

# Anais Eletrônicos

VII Simpósio Integrado das

# Engenharias da ACET

21 a 24 de agosto de 2023

**editora**  
**unoesc**

© 2023 Editora Unoesc  
Direitos desta edição reservados à Editora Unoesc  
É proibida a reprodução desta obra, de toda ou em parte, sob quaisquer formas ou por quaisquer meios, sem a permissão expressa da editora.  
Rua Getúlio Vargas, 2125, Bairro Flor da Serra, 89600-000 – Joaçaba – SC, Brasil  
Fone: (49) 3551-2000 – editora@unoesc.edu.br

**Editora Unoesc**

Coordenação

Tiago de Matia

Agente administrativa: Simone Dal Moro  
Revisão metodológica: Paula Stechenski Zaccaron  
Projeto gráfico: Simone Dal Moro  
Diagramação: Saimon Guedes  
Capa: Marketing Unoesc

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

S6l2a      Simpósio Integrado das Engenharias ACET (7. : 21  
a 24, ago., 2023 : Joaçaba, SC).  
Anais eletrônicos do VII Simpósio Integrado das  
Engenharias ACET / Universidade do Oeste de Santa  
Catarina – Joaçaba: Editora Unoesc, 2023.  
26 p. : il.

ISSN: 2674-8959  
Modo de Acesso: World Wide Web

1. Engenharia – Pesquisa. 2. Tecnologia – Pesquisa.  
3. Desenvolvimento regional – Pesquisa. I. Frinhani,  
Eduarda de Magalhães Dias, (edit.). II. Luvizão,  
Gislaine, (edit.). III. Título.

CDD 620

Universidade do Oeste de Santa Catarina – Unoesc

Reitor

Ricardo Antonio De Marco

Vice-reitores de Campi

Campus de Chapecó

Carlos Eduardo Carvalho

Campus de São Miguel do Oeste

Vitor Carlos D'Agostini

Campus de Videira

Carla Fabiana Cazella

Campus de Xanxerê

Genesio Têo

Pró-reitora de Ensino  
Jaciney Aparecida Danielli

Diretor Executivo  
Jarlei Sartori

Pró-reitor de Pesquisa, Pós-Graduação,  
Extensão e Inovação  
Kurt Schneider

**Conselho Editorial**

Tiago de Matia  
Sandra Fachineto  
Aline Pertile Remor  
Lisandra Antunes de Oliveira  
Marilda Pasqual Schneider  
Claudio Luiz Orço  
Ieda Margarete Oro  
Silvio Santos Junior  
Carlos Luiz Strapazzon  
Wilson Antônio Steinmetz  
César Milton Baratto  
Marconi Januário  
Marceli Maccari  
Daniele Cristine Beuron

**A revisão linguística é de responsabilidade dos autores**

## Sumário

ADSORÇÃO DE CROMO HEXAVALENTE EM SOLUÇÕES AQUOSAS UTILIZANDO CARVÃO ATIVADO.....	7
AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS VOLUMÉTRICOS E DA ESTABILIDADE DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DE PAPEL E CELULOSE .....	9
USO DO APLICATIVO “SOLUCIONANDO” PARA O ESTUDO DE CONCENTRAÇÃO DE SOLUÇÕES .....	11
SISTEMAS DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA SEM FIO: ESTUDO DA NORMA ABNT NBR IEC 61980-1.....	13
CIRCUITOS RESSONANTES APLICADOS À TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA SEM FIO.....	15
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DA REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO EM INDÚSTRIAS FRIGORÍFICAS DA REGIÃO MEIO-OESTE CATARINENSE.....	17
INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE SULFATO DE CÁLCIO NA CONFECÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETOS COLORIDOS PARA PAVIMENTAÇÃO.....	19
ESTABILIZAÇÃO QUÍMICA DE SOLO ARENOSO COM INCORPORAÇÃO DE CIMENTO E LAMA DE CAL .....	21
DIAGNÓSTICO DAS CAUSAS DE RECLAMAÇÕES DE PRODUTO PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL.....	23
COMPARATIVO ECONÔMICO ENTRE VERGALHÕES DE AÇO E DE FIBRA DE VIDRO EM PLACAS DE PAREDE PRÉ-FABRICADA.....	25



## APRESENTAÇÃO

As mudanças no mercado de trabalho exigem dos futuros profissionais uma nova postura, em que a proatividade e a versatilidade, bem como a alta qualificação tornam-se requisitos fundamentais que podem facilitar a inserção dos futuros engenheiros no meio profissional. Pensando nisso, a Unoesc promoveu, entre os dias 21 a 24 de agosto de 2023, o VII Simpósio das Engenharias da ACET, com mais de 60 horas de programação, ofertadas de forma remota ou presencial. O evento teve como foco principal divulgar os trabalhos de pesquisa e extensão desenvolvidos nos cursos de Engenharia Civil, de Computação, Elétrica, Mecânica, de Produção e Química e oferecer palestras, oficinas e visitas técnicas que complementam a formação dos participantes nas mais diversas áreas de atuação.

Em 2023 também ocorreu o Desafio em equipe Engenharia e Arqui sai da Caixa, a Competição, individual, de Aviões de Papel e a Feira de Exposição de empresas da região. A realização desses eventos torna-se importante para a região de abrangência da Unoesc Joaçaba, pois propicia a aproximação da Universidade com as indústrias e a comunidade em geral, a partir da divulgação dos trabalhos dos cursos e a troca de experiências, fortalecendo parcerias e beneficiando os envolvidos.

Desejamos a todos uma ótima leitura! Que os trabalhos aqui apresentados possam trazer novos conhecimentos, além de contribuir para o desenvolvimento e/ou aprimoramento de técnicas científicas e tecnológicas.

Profa. Dra. Eduarda de Magalhães Dias Frinhani

Profa. Dra. Gislane Luvizão

Editoras



**ADSORÇÃO DE CROMO HEXAVALENTE EM SOLUÇÕES AQUOSAS UTILIZANDO CARVÃO ATIVADO**Ludmila Bruna Zanella de Oliveira<sup>1</sup>; Leonardo Henrique de Oliveira<sup>2</sup><sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Química pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; ludmila.zanella@hotmail.com<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina, professor na Universidade do Oeste de Santa Catarina; leonardo.oliveira@unoesc.edu.br**1 INTRODUÇÃO**

Cromo (Cr) é o primeiro elemento do grupo VI B na tabela periódica, possui número atômico 24 e massa atômica de 51,99u. O mesmo apresenta uma variedade de estados de oxidação, que podem variar de +1 a +6. É importante ressaltar que os compostos de cromo no estado hexavalente são considerados cancerígenos (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2005).

Muitas indústrias dependem dos compostos de cromo, os quais são amplamente utilizados em várias aplicações, como galvanização, acabamento metálico, preservação da madeira, curtimento de couro, pigmentos, indústria química e outros usos. No entanto, a presença de cromo nas águas residuais resultantes dessas atividades é um problema significativo (GASPAR, 2003).

Um dos principais métodos complementares aos tratamentos convencionais para a remoção de íons metálicos da água é a adsorção, que consiste em uma operação de transferência de massa, onde o sólido (adsorvente) tem a capacidade de concentrar na sua superfície certas substâncias contaminantes existentes no líquido (adsorvato) (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Assim, esta pesquisa visa realizar experimentos para determinação da porcentagem de remoção de cromo hexavalente de soluções aquosas, utilizando carvão ativado como material adsorvente.

**2 METODOLOGIA**

A pesquisa experimental foi realizada no Laboratório de Saneamento e Águas do Campus II, na Universidade do oeste de Santa Catarina (Unoesc – Joaçaba). O procedimento utilizado para determinação do Cr<sup>6+</sup> foi o Método colorimétrico 3500–Cr B, descrito no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Inicialmente, preparou-se uma solução estoque de 500 mg/L, pesando 0,1414 g de dicromato de potássio (previamente seco por 2h a 100°C) em um volume de 100 mL de água destilada. Diluiu-se a solução estoque para obter uma solução padrão de concentração 1 mg/L.

Para preparar o indicador difenilcarbazida, foi necessário pesar 0,1250 g do reagente 1,5-Difenilcarbazida e diluí-lo em 25 mL de acetona.

Antes de iniciar os testes de adsorção, foi necessário realizar uma curva de calibração, que representa a relação gráfica entre os valores de absorbância (ABS) e a concentração entre 0,1 a 1 mg/L de Cr<sup>6+</sup>, permitindo verificar a linearidade da reação.

Para os testes de adsorção, foram preparados 8 frascos Erlenmeyer contendo 100mL de uma solução de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, 1 mg/L e 0,1 g de carvão ativado. Os frascos foram então colocados em um agitador orbital com banho-maria da marca Quimis®, mantendo uma temperatura constante de 25°C.

Durante o experimento, as primeiras 7 amostras foram coletadas em intervalos de 60 minutos e a oitava amostra foi retirada após 120 minutos. Cada amostra, no seu respectivo tempo, foi separada do carvão ativado utilizando uma pipeta automática. Em seguida, foram adicionados 0,25 mL de ácido fosfórico PA (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) para ajustar o pH na faixa de 2 ± 0,5, e 2 mL de difenilcarbazida, a cada amostra. Após 5 minutos de reação, observou-se a mudança de coloração de amarelo para violeta, indicando a presença do íon Cr<sup>6+</sup>.

Com o objetivo de avaliar a capacidade de remoção em função da massa do adsorvente, foram realizados ensaios sob as mesmas condições mencionadas anteriormente, no entanto, aumentou-se a quantidade de carvão para 0,2 g. O espaçamento no tempo entre as amostras foi de 30 em 30 minutos até a quarta amostra, 60 minutos para quinta amostra e 120 minutos para a sexta e sétima amostras.

A capacidade de adsorção no decorrer do tempo, também chamado de tempo de contato, foi calculado através da Equação 1:

$$q_t = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \quad (1)$$

Onde  $q_t$  (mg/g) é a quantidade de soluto adsorvida em função do tempo  $t$ ;  $C_0$  (mg/L) é a concentração inicial e  $C_t$  (mg/L) é a concentração do adsorvato em função do tempo.

Com os valores obtidos, pode-se determinar a eficiência (percentual de remoção) dos íons pelo adsorvente, assim como o tempo de equilíbrio de adsorção, calculado pela Equação 2:

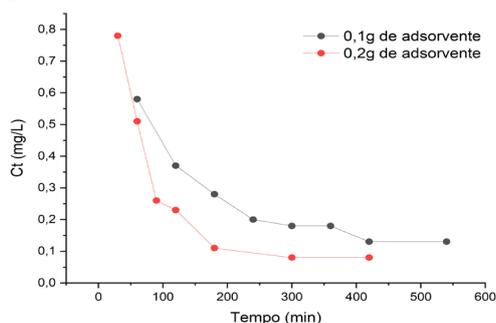
$$\% \text{ de remoção} = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100 \quad (2)$$

Os resultados obtidos na cinética de adsorção (tempo de contato) foram plotados graficamente no software Origin®.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir dos experimentos de cinética de adsorção são apresentados no Gráfico 1, onde em determinados intervalos de tempo, foi obtida a concentração de  $\text{Cr}^{+6}$  ( $C_t$ ).

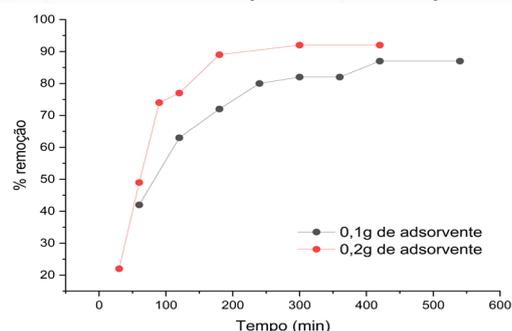
Gráfico 1 - Concentração de  $\text{Cr}^{+6}$  em função do tempo (min)



Fonte: os autores (2023).

Pode-se observar que conforme o tempo experimental aumenta, a concentração da solução decresce gradualmente. O equilíbrio de adsorção é alcançado mais rapidamente com o aumento da massa de carvão ativado utilizado, pois a intensidade da adsorção é proporcional à área superficial específica, então quanto mais material disponível no soluto, mais área disponível para que o fenômeno ocorra (NASCIMENTO *et al.*, 2014). O Gráfico 2 apresenta o percentual de remoção (%) de  $\text{Cr}^{+6}$  em função do tempo.

Gráfico 2 - Percentual de remoção (%) de  $\text{Cr}^{+6}$  em função do tempo (min)



Fonte: os autores (2023).

No Gráfico 2, o aumento no percentual de remoção de 87% para 92% foi obtido ao duplicar a massa do material. Oliveira e Denbinski (2018) utilizaram diferentes quantidades de carvão ativado (0,25, 0,5 e 1,0 g) para cada 50 mL de efluente de cromo e após 12 horas experimentais, a eficiência de remoção aumentou até 70%.

Desta forma, para um percentual de remoção ainda maior, poderia ser avaliado o aumento mais expressivo de massa do adsorvente ou de uma granulometria maior, pois isso significa mais locais disponíveis para as moléculas alvo serem retidas, o que pode levar a uma maior capacidade de adsorção.

### 4 CONCLUSÕES

Conclui-se que o carvão ativado com a granulometria de 28 Mesh (600  $\mu\text{m}$ ) como adsorvente obteve um bom desempenho na remoção dos íons  $\text{Cr}^{+6}$  nas condições avaliadas nesta pesquisa. É importante destacar que a eficiência de remoção da adsorção foi alta, e é uma das razões pelas quais esse material é amplamente utilizado em diversas aplicações.

### REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21 ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2005.

GASPAR, A. T. F. S. **Bioadsorção de cromo em algas marinhas utilizando coluna extratora**. Orientadora: Prof. Dra. Meuris Gurgel Carlos da Silva. 2003. 145 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, São Paulo, 2003.

NASCIMENTO, R. F. do *et al.* **ADSORÇÃO**: aspectos teóricos e aplicações ambientais. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2014. 256 p. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/10267>. Acesso em: 13 jul. 2023.

OLIVEIRA, L. H. de; DENBINSKI, L. G. Remoção de cromo do efluente da indústria de processamento de couro utilizando carvão ativado. *In*: XXIV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA; XI SEMINÁRIO INTEGRADO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO - SIEPE; IX MOSTRA UNIVERSITÁRIA, 2018, Joaçaba. **Anais [...]**. Joaçaba: Unoesc, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/siepe/article/view/17919>. Acesso em: 06 ago. 2023.

**AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS VOLUMÉTRICOS E DA ESTABILIDADE DE CONCRETO ASFÁLTICO  
COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DE PAPEL E CELULOSE**Alisson Víctor Vanin<sup>1</sup>; Gislaïne Luvizão<sup>2</sup><sup>1</sup> Graduando em Engenharia Civil pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; alisson.vanin@unoesc.edu.br<sup>2</sup> Doutora em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina, professora na Universidade do Oeste de Santa Catarina; gislaïne.luvizao@unoesc.edu.br**1 INTRODUÇÃO**

A avaliação do sistema rodoviário no Brasil revela carência de vias pavimentadas e custos altos na pavimentação asfáltica (WESSELING, 2005). Para abordar essa questão, é necessário estudar os materiais de construção de estradas visando reduzir custos e manter a integridade das vias.

Incorporar resíduos em projetos de construção civil emerge como solução, reduzindo a demanda por matérias-primas. Salla e Luvizão (2019) mostraram que resíduos finos, como areia de fundição, melhoram o concreto asfáltico em propriedades físicas e mecânicas. Wesseling (2005) provou que escória de aciaria fortalece misturas asfálticas. Com resíduos da indústria de papel e celulose em mente, este estudo avalia as propriedades físicas do concreto asfáltico com adição de resíduos, usando a metodologia Marshall e ensaios de estabilidade e fluência.

**2 METODOLOGIA**

A metodologia envolveu o uso de agregados como brita I, pedrisco e pó de pedra, junto ao cimento asfáltico CAP 50-70. Estes componentes foram caracterizados para determinar o traço referência e o teor ótimo do cimento asfáltico. Diferentes teores de CAP (4,5%, 5% e 5,5%) e adição de resíduos de papel e celulose (2%, 4% e 6%) foram incorporados em corpos de prova.

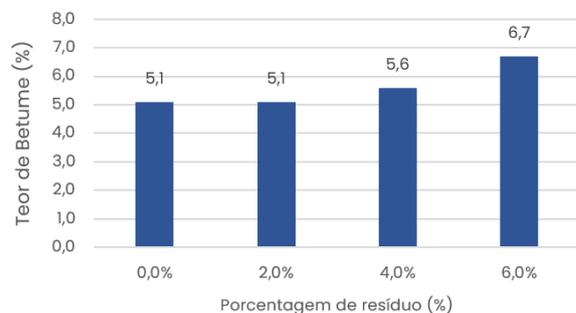
As características volumétricas e de estabilidade dos corpos de prova foram avaliadas. Esses ensaios seguiram as diretrizes da norma DNER-ME 043/95 do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER, 1995).

**3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Após análise dos dados e resultados dos ensaios, determinou-se o teor ideal de ligante para cada quantidade de resíduo adicionada (Gráfico 1). Observou-se que a adição de 2% de resíduo não resultou em aumento significativo do teor de CAP, permanecendo igual ao traço de referência. No

entanto, ao adicionar 4% e 6% de resíduo, houve aumento de 10% e 31% no teor de cimento asfáltico. Esse aumento pode ser explicado pelo maior consumo de ligante ao incorporar maior quantidade de material fino na mistura.

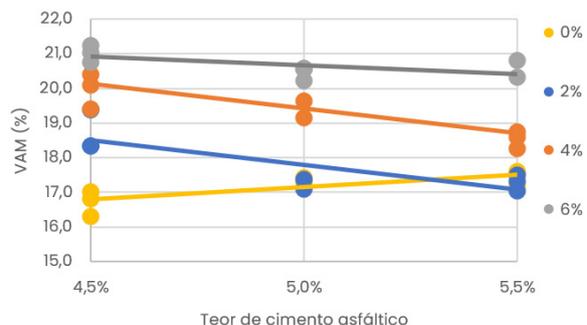
Gráfico 1 - Teor ótimo de betume



Fonte: os autores (2023).

No Gráfico 2, é apresentada a variação da porcentagem de vazios do agregado mineral (VAM) nas quatro composições analisadas. Comparando com o traço de referência no teor ideal, observa-se aumento médio de 3%, 14% e 20% ao adicionar 2%, 4% e 6% de resíduo, respectivamente. Segundo Wesseling (2005), essa elevação pode sugerir redução na resistência ao cisalhamento da mistura. À medida que o teor de cimento asfáltico aumenta, há diminuição nos vazios, indicando resposta positiva do agregado e resíduo ao ligante asfáltico.

Gráfico 2 - Vazios do agregado mineral

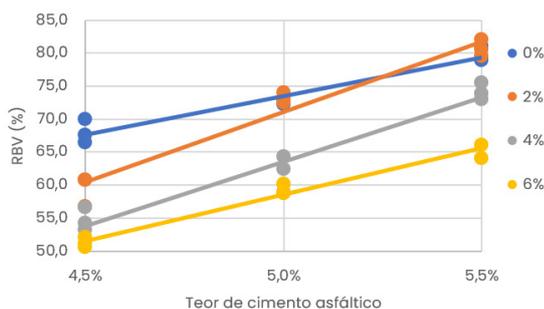


Fonte: os autores (2023).

O Gráfico 3 ilustra a relação entre betume e vazios (RBV), indicando uma tendência de redução dos valores

com o aumento das proporções de resíduo. Amostras com 2% de resíduo exibiram em média 3% menos RBV em comparação com o traço de referência no teor ótimo. Enquanto isso, amostras com 4% e 6% de resíduo tiveram decréscimos médios de 13% e 20% respectivamente. À medida que o teor de CAP cresce, o RBV aumenta. Valores altos de RBV indicam menor estabilidade do concreto asfáltico (WESSELING, 2005).

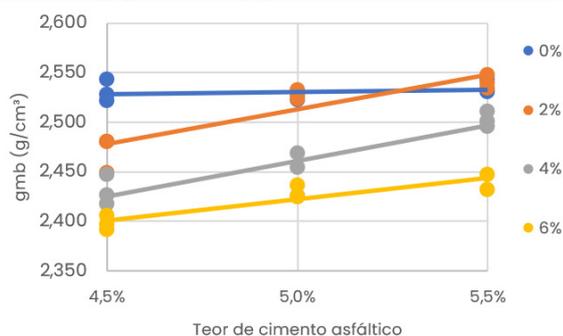
Gráfico 3 - Relação betume vazios



Fonte: os autores (2023).

No Gráfico 4, os resultados da massa específica aparente da mistura (gmb) mostram claramente que a adição de resíduo leva a uma redução no gmb. Essa diminuição é de aproximadamente 1%, 2% e 4% com adições sucessivas de 2%, 4% e 6% de resíduo no teor ideal de CAP. Essa redução está relacionada ao menor peso específico do resíduo em comparação com outros agregados. A massa específica aparente do traço de referência permanece constante, mas nas misturas com resíduos, há um aumento conforme o teor de cimento asfáltico. Esse aumento sugere que o resíduo é capaz de preencher espaços vazios na mistura, contribuindo para uma maior densidade.

Gráfico 4 - Massa específica aparente

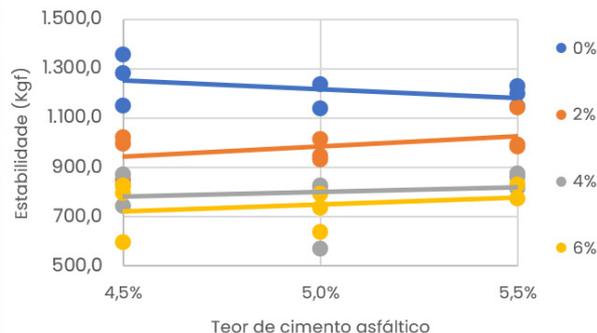


Fonte: os autores (2023).

No ensaio de estabilidade (Gráfico 5), todos os resultados atenderam aos critérios normativos de 500 Kgf. No entanto, à medida que o teor de resíduo foi adicionado, houve diminuição na estabilidade. Essa redução foi de 17%, 33% e 38% para as misturas com 2%, 4% e 6% de resíduo no teor ótimo, respectivamente. Houve aumento na

estabilidade com resíduo à medida que a proporção de cimento asfáltico aumentava.

Gráfico 5 - Estabilidade



Fonte: os autores (2023).

## 4 CONCLUSÕES

Após análise dos resultados, fica evidente que a inclusão do resíduo de papel e celulose não resulta em aumento nos níveis estabilidade.

A incorporação de 2% de resíduo não levou a um aumento no teor ótimo de cimento asfáltico, ressaltando a relevância da reutilização de resíduos.

É de grande importância conduzir uma investigação do comportamento mecânico da mistura.

## AGRADECIMENTO

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM - DNER. **DNER-ME 043/95**: Misturas betuminosas a quente - ensaio Marshall. Rio de Janeiro, 1995.

SALLA, R. L.; LUVIZÃO, G. Incorporação de resíduo de areia de fundição em misturas asfálticas usinadas a quente: avaliação dos componentes presentes na água de solubilização e do comportamento mecânico. **Unoesc & Ciência - ACET**, v. 10, n. 1, p. 15-24, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/acet/article/view/19288>. Acesso: 12 ago. 2023.

WESSELING, D. H. **Estudo do comportamento mecânico de misturas em concreto asfáltico com incorporação de resíduos industriais**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/7133>. Acesso: 12 ago. 2023.

**USO DO APLICATIVO “SOLUCIONANDO” PARA O ESTUDO DE CONCENTRAÇÃO DE SOLUÇÕES**Isabela C. Munzlinger<sup>1</sup>; Leonardo Henrique de Oliveira<sup>2</sup><sup>1</sup>Graduanda em Engenharia de Computação pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; isabelamunzlinger@gmail.com<sup>2</sup>Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina, professor na Universidade do Oeste de Santa Catarina; leonardo.oliveira@unoesc.edu.br**1 INTRODUÇÃO**

No estudo de soluções químicas, o uso de ferramentas tecnológicas pode ser pensado para auxiliar no processo de aprendizagem, além de proporcionar a socialização de experiências entre os discentes, maximizando o conhecimento (SILVA; SILVA; SILVA, 2015).

Pensando nisso e diante de tantas possibilidades de fórmulas de concentrações de soluções, este trabalho tem como objetivo propor a criação de um aplicativo chamado “Solucionando”, o qual dispõe de ferramentas interativas que contribuem para o aprendizado do discente em relação às operações matemáticas utilizadas no estudo da concentração de soluções.

**2 METODOLOGIA**

O aplicativo “Solucionando” foi desenvolvido mediante a plataforma MIT App Inventor, a qual proporciona recursos para a criação de sistemas operacionais móveis, utilizando uma programação visual por blocos, em que não é necessário escrever o código de forma convencional, já que são disponibilizados blocos de códigos pré-fabricados. Previamente, foram selecionadas as equações que seriam implementadas na aplicação, de acordo com o uso no componente de Química dos Materiais, além de pesquisas bibliográficas sobre o tema.

Foram escolhidas: concentração comum, título, concentração em quantidade de matéria, diluição de soluções e percentagem massa/volume. Feito isso, iniciou-se o aplicativo. Primeiramente, fez-se uma tela inicial denominada “Menu” que aparece quando o usuário inicia a aplicação. Nela dispuseram-se 5 botões os quais direcionam para as demais telas disponíveis, cada uma contendo a equação referente ao de uma unidade de concentração.

O primeiro botão leva para a tela de “Concentração Comum (C)”. Nela, o usuário deve preencher as lacunas com os valores que têm a disposição e deixar vazio a variável que deseja encontrar com o cálculo. Nota-se

que esse aplicativo foi desenvolvido possibilitando que qualquer variável da equação possa ser encontrada, superando a convenção de, como nesse caso, só encontrar a concentração comum.

Em seguida, com os valores preenchidos, é necessário que se clique no botão “Resultado” para que a resposta seja apresentada. A programação realizada para execução da conta consistiu em usar blocos internos de matemática, os quais são disponibilizados pelo MIT App Inventor, e realizar divisões (para encontrar os valores de concentração comum, dividindo massa por volume; o volume, dividindo-se massa por concentração) e multiplicação (para achar o valor de massa, multiplicando-se a concentração pelo volume). A mesma lógica foi seguida para as demais telas de: “Título (T)”, “Concentração de quantidade de matéria (M)”, “Diluição de soluções” e “Porcentagem massa/volume”, cada qual com a sua equação.

Ademais, para realização dos cálculos, por vezes, é necessário que se converta a unidade de medida da variável disponibilizada, pensando-se assim, também foi implementado no aplicativo “Solucionando” uma calculadora que converte unidades de medida em ambas as direções, tendo três possibilidades: quilograma (kg) e grama (g), grama (g) e miligrama (mg), e litro (L) com mililitro (mL).

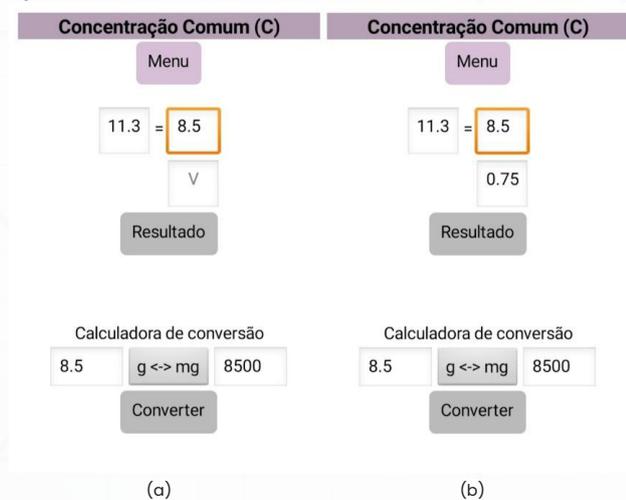
Esse aparato fica disposto na parte inferior de cada tela em que há uma fórmula e, assim como nas telas anteriores, também foi desenvolvido usando blocos internos de matemática. Para utilizá-la, basta o usuário clicar no botão “unidade de conversão” e selecionar na relação que deseja converter. Em seguida, preencher o valor para a conversão em um dos campos e, por fim, pressionar o botão converter, finalizando a execução.

**3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Após o desenvolvimento do aplicativo (app), foi possível realizar testes com as equações disponíveis. Uma visão geral de como ficou a tela de “Concentração Comum (C)” e da funcionalidade do app pode ser visualizada na Figura 1, em que, para fins demonstrativos,

desejava-se determinar o valor do volume de solução a ser preparado, com concentração de 11,3 g/L, e massa de 8.500 mg de NaCl.

Figura 1 - Conversão (A) e encontro do valor de litros (B)



Fonte: os autores (2023).

No exemplo observado na Figura 1, na parte A, houve, primeiramente, a conversão de 8500 mg de NaCl para 8.5 g, uma vez que essa é a unidade de medida correta para essa concentração. Em seguida, esse valor convertido foi adicionado ao espaço destinado à informação relativa à massa. Quando o botão resultado foi apertado, a resposta foi obtida em litros, como, observa-se na parte B, de 0.75.

Como mencionado, o usuário tem a possibilidade de encontrar qualquer valor que desejar, isolando uma variável da equação, essa opção permite que haja mais dinamicidade na aplicação. Outro ponto observado com a utilização deste aplicativo foi que, se for adicionado um número decimal, é preciso que se use um caractere ponto (.) nos espaços disponíveis. Isso porque a plataforma de desenvolvimento MIT App Inventor provém dos Estados Unidos, o qual tem por convenção padrão, para separação de valores decimais, o ponto, diferentemente do padrão brasileiro, que é a vírgula.

A calculadora de conversão também serviu de grande utilidade para alteração das unidades de medidas na mesma tela em que se faz o cálculo, diminuindo a possibilidade de erros.

O aplicativo "Solucionando" tem grande margem para implementações de funcionalidades, como a adição de mais fórmulas químicas referentes à concentração de soluções químicas, a amplificação das opções de conversão de valores, além de adicionar breves explicações sobre as fórmulas que estão disponíveis, agregando ainda mais no aprendizado do usuário facilitando a interpretação das informações

## 4 CONCLUSÕES

O aplicativo auxiliou na aplicação das equações dos cálculos de concentração de soluções de maneira eficaz e dinâmica, obtendo-se os resultados mais rapidamente, diminuindo a propensão ao erro e permitindo a confirmação de resultados obtidos de forma convencional. Além de contar com um conversor de unidades que é essencial para a realização de diversas alterações de unidades de medida comumente necessárias.

Percebeu-se também que, por ser um assunto de grande extensão, uma série de melhorias poderiam ser implementadas na aplicação, tornando-a mais completa.

## REFERÊNCIA

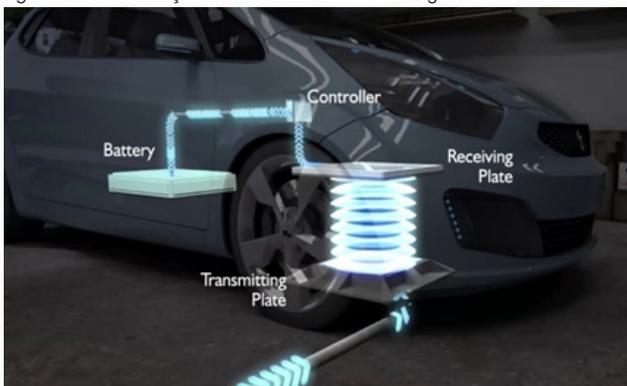
SILVA, Patrícia Fernandes da; SILVA, Thiago Pereira da; SILVA, Gilberlândio Nunes da. StudyLab: Construção e Avaliação de um aplicativo para auxiliar o Ensino de Química por professores da Educação Básica. *Revista Tecnologias na Educação*, [s. l.], v. 13, n. 25, p. 1-10, 2015. Disponível em: <https://tecedu.pro.br/ano7-numerovoll3-2015/>. Acesso em: 22 ago. 2023.

**SISTEMAS DE TRANSFERÊNCIA DE POTÊNCIA SEM FIO: ESTUDO DA NORMA ABNT NBR IEC 61980-1****Ana Carolina da Costa<sup>1</sup>; Jean Patrick Prigol<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Graduanda em Direito pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; anacarolina.costa@unoesc.edu.br<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, professor na Universidade do Oeste de Santa Catarina; jean.prigol@unoesc.edu.br**1 INTRODUÇÃO**

Transferência de energia sem fio, do inglês *Wireless Power Transfer (WPT)*, é um tipo de tecnologia capaz de transferir energia de uma fonte primário para uma carga sem a necessidade de fios para interligá-las (LU *et al.*, 2016).

De acordo com Talbott (2019), a transmissão de energia sem fio tem em Nikola Tesla seu grande mentor desde o final do século XIX quando demonstrou um sistema capacitivo de transferência. O estudo realizado baseia-se na indução eletromagnética e consiste sua operação de forma similar ao de um transformador, porém o acoplamento entre primário e secundário é baixo ( $<0,8$ ). A energia é transferida através de um campo magnético gerado pela corrente alternada de alta frequência, que posteriormente é convertida em corrente contínua por meio de um retificador para carregar a bateria de um veículo elétrico (VE) através de um sistema de gestão de baterias, conforme a Figura 1, onde visualizam-se: i) a bateria (*battery*); ii) bobinas de transmissão e recepção (*transmitting e receiving plate*) e iii) controlador (*controller*).

Figura 1 - Demonstração de funcionamento de carregamento em um VE



Fonte: Oak Ridge National Laboratory (2016).

A Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT), recentemente em 2022, publicou uma norma específica para contribuir com o desenvolvimento e padronização do uso da tecnologia WPT. Aplica-se a norma NBR IEC 61980-1 aos dispositivos de alimentação para a

recarga dos veículos elétricos através das tecnologias sem fio, nas tensões normalizadas segundo a IEC 60038, até 1.000 V em corrente alternada, e até 1.500 V em corrente contínua (ABNT, 2022).

**2 METODOLOGIA**

Busca-se verificar detalhes de como a norma NBR IEC 61980-1 está abordando este tema, dando ênfase as classificações utilizadas aos equipamentos e outras normas envolvidas.

De acordo com a norma NBR IEC 61980-1, os veículos elétricos são recarregáveis por sistemas de armazenamento de energia embarcados, sendo os veículos elétricos rodoviários e também os veículos híbridos plug-in (PHEV).

Com a conexão do sistema WPT veicular, ocorre uma comunicação entre o dispositivo de alimentação e o dispositivo embarcado VE, trocando as informações necessárias para a transferência de potência adequado considerando a condição de carga atual da bateria veicular, devendo estar de acordo com as especificações da IEC 61980-1 (ABNT, 2022).

Conforme a NBR IEC 61980-1 (ABNT, 2022) a classificação referente aos dispositivos de alimentação subdivide-se em: condições do ambiente; acesso; proteção contra os choques elétricos; conexão elétrica para a rede de alimentação, e por fim, a tecnologia de transferência de potência. Neste sentido faz-se necessário consultar, outras normas com é o caso da NBR 5410 2008 para uma implementação adequada das medidas de segurança.

Os dispositivos de alimentação deverão ser ensaiados e projetados para funcionar dentro de uma faixa de condições ambientais específicas, no que se refere à temperatura, umidade ambiente e calor seco.

O funcionamento deverá ocorrer apropriadamente sob todas as condições ambientais específicas, da temperatura mais alta à mais baixa, projetado para funcionar em uma taxa de umidade relativa que varia de 5% a 95% e o ensaio de calor seco deve ser conduzido

de acordo com o que está disposto em norma técnica específica, conforme a IEC 61980-1 2022.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Existem duas classes de sistema de carga sem fio para os VE: estáticos e dinâmicos. Os sistemas estáticos carregam o veículo que está estacionado em um local equipado com a tecnologia de carga sem fio, conforme ilustra a Figura 2. Os sistemas dinâmicos permitem que o veículo seja carregado em movimento, o que pode melhorar significativamente a autonomia do veículo ao carregar continuamente a sua bateria.

Figura 2- Carregamento de um VE estático



Fonte: Oak Ridge National Laboratory (2016).

A norma NBR IEC 61980-1 traz uma luz ao universo do carregamento sem fios de veículos elétricos, baseia-se em norma internacional e possui diversos requisitos de exigências para os equipamentos que são projetados para este fim, de tal modo que se torna um bom ponto de partida aos fabricantes e pesquisadores nesta área.

Existe uma variedade enorme de outras normas internacionais que complementam seus requisitos, deixando claro que não por meio exclusivo da NBR IEC 61980-1 que serão avaliados os equipamentos de recarga sem fio.

### 4 CONCLUSÕES

Em síntese, após de realizar o estudo sobre a norma, conclui-se que há características específicas e condições de funcionamento de um dispositivo de alimentação, onde as instruções devem estar especificadas no manual de utilização.

Embora a norma NBR IEC 61980-1 seja um ponto de partida, ela por si só, não é suficiente para especificar todos os requisitos de segurança e outros detalhes de projeto necessários para os carregadores sem fio veicular.

A WPT ainda é considerada como um grande desafio tecnológico, sendo que várias fabricantes de VE

estão desenvolvendo modelos de carregamento sem fio e opções para os carros e em conjunto com os órgãos reguladores, constroem novas normativas para melhorar a segurança do usuário.

### AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina (UNIEDU) pela concessão da bolsa de iniciação científica do Art. 171 - EDITAL N. 64 / UNOESC-R/2021.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 61980-1 Sistemas de transferência de potência sem fio (wpt) para veículos elétricos Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2022.

LU, Fei *et al.* An Inductive and Capacitive Combined Wireless Power Transfer System With LC Compesated Topology. **IEEE Transactions on Power Eletronics**, v. 31, n. 12, p. 8471-8482, dec. 2016.

OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY. **ORNL surges forward with 20-kilowatt wireless charging for vehicles.** [S. l.], 2016. Disponível em: <https://www.ornl.gov/news/ornl-surges-forward-20-kilowatt-wireless-charging-vehicles>. Acesso em: 21 jun. 2023.

TALBOTT, David. Wireless Eletric Vehicle Charging System (WEVCS). **Circuit Digest**, 2019. Disponível em: <https://embarcados.com.br/carregamento-sem-fio-para-veiculos-eletricos/>. Acesso em: 21 jun. 2023.

## CIRCUITOS RESSONANTES APLICADOS À TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA SEM FIO

Felipe Coser<sup>1</sup>; Jean Patrick Prigol<sup>2</sup>; Renato Gregolon Scortegagna<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; coser.felipe10@gmail.com

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, professor na Universidade do Oeste de Santa Catarina; jean.prigol@unoesc.edu.br

<sup>3</sup> Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, professor na Universidade do Oeste de Santa Catarina; renato.scortegagna@unoesc.edu.br

### 1 INTRODUÇÃO

Circuitos ressonantes são compostos por componentes reativos, indutores e capacitores que interagem para criar uma resposta maximizada em uma determinada frequência conhecida como frequência de ressonância. Variando a frequência do circuito, também é possível identificar diferentes valores de ganho de tensão (. Basicamente são divididos em dois tipos principais: circuitos ressonantes em série e em paralelo (DORF, 2016).

Para simular circuitos ressonantes aplicados na transferência de energia sem fio, faz-se necessário definir um modelo do acoplamento entre as bobinas, transmissora e receptora. Na Figura 1 é apresentado o método utilizado para implementar uma bobina de indução magnética no software PSIM, sendo que a 1ª parte é uma fonte de tensão dependente e a 2ª parte é a medição de corrente que é utilizada na Equação 1.

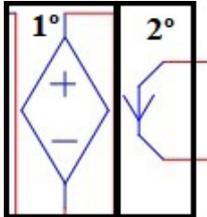
$$E = 2\pi \cdot f \cdot M \cdot I \quad (1)$$

Onde:

M = Indutância Mútua

I = Corrente

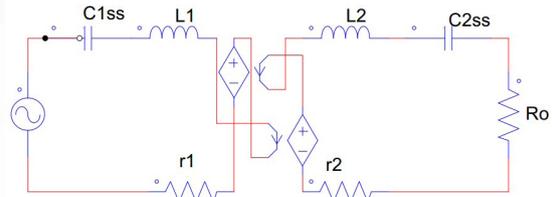
Figura 1 - Fonte de Tensão



Fonte: os autores (2023).

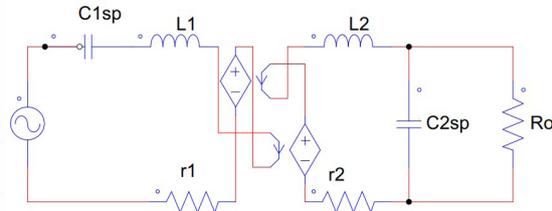
Os circuitos apresentados nas Figuras 2 e 3, foram implementados no software PSIM de modo a possibilitar a investigação do comportamento de duas importantes configurações em sistemas de transferência de energia sem fio, o Série-Série (SS) e o Série-Paralelo (SP) (MORET, 2018).

Figura 2 - Circuito Ressonante SS



Fonte: os autores (2023).

Figura 3 - Circuito Ressonante SP



Fonte: os autores (2023).

### 2 METODOLOGIA

O objetivo do trabalho é identificar o comportamento da tensão de saída na carga ao variar a frequência do circuito. Utilizou-se a frequência de 85 kHz para calcular os capacitores do circuito para ressonar com as bobinas.

Cada modelo de circuito deve ser dimensionado os seus devidos componentes. Para facilitar os cálculos e as simulações foram fixados os valores do fator de acoplamento ( $k$ ), da carga (das indutâncias das bobinas ( $e$ ) e da frequência de cálculo), sendo eles:

$$k = 0,568$$

$$L_1 = 5,3 \mu\text{F}$$

$$L_2 = 10 \mu\text{F}$$

$$R_o = 10 \Omega$$

$$f_s = 85 \text{ kHz}$$

Para o cálculo dos capacitores do circuito ressonante SS são utilizadas as Equações 2 e 3.

$$C_{1ss} = \frac{1}{(2\pi \cdot f_s)^2 \cdot L_1} \quad (2)$$

$$C_{2ss} = \frac{1}{(2\pi \cdot f)^2 \cdot L_2} \quad (3)$$

Aplicando os valores anteriormente mencionados obtém-se:

$$C_{1ss} = \frac{1}{(2\pi \cdot 85 \cdot 10^3)^2 \cdot 5,3 \cdot 10^{-6}} = 661,494 \text{ nF}$$

$$C_{2ss} = \frac{1}{(2\pi \cdot 85 \cdot 10^3)^2 \cdot 10 \cdot 10^{-6}} = 350,592 \text{ nF}$$

Já para o circuito ressonante SP são utilizadas as seguintes equações:

$$C_{1sp} = \frac{1}{(2\pi \cdot f)^2 \cdot L_1 \cdot (1 - k^2)} = 976,555 \text{ nF}$$

$$C_{2sp} = \frac{1}{(2\pi \cdot f)^2 \cdot L_2 \cdot (\sqrt{1 + k^2})} = 304,848 \text{ nF}$$

O ganho de tensão é expresso pela Equação 4 e será avaliado por meio de simulação computacional:

$$G_v = \frac{V_{in}}{V_{out}} \quad (4)$$

Onde:

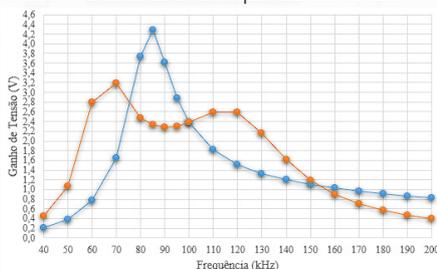
$V_{in}$  = Tensão de entrada

$V_{out}$  = Tensão aplicada no resistor  $R_o$ .

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizando os resultados obtidos, foram simulados no PSIM algumas frequências, iniciando em 40 kHz até 200 kHz, a tensão de entrada é senoidal com amplitude de 10V. O resultado dos circuitos ressonantes pode ser observado pelo Gráfico 1.

Gráfico 1 - Gráfico de  $G_v$  x Frequência dos Circuitos



Fonte: os autores (2023).

O resultado do circuito SS pode ser observado na cor azul, nota-se um abaixo de 1 nas frequências iniciais,

o que significa que está ocorrendo uma queda de tensão final () se comparado com a tensão de entrada ().

Conforme é aumentado a frequência, ocorre também o aumento do até o momento do seu pico, em 85 kHz, o aumento sucessivo da frequência após esse ponto resulta em uma queda no ganho de tensão que volta a ficar abaixo de 1 em frequências acima de 164,2 kHz. Em 64 kHz e em 164,2 kHz o é unitário, ou seja, a tensão de saída é a mesma da entrada.

A cor laranja representa o circuito SP onde pode-se ver uma resposta onde, de início, o é também abaixo de 1 e atinge o valor unitário com 49 kHz. Aumentando a frequência observa-se que o pico de é atingido com uma frequência de cerca de 65 kHz e logo após decai novamente formando uma parábola entre as frequências de 80 a 110 kHz, se mantem em 120 kHz e cai após aumentar ainda mais a frequência. A segundo momento em que o é unitário pode ser observado na frequência de 156 kHz.

### 4 CONCLUSÕES

Avaliando as respostas dos circuitos pode-se notar que o circuito SP atinge o seu pico de de 3,471 com uma frequência menor do que o circuito SS, porém o ganho não é tão expressivo quanto o SS que atinge 4,278 de ganho. O circuito SS também tende a ser mais previsível, tende em vista que sobe até o seu pico de e a partir daí decai praticamente de forma exponencial até o momento que a inclinação da curva é menor, quase paralela ao eixo "x", já o circuito SP apresenta oscilações maiores e dois momentos de crescimento no ganho.

### AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina (UNIEDU) pela concessão da bolsa de iniciação científica do Art. 171 - EDITAL N. 71 / UNOESC-R/2022.

### REFERÊNCIAS

DORF, Richard C. **Introdução aos circuitos elétricos**. 9 ed. São Paulo: LTC, 2016. ISBN 9788521631309.

MORET, Alexandre Hotz. **Estudo e projeto de um sistema de transferência de energia elétrica sem fio com compensação capacitiva e baseado no transformador de bobinas em espirais planas fracamente acopladas**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

## ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DA REFRIGERAÇÃO POR ABSORÇÃO EM INDÚSTRIAS FRIGORÍFICAS DA REGIÃO MEIO-OESTE CATARINENSE

Cristiane B. Chinato<sup>1</sup>; Cristiano Meneghini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduada em Engenharia Mecânica pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; [crischinato@gmail.com](mailto:crischinato@gmail.com)

<sup>2</sup> Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina, professor na Universidade do Oeste de Santa Catarina; [cristiano.meneghini@unoesc.edu.br](mailto:cristiano.meneghini@unoesc.edu.br)

### 1 INTRODUÇÃO

Foi a partir de 1820 que a refrigeração por absorção teve seu grande desenvolvimento com os trabalhos de Ferdinand E. Carré, que inventou, de fato, e patenteou a máquina de absorção, utilizando-a na fabricação de gelo no sul dos EUA durante a guerra civil americana. No entanto, de 1920 a 1940, o sistema de absorção passou a ser estudado a fundo por Altenkirch (ABREU, 1999).

O funcionamento da refrigeração por absorção, se baseia no fato de que os vapores de alguns dos fluidos refrigerantes são absorvidos a frio, em grandes quantidades, por certos líquidos ou soluções salinas. O sistema de refrigeração por absorção mais comum é aquele que usa amônia (R-717) como fluido refrigerante e a água como absorvente.

Com frequentes crises de fornecimento e preços da oferta de energia elétrica, o ciclo de absorção tem sido mais estudado, desenvolvido e utilizado. Uma das aplicações mais frequentes é o acoplamento deste ciclo com sistemas de geração térmica ou elétrica, aproveitando o calor de exaustão de turbinas ou caldeiras (KOURREMENOS; RODDAKIS; ANTONOPOULOS, 1994.)

Portanto, o objetivo geral deste trabalho foi mostrar a viabilidade técnica de implementação da refrigeração por absorção considerando um acoplamento em caldeiras industriais.

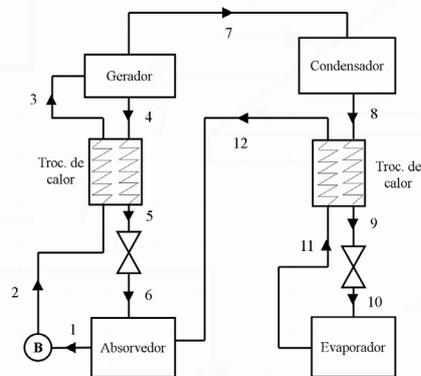
### 2 METODOLOGIA

Tendo como base os objetivos propostos, a pesquisa é definida como exploratória-descritiva. A parte exploratória consiste na busca de embasamento científico por meio de levantamento bibliográfico, além do conhecimento transmitido por pessoas da área que possuem conhecimento sobre o tema e a parte descritiva é apresentada por coleta de dados, juntamente com apresentação de resultados para o trabalho.

A obtenção dos dados utilizada neste estudo foi através do setor da manutenção de frigorífico da região meio oeste catarinense, de julho à novembro de 2022. Foram adquiridas informações dos regimes de operação,

pressão de trabalho, temperaturas nos ambientes, vazão mássica de fluido refrigerante, entre outros necessários para análise do ciclo termodinâmico através do software *Engineering Equation Solver* (EES). A Figura 1 mostra o ciclo de absorção de simples estágio utilizado para fazer o estudo.

Figura 1 - Ciclo de absorção simples estágio



Fonte: os autores (2023).

A Tabela 1 mostra os parâmetros que foram inicialmente definidos para o estudo de comparação. Além disso, foi considerado que o sistema opera em regime permanente, as perdas de carga nas tubulações são desprezíveis, e não há variações de energia cinética e potencial, no balanço de energia da 1ª Lei da Termodinâmica.

Tabela 1 - Parâmetros de entrada para análise

Variáveis de entrada	Valor
Temperatura de evaporação $T_e$ (°C)	-20
Temperatura de condensação $T_c$ (°C)	38
Temperatura de geração $T_g$ (°C)	140
Temperatura de absorção $T_a$ (°C)	35
Temperatura de subsfriamento $T_s$ (°C)	33
Temperatura da solução fraca $T_w$ (°C)	45
Concentração do vapor refrigerante $x_r$	0,996
Carga Térmica QE (kcal/h)	2110000
Efetividade dos trocadores de calor	0,8
Eficiência da Bomba	0,6

Fonte: os autores (2023).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos de consumo energético em cada equipamento, bem como o desempenho do sistema, são mostrados na Tabela 2. O coeficiente de performance ou Eficiência do ciclo de refrigeração (COP) do sistema simulado foi de 0,612. Na literatura encontram-se valores típicos de COP iguais a 0,4 para sistemas de refrigeração por absorção.

Tabela 2 - Resultados do Consumo Energético

Parâmetros	Valor
$Q_c$ (kW)	2453,96
$Q_a$ (kW)	3972,79
$Q_g$ (kW)	3986,22
$Q_c$ (kW)	2480,59
$W_B$ (kW)	22
COP <sub>ideal</sub>	1,1
COP	0,612

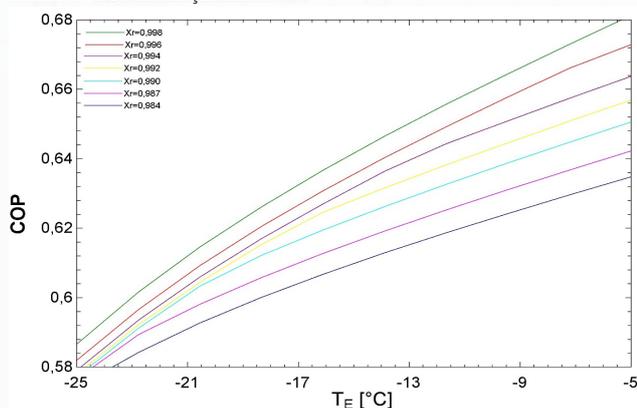
Fonte: os autores (2023).

Para analisar a dependência do desempenho do sistema em relação aos parâmetros de operação do ciclo, foi realizada a simulação de variações de alguns dados de entrada utilizados inicialmente.

No Gráfico 1 é mostrado como o COP varia em relação à temperatura de evaporação ( $T_{EV}$ ), para diferentes concentrações ( $X_r$ ) do fluido refrigerante. Para menores valores da  $T_{EV}$ , ocorre uma diminuição na pressão de baixa do sistema, causando uma diferença entre os níveis de pressão. A queda no desempenho do sistema ocorre pois com a diminuição da temperatura de evaporação, o sistema acaba necessitando de maior energia térmica para suprir a demanda, ocasionando a redução do COP.

Quando se comparam os custos dos sistemas de refrigeração, verifica-se que o sistema por absorção gera uma economia de 36% em relação ao sistema de compressão à vapor. Isso também foi observado por Milanés (2002).

Gráfico 1 - COP em função da  $T_e$



Fonte: os autores (2023).

### 4 CONCLUSÕES

Foi realizado um estudo de um sistema de refrigeração por absorção com a mistura água-amônia com uma capacidade nominal de refrigeração de 700 TR ou 2453,96 kW. Os resultados encontrados mostram que a necessidade da taxa de calor no gerador é de 3986,22 kW. O coeficiente de desempenho calculado resultou em um valor de 0,612.

Conclui-se, portanto, que o sistema de absorção é capaz de se estabelecer, principalmente no meio industrial estudado, desde que seja adequadamente projetado e em paralelo com alternativas de recuperação energética ou utilização de fontes de energia primária de baixo custo.

### REFERÊNCIAS

ABREU, A. F. de. **Sistema de refrigeração por absorção intermitente**: concepção, dimensionamento, construção, ensaio e considerações econômicas. 1999. 199 p. Tese (Doutorado em Energia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

KOURREMENOS, D. A.; RODDAKIS, E. D.; ANTONOPOULOS, K. A. Cogeneration with combined gas and aqua-ammonia absorption cycle. **Thermodynamics and Design, Analysis, and Improvement of Energy Systems**, v. 33, p. 231-238, 1994.

MILANÉS, R. L. P. **Análise e simulação do absorvedor evaporativo de um sistema de absorção água-amônia para produção de gelo em escamas**. 2002. 223 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

# INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE SULFATO DE CÁLCIO NA CONFEÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETOS COLORIDOS PARA PAVIMENTAÇÃO

Ghesnina C. Lamb<sup>1</sup>; Maiara Foiato<sup>2</sup>; Jhulis M. Carelli<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduada em Engenharia Civil pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; ghesnina@hotmail.com

<sup>2</sup> Mestra em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina, professora na Universidade do Oeste de Santa Catarina; maiara.foiato@unoesc.edu.br

<sup>3</sup> Mestra em Engenharia Civil (Estruturas) pela Universidade Federal de Santa Catarina, professora na Universidade do Oeste de Santa Catarina; jhulis.carelli@unoesc.edu.br

## 1 INTRODUÇÃO

As peças de concreto empregadas em pavimentos intertravados, também chamadas de pavers, são geralmente utilizadas como material de revestimento em calçadas, pátios e estacionamentos ou em locais de grande fluxo de pedestres. Estes elementos podem ser confeccionados em diferentes formas, dimensões, textura e cores. A inspeção desses componentes é regulamentada pela Norma Brasileira 9781 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2013), que estabelece requisitos e métodos de ensaio para a aceitação dessas peças. Ao incorporar pigmentos a estes traços, obtêm-se concretos cromáticos de diversas colorações que são utilizados em sinalizações, demarcações de ambientes urbanos e entre outras aplicações.

De acordo com Pereira Neto (1999 apud LAFUENTE JUNIOR, 2012), nos últimos anos os resíduos apresentam-se como um dos principais problemas nas áreas urbanas, pois sua geração, descarte e disposição inadequados provocam diversos impactos sociais, econômicos e de saúde pública. Em vista disso, salienta-se a importância de as empresas estabelecerem estratégias que possam reduzir o impacto do volume ou a toxicidade desses resíduos. Nesse contexto cita-se o resíduo sulfato de cálcio, também conhecido como gesso agrícola, um material pulverulento de coloração clara que é proveniente do processo de limpeza das águas contaminadas com ácido sulfúrico da empresa Pioneiro Ecometals, situada no oeste de Santa Catarina.

Diante disso, o objetivo principal da pesquisa foi avaliar a influência da incorporação do resíduo de sulfato de cálcio no concreto colorido, para a confecção de paver, quanto a resistência à compressão, absorção de água e na coloração das peças.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada na pesquisa foi experimental. Para os testes em laboratório utilizou-se

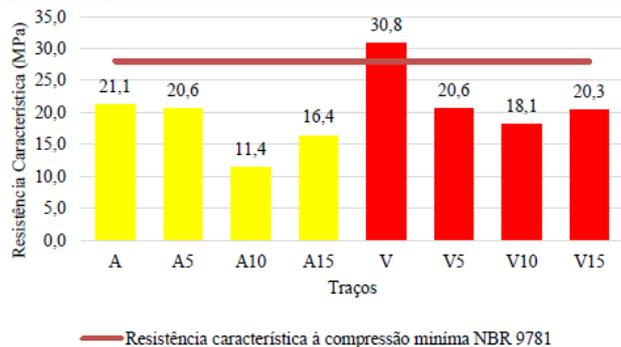
um traço de referência composto de 1:2,18:2,82:0,1:0,52 (cimento CPV ARI: areia: pedrisco: pigmento amarelo e vermelho: água). O resíduo foi inicialmente seco em estufa, em temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ , e em seguida foi realizado o peneiramento utilizando-se apenas o material passante na peneira com abertura de 0,15 mm. Adotou-se os teores de 5%, 10% e 15% de resíduo em substituição ao agregado miúdo nos traços de referência.

No estado endurecido do concreto verificou-se a resistência à compressão, aos 14 dias, e a absorção de água dos pavers, conforme a NBR 9781 (ABNT, 2013). Avaliou-se também a influência na pigmentação das amostras devido à inserção do resíduo na mistura.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do ensaio de resistência à compressão de todos os traços estão apresentados no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Resistência característica à compressão das peças aos 14 dias



Fonte: os autores (2023).

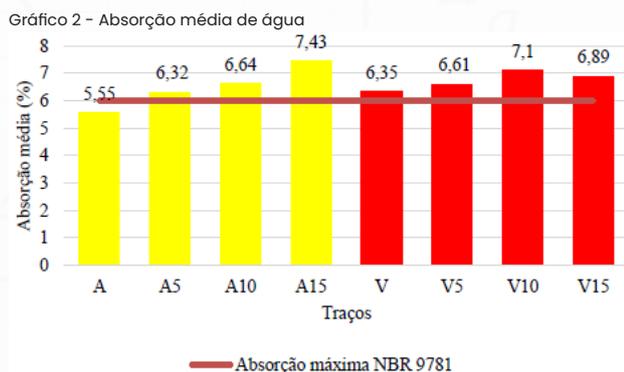
A NBR 9781 (ABNT, 2013) descreve que as peças de concreto com idades inferiores a 28 dias devem apresentar no mínimo 80% do valor da resistência característica mínima de 35 MPa. Através do Gráfico 1, pode-se visualizar que apenas o traço de referência com pigmento vermelho apresentou este valor de 28 MPa.

Além disso, verifica-se que todos os traços com a inserção do resíduo de sulfato de cálcio apresentaram valores de resistência inferiores em relação aos traços

de referência. Entre os traços executados com pigmento amarelo e pigmento vermelho, nota-se que os traços com 5%, 10% e 15% foram respectivamente, 3%, 54% e 22% menores em relação ao traço de referência amarelo.

Com relação aos concretos com pigmento vermelho, as resistências foram respectivamente para 5%, 10% e 15% de substituição, 33%, 41% e 34% menores em relação ao seu traço de referência.

Os resultados da absorção média de água das peças de concreto estão apresentados no Gráfico 2.



Fonte: os autores (2023).

É possível observar no Gráfico 2 que o traço de referência amarelo foi o único que apresentou valor de absorção média de água inferior a 6%, que é o limite estabelecido pela norma. A absorção das peças de concreto variou entre 11% a 24% acima do recomendado pela NBR 9781 (ABNT, 2013).

Buscou-se também avaliar se a coloração clara do resíduo iria intensificar a cor das peças.

A Fotografia 1 mostra as peças amarelas e vermelhas, respectivamente.

Fotografia 1 - Cor das peças com diferentes teores de resíduo



Fonte: os autores (2023).

Ao avaliar visualmente o contraste das peças com os diferentes teores de resíduo, percebe-se que a diferença

entre a intensidade da cor nas peças não é grande. Em combinação com o pigmento vermelho, o resíduo não demonstrou relevância em relação a intensificação da cor refletida, ao contrário, causou um efeito esbranquiçado na superfície das peças.

## 4 CONCLUSÕES

Quanto aos resultados de resistência característica à compressão das peças, notou-se que todos os traços com a incorporação do resíduo, indiferente do pigmento, apresentaram valores inferiores em relação aos traços de referência. A absorção média de água das peças com resíduo ultrapassou o limite estabelecido pela norma, de 6%. Por fim, em relação a avaliação da influência do resíduo na intensidade da coloração das peças pôde-se perceber que não houve benefícios em comparação aos concretos de referência. Os resultados demonstram a necessidade de estudos mais aprofundados na área a fim de utilizar este resíduo em misturas de concreto colorido.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 9781 - **Peças de concreto para pavimentação** - Especificações e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
- LAFUENTE JUNIOR, A. N. de A. **Resíduos sólidos em restaurante comercial**: um estudo de caso na cidade de Santos/SP. Revista de Tecnologia aplicada, Faculdade Campo Limpo Paulista, v. 6, n. 2, p. 44-61, 2012.

**ESTABILIZAÇÃO QUÍMICA DE SOLO ARENOSO COM INCORPORAÇÃO DE CIMENTO E LAMA DE CAL**Alessandro Eduardo Papini<sup>1</sup>; Fabiano Alexandre Nienov<sup>2</sup><sup>1</sup> Engenheiro civil graduado pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; aleedupapini@gmail.com<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, professor na Universidade do Oeste de Santa Catarina; fabiano.nienov@unoesc.edu.br**1 INTRODUÇÃO**

A preservação do meio ambiente e a produção sustentável são assuntos de extrema relevância. Com o aumento na produção das indústrias, é notório o acréscimo de resíduos gerados no processo de manufatura dos produtos. Como destino, muitos rejeitos são descartados em aterros, pois eles não apresentam utilidade em nenhuma outra cadeia produtiva.

Uma forma eficiente de reaproveitamento dos resíduos é no uso da estabilização do solo. De acordo com Brito e Paranhos (2017) quando o solo sofre um processo de estabilização ele tem sua estrutura alterada, passando a ter maior resistência, menor permeabilidade e compressibilidade do que o solo nativo.

A estabilização química do solo é efetuada com a adição de algum aglomerante, como o cimento ou a cal, sendo que outros elementos também podem ser utilizados. Um dos elementos objeto de pesquisa neste estudo é a lama de cal (Carbonato de cálcio); um resíduo proveniente do processo de clareamento da celulose.

Segundo Oliveira *et al.* (2009 apud AMARAL, 2016), “a reciclagem do resíduo de lama de cal pode trazer vantagens econômicas e ambientais, pois pode ser utilizado como fonte alternativa de carbonato de cálcio de menor custo e contribuir para redução do impacto sobre as reservas de rochas calcárias, que são um recurso natural não renovável.”

**2 METODOLOGIA**

O programa experimental foi dividido e executado em três etapas. Na primeira, foram realizados os ensaios de caracterização física da areia, com o objetivo de efetuar a sua classificação. A areia utilizada foi classificada com área média com peso específico rela dos grãos de 2,68 g/cm<sup>3</sup>. Também se definiu as porcentagens de adição de cimento e a quantidade de lama de cal que seria utilizada em cada mistura. A segunda etapa consistiu nos ensaios de compactação, obtendo-se os teores de umidade ótima e o peso específico aparente seco. Já na terceira etapa, foram moldados os corpos de prova (CPs), para aferição da resistência à compressão.

Nesta pesquisa utilizou-se o CP V ARI-RS, da fabricante Cimentos Votoran, lote n. 010 043204.

O resíduo lama de cal foi coletado na empresa Celulose Irani, localizada na BR-153, Km 47, na cidade de Vargem Bonita, em Santa Catarina. O armazenamento foi efetuado em baldes plásticos com tampa, sendo previamente realizada a sua secagem em estufa, com temperaturas entre 100°C e 105°C, até que o material apresentasse constância de massa.

De acordo com a pesquisa desenvolvida por Bressan Júnior (2019), o resíduo lama de cal apresentou densidade de 2,77 g/cm<sup>3</sup>.

Foram desenvolvidas três misturas de areia-cimento e três misturas com areia-cimento-resíduo, onde o resíduo entrou em substituição parcial a areia, com um valor de 20%, conforme demonstra a Tabela 1. Nas misturas onde foi utilizado o aglomerante CP V ARI-RS, variou-se o teor entre 8%, 10% e 12%.

Para cada mistura descrita foi realizado o ensaio de compactação, conforme preconiza a NBR 7182/2016, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2016). Adotou-se energia de compactação normal, efetuando o reaproveitamento das misturas.

Tabela 1 - Misturas estudadas

Mistura	Areia (%)	Resíduo (%)	Cimento (%)
A92-R0-C8	92	0	8
A90-R0-C10	90	0	10
A88-R0-C12	88	0	12
A72-R20-C8	72	20	8
A70-R20-C10	70	20	10
A68-R20-C12	68	20	12

Fonte: os autores (2023).

Os CPs foram moldados com três camadas uniformes, sendo que entre cada uma das camadas foi realizada a escarificação superficial, buscando garantir a aderência entre cada camada. Durante a execução da segunda camada foi retirado um pouco de material em uma cápsula, para aferição da umidade de moldagem. A moldagem dos CPs ocorreu no laboratório de solos da Universidade do Oeste de Santa Catarina (Unoesc) utilizando uma prensa manual e um molde tripartido com diâmetro de 5,0 cm e altura de 10,0 cm.

Para cada CP foi garantido uma taxa de compactação de pelo menos 95% do ensaio de Próctor. Após a moldagem cada CP foi colocado em saco plástico devidamente fechado para cura.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Gráfico 1 são apresentados os valores de resistência a compressão simples, vale ressaltar que antes do rompimento os CPs permaneceram submersos em água por um período de 24h.

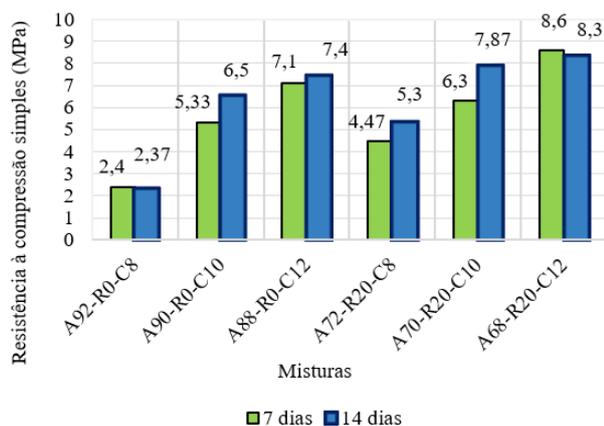
Por meio do Gráfico 1 é possível observar que as misturas com maior quantidade de cimento apresentaram os maiores valores de resistência. E as misturas com o resíduo atingiram valores superiores as amostras moldadas sem a adição da lama de cal, demonstrando que este material contribuiu positivamente para aumentar o valor da resistência.

Praticamente em todas as misturas ensaiadas aos 14 dias obtiveram valores de resistência maiores do que as amostras rompidas aos 7 dias, com exceção das misturas A68-R20-C12 e A92-R0-C8, visto que elas apresentaram um valor de resistência levemente inferior, o que pode ser considerado como sem ganho de resistência.

O maior valor de resistência obtido pelos ensaios de rompimento foi com a mistura A68-R20-C12, atingindo um valor de 8,6 MPa. Comparando esse resultado com a mistura sem a substituição do resíduo (A88-R0-C12), verifica-se que o ganho de resistência foi de 1,5 MPa aos 7 dias de idade, representando um aumento de 21,12%.

O menor valor de resistência foi auferido pela mistura A92-R0-C8, com 2,37 MPa. Já a mistura com a mesma quantidade de cimento, porém com a substituição de 20% da lama de cal (A72-R20-C8), resultou em um valor de resistência igual a 5,3 MPa, ou seja, um ganho de 2,93 MPa aos 14 dias, o que representa uma variação de 123,60%.

Gráfico 1 - Resistência à compressão simples



Fonte: os autores (2023).

### 4 CONCLUSÕES

A substituição parcial da areia usada no presente trabalho, por meio da lama de cal, melhorou as propriedades de resistência a compressão simples comparando-se com as misturas em que não foi adicionado o resíduo.

### AGRADECIMENTO

À Celulose Irani S.A. por ceder o material para a pesquisa.

### REFERÊNCIAS

- AMARAL, M. C. **Avaliação dos efeitos da incorporação de resíduo de lama de cal nas propriedades e microestrutura de uma mistura solo-cimento**. 2016. 100 p. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campo dos Goytacazes, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7182**: Solo - Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2016.
- BRESSAN JÚNIOR, J. C. **Avaliação do comportamento de misturas solo-resíduo quanto a condutividade hidráulica visando a utilização em barreiras impermeáveis de aterros sanitários**. Orientador: Lucas Quiocca Zampieri. Relatório de estágio supervisionado II - Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba, SC, 2019.
- BRITO, L. C.; PARANHOS, H. S. Estabilização de Solos. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, 6. ed., ano 02, v. 01, set. 2017.

## DIAGNÓSTICO DAS CAUSAS DE RECLAMAÇÕES DE PRODUTO PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Alexandre R. Brunetto<sup>1</sup>; Adriana B. Vanin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro de Produção graduado pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; xandebrunetto@hotmail.com

<sup>2</sup> Engenharia de Alimentos pela Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões; professora na Universidade do Oeste de Santa Catarina; adriana.vanin@unoesc.edu.br

### 1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do agronegócio está em constante crescimento, e nesta, a criação de animais tem se destacado. Empregando aproximadamente 4 milhões de pessoas em 98% dos municípios brasileiros, a produção de leite e derivados fez com que o Brasil se tornasse o terceiro maior produtor mundial de leite (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA, 2022).

Conhecida a importância do segmento de criação de animais **para o desenvolvimento econômico e diante da influência da qualidade e do custo da** alimentação animal nesta cadeia, especial atenção tem sido dada ao desenvolvimento, controle e qualidade destes produtos (ZANI, 2022).

Dessa forma, os produtores preocupam-se cada vez mais com o custo e com a qualidade dos produtos adquiridos, e em contrapartida, as empresas fabricantes de insumos para alimentação animal tem procurado investir em seus processos e produtos para atender às expectativas do mercado.

Diante do contexto, a presente pesquisa objetivou determinar as causas e os impactos relativos a problemas evidenciados durante o processo de fabricação e armazenamento de produtos para alimentação animal e apresentar uma proposta de melhoria ao processo visando simultaneamente, a redução do número de falhas, a garantia da qualidade do produto e a melhoria na produtividade do processo.

### 2 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada em uma indústria e distribuidora de suplementos e núcleos minerais para a alimentação animal, com foco em dois produtos denominados de A e B embalados em sacos de 20 kg. Deu-se em várias etapas, na primeira, buscou-se, por meio do histórico fornecido pelo setor de telemarketing da empresa, dados referentes ao número de reclamações e trocas dos dois produtos, apontadas dos meses de julho de 2021 a junho de 2022 em relação ao montante produzido no período. Sequencialmente, mensurou-se o impacto financeiro causado pelas não conformidades por meio da

avaliação das perdas em reais, para isso, determinou-se os custos considerando a oscilação mensal de valor no período.

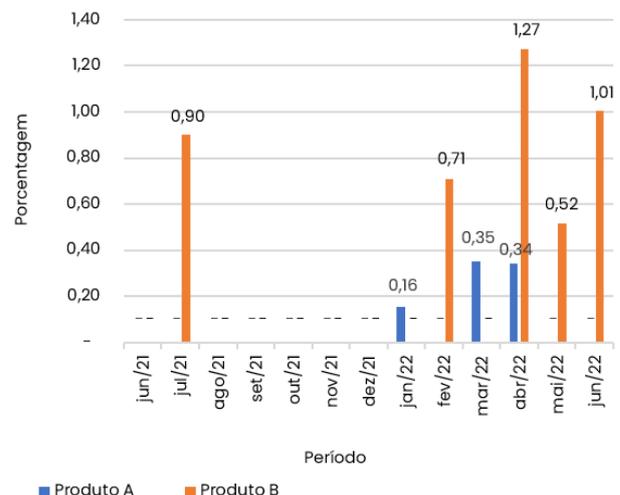
Visando identificar os motivos das reclamações/devoluções dos clientes, comparou-se as amostras não conformes com padrões da empresa em termos de aspecto físico e de umidade e a partir dos resultados buscou-se identificar as causas através da análise do fluxograma de produção. A umidade das amostras recém fabricadas e das recebidas após devolução dos clientes foram determinadas com base no protocolo descrito pelo NREL (*Nacional Renewable Energy Laboratory*), todos os testes foram realizados em triplicata (NREL, 2008).

Finalmente apresentou-se propostas de melhoria aplicadas ao processo visando a diminuição dos problemas evidenciados.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A empresa produz dois produtos, A e B diferem apenas pelo composto probiótico de levedura totalmente natural cuja função é atuar como um estabilizador do rumem do animal. Objetivando avaliar a situação problema, quantificou-se o número de reclamações em relação ao total produzido por mês para cada produto (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Relação entre o número de reclamações e o montante produzido por mês no período estudado



Fonte: os autores (2023).

A análise dos dados mostra que a porcentagem de reclamações/problemas em relação à produção total não é significativa e que diferem entre os produtos em um mesmo período. No entanto, conhecidos os objetivos da empresa em investimento e manutenção da qualidade de seus processos e produtos, qualquer insatisfação de cliente torna-se uma não conformidade merecedora de atenção.

A partir dos valores em massa (kg) de produtos devolvidos à empresa por não conformidades mensurou-se o impacto financeiro relativo às perdas. Obteve-se perdas financeiras de R\$2052,04 do produto A e de R\$ 4.114,14 relativas ao produto B. A empresa realizou a troca os produtos com problemas junto aos clientes e descartou os não conformes.

O impacto financeiro não é o principal problema, no entanto, para uma empresa que possui certificações de qualidade, essas reclamações são de extrema importância.

Além da alteração da cor, o produto sofreu alterações físicas, mudando sua forma de pó para pedras. As fichas técnicas das matérias primas utilizadas no processo de fabricação desses produtos apresentam informações salientando que os produtos são higroscópicos. Os testes de umidade mostraram que a umidade do produto conforme é de 15,96% enquanto que a do não conforme é de 17,00%, uma diferença de 1,04%, comprovando a hipótese de que a alteração pode ter ocorrido devido a absorção de água do ambiente.

Com base no estudo do processo aponta-se como principal causa de absorção de umidade a ocorrência de problemas operacionais no fechamento do lacre da embalagem plástica primária e a ruptura dos sacos.

Com base nos problemas evidenciados com a embalagem apresentou-se como proposta de melhoria uma possível substituição da embalagem utilizada atualmente por outra de polietileno contendo uma válvula no topo da embalagem com faixas microperfuradas ou nanoperfuradas para ajuste do nível de desaeração das embalagens. Também propôs-se a adição de um antiumectante na formulação.

Determinou-se então o custo do produto com a inclusão do antiumectante na formulação. Conforme o orçamento realizado com o fornecedor, a adição aumentará R\$ 3,00 o valor do produto final. Esse valor é considerado alto pois deixaria o produto com o custo superior ao dos ofertados pelos concorrentes. No entanto, é uma opção a ser considerada visando a manutenção da qualidade caso a substituição da embalagem não seja suficiente para a solução do problema.

## 4 CONCLUSÕES

O estudo permitiu quantificar as reclamações dos clientes no período estudados e mostrou que estas não geram custos elevados para a empresa e que o maior problema refere-se a perda da qualidade.

A análise do processo produtivo mostrou que a perda da qualidade ocorreu devido a absorção de umidade causada por problemas no processo de embalagem e por danos a embalagem.

A identificação das causas dos problemas permitiu a apresentação de duas propostas de melhorias, a substituição da embalagem e a adição de um antiumectante a formulação.

A substituição das embalagens mostrou-se uma alternativa promissora pois permitirá a redução do valor do produto final a diminuição da necessidade da mão de obra e a possibilidade de manutenção da qualidade dos produtos, fato este que ainda encontra-se em avaliação.

## AGRADECIMENTO

À Universidade do Oeste de Santa Catarina (Unoesc - Joaçaba).

## REFERÊNCIAS

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. **MAPA DO LEITE:** Políticas Públicas e Privadas para o Leite. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/mapa-do-leite>. Acesso em: 27 ago. 2022.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY - NREL. **Determination of Total Solids in Biomass and Total Dissolved Solids in Liquid Process Samples.** Colorado: Laboratory Analytical Procedure (LAP), 2008.

ZANI, Ariovaldo. Custo de produção comprometeu a rentabilidade da cadeia produtiva de proteína animal. **Boletim informativo do setor maio / 2022.** Disponível em: [https://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2022/05/boletim\\_informativo\\_do\\_setor\\_maio\\_2022\\_vs\\_final\\_port\\_sindiracoes.pdf](https://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2022/05/boletim_informativo_do_setor_maio_2022_vs_final_port_sindiracoes.pdf). Acesso em: 20 ago. 2022.

## COMPARATIVO ECONÔMICO ENTRE VERGALHÕES DE AÇO E DE FIBRA DE VIDRO EM PLACAS DE PAREDE PRÉ-FABRICADA

Carlos Eduardo Bazzo<sup>1</sup>; Jhulis Marina Carelli<sup>2</sup>; Maiara Foiato<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Graduado em Engenharia Civil pela Universidade do Oeste de Santa Catarina; carlos\_bazzo@hotmail.com

<sup>2</sup> Mestra em Estruturas pela Universidade Federal de Santa Catarina, professora na Universidade do Oeste de Santa Catarina; jhulis.carelli@unoesc.edu.br

<sup>3</sup> Mestra em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina, professora na Universidade do Oeste de Santa Catarina; maiara.foiato@unoesc.edu.br

### 1 INTRODUÇÃO

O uso de novas maneiras de construir e principalmente o uso de novos materiais para essa finalidade, são assuntos que originam várias discussões no ramo da engenharia, além de possíveis economias geradas durante o período de construção e ao longo da sua vida. Entretanto, não se torna possível a simples substituição de um material usado a vários anos e com conhecimento total de seu funcionamento, por algo de aplicação recente e de pouca prática, sendo necessário um leque de testes e experimentos que demandam tempo, a fim de que se conheça as características mecânicas e de durabilidade do produto.

O Fiber Reinforced Polymer (FRP) é um material composto de fibras de vidro ou carbono e resina epóxi, muito usado em outros países por se tratar de um material que não sofre corrosão, o que, se aplicado corretamente irá gerar uma grande economia a longo prazo, já que diminui a demanda por manutenções periódicas das quais tem alto custo de execução.

Destaca-se o fato de o vergalhão de fibra de vidro (GFRP) ser um produto mais sustentável que em comparação ao aço, já que a exploração do minério de ferro, a extração destes minérios acaba por gerar grandes impactos ambientais (BROWN; BARTHOLOMEW, 1996).

Dentre os mais diversos métodos construtivos existentes, faz-se a devida ressalta ao uso de estruturas pré-fabricadas, pois, além de terem amplo controle de qualidade em suas fábricas, também apresentam rapidez e agilidade, além de dispensar a implantação de um canteiro de obra complexo no local da construção. As estruturas pré-fabricadas deixaram de ser apenas pequenos galpões, vindo a englobar não somente galpões de grandes indústrias como construção de prédios e resistências. Dentre os elementos construtivos pré-fabricados, cita-se como exemplo as placas de concreto.

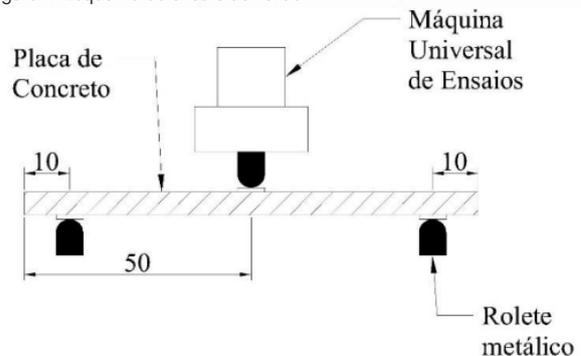
Portanto, o presente estudo tem por objetivo testar os vergalhões em fibra de vidro por meio de ensaios de flexão, objetivando comparar os dados extraídos com as

barras de aço e chegar a uma combinação de malha que possa vir a substituir a utilizada atualmente na construção de placas de concreto, além de levantar os custos para a produção da malha para ambos os materiais.

### 2 METODOLOGIA

Para a elaboração do comparativo entre malha de aço e a malha feita com vergalhões de fibra de vidro foi necessária a confecção de dois corpos de prova em formato de placas para cada amostra, com dimensão de 40x100 cm e espessura de 5 cm, submetidas ao ensaio de flexão a três pontos (Figura 1).

Figura 1 - Esquema do ensaio de flexão



Fonte: os autores (2023).

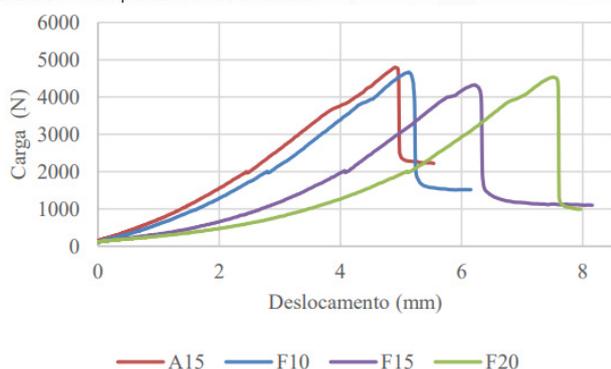
Foi utilizada da malha de aço CA60, com barras de diâmetro de 4,2 mm e espaçadas a cada 15 cm como amostra de referência (A15). Para o comparativo, foram produzidas três malhas com barras de fibra de vidro de diâmetro 4,0 mm, utilizando-se de espaçamentos de 10 (F10), 15 (F15) e 20 cm (F20) entre os vergalhões.

Para a dosagem do concreto, fez-se o uso do traço utilizado na empresa de pré-fabricados, com cimento CPV ARI-RS, agregados naturais (areia natural, pedrisco e pó de pedra), água e aditivo superplastificante. A dosagem ocorreu em central fixa automatizada com capacidade de 300 litros, devidamente calibradas por empresa especializada, assim como recomenda a NBR 7212 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como critério de comparação com a malha de aço, foram utilizadas as cargas máximas suportadas até o primeiro pico do gráfico, que foi o ponto onde apareceram as primeiras fissuras no concreto das placas. Neste sentido, o Gráfico 1 reúne os maiores resultados obtidos de cada uma das combinações, as comparando com o aço.

Gráfico 1 - Comparativo entre amostras



Fonte: os autores (2023).

Observou-se um comportamento parecido em todas as amostras, com carga máxima praticamente igual, aumentando somente o deslocamento na presença da fibra de vidro, ou seja, apresentando um comportamento mais dúctil do material.

Desta forma, o custo para execução de um metro quadrado foi avaliado considerando a malha de GFRP com espaçamento médio (15 cm).

Tabela 1 - Custos

Malha de 1 m <sup>2</sup>	Aço (4,2 mm)	Fibra de vidro (4,0 mm)
Malha 15x15	R\$ 12,58	R\$ 16,05

Fonte: os autores (2023).

Percebe-se que, mesmo não considerando custos de transporte, o uso da fibra de vidro encarece em 27,6% o custo.

### 4 CONCLUSÕES

Foi observado ao decorrer da realização dos ensaios a dificuldade em posicionar corretamente a malha, isso porque, trata-se de um produto maleável e que demanda uma maior atenção quanto ao seu posicionamento dentro do elemento. Referente a moldagem dos corpos de prova, exigiu-se a utilização de mais espaçadores em comparação a malha de aço a fim de garantir o correto posicionamento.

Um aspecto que acaba inviabilizando o uso destes vergalhões é o fato de não ser possível a realização de

dobras *in loco*, o que não dispensa o uso do aço, não sendo possível a realização de estribos, ganchos para ancoragem e detalhes especiais nos elementos. Tais serviços devem ser previstos no momento da fabricação do vergalhão de fibra de vidro, o que acaba por aumentar o custo final do produto e compromete ainda mais a teoria de que o vergalhão em fibra de vidro irá substituir completamente o uso de vergalhões de aço.

Por hora, o que também acaba afetando diretamente o custo é o fato de ser um produto recém implantado no Brasil, e por possuir poucas unidades de distribuição e revenda, acaba dificultando o acesso e elevando o custo final em função do frete, principalmente em pequenas quantidades.

### REFERÊNCIAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 440.1R-15** – Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Bars. 2015. 88p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 7212**: Concreto Dosado em Central – preparo, fornecimento e controle. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. 25 p.

BROWN, V. L.; BARTHOLOMEW, C. L. **Long-term deflections of GFRP-reinforced concrete beams**. In: First International Conference on Composites in Infrastructure National Science Foundation National Science Foundation, 1996.