice de Suporte Califórnia

O ensaio, concebido pelo Departamento de Estradas e Rodagem da Califórnia, tem como objetivo medir a resistência à penetração de uma amostra saturada e compactada.

Para o estudo em questão foram compactados nove corpos de prova para cada mistura de agregados, sendo três repetições em cada teor de umidade. Os corpos de prova foram compactados no teor de umidade ótima, 1% abaixo e 1% acima da ótima.

Os corpos de prova foram compactados em cinco camadas, com 55 golpes por camada. Após a compactação é colocado dois discos anelares de aço que aplicam uma carga de 5 lbs cada, aproximadamente 2,27 Kg, que simula a sobrecarga de 2,5 polegadas de pavimento. Em seguida, acopla-se um extensômetro no cilindro levando para imersão em um tanque de água por 4 dias.

Antes de levar o corpo de prova para imersão é realizada a leitura inicial do extensômetro; para que possa ser comparada a leitura final, e assim obter a expansão do corpo de prova. Essa leitura final é executada após 96 horas de imersão. O cálculo da expansão no CBR é feito pela Equação 1.

$$\text{Expansão (\%)} = \frac{L_0 - L_f}{H} \times 100 \quad (1)$$

Sendo:

L_0 = Leitura Inicial;

L_f = Leitura Final;

H = Altura do corpo de prova.

Após a retirada do tanque e realização das leituras, o corpo de prova é colocado em repouso por 15 min e levado a prensa para a realização do ensaio de compressão por meio de um pistão. O assentamento do pistão é feito pela aplicação de uma carga de aproximadamente 45 N e o ensaio segue com velocidade de penetração do pistão de 1,27 mm/min, realizando as leituras das cargas nos intervalos de 0,63; 1,27; 1,90; 2,54; 3,17; 3,81; 4,44; 5,08; 6,35; 7,62; 8,89; 10,16; 11,43 e 12,70 mm de penetração.

Com os dados coletados traça-se uma curva de penetração *versus* carga em escala logarítmica. Devido as irregularidades presentes na superfície do corpo de prova é preciso corrigir a pressão aplicada. Esta correção é feita ajustando o ponto zero da curva, traçando uma tangente no ponto de inflexão da curva original até que

toque o eixo das abscissas. A curva corrigida compreende a parte inicial da tangente traçada mais a parte convexa da curva original. O ponto C que representa a distância entre o cruzamento dos eixos até o ponto de interseção da tangente na abscissa é obtido da forma descrita na Figura 1.

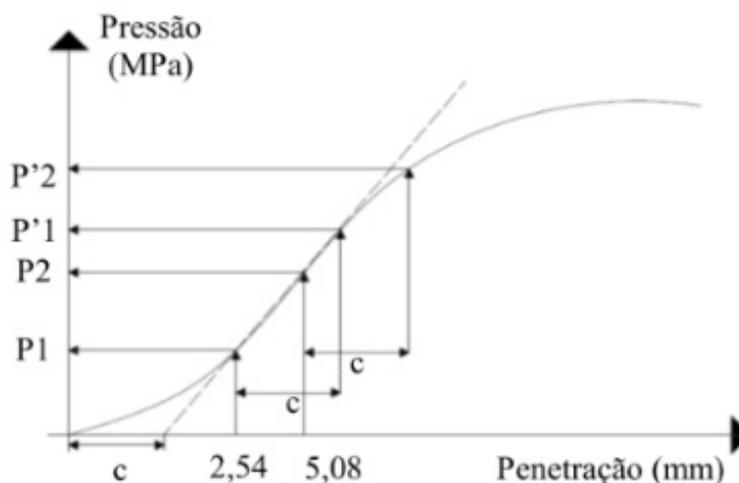


Figura 1. Correção da curva do CBR.

O valor do CBR é dado como sendo:

$$\text{CBR} = \frac{P_{\text{calculada}}}{P_{\text{padrão}}} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

$P_{\text{calculada}}$ = Pressão lida ou a corrigida;

$P_{\text{padrão}}$ = Pressão padrão (Tabela 3).

Os valores de penetração padrão podem ser vistos na Tabela 3:

Penetração (mm)	Pressão Padrão (Mpa)
2,54	6,90
5,08	10,35

Tabela 3. Valores de Pressão Padrão.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Ensaios de caracterização

Com os dados obtidos nos ensaios de granulometria verificou-se que todas as misturas se enquadram na faixa de trabalho D do DNIT 141/2010-ES, como pode ser observado na Figura 2.

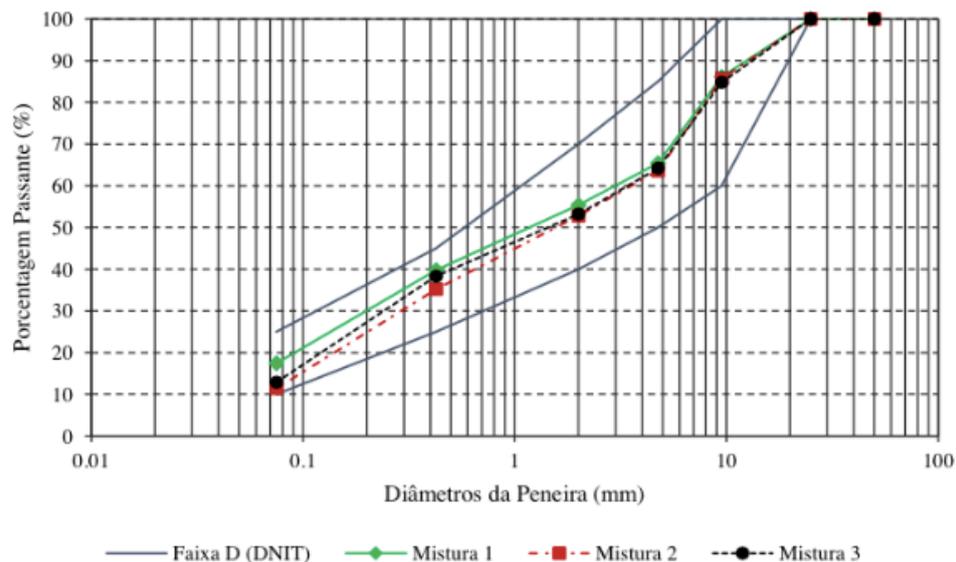


Figura 2. Curva granulométrica das misturas.

Através dos ensaios de compactação verificou-se que as misturas 1 e 2 apresentam teores de umidade bem próximos e peso específicos semelhantes, pois houve pouca variação na faixa granulométrica como pode ser constatado na Figura 2. A mistura 3, apesar de apresentar uma curva granulométrica bem próxima das demais, repercutiu um teor de umidade maior do que as demais, fato este, devido ao acréscimo de um percentual de cimento, que necessita de uma quantidade maior de água de hidratação para garantir as reações pozolânicas.

3.2 Ensaio de Expansão CBR

Na Tabela 4 é apresentado os resultados médios de expansão das misturas obtidos pelo ensaio de expansão CBR.

Mistura	Expansão (%)
1	0,46
2	0,57
3	0,00

Tabela 4. Resultados Médios de Expansão.

A partir dos resultados verificou-se que para a faixa granulométrica (D) e um número N de tráfego maior do que 5×10^6 , em que se encontram as misturas, os valores de expansão da mistura 1 são aceitáveis para camada de base, por apresentar um valor de 0,46%, menor do que o limite estabelecido por norma que é de 0,5%. A mistura 2 apresentou valor bem próximo do limite, sendo este de 0,57%, demonstrando que uma quantidade maior de material fresado pode repercutir no aumento da expansão no CBR. A mistura 3 apresentou expansão compatível com o estabelecido por norma como valor máximo, sendo esta 0%. Essa redução está associada a estabilização química, promovida pelo acréscimo de cimento na composição.

3.3 Ensaio de Índice de Suporte Califórnia

As Figuras 3, 4 e 5 apresentam os resultados médios do CBR para as misturas estudadas, nos teores de umidade ótima, 1% abaixo do ótima e 1% acima.

O CBR obtido na umidade ótima da mistura 1 (Figura 3), tendeu a ser menor do que o encontrado nas amostras ensaiadas no ramo seco, algo não muito comum, já que na umidade ótima o peso específico seco é maior e conseqüentemente a resistência tende a ser maior. O que pode ter levado a este resultado foi excesso de compactação da amostra no ramo seco, elevando a energia de compactação e promovendo um crescimento do peso específico seco, além disto a variação de 1% no teor de umidade é muito sensível, podendo haver mudanças na umidade do solo durante o processo de compactação.

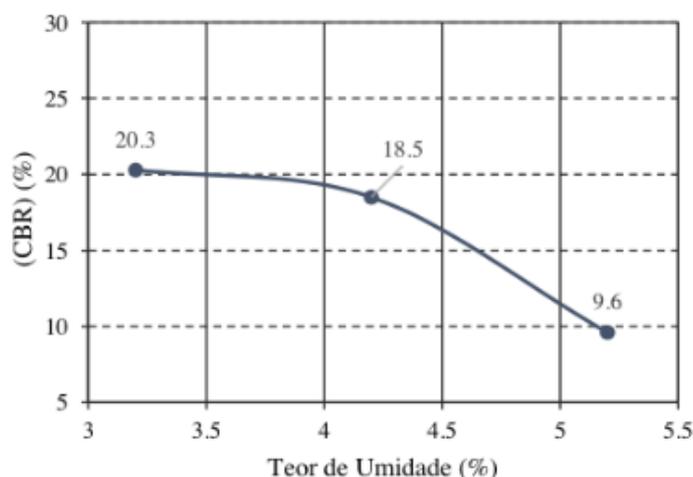


Figura 3. Resultado do CBR da Mistura 1.

A mistura 2 apresentou um CBR de 15,9%, na umidade ótima, como mostra a Figura 4, podendo constatar que o aumento na quantidade de material fresado gerou uma pequena redução na resistência, quando comparada com a mistura 1 no teor de umidade ótima, embora esta variação não foi muito significativa.

Este fato pode ter ocorrido devido à resistência do material fresado ser menor do que o da bica corrida e, também, pelas mudanças mesmos que pequenas na granulometria do conjunto.

No trabalho realizado por Garcês *et al.* (2014), mantendo o mesmo percentual de material fresado, porém substituindo 20% de solo local por brita 0, repercutiu em uma redução de 20% do CBR, demonstrando que materiais de características diferentes podem impactar em resultados bem distintos.

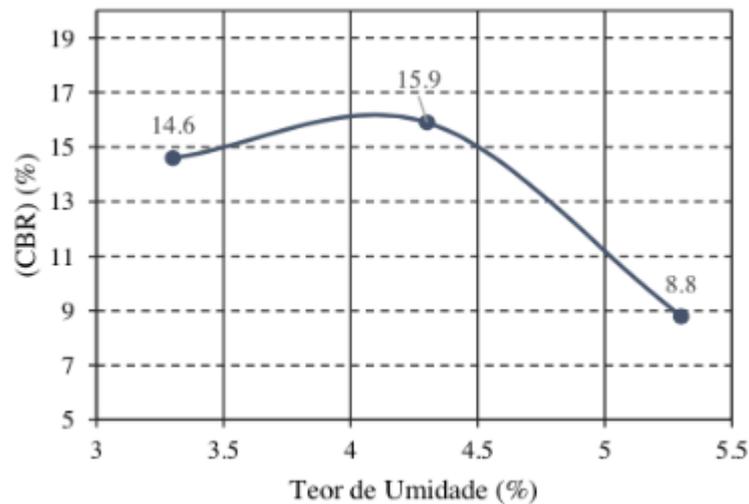


Figura 4. Resultados do CBR da Mistura 2.

Pode ser observado na Figura 5 o resultado do CBR da mistura 3 com valor máximo de 112%, sendo o maior valor de CBR dentre as misturas ensaiadas, justificada pela a estabilização química gerada pelo acréscimo de um percentual de cimento que reagiu com as partículas de solo aumentando a consideravelmente a sua resistência, quando comparada com a mistura 1 que possui o mesmo percentual de material fresado, de bica corrida e brita 1.

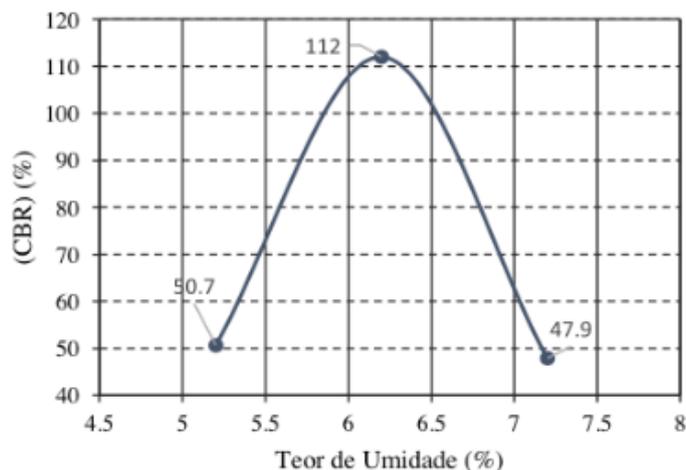


Figura 5. Resultado do CBR da Mistura 3.

Portando, verifica-se que a única mistura que apresenta um CBR aceitável, segundo as normas do DNIT 141/2010-ES que estabelece como valor mínimo, para a faixa de trabalho (D) CBR de 80%, foi a mistura 3, sendo que as demais foram descartadas por possuírem um CBR abaixo do limite e, também, por apresentar uma expansão acima dos limites aceitáveis, como no caso da mistura 2.

O percentual de cimento utilizado ainda está dentro do limite para se manter como base flexível, abaixo de 4%, e abaixo de valores como os sugeridos por Specht *et al.* (2013), que relata que a utilização de material fresado estabilizado quimicamente,

cumpra os requisitos especificados pela norma com uma percentagem de cimento em torno de 5%.

4 | CONCLUSÃO

Por meio dos dados apresentados, pode-se concluir que somente a mistura 3 apresentou índice de suporte (CBR) adequado, maior do que 80%, e expansão dentro dos limites que a norma estabelece que é de 0,5%, tendo este ganho de resistência alcançado pela adição de cimento na composição.

A qualidade do material fresado pode interferir consideravelmente nos resultados, pois variam de local para local, em trabalhos realizados por Pinto *et al.* (2012) ele obteve um CBR do Material fresado de 38%, enquanto Specht *et al.* (2013) chegou a valores de 56%, demonstrando uma variabilidade dos materiais.

Embora a adição de cimento possa incorporar um aumento do custo da obra, em determinados locais onde as jazidas de materiais são distantes das frentes de trabalho, acarretando em um custo com transporte elevado, a redução de transporte de 20% desta matéria prima, substituindo-a pelo material fresado e incorporando cimento a mistura, pode se tornar uma alternativa viável.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1984) **NBR 7181: Solo - Análise Granulométrica - Método de Ensaio**, Rio de Janeiro, 13 p.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1986) **NBR 7182: Solo - Ensaio de Compactação - Método de Ensaio**, Rio de Janeiro, 10 p.

Bonfim, V. (2007) **Fresagem de Pavimentos Asfálticos**. 3 ed., Fazenda Arte Editora, São Paulo.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. (2010). **DNIT-ES 141/2010: Pavimentos Flexíveis – Base Estabilizada Granulometricamente – Especificação de Serviço**, Rio de Janeiro, 9 p.

Garcês, A.; Ribeiro, G. Z.; Vaz, E. F.; Sereno, M. V. C.; Oliveira, V. N. (2014). **Utilização de Material Proveniente de Fresagem na Composição de Base e Sub-base de Pavimentos Flexíveis**. Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, COBRAMSEG, Goiânia, GO.

Pinto, M. M.; Cervo, T. C.; Pereira, D. S. (2012) **Reutilização de Material Fresado em Acostamentos como Agente Regularizador e Nivelador**, *Revista Pavimentação*, v.6, n 23, p.27-35.

Pires, G. M. (2014) **Estudo da Estabilização Granulométrica e Química de Material Fresado com Adição de Cimento Portland e Cinza de Casca de Arroz para Aplicação em Camadas de Pavimentos**, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, 160 p.

Silva, N. H. (2012) **Muros de Terra Armada – Verificação da Segurança**, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil ramo de Estrutura e Geotecnia, Universidade Nova de Lisboa, 105 p.

Specht, L. P.; Pires, G. M.; Vitorelo, T.; Hirsh, F.; Cronst, F.; Bergmann, E. C.; Tiefensee, M. D. (2013). ***Contribuição ao Estudo de Materiais Fresados Incorporados a um Solo Argilo Siltoso para o Uso em Camadas de Pavimentos Flexíveis***, 42^a Reunião Anual de Pavimentação e 16^o Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, RAPv, ENACOR, Foz do Iguaçu, PR.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-429-0

