

**Franciele Bonatto
Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)**

Impactos das Tecnologias nas Engenharias 4



**Franciele Bonatto
Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta**
(Organizadores)

Impactos das Tecnologias nas Engenharias

4

**Atena Editora
2019**

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
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. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

134 Impactos das tecnologias nas engenharias 4 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Bonatto, Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias nas Engenharias; v. 4)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-194-7
DOI 10.22533/at.ed.947191503

1. Engenharia. 2. Inovações tecnológicas. 3. Tecnologia.
I. Bonatto, Franciele. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Dallamuta, João.
CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

2019

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.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Caro leitor(a)

Nesta obra temos um compendio de pesquisas realizadas por alunos e professores atuantes em engenharia e tecnologia. São apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens de simulação, projetos e caracterização no âmbito da engenharia e aplicação de tecnologia.

Tecnologia é o pilar mais importante da engenharia. Os profissionais que se dedicam a pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e processos não estão preocupados com todos os aspectos da tecnologia, mas com a tecnologia existente, bem como com a tecnologia futura considerada viável. Uma visão ampla de tecnologia é portanda fundamental para engenheiros. É esta amplitude de áreas e temas que procuramos reunir neste livro.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Franciele Bonatto
Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Tecnologia e Engenharia em Foco

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO TÉRMICO DO SISTEMA DE UM FREIO	
<i>Franklin Lacerda de Araújo Fonseca Júnior</i> <i>David Domingos Soares da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915031	
CAPÍTULO 2	9
DETERMINAÇÃO E AVALIAÇÃO DA DUREZA E DA MICROESTRUTURA DO AÇO AISI 5160 NA CONDIÇÃO PADRÃO E ESFEROIDIZADO	
<i>Anelise Pereira da Silva</i> <i>Suelen de Fátima Felisberto</i> <i>Amir Rivaroli Junior</i> <i>Cristina de Carvalho Ares Elisei</i> <i>Jorge Luiz Rosa</i> <i>Sérgio Roberto Montoro</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915032	
CAPÍTULO 3	17
INOVAÇÕES EM BROCA: UTILIZAÇÃO DE JATO DE ÁGUA COM ALTO CONTEÚDO ENERGÉTICO E ALARGADORES MECÂNICOS COMO PRINCÍPIO DE ESCAVAÇÃO	
<i>Rafael Pacheco dos Santos</i> <i>Lidiani Cristina Pierri</i> <i>Jair José dos Passos Junior</i> <i>Anderson Moacir Pains</i> <i>Marcos Aurélio Marques Noronha</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915033	
CAPÍTULO 4	25
ESTUDO DE UM CONTROLADOR DE UM BRAÇO ROBÓTICO COM DOIS GRAUS DE LIBERDADE COM BASE EM LMI	
<i>Márcio Roberto Covacic</i> <i>Ruberlei Gaino</i> <i>Cesar Capobianco</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915034	
CAPÍTULO 5	33
INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DA POTÊNCIA DE SOLDAGEM NO PROCESSO DE SOLDAGEM A LASER NO AÇO BLAR	
<i>Ana Paula Alves de Oliveira</i> <i>Francisco Cardoso de Melo Junior</i> <i>Amir Rivaroli Junior</i> <i>Emerson Augusto Raymundo</i> <i>João Maurício Godoy</i> <i>Marcelo Bergamini de Carvalho</i> <i>Sérgio Roberto Montoro</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915035	

CAPÍTULO 6	42
IMPLEMENTAÇÃO DE UMA TÉCNICA DE CONTROLE PREDITIVO NÃO LINEAR PRÁTICA NO ACIONAMENTO DE UM MOTOR CC	
<i>Cleber Asmar Ganzaroli</i>	
<i>Douglas Freire de Carvalho</i>	
<i>Luiz Alberto do Couto</i>	
<i>Rafael Nunes Hidalgo Monteiro Dias</i>	
<i>Wesley Pacheco Calixto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915036	
CAPÍTULO 7	55
IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE PRESENÇA USANDO LEITOR CCD E CRIPTOGRAFIA NO MODELO DE CIFRA DE VIGÊNERE	
<i>Éric Dias Souza</i>	
<i>Victor Francisco Rigolo Fernandes de Almeida</i>	
<i>Wagner dos Santos Clementino de Jesus</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915037	
CAPÍTULO 8	61
MODELAGEM DINÂMICA E CONTROLE PID DE MANIPULADORES ROBÓTICOS COM APLICAÇÃO NO ROBÔ DENSO VP6242G	
<i>Leonardo Augusto Arruda</i>	
<i>Márcio Roberto Covacic</i>	
<i>Ruberlei Gaino</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915038	
CAPÍTULO 9	81
MODELAGEM CINEMÁTICA E SIMULAÇÃO 3D DO MANIPULADOR INDUSTRIAL DENSO VP6242G	
<i>Giovani Augusto de Lima Freitas</i>	
<i>Márcio Roberto Covacic</i>	
<i>Ruberlei Gaino</i>	
DOI 10.22533/at.ed.9471915039	
CAPÍTULO 10	103
PROGRAMAÇÃO LÓGICA INDUTIVA APLICADA À COMPUTAÇÃO MUSICAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	
<i>Clenio Batista Gonçalves Junior</i>	
<i>Murillo Rodrigo Petrucelli Homem</i>	
DOI 10.22533/at.ed.94719150310	
CAPÍTULO 11	119
ANÁLISE DA MICROESTRUTURA DO FERRO FUNDIDO FC 250 SOB EFEITO DA CORROSÃO EM SOLUÇÃO ÁCIDA	
<i>Lariane Ferreira Sena</i>	
<i>Rafaela Cunha dos Reis</i>	
<i>Aline Alcamin Monteiro</i>	
<i>Paula Luisa Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.94719150311	

CAPÍTULO 12 130

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE CÉRIA DOPADA COM GADOLÍNIA E CO-DOPADA COM ÓXIDO DE COBRE

*Raquel Rodrigues do Nascimento Menezes
Thamyscira Herminio Santos da Silva
Allan Jedson Menezes de Araújo
Erik Benigno Grisi de Araújo Fulgêncio
Lizandra Fernanda Araújo Campos
Ricardo Peixoto Suassuna Dutra
Daniel Araújo de Macedo*

DOI 10.22533/at.ed.94719150312

CAPÍTULO 13 146

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E MICROESTRUTURAL DE LIGAS CU-AL-MN PASSÍVEIS DO EFEITO MEMÓRIA DE FORMA ENVELHECIDAS

*Marcos Barbosa Dos Anjos Filho
Carlos Cássio de Alcântara
José Joelson de Melo Santiago*

DOI 10.22533/at.ed.94719150313

CAPÍTULO 14 153

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DO ADITIVO DE CARBONO MICROGRAF® 9930MA NA CAPACIDADE C-20 DA PLACA NEGATIVA DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDO

*Lucas Carvalho Santana
André Castilho dos Santos
Cynthia Mayara de Carvalho
Gilberto Augusto de Oliveira Brito
Christiano Jorge Gomes Pinheiro*

DOI 10.22533/at.ed.94719150314

CAPÍTULO 15 162

DETERMINAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS EM SUSPENSÃO NA ÁGUA PRODUZIDA: UMA ANÁLISE A PARTIR DE UMA PRÁTICA LABORATORIAL

*Raul José Alves Felisardo
Gabriela Menezes Silva
César de Almeida Rodrigues*

DOI 10.22533/at.ed.94719150315

CAPÍTULO 16 168

ADSORÇÃO DO CORANTE AZUL DE METILENO PELO BAGAÇO DE BUTIÁ PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES

*Luciana Machado Rodrigues
Vanessa Rosseto
Clarissa Ferreira Pin
Ethielle Bordignon de Carvalho Prestes*

DOI 10.22533/at.ed.94719150316

CAPÍTULO 17 176

DESENVOLVIMENTO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DE UM NOVO ADSORVENTE DE BAIXO CUSTO NA ADSORÇÃO E DESSORÇÃO MONO E MULTICOMPONENTE DE METAIS PESADOS EM COLUNA DE LEITO FIXO

*Gabriel André Tochetto
Danieli Brandler
Deisy Maria Memlak
Francine Caldart
Gean Delise L. P. Vargas
Cleuzir da Luz
Joceane Pigatto
Adriana Dervanoski*

DOI 10.22533/at.ed.94719150317

CAPÍTULO 18 187

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO COMPLEXO OXALATO DE NIÓBIO NA OBTENÇÃO DE BIODIESEL SOB VIA METÁLICA

*Rayane Ricardo da Silva
Carlson Pereira de Souza
Tiago Fernandes Oliveira
Maria Veronilda Macedo Souto
Angelinne Costa Alexandrino*

DOI 10.22533/at.ed.94719150318

CAPÍTULO 19 195

ANÁLISE DA COMPATIBILIDADE ENTRE RESÍDUO OLEOSO DA INDÚSTRIA DE E & P DE PETRÓLEO E CIMENTO PORTLAND PARA UTILIZAÇÃO EM CONCRETO

*Yane Coutinho Lira
Fernanda Cavalcanti Ferreira
Romildo Alves Berenguer
Rodrigo Mendes Patrício Chagas
Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça
Milton Bezerra das Chagas Filho*

DOI 10.22533/at.ed.94719150319

CAPÍTULO 20 205

RETENÇÃO DE ÍONS METÁLICOS DE COBRE E ZINCO EM CASCA DE MARACUJÁ AMARELO

*Bianca de Paula Ramos
Rosane Freire Boina*

DOI 10.22533/at.ed.94719150320

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 217

ANÁLISE DA COMPATIBILIDADE ENTRE RESÍDUO OLEOSO DA INDÚSTRIA DE E & P DE PETRÓLEO E CIMENTO PORTLAND PARA UTILIZAÇÃO EM CONCRETO

Yane Coutinho Lira

Universidade Federal de Pernambuco,
Departamento de Engenharia Civil
Recife – Pernambuco

Fernanda Cavalcanti Ferreira

Universidade Federal de Pernambuco,
Departamento de Engenharia Civil
Recife – Pernambuco

Romildo Alves Berenguer

Universidade Federal de Pernambuco,
Departamento de Engenharia Civil
Recife – Pernambuco

Rodrigo Mendes Patrício Chagas

Universidade Federal de Campina Grande,
Departamento de Engenharia Civil
Campina Grande – Paraíba

Ana Maria Gonçalves Duarte Mendonça

Universidade Federal de Campina Grande,
Departamento de Engenharia Civil
Campina Grande – Paraíba

Milton Bezerra das Chagas Filho

Universidade Federal de Campina Grande,
Departamento de Engenharia Civil
Campina Grande – Paraíba

resíduos que tem sido objeto de pesquisas devido ao seu difícil descarte é o proveniente da Exploração e Produção (E&P) de petróleo, pois contêm metais pesados, óleos e graxas, sendo prejudicial ao meio ambiente. O setor de construção civil, como grande consumidor de materiais, tem sido foco nas pesquisas para a utilização do resíduo oleoso como matéria prima. Um dos possíveis usos para este material é sua inserção no concreto, substituindo uma determinada porcentagem de aglomerante e proporcionando, assim, economia no consumo de cimento e redução do impacto ambiental. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo determinar a compatibilidade entre o resíduo oleoso e o cimento Portland através de caracterização física e química, como um primeiro passo para a verificação da viabilidade técnica deste processo. Foram realizados ensaios de massa específica para o resíduo e finura e massa específica para o cimento, além da caracterização química dos compostos. A partir dos resultados, observou-se que ambos os materiais possuem como componentes principais os mesmos óxidos. Desta forma, foi possível concluir que o resíduo oleoso e o cimento são compatíveis, indicando que há possibilidade de seu uso na produção de concreto. Contudo, o teor de resíduo oleoso utilizado deve ser limitado, uma vez que o resíduo possui baixa quantidade de óxido de

RESUMO: Determinados processos industriais geram subprodutos indesejáveis que acabam demandando novos investimentos financeiros e tecnológicos para evitar acúmulo e conseqüente disposição na natureza. Um dos

cálcio, que influi diretamente nas características mecânicas do concreto produzido.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduo Oleoso, Cimento Portland, Concreto.

ABSTRACT: Some industrial processes generate undesirable by-products, what demands new financial and technological investments in order to avoid accumulation and subsequent discharge in nature. One of the residues that has been object of several researches due to its difficult disposal is the residue from the Petroleum Exploration and Production (E&P), once it contains heavy metals, oils and greases, therefore being harmful to the environment. The construction sector, as a major materials consumer, has been focus in the researches to the use of oily residue as raw material. One of the possible uses for this material is its insertion in the concrete, replacing a percentage of binder and providing savings in the consumption of cement and reduction in the environmental impact. Thus, the present study aimed to determine the compatibility between oily residue and Portland cement using physical and chemical characterization as a first step to verify the technical viability of this process. Fineness and density tests were performed in the cement and density test to the oily residue, and both were subjected to chemical characterization. The results showed that both materials have as main components the same oxides. Therefore, it was possible to conclude that the oily residue and cement are compatible, indicating that it is possible to use it in the production of concrete. However, the oily residue content must be limited, once that the oily residue has in its composition low quantity of calcium oxide, which influences directly in the mechanical characteristics of the concrete produced.

KEYWORDS: Oily Residue, Portland Cement, Concrete.

1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento industrial em larga escala geralmente está atrelado à geração de resíduos, que levam à problemática do seu descarte. Este processo é verificado, por exemplo, durante a perfuração de poços de petróleo, que tende a gerar resíduos de composição química variada misturados com fluidos de perfuração. Assim, para assegurar o desenvolvimento sustentável desta indústria, é necessário criar métodos ambientalmente adequados para a destinação dos resíduos gerados.

1.1 Resíduo de perfuração

Um dos resíduos que tem sido foco de pesquisas devido ao seu difícil descarte é o resíduo proveniente da Exploração e Produção (E&P) de petróleo. Na perfuração de poços, a broca lança um fluido, chamado fluido de perfuração, que promove resfriamento e lubrificação. Este líquido circula pelo poço e retorna à superfície carregando fragmentos da rocha triturada (PIRES, 2009). O resíduo final do processo, chamado cascalho de perfuração, aqui tratado como *resíduo oleoso*, é constituído por fragmentos de rocha impregnados por fluido de perfuração, e contêm metais pesados, alta salinidade, óleos e graxas além de elementos que causam alcalinidade (LUCENA

et al., 2012), o que torna sua destinação adequada fundamental. A Figura 1 mostra uma sonda de perfuração rotativa, método mais empregado para a exploração de petróleo, em atividade na Bahia (PIRES, 2009).



Figura 1. Sonda 108 da Petrobras em operação no Recôncavo Baiano (PIRES, 2009).

As empresas de extração de petróleo veem no resíduo oleoso uma fonte de preocupação constante quanto a sua destinação final, uma vez que, quase sempre, não existem aterros próximos aos locais de exploração. Tal fato acarreta mais custos, tendo em vista as distâncias envolvidas no transporte desse material para aterros disponíveis ou outros tipos de tratamento (ARIDE, 2003). O resíduo fica disposto temporariamente em diques nas proximidades dos campos de petróleo, muitas vezes sem a impermeabilização da base e um sistema de cobertura adequado, como exposto na Figura 2 (PIRES, 2009), o que pode causar contaminação ambiental. Os tratamentos existentes para este resíduo são caros e não há consenso sobre qual o melhor em termos econômicos e ambientais (LUCENA et al., 2012). Além disso, há uma tendência de reduzir este tipo de destinação final em um esforço de converter o resíduo em matéria prima (ARIDE, 2003).



Figura 2. Cascalho de perfuração estocado após processo de perfuração do poço MG – 112, Campo de Miranga, Pojuca – BA (PIRES, 2009).

O setor de construção civil, como grande consumidor de materiais, tem sido foco nas pesquisas para a utilização do resíduo oleoso como matéria prima. Pires (2009) sugere a pavimentação como uma alternativa ao reaproveitamento deste material. Silva, Santos e Lucena (2010) estudaram misturas com o resíduo para utilização em base e sub-base. Neste trabalho, sugere-se a utilização do resíduo oleoso substituindo porcentagens determinadas de cimento na produção de concreto. De acordo com Fialho (2012), para um melhor aproveitamento é necessário um estudo particular com os cascalhos da região. Para isso, foram realizados ensaios de caracterização física e química do cimento e resíduo oleoso, objetivando avaliar sua compatibilidade.

1.2 Caracterização física

O processo de caracterização de um componente é essencial para a determinação de quais propriedades intrínsecas físicas e químicas influenciam nas propriedades mecânicas desejadas pela construção civil.

Em relação ao cimento, podem ser desenvolvidas análises quanto a sua finura e quanto a sua massa específica.

O aumento da finura melhora a resistência, particularmente as resistências nas primeiras idades, diminui a exsudação e outros tipos de segregação, aumenta a impermeabilidade, a trabalhabilidade e a coesão dos concretos e diminui a expansão em autoclave (BAUER, 2011), de modo que é importante sua determinação para avaliar concretos que venham a ser produzidos e inferir sua influência a partir dos resultados obtidos nos ensaios.

A massa específica é uma medida da massa por unidade de volume e é necessária sua medição pois influencia no preço e peso final do concreto; também deve ser compatível com a dos demais componentes secos do concreto (agregados) para evitar a segregação quando na condição plástica. Desta forma, havendo variação da massa específica de um cimento, haverá variação nas suas propriedades. Para os cimentos brasileiros, está compreendida no intervalo de 2,90 g/cm³ a 3,20 g/cm³.

Page et al. (2003) afirmam que a massa específica obtida para cascalho de perfuração varia entre 1,30 g/cm³ e 2,70 g/cm³, mas normalmente é de 2,40 g/cm³, portanto 17,2% menor do que o valor mínimo considerado para os cimentos brasileiros.

1.3 Caracterização química

O cimento possui como principais constituintes o óxido de cálcio, sílica, óxido de alumínio e óxido de ferro, cuja quantidade influi diretamente nas características do concreto produzido. Tais óxidos são os constituintes dos principais compostos do cimento, quais sejam silicato dicálcico (2CaO.SiO₂ ou C₂S), silicato tricálcico (3CaO.SiO₂ ou C₃S), aluminato tricálcico (3CaO.Al₂O₃ ou C₃A) e ferroaluminato tetracálcico (4CaO.Al₂O₃.FeO₃ ou C₄AFe). Os silicatos são os principais responsáveis pelas características mecânicas medidas na pasta de cimento (MEHTA & MONTEIRO, 2005).

Alita, ou silicato tricálcico, reage relativamente rápido com água e, em condições normais, é a mais importante das fases constituintes para o desenvolvimento de resistência do cimento Portland em idades até 28 dias (TAYLOR, 1997).

A belita, ou silicato dicálcico, reage lentamente com água, contribuindo em menor proporção para a resistência durante os primeiros 28 dias, porém substancialmente para o aumento da resistência que ocorre em idades mais avançadas (TAYLOR, 1997).

O aluminato tricálcico também contribui para a resistência, especialmente no primeiro dia, e para o calor de hidratação no início do período de cura. O ferroaluminato tetracálcico em nada contribui para a resistência. O silicato tricálcico é o segundo componente em importância no processo de liberação de calor (GRAMACHO, 2012).

De acordo com Miller e Tang (1996), as principais fases formadas pela presença de enxofre são: arcanita (K₂SO₄), aphantita (3K₂SO₄.Na₂SO₄), cálcio-langbeinita (2CaSO₄.K₂SO₄), sulfoaluminato de cálcio (4CaO.3Al₂O₃.SO₃), sulfato substituído em silicatos (em especial em belita).

Pecchio (2013) explica que, com relação aos efeitos do enxofre no desempenho do cimento e concreto, é importante lembrar que os compostos de enxofre, principalmente a gipsita, são utilizados na composição do cimento como controladores da pega (resistência inicial da pasta) e ao mesmo tempo atuam como um catalizador da hidratação das fases silicáticas, em especial da alita. Regourd e Boikova (1992) apud Pecchio (2013) afirmam que o enxofre presente nas fases do clínquer reduz o tempo de pega, enquanto o enxofre presente na forma de sulfatos alcalinos retarda a pega do cimento.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

A seguir estão descritos os materiais utilizados na pesquisa.

- Cimento: CP II F 32 – Cimento Portland;
- Resíduo oleoso de E&P de petróleo: cascalho de perfuração oriundo das atividades de Exploração & Produção de petróleo do município de Carmópolis, Sergipe e São Sebastião do Passé, na Bahia.

2.2 Métodos

A Figura 3 apresenta o fluxograma indicando as etapas da pesquisa.

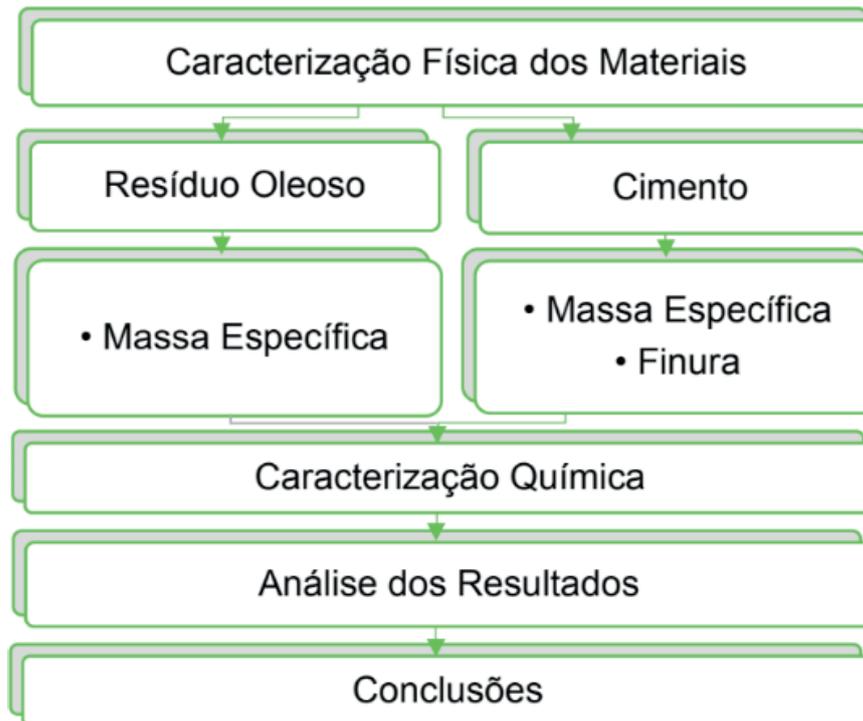


Figura 3. Fluxograma das etapas da pesquisa.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização física

A seguir estão apresentados os resultados da caracterização física do cimento e do resíduo oleoso.

- Cimento

Para o cimento Portland foram realizados os ensaios de finura, seguindo os procedimentos indicados na norma ABNT MB 3432:1991, e de massa específica, em conformidade com a norma ABNT NBR NM 23: 2001. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 1.

Ensaio	Norma	Valor obtido
Finura	ABNT MB 3432:1991	2,84%
Massa Específica	ABNT NBR NM 23: 2001	2,91 g/cm ³

Tabela 1. Caracterização física do cimento.

De acordo com o resultado exposto na Tabela 1, verifica-se que o cimento apresenta finura de 2,84%. O valor obtido atende às especificações estabelecidas pela norma ABNT NBR 5732:1991, que é de no máximo 12,0%. Uma vez que a finura obtida representa cerca de 23,7% do valor máximo normativo, este cimento apresenta pequena superfície específica, o que tenderá a desenvolver concretos com baixa porosidade e alta resistência.

O valor de 2,91 g/cm³ obtido no ensaio está de acordo com a massa específica dos cimentos brasileiros, a qual está compreendida no intervalo de 2,90 a 3,20 g/cm³.

- Resíduo Oleoso

Para o resíduo oleoso proveniente da exploração de petróleo foi realizado o ensaio para a determinação da massa específica utilizando o Frasco Volumétrico de Le Chatelier, seguindo o procedimento descrito pela norma ABNT NBR NM 23: 2001, cujo resultado está exposto na Tabela 2.

Ensaio	Norma	Valor obtido
Massa Específica	ABNT NBR NM 23: 2001	2,34 g/cm ³

Tabela 2. Caracterização física do resíduo oleoso.

A massa específica do resíduo oleoso obtida no ensaio se enquadra no observado por Page et al. (2003) de que a massa específica normalmente obtida para o cascalho de perfuração varia entre 1,30 g/cm³ e 2,70 g/cm³, mas normalmente é de 2,40 g/cm³.

3.2 Caracterização química

Por meio de Espectrografia por Dispersão de Raios X (EDX), amostras do resíduo oleoso foram coletadas e analisadas. Já a análise química do cimento foi obtida a partir do trabalho de Souza (2007), fornecendo como produto final os dados compilados na Tabela 3. Nesta, também se apresentam os limites normativos estabelecidos pela ABNT NBR 16697:2018 para o cimento usado na pesquisa.

Componente	Cimento CPII F - 32	Resíduo oleoso	Limites normativos
	(%)	(%)	(%)
Perda ao fogo	4,80	-	≤ 12,5
Resíduo insolúvel	0,58	-	≤ 7,5
SiO ₂ (óxido de silício)	29,22	58,44	-
Al ₂ O ₃ (óxido de alumínio)	12,69	17,06	-
Fe ₂ O ₃ (óxido de ferro)	2,32	7,02	-
CaO (óxido de cálcio)	44,80	5,73	-
Na ₂ O (óxido de sódio)	0,68	-	-
BaO (óxido de bário)	-	3,26	-
SO ₃ (trióxido de enxofre)	-	2,53	≤ 4,5
MgO (óxido de magnésio)	2,40	2,24	-
K ₂ O (óxido de potássio)	1,51	1,82	-
TiO ₂ (óxido de titânio)	-	1,61	-
SrO (óxido de estrôncio)	-	0,12	-
MnO (óxido de manganês II)	-	0,11	-
ZrO ₂ (óxido de zircônio)	-	0,03	-
ZnO (óxido de zinco)	-	0,03	-
Rb ₂ O (óxido de rubídio)	-	0,01	-
C (carbono)	-	0,000	-

Tabela 3. Análise química do cimento e do resíduo oleoso.

Fonte da análise química do cimento: Souza (2007).

Observa-se que o resíduo oleoso analisado apresenta grande quantidade de sílica (SiO₂) e óxido de alumínio (Al₂O₃), assim como óxido de ferro e óxido de cálcio. Desta forma, pode-se classificá-lo como um complexo sílico-aluminoso.

Ao comparar as quantidades de componentes presentes nos dois materiais, percebe-se que os quatro principais compostos do cimento, cal (CaO), sílica (SiO₂), óxido de alumínio e óxido de ferro, também são os principais na constituição do resíduo oleoso, com modificações nas porcentagens.

O trióxido de enxofre (SiO₃) encontra-se abaixo do limite máximo recomendado pela ABNT NBR 16697:2018 de 4,50%.

O óxido de potássio (K₂O), que constitui, junto com o óxido de sódio (Na₂O), os denominados álcalis (BAUER, 2011), tem quantidade semelhante em ambos os materiais, assim como o óxido de magnésio (MgO).

Observa-se também a baixa quantidade de óxido de cálcio (CaO) no resíduo oleoso, quando comparado ao cimento. Enquanto o resíduo possui 5,73% de óxido de cálcio, o cimento possui 44,80%. Desta forma, a utilização do resíduo oleoso substituindo o cimento na produção de concreto se vê limitada, uma vez que o óxido de cálcio,

como constituinte dos principais compostos do cimento, agiria como fator limitante, influenciando nas características do concreto produzido, dentre elas a resistência mecânica. Deve-se, pois, encontrar o teor ideal de resíduo na substituição do cimento para que não haja comprometimento das características da pasta confeccionada.

4 | CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que o cimento e o resíduo oleoso possuem composições químicas similares, tendo os mesmos componentes principais, porém em proporções diferenciadas. Os materiais mostraram-se compatíveis, tendo como constituintes principais os mesmos compostos e podendo ser utilizados na produção de concreto. Todavia, para este propósito, a quantidade de resíduo oleoso utilizada em substituição ao cimento deve ser limitada, devido à baixa quantidade de óxido de cálcio presente, que influi diretamente na resistência mecânica do concreto produzido.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

REFERÊNCIAS

ARIDE, S. Uso do resíduo oleoso das atividades de extração de petróleo em manutenção de estradas: um enfoque econômico e ambiental. 2003. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Cimento Portland – Cimento Portland Comum. NBR 5732. Rio de Janeiro. 1991.

_____. Cimento Portland – Determinação da Finura por meio da peneira 75 μ m (nº 200). MB 3432. Rio de Janeiro. 1991.

_____. Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. NM 23. Rio de Janeiro. 2001.

_____. Cimento Portland – Requisitos. NBR 16697. Rio de Janeiro. 2018.

BAUER, L.A. Falcão. Materiais de Construção. LTC. 5ª Edição Revisada. Rio de Janeiro, 2011.

FIALHO, Poline Fernandes. Cascalho de perfuração de poços de petróleo e gás. Estudo do potencial de aplicação em concreto. 2012. 217 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

GRAMACHO, Diógenes Ribeiro. Caracterização e aproveitamento do resíduo sólido proveniente do processamento industrial do óleo de mamona. 2012. 98 p. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós Graduação em Química. Universidade Federal da Bahia. Salvador. 2012.

LUCENA, A; RODRIGUES, J. K.; FERREIRA, H; LUCENA, L. C.; LUCENA, L. Caracterização Térmica de Resíduos de Perfuração “Onshore”. 4º PDPETRO, 2007.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, P. J. M. Concrete: microstructure, properties and materials. 3ª ed. McGraw-Hill. 2005.

MILLER, F. M.; TANG, F. J. The distribution of sulfur in present-day clinkers of variable sulfur content. Cement and Concrete Research, v. 26, n. 12, 1996, p. 1821-1829.

PAGE. P. W.; GREAVES. CHRIS.; LAWSON. R.; HAYES. SEAN.; BOYLE, F. Options for the Recycling of Drill Cuttings. SPE Publication 80583.

SPE/EPA/DOE Exploration and Production Environmental conference held in San Antonio, Texas, U.S.A., 1012 March 2003.

PECCHIO, Marcelo. A influência de fósforo, enxofre e estrôncio na mineralogia do clínquer Portland. 2013. 100 p. Dissertação (mestrado) – Programa de Pós Graduação em Mineralogia e Petrologia. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2013.

PIRES, Patrício José Moreira. Utilização de Cascalho de Perfuração de Poços de Petróleo para a Produção de Cerâmica Vermelha. Tese de Doutorado, 2009. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-RIO.

SILVA, Y.; SANTOS, C.; LUCENA, A. Estabilização/Solidificação de um resíduo da indústria de petróleo para uso em pavimentos rodoviários. VII Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Campina Grande, 2010.

SOUZA, J. Estudo de durabilidade de concretos e argamassas através de RAA em agregados convencionais da região de Campina Grande e alternativos em concreções lateríticas Sapé-PB e Jacumã-PB. Dissertação de Mestrado, 2007. Universidade Federal de Campina Grande, 2007.

TAYLOR, H. F. W., The Chemistry of Cement. London, Academic Press, 1997.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-194-7

