

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA SANITÁRIA 2



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA SANITÁRIA 2



CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Amanda Costa da Kelly Veiga
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia sanitária 2 /
Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. -
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-537-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.379211310>

1. Engenharia sanitária. I. Paniagua, Cleiseano
Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

O e-book: “Coleção desafios das engenharias: Engenharia Sanitária 2” é constituído por vinte e cinco capítulos de livros que foram devidamente selecionados por membros que integram o corpo editorial da Atena Editora. Diante disso, este e-book foi dividido em quatro unidades temáticas de grande relevância.

A primeira é constituída por sete capítulos que tratam da importância de se monitorar os parâmetros físico-químicos e biológicos da água destinada ao abastecimento público, provenientes de águas superficiais ou subterrâneas (poço artesiano). Por ser um recurso natural e cada vez mais escasso em termos de padrões de potabilidade, faz-se necessário a adoção de uma consciência coletiva que leve a redução do consumo *per capita* a nível mundial.

Os capítulos de 8 a 15 apresentam estudos que reforçam a importância de se investigar alternativas a fim de se estabelecer melhores condições de confinamento, destinação final e desaguamento do lodo gerado na ETA. Além disso, é apresentada a importância de melhorar e empregar técnicas de tratamento de efluente hospitalar e provenientes de instituições de ensino.

A terceira temática apresenta trabalhos que tratam da importância do conhecimento sobre resíduos na formação de futuros profissionais da biologia. Outro estudo apresenta a importância e o devido reconhecimento que os catadores de recicláveis representam para a sociedade e que contribuem para a política reversa de materiais recicláveis. Já outros trabalhos, procuram avaliar o uso de lodo de ETA e de rejeitos da mineração como matéria-prima a ser incorporada em substituição aos extraídos da natureza. Por fim, é apresentado um trabalho que validou uma metodologia QuEChERS-CLAE/FL na determinação do antibiótico Tetraciclina em cama de aviários.

O último tema é composto por quatro trabalhos que reportam a utilização de biomassa tanto para remoção de cor de águas residuárias, quanto como matéria-prima para a produção de bioetanol. Além disso, apresenta um trabalho que traz uma discussão em voga em relação aos possíveis riscos associados à utilização de agrotóxicos e por último um trabalho que trata do desenvolvimento de estratégias de *designs* para o reuso de espaços urbanos abertos para o público como espaços de acesso ao público.

Diante desta variedade de estudos, provenientes de pesquisadores (as) de diferentes partes do Brasil e com contribuições provenientes de pesquisadores de Portugal e da Itália, a Atena Editora publica e disponibiliza de forma gratuita em seu *site* e em outras plataformas digitais, contribuindo para a divulgação do conhecimento científico gerado nas instituições de ensino do Brasil e de outros países. Assim, a Atena Editora vem trabalhando, buscando, estimulando e incentivando cada vez mais os pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros ou capítulos de livros.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS PRINCIPAIS TRIBUTÁRIOS AO SISTEMA LAGUNAR DE ITAIPU-PIRATININGA

Flávia Cipriano Dutra do Valle

Wilson Thadeu Valle Machado

Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113101>

CAPÍTULO 2..... 12

ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO PINHAL - RS


Ronaldo Sartoretto

Samuel Lunardi

Marcelle Martins

Dienifer Stahlhöfer

Willian Fernando de Borba

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113102>

CAPÍTULO 3..... 23

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE POÇOS ARTESIANOS: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

Madalena Teixeira Soares

Manuel Santos da Costa

Mariano Carvalho de Souza

Marijara Serique de Almeida Tavares

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113103>

CAPÍTULO 4..... 36

OS INDICADORES AMBIENTAIS: MELHORIA NA QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Yasmin Rodrigues Gomes

Lilian Levin Medeiros Ferreira da Gama

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113104>

CAPÍTULO 5..... 44


COMPARATIVO FINANCEIRO DO CONSUMO DE ÁGUA EM ESCOLAS NAS MICRORREGIÕES SERGIPANAS






Zacarias Caetano Vieira

Carlos Gomes da Silva Júnior


Rayana de Almeida Novais

Paulo Cicero de Jesus Carvalho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113105>

CAPÍTULO 6.....	55
DIMENSIONAMENTO DE BARRAGEM PARA O ABASTECIMENTO DE SÃO MATEUS-ES	
Aloísio José Bueno Cotta Renato Pereira de Andrade Honerio Coutinho de Jesus Paloma Francisca Pancieri de Almeida	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113106	
CAPÍTULO 7.....	66
PROPOSTAS DE MELHORIAS NO SISTEMA CAPTAÇÃO, TRATAMENTO, ARMAZENAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL NA ÁREA URBANA E RURAL NO MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO, MG	
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua Valdinei de Oliveira Santos	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113107	
CAPÍTULO 8.....	79
ESTUDO BIBLIOMÉTRICO SOBRE LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NO CENÁRIO BRASILEIRO	
Lucas Rodrigues Bellotti Rosane Freire Boina	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113108	
CAPÍTULO 9.....	87
DESAGUAMENTO DE LODOS DE ETAs: EXPERIÊNCIAS BEM-SUCEDIDAS COM EMPREGO DE LEITO DE DRENAGEM	
Antonio Osmar Fontana João Sergio Cordeiro Cali Laguna Achon Marcelo Melo Barroso Renan Felício dos Reis	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.3792113109	
CAPÍTULO 10.....	104
A IMPORTÂNCIA DA COBERTURA NA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE DESAGUAMENTO DE LODO DE ETA EM LEITOS DE DRENAGEM	
Renan Felício dos Reis Cali Laguna Achon João Sergio Cordeiro	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131010	
CAPÍTULO 11.....	122
AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE DESAGUAMENTO DE LODO – ETA SANTA BÁRBARA (RS)	
Daniele Martin Sampaio Carlos Vinícius Caetano Gonçalves	


Laone Hellwig Neitzel
Karen Gularte Peres Mendes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131011>

CAPÍTULO 12..... 135

QUANTIFICAÇÃO DO LODO GERADO DE DECANTADORES DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA DE GUARATINGUETÁ


Paulo Ricardo Amador Mendes
Ailton César Teles de Barros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131012>

CAPÍTULO 13..... 142

SISTEMA DE CONFINAMENTO DE RESÍDUOS: ESTUDO DE CASO LODO DE ETA


Denise de Carvalho Urashima
Ana Paula Moreira de Faria
Mag Geisielly Alves Guimarães
Beatriz Mydori Carvalho Urashima
Matheus Müller

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131013>

CAPÍTULO 14..... 150

TRATAMENTO DE EFLUENTE HOSPITALAR EM REATOR TIPO UASB E FITOTOXICIDADE

Roberson Davis Sá
Fernando Rodrigues-Silva
Paloma Pucholobek Panicio
Yohannys Mannes
Mariana Azevedo dos Santos
Lidia Lima
Lutécia Hiera da Cruz
Liziê Daniela Tentler Prola
Wanessa Algarte Ramsdorf
Adriane Martins de Freitas
Karina Querne de Carvalho
Marcus Vinicius de Liz


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131014>

CAPÍTULO 15..... 164

WETLANDS: UMA ALTERNATIVA ECOLÓGICA PARA TRATAMENTO DE ESGOTO NO INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE

Carina Siqueira de Souza
Halanna Moura de Souza
Soanne Hemylle de Jesus Santos
Thaise Kate Silva dos Santos
Geovane de Mello Azevedo
Maurício Santos Silva
Felippe Matheus Silva Meneses

Florilda Vieira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131015>

CAPÍTULO 16..... 176

A IMPORTÂNCIA DO COMPONENTE CURRICULAR “GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS” PARA A FORMAÇÃO ACADÊMICA DE UM BIÓLOGO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA

Regiane Gabriele Rocha Vidal

Beatriz dos Santos Souza

Dinalva Ribeiro de Oliveira

Juliana Maia Lima

Jannah Thalís da Silva Alves

Ana Caroline Barbosa de Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131016>


CAPÍTULO 17..... 185

CONDIÇÕES DE TRABALHO DOS CATADORES E CATADORAS DE CAXIAS DO SUL/RS APÓS 10 ANOS DE IMPLANTAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Ana Maria Paim Camardelo

Nilva Lúcia Rech Stedile

Fernanda Meire Cioato

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131017>


CAPÍTULO 18..... 196

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ESCÓRIA DE FERRONÍQUEL PARA EMPREGO NA COMPOSIÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO À QUENTE

Jéssika Cosme

Daniel Pinto Fernandes

Gilberto Fernandes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131018>

CAPÍTULO 19..... 205

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO DE ETA COMO IMPERMEABILIZANTE DE OBRAS DE TERRA PARA A CONTENÇÃO DE RESÍDUOS


Leonardo Marchiori

André Studart

Maria Vitoria Morais

Antônio Albuquerque

Victor Cavaleiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131019>


CAPÍTULO 20..... 213

ANÁLISE DA SEGURANÇA HÍDRICA ASSOCIADA ÀS BARRAGENS DE REJEITOS NO NORDESTE BRASILEIRO

Ana Nery de Macedo Cadete

Abmael de Sousa Lima Junior


Roberta de Melo Guedes Alcoforado
Marcelo Casiuch
Andresa Dornelas de Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131020>

CAPÍTULO 21..... 223

OTIMIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA QuEChERS-CLAE/FL PARA A DETERMINAÇÃO DO ANTIBIÓTICO TETRACICLINA EM CAMA DE AVIÁRIO


Ismael Laurindo Costa Junior
Letícia Maria Effting
Luciane Effting

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131021>

CAPÍTULO 22..... 241

ANÁLISE DE RISCO ASSOCIADO AO USO DE AGROTÓXICOS - ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE ESCADA, PERNAMBUCO, BRASIL.


Eduardo Antonio Maia Lins
Fellipe Martins Maurício de Menezes
Luiz Vital Fernandes Cruz da Cunha
Sérgio Carvalho de Paiva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131022>

CAPÍTULO 23..... 249

CASCA E BAGAÇO DA LARANJA COMO ADSORVENTE PARA REMOÇÃO DE COR DE ÁGUAS RESIDUAIS

Rayane de Oliveira Zonato
Bianca de Paula Ramos
Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro
Rosane Freire Boina

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131023>

CAPÍTULO 24..... 263

POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DA BIOMASSA DE SISTEMA *WETLANDS* CONSTRUÍDOS PARA PRODUÇÃO DE BIOETANOL.


Eduarda Torres Amaral
Gisele Alves
Gustavo Stolzenberg Colares
Tiele Medianeira Rizzetti
Rosana de Cassia de Souza Schneider
Ênio Leandro Machado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131024>

CAPÍTULO 25..... 270

URBAN OPEN SPACES RE-USE: DESIGN STRATEGIES

Rossella Franchino
Caterina Frettoloso
Nicola Pisacane

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.37921131025>

SOBRE O ORGANIZADOR.....	282
ÍNDICE REMISSIVO.....	283

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ESCÓRIA DE FERRONÍQUEL PARA EMPREGO NA COMPOSIÇÃO DE CONCRETO BETUMINOSO USINADO À QUENTE

Data de aceite: 01/10/2021

Data de submissão: 03/08/2021

Jéssika Cosme

Universidade Federal de Ouro Preto – Núcleo
de Geotecnia
Ouro Preto - Minas Gerais
<https://orcid.org/0000-0001-7432-9210>

Daniel Pinto Fernandes

Universidade Federal de Alagoas – Centro de
Tecnologia
Maceió – Alagoas
<https://orcid.org/0000-0002-6140-6130>

Gilberto Fernandes

Universidade Federal de Ouro Preto – Núcleo
de Geotecnia
Ouro Preto - Minas Gerais
<https://orcid.org/0000-0002-4658-369X>

RESUMO: A alta demanda por agregados naturais nos projetos de pavimentos e ainda o alto custo associado a este produto, tem feito com que pesquisadores de todo mundo busquem por materiais alternativos que possuam características físicas, mecânicas e ambientais iguais ou superiores aos agregados convencionais. Com a grande quantidade de escória de ferroníquel gerada e armazenada ao longo dos anos pelas mineradoras, surgiu a necessidade de estudos voltados à destinação adequada desse subproduto. A aplicação da escória de ferroníquel na camada de revestimento de um pavimento é uma alternativa

que além de reduzir os danos ambientais que estão atrelados à sua estocagem, ainda se torna uma excelente possibilidade para locais com escassez de agregados naturais. Este trabalho teve como objetivo principal analisar a viabilidade ambiental da escória de ferroníquel da Unidade Operacional de Onça Puma, para utilização desse coproduto como substituto do agregado pétreo natural na composição do concreto betuminoso usinado a quente visando atender as conformidades referentes às normas brasileiras. A caracterização ambiental foi realizado por meio dos ensaios de Lixiviação e Solubilidade. A partir dos resultados foi possível classificar a escória de ferroníquel como material de Classe IIB (Não Perigoso – Inerte) por não possuir nenhum parâmetro na amostra solubilizada em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, indicando que o emprego do material não representa riscos ambientais no entorno da área onde será empregado.

PALAVRAS-CHAVE: Escória de ferroníquel, caracterização ambiental, teste de lixiviação, teste de solubilidade.

ENVIRONMENTAL CHARACTERIZATION OF FERRONICKEL SLAG FOR USE IN HOT MIX ASPHALT

ABSTRACT: The high demand for natural aggregates in pavement projects, and the high cost associated with this product, has led researchers around the world to look for alternative materials that have physical, mechanical and environmental characteristics equal to or superior to conventional aggregates. With the large amount of ferronickel slag generated and stored over the years by

mining companies, the need for studies aimed at the proper disposal of this byproduct has arisen. The application of ferronickel slag in the paving surface course is an alternative that, besides reducing the environmental damage that is linked to its storage, also becomes an excellent possibility for places with a shortage of natural aggregates. The main objective of this work was to analyze the environmental viability of ferronickel slag from the Onça Puma Operational Unit, to use this co-product as a substitute for natural stone aggregate in the composition of hot mix asphalt in order to comply with Brazilian standards. The environmental characterization was carried out through the Leaching and Solubility tests. From the results, it was possible to classify the ferronickel slag as a Class IIB material (Non-Hazardous - Inert) as it does not have any parameter in the sample solubilized in concentrations higher than the standards of potability of water, indicating that the use of the material does not represent environmental risks around the area where it will be used.

KEYWORDS: Ferronickel slag, environmental characterization, leaching test, solubility test.

1 | INTRODUÇÃO

A crescente preocupação em minimizar a disposição de resíduos na natureza, vem influenciando medidas que busquem dar novos fins ambientalmente sustentáveis e economicamente viáveis a esses materiais. A utilização de agregado siderúrgico na pavimentação rodoviária surge como alternativa à redução da estocagem desse material nos pátios siderúrgicos e ainda contribui com a diminuição nos custos da construção do pavimento rodoviário flexível em regiões onde há a disponibilidade desse material.

Os órgãos ambientais têm dedicado um cuidado especial relativo ao manuseio e utilização de resíduos sólidos industriais enfatizando que estes precisam ser tratados obedecendo-se as disposições legais pertinentes de forma a se impedir possíveis riscos de problemas e eventuais punições.

O uso de agregados naturais na construção sofre cada vez mais restrições ambientais pela proximidade com os grandes centros consumidores, pelas políticas deficientes de uso e ocupação do solo e, principalmente, pelos recursos naturais serem finitos.

Segundo Castelo Branco (2004), a construção de estradas representa um terço da demanda por agregados. Por esse motivo, o emprego de resíduos na pavimentação se mostra uma aplicação interessante e racional.

A definição de resíduos pode ser dada como: todos os rejeitos gerados dentro do processo de produção ou consumo de um outro produto, independente do seu valor comercial (John, 1997).

Para John (1997), do ponto de vista ambiental, o principal objetivo é a transformação de um resíduo em um subproduto por meio da reciclagem, diminuindo assim, o consumo energético na produção de novos produtos, e ainda contribuir com a menor dispersão de compostos contaminantes, fato que não ocorre quando há a deposição desses resíduos.

IABR (2016) define coprodutos como os materiais resultantes do processo siderúrgico

juntamente com o aço, e que a partir de processamentos tecnológicos podem ser utilizados de forma ambientalmente adequada, como matéria-prima ou fonte de energia na própria atividade geradora ou por terceiros.

O uso desse material em substituição ao agregado pétreo natural na camada de revestimento de uma rodovia surge como uma nova alternativa de disposição final desses resíduos.

Dentre os benefícios pode-se citar a redução do uso de recursos naturais, muitas vezes escasso, a redução de material estocado nos pátios industriais, diminuindo assim os passivos ambientais, e ainda, do ponto de vista econômico, a viabilidade está atrelada ao fato do baixo custo do coproduto aliado a grande quantidade disponível e principalmente a proximidade dos estaques e a sua aplicação, propiciando um grande ganho econômico na construção de rodovias, muitas vezes dependentes de agregados naturais escassos e com grandes custos de extração e transporte envolvidos.

De acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004a), os resíduos sólidos são todos os resíduos nos estados sólido e semissólido que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Estão incluídos os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e/ou gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, além de líquidos cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento nos esgotos e corpos d'água.

A preocupação com o manuseio e a utilização dos resíduos sólidos industriais tem sido um ponto de grande destaque por parte das empresas e dos órgãos ambientais. Todo destaque dado, é no sentido de observar as disposições legais pertinentes de forma a se impedir possíveis riscos de problemas e eventuais punições previstas na Lei de Crimes Ambientais – Lei nº.9.605, de 12 de fevereiro de 1998.

O trabalho teve como objetivo precípua verificar a viabilidade ambiental do emprego da escória de ferromanganeso proveniente da mina de Onça Puma, no Pará, como agregado na composição de concreto betuminoso usinado à quente.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) editou algumas normas técnicas para a definição e classificação de resíduos sólidos industriais (ABNT NBR 10004, 2004; ABNT NBR 10005, 2004 e ABNT NBR 10006, 2004). Estas normas caracterizam tais resíduos, no estado sólido e semissólido, como resultado de atividades industriais como, por exemplo, a siderurgia na produção do aço.

As deliberações técnicas e econômicas tomadas em todas as fases do gerenciamento dos resíduos sólidos industriais precisam estar fundamentadas na classificação ambiental dos mesmos e considerar o seu potencial de contaminação ao meio ambiente, tanto a curto, quanto a médio e longo prazo.

A classificação dos resíduos sólidos em conformidade com a NBR 10004 envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, de seus constituintes e características, e a comparação destes constituintes com os resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente são conhecidos. Assim, ainda segundo a norma NBR 10004 (ABNT, 2004a), os resíduos podem ser classificados da seguinte maneira:

Resíduos Classe I – Perigosos: são resíduos que, em função de suas propriedades de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem oferecer riscos à saúde pública, contribuindo para um aumento de mortalidade ou incidência de doenças e/ou apresentar efeitos danosos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de maneira inadequada.

Resíduos classe II – Não perigosos:

Resíduos Classe II A – Não inertes - são aqueles que, não se enquadram na Classe I ou na Classe IIB. Possuem propriedades tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Resíduos classe II B – Inertes - resíduos que, quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se aspectos como cor, turbidez, dureza e sabor.

Grande parte dos resíduos tóxicos, característicos de determinado processo produtivo, estão listados em anexo dentro da norma NBR 10004 (ABNT, 2004a). No caso do resíduo não estar, é possível analisá-lo e determinar sua classificação. A amostragem dos resíduos é descrita na norma NBR 10007 (ABNT, 2004d). A propriedade de toxicidade é medida através do teste de lixiviação definido pela norma NBR 10005 (ABNT, 2004b), as características que definem inflamabilidade, corrosividade e reatividade são descritas na norma NBR 10004 (ABNT, 2004a), já o teste de solubilização é descrito na norma NBR 10006 (ABNT, 2004c).

Para o desenvolvimento da pesquisa foram realizados ensaios de lixiviação e solubilização, em duplicata, em amostras da escória de ferroníquel a fim de classificá-la em acordo com a NBR 10004. A escória de ferroníquel utilizada no estado é mostrada na Figura 1, a seguir.



Figura 1 - Escória de ferroniquel.

2.1 ENSAIO DE LIXIVIAÇÃO

O ensaio de lixiviação, preconizado pela NBR 10005 – Lixiviação de Resíduos (ABNT, 2004b), caracterizam os resíduos como perigosos quando, apresentarem valores de poluentes no extrato lixiviado em concentração superior aos padrões constantes na listagem nº 07 anexa à norma.

O teste foi realizado em 100 g de amostra, com frações granulométricas abaixo da peneira de 9,5 mm, transferida a um frasco de lixiviação, onde misturou-se com a solução de ácido acético glacial. Logo após, o frasco foi mantido sob agitação durante 18 horas à temperatura de 25° C, com rotação de 30 vezes por minuto em agitador rotatório. Depois desse período, realizou-se a filtração do produto e o extrato lixiviado analisado. O teste de lixiviação foi realizado no Laboratório de Ferrovias e Asfalto da Universidade Federal de Ouro Preto. A Figura 2 apresenta o equipamento utilizado no ensaio de lixiviação para caracterização ambiental.



Figura 2 - Ensaio de lixiviação

2.2 ENSAIO DE SOLUBILIZAÇÃO

O teste de solubilização realizado de acordo com a norma NBR 10006 – Solubilização de Resíduos (ABNT, 2004c), diz respeito a solubilidade dos compostos presentes nas amostras estudadas na pesquisa. O ensaio consistiu em misturar 250 g de amostra, triturada abaixo da peneira de 9,5mm e com 1000 ml de água destilada, sem correção do pH. A mistura permaneceu em repouso, sendo agitada manualmente de tempos em tempos, durante um período 7 dias. Logo após esse período, a amostra foi filtrada e o material analisado. O ensaio foi realizado no Laboratório de Ferrovias e Asfalto da Universidade Federal de Ouro Preto. A Figura 3 apresenta o ensaio de solubilização sendo executado.



Figura 3 - Ensaio de Solubilização.

De acordo com a NBR 10004/2004 para classificação de resíduos, este ensaio é adotado para diferenciar um resíduo inerte (Classe IIB) de um não inerte (Classe IIA). A análise do filtrado foi conduzida em conformidade com a metodologia proposta pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resultado do ensaio de lixiviação para parâmetros inorgânicos da escória de ferroníquel encontra-se apresentado na Tabela 1.

Parâmetro	Valor Máximo Permitido (mg/L)	Concentração no Resíduo Lixiviado (mg/L)
Arsênio	1,0	<0,004
Bário	70	0,12
Cádmio	0,5	<0,001
Chumbo	1,0	<0,01
Cromo Total	5,0	<0,01
Fluoretos	150,0	1,4
Mercúrio	0,1	<0,0002
Prata	5,0	<0,005
Selênio	1,0	<0,01

Tabela 1- Ensaio de lixiviação para parâmetros inorgânicos da escória de ferroníquel.

O ensaio de lixiviação mostra que não há presença de elementos lixiviados acima dos limites estabelecidos pela NBR 10004/2004 para a escória de ferroníquel.

O resultado do ensaio de solubilização dos parâmetros orgânicos e inorgânicos da escória de ferroníquel estão mostrados na Tabela 2.

Parâmetro	Valor Máximo Permitido (mg/L)	Concentração no Resíduo Solubilizado Amostra (mg/L)	Concentração no Resíduo Solubilizado Duplicata (mg/L)
Inorgânicos			
Alumínio (mg Al/L)	0,02	<0,05	<0,05
Arsênio (mg As/L)	0,01	<0,004	<0,004
Bário (mg Ba/L)	0,7	<0,01	<0,01
Cádmio (mg Cd/L)	0,005	<0,001	<0,001
Chumbo (mg Pb/L)	0,01	<0,01	<0,01
Cianeto (mg CN/L)	0,07	<0,01	<0,01
Cloreto (mg Cl/L)	250,0	1,92	2,0
Cobre (mg Cu/L)	2	<0,009	<0,009
Cromo Total (mg Cr/L)	0,05	0,02	0,02
Ferro (mg Fe/L)	0,3	<0,1	<0,1
Fluoretos (mg F/L)	1,5	0,43	0,40
Manganês (mg Mn/L)	0,1	<0,025	<0,025
Mercurio (mg Hg/L)	0,001	<0,0002	<0,0002
Nitrato (mg N/L)	10,0	<0,02	<0,02
Prata (mg Ag/L)	0,05	<0,005	<0,005
Selênio (mg Se/L)	0,01	<0,01	<0,01
Sódio (mg Na/L)	200,0	6,47	6,54
Sulfato (mg SO ₄ -2/L)	250,0	42,6	42,4
Zinco (mg Zn/L)	5,0	<0,1	<0,1
Orgânicos			
Surfactantes (mg MBAS/L)	0,5	<0,30	<0,30
Fenóis Totais (MgC ₆ H ₅ OH/L)	0,01	<0,002	<0,002

Tabela 2 - Ensaio de solubilização para parâmetros orgânicos e inorgânicos para a escória de ferromnês.

O ensaio de solubilização não mostrou a presença de elementos solubilizados acima dos limites estabelecidos pela NBR 10004/2004.

De acordo com as prescrições das normas NBR 10004/2004, 10005/2004 e 10006/2004, pode-se ressaltar que a escória de ferromnês é classificada como material de Classe IIB (Não Perigoso – Inerte) por não possuir nenhum parâmetro na amostra

solubilizada em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água. E ainda pode-se considerar que a amostra não é corrosiva e também não é reativa por não apresentar as características que indicam tal propriedade.

4 | CONCLUSÕES

A pesquisa demonstrou a viabilidade ambiental da utilização da escória de ferroníquel como agregado na composição de concreto betuminoso usinado à quente, cumprindo os requisitos estabelecidos pela normatização brasileira (NBR 10.004/2004). Nesse contexto, este resultado indica que o emprego do material não representa riscos ambientais no entorno da área onde será feito o concreto betuminoso usinado à quente para o pavimento asfáltico.

Ademais, o seu aproveitamento representa ganhos relevantes, por dar utilidade a um material que quando estocado torna-se um passivo ambiental, e ainda traz vantagens econômicas por se tratar do reuso de um resíduo que antes seria descartado e não possuía nenhum valor agregado.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é parte integrante de uma ampla pesquisa de caracterização tecnológica de materiais para pavimentação desenvolvido pelo Laboratório de Ferrovias e Asfalto da Universidade Federal de Ouro Preto. Os autores gostariam de agradecer a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), à Vale e a Fundação Gorceix pelo apoio na realização dos ensaios.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004). **NBR 10004. Resíduos Sólidos Classificação**. Rio de Janeiro, 71 p., 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004). **NBR 10005. Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólido**. Rio de Janeiro, 16 p., 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004). **NBR 10006. Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 3 p., 2004.

BRASIL. [Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010]. **Política nacional de resíduos sólidos [recurso eletrônico]**. – 2. ed. – Brasília : Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012.

CASTELO BRANCO, V. T. F. **Caracterização de Misturas Asfálticas com o Uso de Escória de Aciaria como Agregado**. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.

JOHN, V.M. **Pesquisa e desenvolvimento de mercado para resíduos**. In: Workshop sobre reciclagem e reutilização de resíduos como materiais de construção civil, São Paulo, 1997.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adsorção 85, 232, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 259, 260

Adsorvato 251, 255, 259

Adsorvito 251

Afluentes 5, 8, 56, 57, 59, 60, 61, 67, 123, 124, 125, 168, 243

Agropecuária 175, 238

Agrotóxicos 3, 8, 41, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248

Água 3, 4, 5, 6, 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 98, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 147, 148, 149, 151, 154, 155, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 186, 193, 196, 198, 199, 201, 204, 205, 215, 216, 217, 218, 219, 226, 227, 228, 232, 234, 242, 244, 246, 247, 248, 250, 251, 252, 253, 264

Águas residuárias 3, 151, 152, 163, 252, 260, 265

Antibiótico 3, 8, 223, 226

Atividades antrópicas 12, 13, 36, 38

Aviário 8, 223, 225, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 235, 236, 237, 238, 239

B

Bacias hidrográficas 1, 2, 43, 64, 65, 67, 77, 174

Barragem 5, 55, 59, 61, 62, 63, 64, 69, 125, 134, 216, 217, 218, 221

Bioetanol 3, 8, 263, 264, 265, 266, 267

Biomassa 3, 8, 154, 157, 263, 264, 265, 266, 267, 268

C

Calha Parshall 137

Captação 5, 26, 35, 56, 57, 59, 61, 62, 63, 66, 68, 69, 75, 76, 81, 87, 89, 106

Carvão ativado 136

Cloração 68, 70, 72, 75, 77

Coagulação 71, 74, 77, 80, 87, 89, 136, 141, 251

Coliformes termotolerantes 1, 2, 8, 9, 10, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 31, 32, 33

Cor 3, 8, 23, 27, 29, 30, 33, 71, 75, 109, 116, 129, 135, 137, 138, 139, 168, 199, 249, 251,

252, 254, 257

Corante 250, 252, 253, 254, 256, 257, 258, 259, 260, 261

D

Decantação 68, 70, 71, 73, 74, 89, 108, 136, 137

Desaguamento 3, 5, 82, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 101, 102, 104, 113, 114, 117, 119, 120, 122, 124, 126, 127, 130, 132, 134, 142, 144, 145, 146, 147, 148

Desenvolvimento sustentável 37, 43, 166

Design 8, 79, 133, 168, 224, 270, 271, 274, 275, 276, 278, 280, 281

Desinfecção 3, 32, 70, 72, 77, 136, 151

Development 64, 123, 195, 214, 224, 238, 261, 264, 270, 272, 275

E

Ecosistema 36, 41, 136, 167, 215, 217, 224, 251

Educação ambiental 9, 21, 167, 177, 178, 179, 182, 184, 192, 282

Efluentes 1, 3, 9, 13, 14, 21, 22, 31, 40, 58, 59, 77, 81, 84, 124, 125, 127, 128, 132, 150, 151, 152, 159, 160, 161, 164, 166, 167, 168, 174, 249, 250, 251, 253, 260, 265, 282

Environmental 2, 11, 36, 43, 64, 84, 88, 123, 148, 161, 162, 163, 165, 177, 186, 196, 197, 206, 210, 214, 238, 239, 240, 241, 242, 250, 261, 262, 270, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280

Escoamento pluvial 3

Estação de Tratamento de Efluente - ETE 148

Estuários 56

Eutrofização 3

F

Fármacos 77, 151, 224, 225, 226, 227, 237, 238

Filtração 68, 72, 74, 75, 89, 92, 106, 126, 127, 133, 136, 138, 142, 146, 148, 155, 200, 254

Flotação 68, 70

Fluoretação 70, 72, 75, 77, 78

Fósforo total 2, 8, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 21

I

Impactos ambientais 36, 37, 38, 42, 81, 106, 122, 136, 141, 162, 164, 166, 183, 205, 241, 243, 244, 245, 246

Índice de Qualidade da Água 4, 1, 2, 11, 12, 13, 16, 17, 41

Índices pluviométricos 56, 97, 135, 138

J

Jusante 14, 217, 218

L

Leito de drenagem 5, 87, 88, 89, 90, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 134

Lignocelulósicas 264

M

Mananciais 13, 106, 107, 125, 137

Matrizes ambientais 224, 225, 226, 237

Meio ambiente 10, 21, 22, 24, 27, 34, 38, 77, 82, 85, 86, 88, 89, 91, 105, 106, 108, 123, 133, 148, 150, 164, 167, 177, 178, 183, 187, 192, 194, 198, 199, 219, 220, 224, 225, 241, 243, 244, 248

Micro-organismos 72, 74, 75

Mineração 3, 30, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 222, 264

Montante 14, 58, 59, 218

N

Nitrogênio total 12, 13, 16, 17, 19, 20

P

Passivo ambiental 204

Patógenos 37, 151, 191

Poço artesiano 3, 23, 26, 35

Polímeros 87, 101

Poluição 1, 2, 3, 11, 12, 13, 21, 36, 41, 42, 105, 152, 167, 178, 198, 215, 216, 227, 248, 250

Potabilidade 3, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 37, 64, 68, 74, 75, 76, 77, 90, 123, 136, 196, 199, 204

R

Reaproveitamento 89, 133, 135, 141, 177, 179, 182, 265

Reciclável 186, 188, 192, 194

Recursos hídricos 1, 2, 3, 10, 11, 13, 14, 41, 42, 55, 56, 63, 64, 65, 68, 106, 134, 149, 150, 219, 220

Rejeito 144, 187, 190, 192, 214, 219

Resíduos agroindustriais 249, 251, 260

Resíduos sólidos 7, 3, 81, 84, 85, 102, 106, 120, 136, 143, 144, 147, 148, 165, 176, 177,

178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 190, 194, 195, 197, 198, 199, 204, 260

Resolução CONAMA 357 1, 2, 3, 4, 19, 21, 136

S

Saneamento básico 9, 10, 66, 78, 80, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 103, 106, 110, 125, 144, 147, 164, 165, 174

Segurança hídrica 7, 213, 214, 215, 217, 219, 221

T

Turbidez 2, 8, 12, 13, 16, 17, 19, 20, 23, 29, 30, 33, 69, 74, 75, 98, 99, 109, 116, 124, 126, 129, 135, 137, 138, 139, 164, 168, 170, 172, 199

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA SANITÁRIA 2



 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA SANITÁRIA 2

- 
-  www.atenaeditora.com.br
 -  contato@atenaeditora.com.br
 -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 -  www.facebook.com/atenaeditora.com.br