

ENGENHARIA: SOLUÇÕES E INOVAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO

VOLUME III



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Frederico Celestino Barbosa

Engenharia: soluções e inovações para o desenvolvimento

3ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

3ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238E Engenharia: soluções e inovações para o desenvolvimento
/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2023

169 f.: il

DOI: 10.37423/2023.edcl674

ISBN: 978-65-5367-277-2

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. projeto 2. construção 3. melhorias I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 620

<https://doi.org/10.37423/2023.edcl674>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

MSc Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Wesley Pacheco Calixto

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

MSc Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

MSc Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

CAPÍTULO 1	6
CLASSIFICAÇÃO DE DEFEITOS EM ROLAMENTO DE MOTORES ELÉTRICOS UTILIZANDO REDES CONVOLUCIONAIS COMPACTAS PARA SISTEMAS EMBARCADOS	
Caio Marcos Malheiros Alves	
Luiz Alberto Pinto	
Marco Antônio de Souza Leite Cuadros	
Gustavo Maia de Almeida	
DOI 10.37423/230207214	
 CAPÍTULO 2	 28
CONCEITOS, NORMATIVOS, DIRETRIZES TÉCNICAS E ORIENTAÇÕES PARA MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE SINALIZAÇÃO DE ORIENTAÇÃO TURÍSTICA.	
EMANOEL SILVA DE AMORIM	
Ana Maria Batista Farias	
Diogo Cavalcanti Oliveira	
Girândia de Moraes Sampaio	
Hugo Leonardo França Silva	
José Allef Ferreira Dantas	
Kássia Benevides Martins Gomes	
Paula dos Santos Cunha Boumann	
Thiago Araújo de Menezes	
DOI 10.37423/230207215	
 CAPÍTULO 3	 43
ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA PARA PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL NA REGIÃO DE SETE LAGOAS – MG	
Ivan Ambrósio Ferreira	
Mateus da Silva Junqueira	
Felipe Machado Trombete	
Eleonice Moreira Santos	
DOI 10.37423/230207240	
 CAPÍTULO 4	 63
UM SISTEMA INTEGRADO CNN-LSTM EMBARCADO PARA DIAGNÓSTICO DE FALHAS EM ROLAMENTOS DE MOTORES ELÉTRICOS UTILIZANDO SINAIS DE VIBRAÇÃO	
Luiz Alberto Pinto	
Marco Antônio de Souza Leite e Cuadros	
Lucas de Oliveira Soares	
DOI 10.37423/230207258	

CAPÍTULO 5	79
ADIÇÃO DE PÓ DAS CONCHAS DE SURURU NA CONFECÇÃO DE TIJOLOS SOLO-CIMENTO	
Amanda Tenório da Costa	
Paulo Chagas do Carmo	
Uedja Tatyane Guimarães Medeiros Lima	
Janaína Accordi Junkes	
DOI 10.37423/230207275	
CAPÍTULO 6	88
APROVEITAMENTO DAS CINZAS DO CAPIM-ELEFANTE PARA PRODUÇÃO DE PLACAS CIMENTÍCIAS	
Taísa Menezes Tenório	
Samantha Ferreira Mendonça de Oliveira	
Janio Nunes Sampaio	
DOI 10.37423/230207284	
CAPÍTULO 7	102
AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE LIPÍDICA EM CANUDINHOS FRITOS	
Juliana Rech	
Noriê Finimundi	
Elizete Maria Pesamosca Facco	
DOI 10.37423/230207309	
CAPÍTULO 8	117
AGREGAÇÃO DE VALOR DO PIMENTÃO (CAPSICUM ANNUUM L.) ATRAVÉS DE TECNOLOGIAS DE SECAGEM	
Milton Nobel Cano-Chauca	
Gustavo Machado dos Santos	
Ana Laura Ribeiro de Freitas	
Dahiane Batista de Paula	
DOI 10.37423/230207312	
CAPÍTULO 9	124
TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS EM INDÚSTRIAS DE REFRIGERANTES: UM ESTUDO DE CASO	
Hiroshi Cavalcante Medeiros Koseki	
Heyder de Sousa Castro Oliveira	
Marcílio Gonçalves de Farias Pereira	
Domingos Sávio do Nascimento	
Gildene Fortes de Meneses Machado	
Wanderson Rocha de Carvalho	
Daniel da Costa Araújo	
Fábio de Souza Clementino	
DOI 10.37423/230207314	

CAPÍTULO 10 142

ANÁLISE DO USO DE ADITIVOS EM CONCRETO AUTOADENSÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Túlio César Lupe Cajueiro

Elison Henrique de Luna

DOI 10.37423/230307354

Capítulo 1



10.37423/230207214

CLASSIFICAÇÃO DE DEFEITOS EM ROLAMENTO DE MOTORES ELÉTRICOS UTILIZANDO REDES CONVOLUCIONAIS COMPACTAS PARA SISTEMAS EMBARCADOS

Caio Marcos Malheiros Alves

Instituto Federal do Espírito Santo

Luiz Alberto Pinto

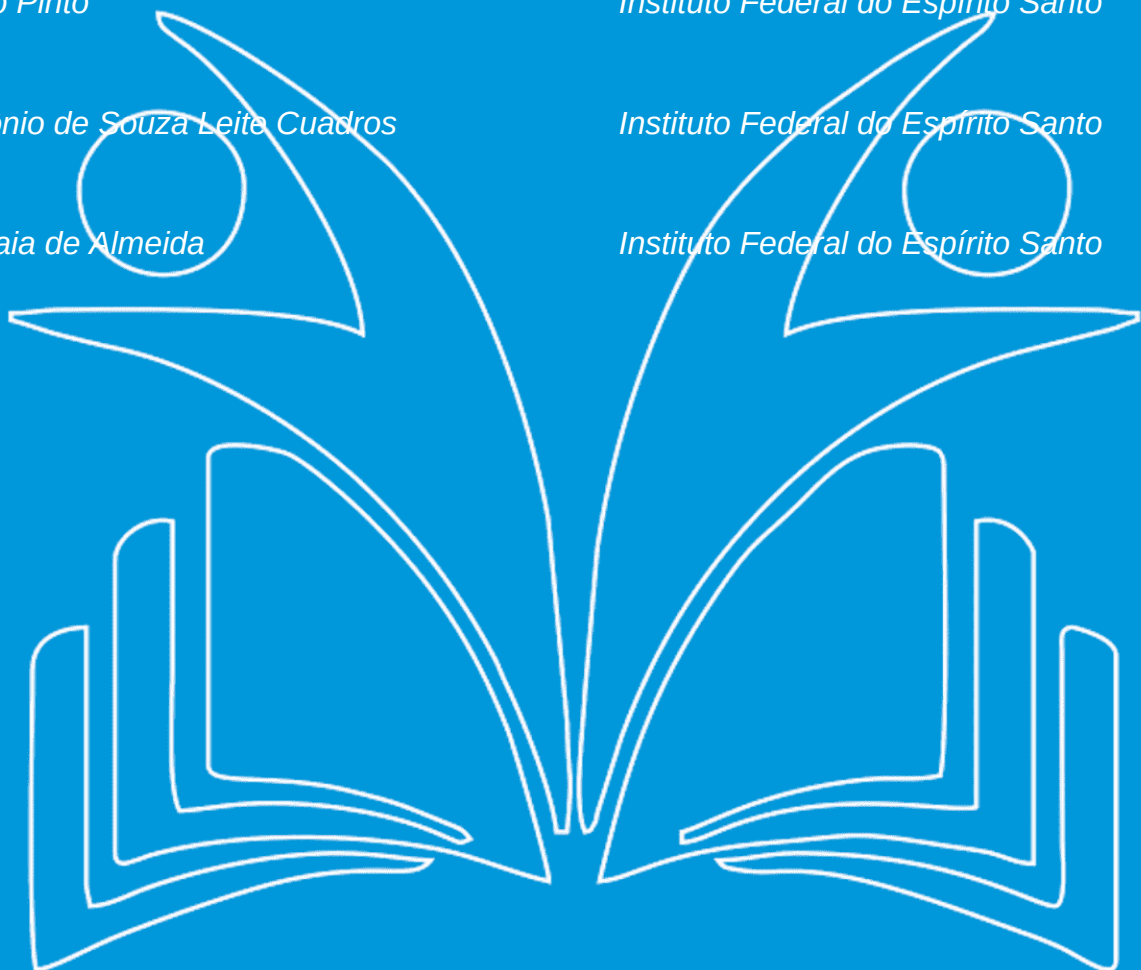
Instituto Federal do Espírito Santo

Marco Antônio de Souza Leite Cuadros

Instituto Federal do Espírito Santo

Gustavo Maia de Almeida

Instituto Federal do Espírito Santo



Resumo: Motores elétricos são onipresentes em processos industriais e no dia a dia e assim o diagnóstico de defeitos em tais máquinas é de suma importância. As técnicas mais recentes de diagnóstico utilizam *CNN* com grande sucesso, porém são implementadas para rodar em servidores *off-site*. Este trabalho analisa duas propostas de *CNNs* desenvolvidas para serem executadas em um sistema embarcado on-site. As *CNNs* foram testadas com sucesso por seus autores utilizando um conjunto de dados proprietário. Os testes realizados aqui utilizam um conjunto de dados diferente, muito utilizado em benchmarks na área, o conjunto de dados da *CWRU*. Os testes realizados demonstram que as *CNNs* propostas também obtêm sucesso ao classificar defeitos do conjunto de dados *CWRU*, validando suas estruturas e demonstrando uma boa generalização para ser aplicada em montagens e sistemas diferentes do utilizado em seu desenvolvimento.

Palavras-chaves: Redes neurais convolucionais; sistemas embarcados; detecção de falhas em rolamentos; análise de vibração, motores elétricos.

1. INTRODUÇÃO

Motores elétricos são responsáveis por cerca de 40% de todo o consumo de energia elétrica no mundo (APEC Energy Working Group 2008). Suas boas condições de funcionamento dependem, grandemente, das boas condições de conservação dos mancais de rolamento. Os mancais de rolamento têm como função dar suporte mecânico às partes rotativas, reduzir o coeficiente de atrito do movimento e garantir a precisão da rotação. Portanto, uma vez que exista um defeito no rolamento, a estabilidade de todo o conjunto pode ser afetada, provocando danos ao equipamento e condições inseguras. Estima-se que defeitos em rolamentos sejam responsáveis por cerca de 69% do total de falhas em motores elétricos. (Bonnett et al. 2008)

O monitoramento contínuo do funcionamento de motores é uma das formas de garantir a continuidade dos processos de produção, reduzir custos provocados por interrupções não programadas e evitar acidentes. Com esse propósito, as indústrias têm implantado sistemas de detecção e diagnósticos de falhas em rolamentos de motores elétricos. As abordagens atuais mais comumente usadas para detecção e o diagnóstico de falhas em rolamentos, consistem na análise dos sinais de vibração, e na classificação desses por ferramentas de *Machine Learning (ML)*. Pesquisas mais recentes propõem a predição de falhas iminentes, estimativa do estado de conservação e por último, a estimativa da vida útil de rolamentos (*RUL – Rest of Useful Life*).

Uma variedade de abordagens para elaboração de diagnósticos inteligentes de falhas em rolamentos de motores elétricos tem sido proposta na literatura. Por exemplo, Redes Neurais Artificiais (RNA), Redes Neurais Convolucionais (*CNN* do inglês *Convolutional Neural Network*), processamento de sinais de vibração utilizando a Transformada *Wavelet*, e aplicação de outras arquiteturas de redes profundas. Esses métodos têm atingido altos níveis de precisão na identificação de defeitos e na previsão da *RUL*. Porém, trazem também custos computacionais cada vez mais elevados, para ganhos cada vez mais marginais em precisão.

As principais etapas para elaboração de diagnósticos de falhas são: 1. aquisição dos sinais do processo; 2. processamento dos sinais e 3. classificação (elaboração do diagnóstico). Tradicionalmente estas etapas são realizadas em modo *off-line* e remoto. Nesse caso, a etapa de aquisição dos dados não está conectada com as outras duas. A aquisição é realizada *on-site*, no motor, e posteriormente em um computador *off-site* as etapas de processamento e diagnóstico são executadas. Diferentemente dos sistemas *off-line* remotos, nos sistemas *on-site* as etapas de aquisição, processamento e classificação

ocorrem de forma contínua, no equipamento, permitindo a elaboração de diagnósticos em tempo real, o que possibilita intervenções imediatas para mitigar os efeitos das falhas.

Com a difusão do conceito de *IIoT (Industrial Internet of Things)* e de Indústria 4.0, pode-se especular sobre o aumento da utilização de sistemas embarcados microcontrolados e *SBC (Single Board Computers)*. Além disso, paralelamente observou-se significantes avanços em conectividade, eficiência energética e capacidade de processamento e de memória dos hardwares para sistemas embarcados disponíveis atualmente. Embora sistemas embarcados já sejam uma realidade em várias áreas da tecnologia, são raros os trabalhos sobre diagnóstico de falhas desenvolvidos para tais sistemas operando *on-site*, devido a ainda recente convergência da evolução de classificadores e melhorias da capacidade computacional de microcontroladores.

Nesse contexto, esse trabalho avaliou duas propostas de *CNNs* desenvolvidas para serem utilizadas em dispositivos com limitação de recursos (Lu et al. 2019), como *SBCs* ou sistemas microcontrolados. A avaliação foi feita utilizando o conjunto de dados da *Case Western Reserve University Bearing Data Center (CWRU)*, amplamente utilizado como *benchmark* em aplicações semelhantes (Smith et al. 2015). Esse estudo demonstrou a viabilidade das arquiteturas das *CNNs* como classificadores de falhas em rolamentos, confirmando suas capacidades de aprendizado e portabilidade para funcionamento em diferentes sistemas, a fim de utilizá-las como classificadores em sistemas microcontrolados.

O restante deste trabalho contém as seguintes seções: a Seção 2 apresenta uma breve revisão da literatura sobre o tema. Na Seção 3 mostra-se a teoria das *CNNs*. Em seguida, na Seção 4, se apresenta o conjunto de dados *CWRU* utilizado neste trabalho. Na Seção 5 descreve-se o método “Espectro Logarítmico de Base 2” que será utilizado em seções posteriores. Na Seção 6 apresentam-se os dois modelos de *CNN* que serão avaliados. Na Seção 7 os processos de treinamento e classificação são descritos. Finalmente em 8 temos as conclusões acerca do trabalho feito.

2. TRABALHOS RELACIONADOS

2.1 DETECÇÃO DE FALHAS

Detecção de falhas em rolamentos de motores utilizando dados de vibração é uma prática estabelecida e estudada na literatura há quase 60 anos. Já no começo da década de 60, Gustafsson et al. (1962) apresentam um método não-destrutivo capaz de detectar danos na superfície dos elementos danificados utilizando a característica “quase periódicas” das vibrações produzidas ao rotacionar um rolamento danificado. Desde então, ferramentas estatísticas e de processamento de

sinais, juntamente com modelagem matemática, são amplamente estudadas e utilizadas para identificação destes defeitos. Esses métodos de diagnóstico consistem em identificar frequências fundamentais e as harmônicas geradas pelos impactos causados entre os elementos defeituosos do rolamento. Randall et al. (2011) apresentam um extenso comparativo entre diferentes métodos utilizando análises do sinal de vibração no tempo, na frequência, e no tempo-frequência como, mas não somente, curtose, RMS, modulação, envelope, transformada de Fourier, transformada de Fourier janelada, e transformada *wavelet*.

Para superar a dificuldade que é modelar um sistema de rolamento, seus defeitos e todas variáveis que podem influenciar seus padrões de vibração, já em 1991 foi proposta (Chow et al. 1991) a utilização de redes neurais artificiais para a detecção destas falhas, pois dessa forma não seria mais necessário modelar equações complexas não-lineares. Toda a modelagem matemática rigorosa e os erros de modelagem que a acompanhavam poderiam ser evitadas. A não-linearidade desejada nesses modelos já seria intrínseca às redes neurais. Naturalmente, diversas técnicas e métodos de aprendizado de máquina foram sendo desenvolvidos e aplicados na detecção de falhas em rolamentos.

Em (Malhi et al. 2004), *PCA (Principal Component Analysis)* foi utilizada com sucesso, melhorando o desempenho das redes neurais classificadoras. Em (Pandarakone et al. 2018) *SVM (Support Vector Machine)* foi utilizada para classificar tipos de arranhões presentes nos elementos do rolamento, usando como parâmetro as componentes de frequência da corrente elétrica. Em (Tian et al. 2016), *PCA* e curtose espectral do sinal de vibração são utilizadas em conjunto com vizinho mais próximo (*KNN*) para desenvolver um método de detecção e diagnóstico de falhas em rolamentos de motores elétricos.

Mais recentemente houve uma explosão de trabalhos utilizando aprendizado profundo para detectar e classificar falhas em motores e seus rolamentos. O primeiro trabalho utilizando *CNN* foi em 2016 (Janssens et al. 2016), tendo os autores alcançado acurácia e precisão >93% utilizando uma *CNN* com uma camada convolucional e uma camada totalmente conectada. Outros trabalhos pioneiros, como (Wen et al. 2018) utilizam redes baseadas na *LeNet-5* para classificar com sucesso o sinal original de vibração.

2.1 SISTEMAS EMBARCADOS

Em paralelo ao desenvolvimento de técnicas de inteligência artificial, a capacidade computacional de sistemas embarcados microcontrolados tem avançado rapidamente nos últimos anos. Assim, começam a surgir alguns trabalhos nesta interseção entre detecção de anomalias e sistemas embarcados, porém ainda são poucos em comparação com o desenvolvimento de soluções propostas para desktops e servidores. Em (Tzeng et al. 2018) se apresenta um sistema embarcado para captura e pré-processamento de dados de vibração, que então são enviados por uma rede sem fio e monitorados remotamente. Em (Hmida e al. 2016) é implementado um algoritmo de monitoramento de motores, através de sinais de vibração e transformadas *wavelet*, embarcado em um microcontrolador.

Recentemente surgem trabalhos apresentando métodos de *ML* que são implementados em sistemas microcontrolados para classificação de falhas em motores elétricos. Nestes casos, o sistema embarcado realiza a coleta do sinal, pré-processamento dos dados e classificação das amostras, utilizando um classificador treinado *off-site* em um computador e então embarcando no sistema microcontrolado.

Em (Gongora et al. 2018), uma RNA embarcada é desenvolvida para detectar falhas no rolamento através do sinal da corrente elétrica. Em (Eren et al. 2019) os autores apresentam redes neurais convolucionais compactas capazes de classificar falhas em rolamentos através de sinais de vibração, se utilizando de conjuntos de dados públicos (como o *CWRU*) para validar o trabalho. Em (Markiewicz et al. 2019) os autores apresentam uma solução embarcada completa de baixo consumo para classificação de falhas utilizando redes *Long Short-Term Memory*.

Em (Lu et al. 2019) os autores classificam 7 tipos de falha, além do funcionamento normal, em motores de indução. Para tal, se utilizam de 8 motores, cada um em uma condição de falha ou funcionamento normal. Dados de vibração são adquiridos a uma taxa de 20 *ksps* e três testes de classificação são realizados em um sistema microcontrolado. No primeiro teste, imagens 28 x 28 são geradas a partir dos sinais de vibração e uma *CNN* com duas camadas convolucionais é usada para a classificação. No segundo os autores usam as mesmas imagens 28 x 28 e uma *CNN* com uma camada convolucional para classificação, e no terceiro teste geram imagens 14 x 14 e as classificam utilizando a *CNN* com duas camadas convolucionais. As acurácias alcançadas são 100%, 97,5% e 94,13% para cada teste, respectivamente.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Constituídas por camadas com funções diferentes, as Redes Neurais Convolucionais (*Convolutional Neural Networks – CNN*) são variações das redes *perceptron*, que utilizam filtros convolucionais para a extração de características das imagens em diferentes etapas de processamento. Além das camadas de entrada e de saída, a arquitetura de uma rede neural convolucional é constituída por camadas convolucionais, camadas de *pooling*, camada totalmente conectada e camada de normalização em lote. A Fig. 1 mostra a arquitetura básica de uma *CNN* com as diferentes camadas que a constituem.

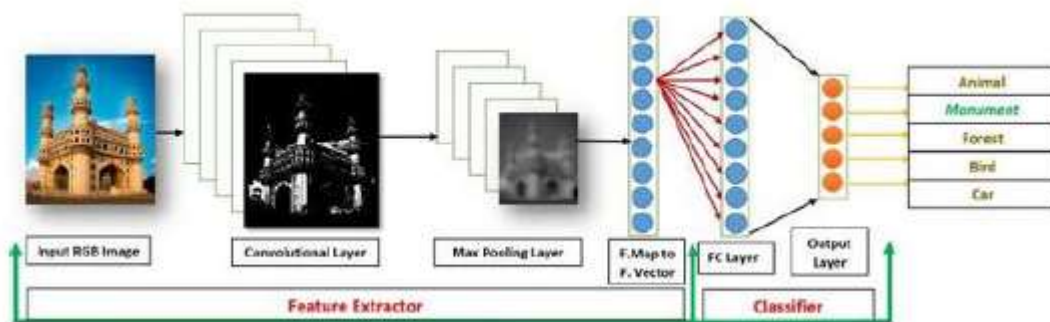


Fig. 1: Arquitetura Básica de uma Rede Neural Convolucional. Disponível em: <https://www.serpro.gov.br/>. Acesso em jun. 2020.

Camada Convolucional: constituída por um conjunto de filtros, a camada convolucional extrai as características da imagem de entrada. Uma *CNN* possui várias camadas convolucionais que são capazes de extrair informações em níveis, sucessivamente, mais baixos de detalhamento. A Fig. 2 apresenta uma camada de convolução com um filtro (kernel) 3 x 3. A configuração dos parâmetros dessas camadas requer a definição da quantidade de filtros, do *stride*, que é a quantidades de saltos do filtro ao se deslocar, e do *padding* que define como será o tratamento das bordas da imagem na realização da convolução. Além desses parâmetros, para a implementação de uma *CNN* é necessário definir uma função de ativação. Pela facilidade de treinamento e pelos bons resultados obtidos pelas redes, a *ReLU* tem sido a função de ativação mais utilizada em tarefas que utilizam as *CNNs*.

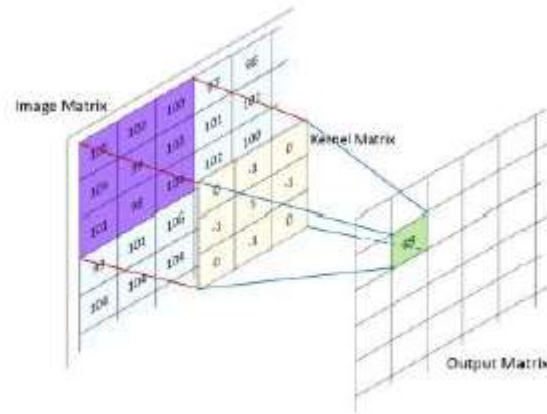


Fig. 2: Camada convolucional de uma CNN com um filtro 3x3. Disponível em:

<https://www.serpro.gov.br/>. Acesso em jun. 2020.

Camada de *Pooling*: geralmente localizada após uma camada de convolução, a principal função da camada de *pooling* é a redução da dimensão espacial da imagem de entrada para a camada convolucional seguinte. Na prática, essa camada realiza uma subamostragem dividindo a entrada em regiões retangulares menores, e calculando o valor correspondente de cada região. Esta operação reduz o tamanho do mapa de características removendo informações de redundância espacial. Uma das principais vantagens da utilização da camada de *pooling* é a possibilidade de aumentar o número de filtros de convolução nas camadas mais profundas sem que ocorra um aumento considerável do esforço computacional. A estratégia mais comumente utilizada para a implementação do *pooling* é o *Max Pooling* (Fig. 3). Nesse caso, no processo de subamostragem será considerado o maior valor da região.

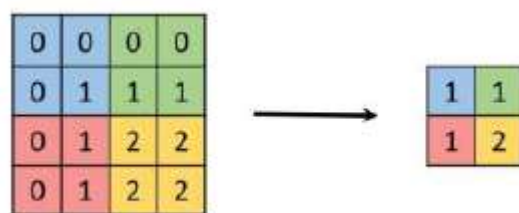


Fig. 3: A realização do *Max Pooling* da camada *pooling*. Disponível em: <https://www.serpro.gov.br/>.

Acesso em jun. 2020.

Camada de Normalização em Lote: a camada de normalização em lote é utilizada para reduzir a faixa de variação dos valores das unidades das camadas ocultas, o que resulta na aceleração do treinamento da rede, na redução da sua sensibilidade aos pesos iniciais, além de possibilitar que cada camada da rede aprenda de forma mais independente das demais.

Camada Totalmente Conectada: a camada totalmente conectada é colocada antes da camada de saída da rede. Como todos os neurônios dessa camada são conectados a todos neurônios da camada anterior, todas as características aprendidas das camadas anteriores são transferidas para o mapa de características. Em problemas de classificação, a última camada totalmente conectada combina as características para a classificação, dessa forma, o tamanho da saída da última camada totalmente conectada é igual ao número de classes.

Camada de Classificação: a camada de classificação é a camada de saída da rede, e deve vir após a última camada totalmente conectada. Em classificação a função de ativação *Softmax* é geralmente utilizada nessa camada, normalizando a saída da camada anterior. Sua saída consiste em números positivos cuja soma é igual a 1, que correspondem às probabilidades das classes.

4. O CONJUNTO DE DADOS CWRU

Este conjunto de dados elaborado pela *Case Western Reserve University* é um dos mais utilizados para verificar métodos de classificação de falhas em rolamentos de motores. A montagem utilizada para sua aquisição é mostrada na Fig. 4. Nela, um motor de potência nominal de 2 hp aciona um dinamômetro acoplados por um transdutor/encoder de torque.

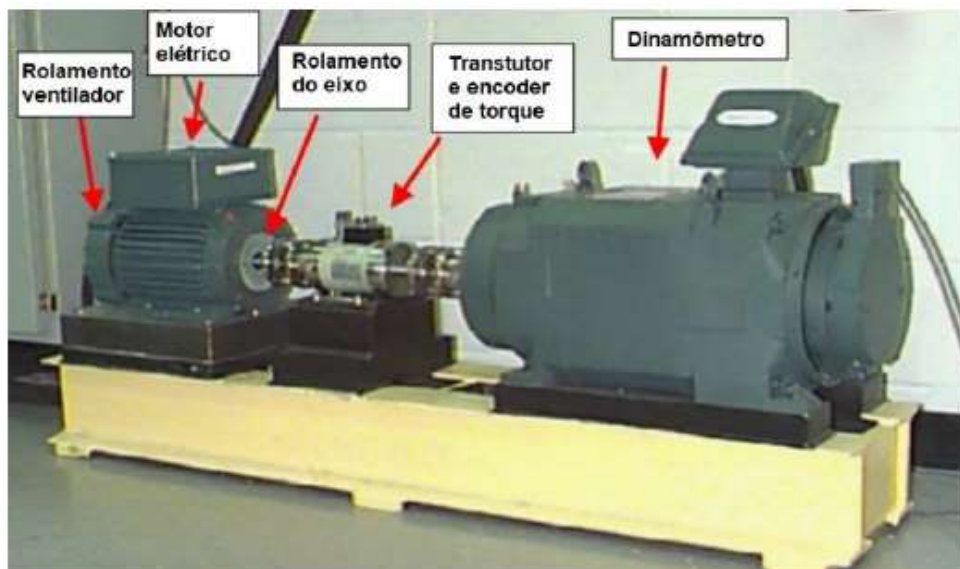


Fig. 4: Montagem para aquisição do conjunto de dados CWRU. Disponível em <https://csegroups.case.edu/bearingdatacenter>. Acesso em jun. 2020.

Falhas pontuais provocadas por descargas elétricas foram artificialmente introduzidas nos elementos dos rolamentos que suportam o eixo. Ao todo foram introduzidas cinco falhas com diâmetros de 7 mils (0,18 mm), 14 mils (0,36 mm), 21 mils (0,53 mm) e 28 mils (0,71 mm), que foram localizadas na

esfera, na parte interna do rolamento, e em três posições diferentes do rolamento externo, pois são estacionárias. Os sinais de vibração foram coletados para 4 velocidades de rotação – 1797, 1772, 1750 (nominal) e 1730 rpm. Para tal, acelerômetros foram posicionados no lado acoplado (lado do eixo) do motor e no lado do ventilador do motor. As amostras foram coletadas em 12 *ksps* (*kilo samples per second*). O conjunto de dados é público e está disponível na internet no site da *CWRU*. Para este estudo, foi escolhido analisar o defeito com tamanho de 21 mils (0,53 mm), nas 4 condições de carga, com dados coletados a 12 *ksps* no lado do eixo do motor.

Como existe um sinal de, aproximadamente, 10 segundos para cada velocidade do motor (1797, 1772, 1750 e 1730 rpm), para cada posição do defeito (normal, esfera, rolamento interno, rolamento externo oposto, rolamento externo ortogonal, e rolamento externo centralizado), temos um total de 24 sinais que podem ser agrupados de diversas maneiras. Para este trabalho, os sinais foram agrupados de acordo com seus defeitos, independente da velocidade de rotação do motor. Assim, após o agrupamento dos sinais obteve-se o total de seis classes, que são, RE oposto, RE centralizado, RE ortogonal, RI, Esfera e Normal correspondentes a C1, C2, C3, C4, C5 e C6 respectivamente.

A Fig. 5 mostra os gráficos dos sinais de aceleração dos conjuntos de dados utilizados, por um período de aproximadamente 0,5 segundo, ou 6000 amostras em uma frequência de amostragem de 12 *ksps*.

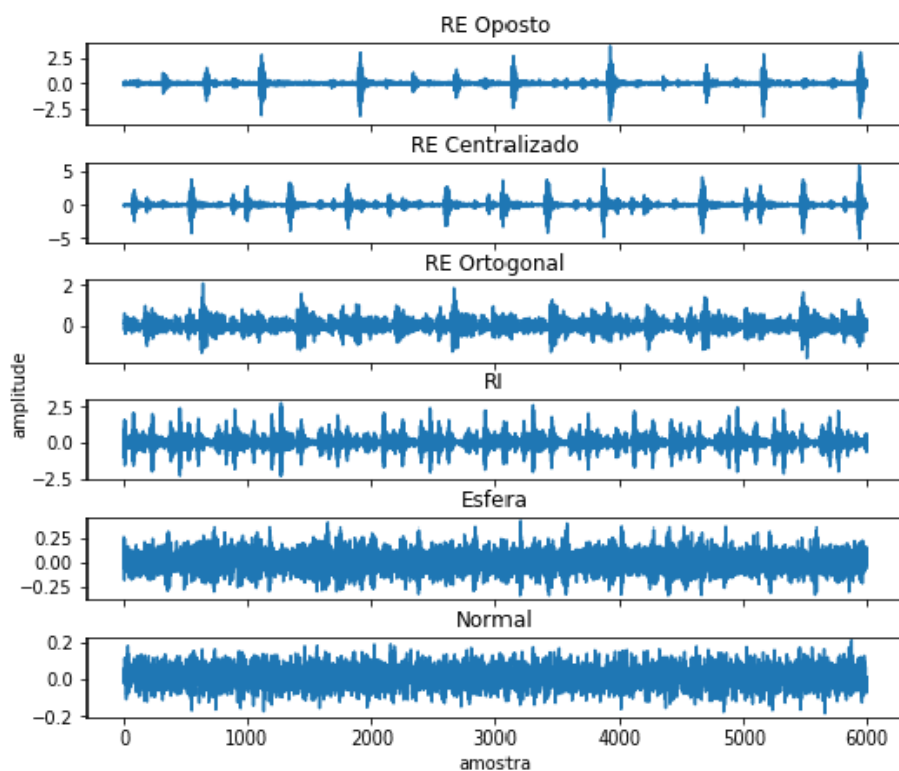


Fig. 5: Exemplos de sinais de vibração do CWRU – 1750 rpm, 12 *ksps*. Fonte: autor.

5. ESPECTRO LOGARÍTMICO DE BASE 2

Redes neurais convolucionais, em geral, têm como entrada imagens em duas dimensões, porém, sinais de vibração são unidimensionais, como é o caso dos sinais do conjunto de dados *CWRU*. Dessa forma, é necessário tratar estes sinais antes de utilizá-los no treinamento e classificação com a *CNN*.

O espectro logarítmico de base dois (B2LS) do sinal de vibração é utilizado para construir a imagem de entrada da *CNN*. Se o sinal original fosse utilizado, a imagem seria dominada pelo componente de frequência de maior potência, dificultando o reconhecimento das componentes de frequência de menor potência. Assim, o B2LS diminui as diferenças de amplitude entre os diferentes componentes de frequência, melhorando o contraste e acurácia da classificação (Lu et al, 2019).

Sendo assim, supondo que a imagem de entrada da *CNN* tenha uma resolução de $M \times N$, o sinal de vibração correspondente é dado por

$$V[n], \quad n = 1, 2, \dots, 2MN \quad (1)$$

O B2LS de $V[n]$ é obtido por

$$S[i] = \log_2 \left(\frac{FFT(V[n])}{MN} \right), \quad i = 1, 2, \dots, 2MN \quad (2)$$

onde $FFT(.)$ é a transformada rápida de Fourier. Considerando que $S[i]$ é simétrico, a imagem é construída da forma

$$I = \frac{\begin{bmatrix} S[1] & \dots & S[N] \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ S[N(M-1)+1] & \dots & S[MN] \end{bmatrix}}{\max(S[i])} \quad (3)$$

onde $\max(S[i])$ é o maior valor entre todos componentes da B2LS.

6. CNN CLASSIFICADORAS

Para classificar os sinais apresentados na Seção 4, dois modelos de *CNN* foram testados. Ambos foram propostos como modelos apropriados para serem utilizados em sistemas restritos, portanto são relativamente simples, com poucas camadas e parâmetros. Os dois modelos foram validados com sucesso utilizando um conjunto de dados proprietário dos autores que propuseram tais redes

convolucionais (Lu et al. 2019). As duas foram testadas aqui utilizando o conjunto de dados *CWRU*, com o objetivo de demonstrar a capacidade de generalização e sua validade ao classificar dados similares, porém não exatamente os mesmos para os quais foram projetadas inicialmente.

Tabela 1. CNN Modelo 1

Parâmetros CNN modelo 1	
Camada	Parâmetros
1a convolução	Kernel: 3x3; Qtd. Kernel: 16
1a max-pooling	Kernel: 3x3; Stride: 2x2
2a convolução	Kernel: 3x3; Qtd. Kernel: 32
2a max-pooling	Kernel: 3x3; Stride: 2x2
Densa	128
Saída	6
Parâmetros totais	71.238

Tabela 2. CNN Modelo 2

Parâmetros CNN modelo 2	
Camada	Parâmetros
1a convolução	Kernel: 2x2; Qtd. Kernel: 2
1a max-pooling	Kernel: 3x3; Stride: 2x2
Densa	8
Saída	6
Parâmetros totais	2.776

7. PRÉ-PROCESSAMENTO, TREINAMENTO E CLASSIFICAÇÃO

7.1 PRÉ-PROCESSAMENTO

Os sinais originais do *CWRU* são compostos por cerca de 120000 pontos (10 segundos em 12 *kps*), porém, não exatamente. Como exemplo, o experimento com defeito de 53 mm na esfera com motor a 1772 rpm gerou um sinal com 121701 pontos, e o experimento com o mesmo defeito com o motor

a 1750 rpm gerou um sinal com 122136 pontos. Portanto o primeiro tratamento feito sobre o sinal foi igualar todos com o mesmo número de pontos em 120000. Assim, cada classe (C1 a C6), terá conjunto de 4 sinais (as 4 velocidades do motor, de 1792 a 1730 rpm), cada um com 120000 pontos.

Em seguida, foram aplicados nesses sinais os passos apresentados na Seção 5. Para cada sinal de 120000 pontos, pegamos amostras de acordo com (1), com $M=N=28$, sem sobreposição. Portanto, cada sinal nos permitiu retirar 76 amostras de 1568 pontos. Nessas amostras aplicamos (2), obtendo um conjunto de $M \times N$ pontos representando a *B2LS* da amostra. Por fim aplicamos (3) para obter a amostra em formato de imagem 28×28 pixels que foi utilizada para treinamento e inferência nas *CNNs*. A Fig. 6 ilustra as transformações do sinal original até obtermos a imagem. A Fig. 7 mostra um exemplo de amostra para cada classe. Este procedimento nos dá ao final um total de 304 amostras para cada classe de C1 a C6.

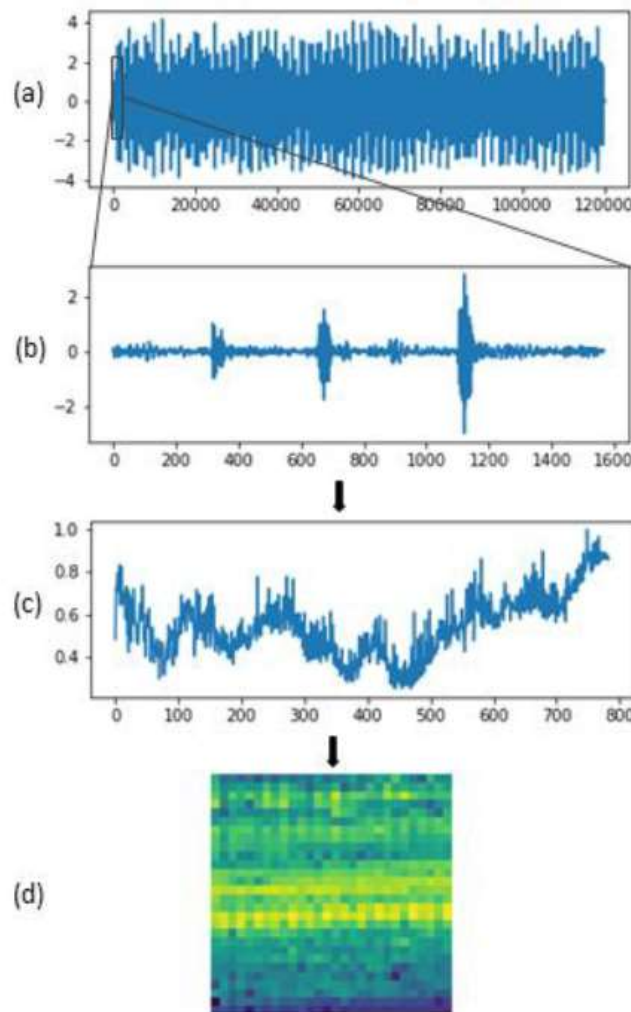


Fig. 6: Transformação do sinal original em amostras para classificação. (a) sinal original do *CWRU*, (b) amostra de 1568 pontos, (c) *B2LS* da amostra e (d) imagem de 28×28 pixels para treinamento e classificação. Fonte: autor.

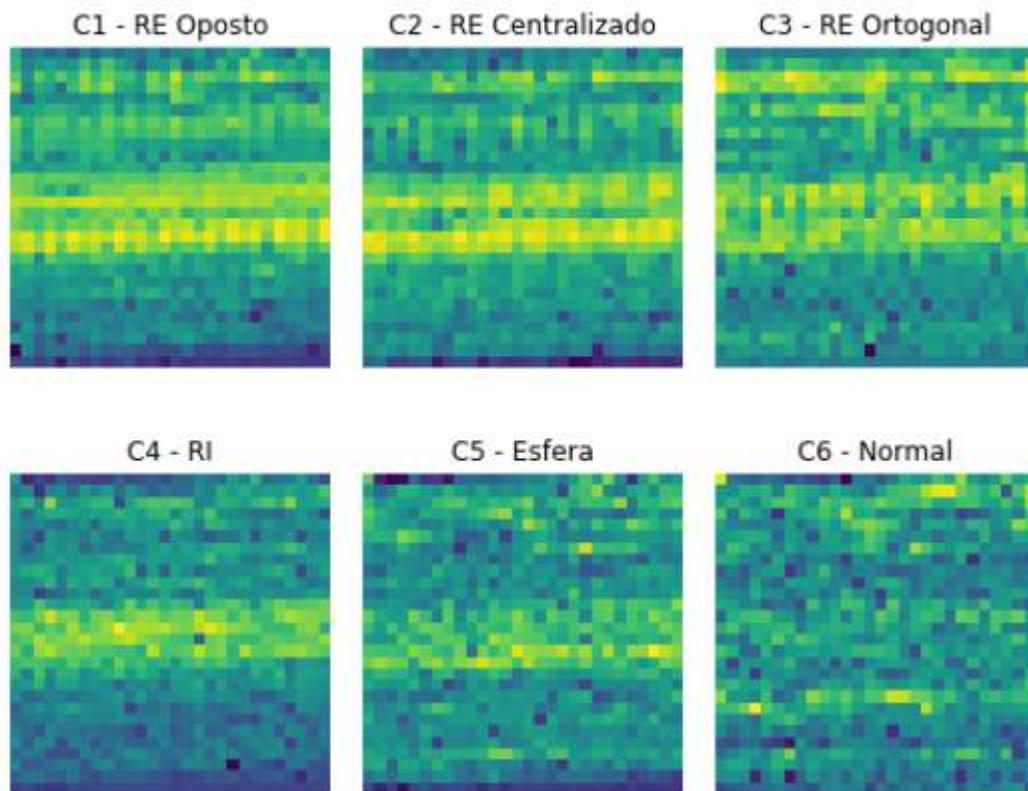


Fig. 7: Exemplos de imagens utilizadas para treinamento e classificação de suas respectivas classes.
Fonte: autor.

7.2 TREINAMENTO

Com as 304 amostras de cada classe, as CNNs propostas na Seção 6 foram treinadas. Foram executadas 10 rodadas de treinamento/teste, cada uma delas utilizando método hold-out onde as 1824 amostras do conjunto foram particionadas aleatoriamente em conjuntos de treino, com 70% das amostras totais (1276), e teste, com as 30% restantes. Foi utilizado batches de 10 amostras, durante 100 épocas, para cada rodada de treinamento.

A Fig. 8 mostra o gráfico de acurácia de treinamento da CNN Modelo 1, durante as 100 épocas em das 10 rodadas de treino (rodada #2). O mesmo comportamento foi observado nas outras 9 rodadas, isto é, a acurácia rapidamente se aproxima de 1 e se estabiliza.

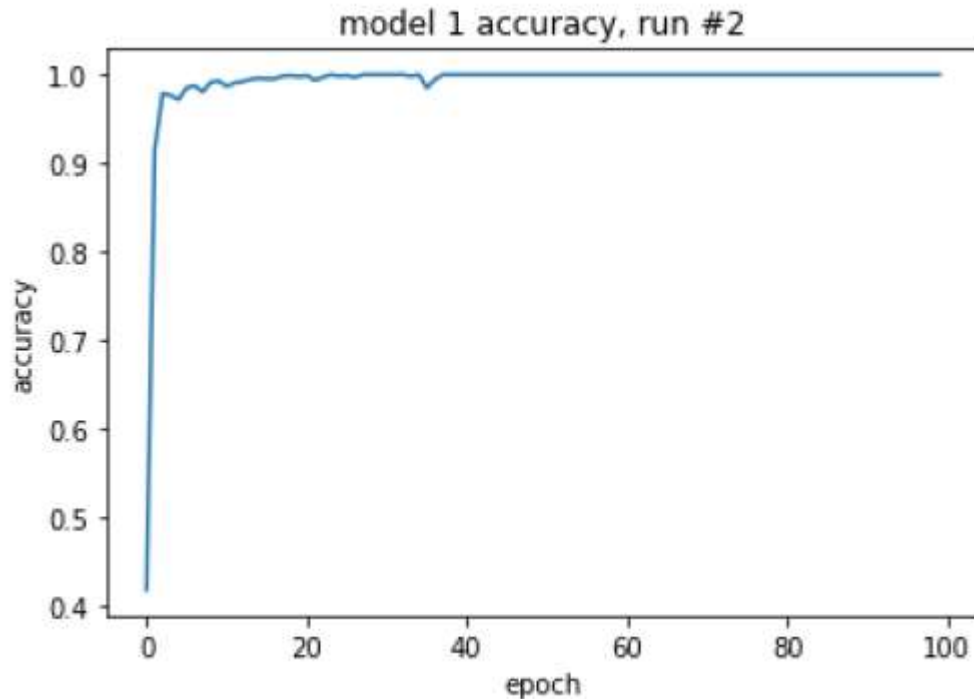


Fig. 8 Acurácia: evolução da acurácia da *CNN* Modelo 1 durante treinamento. Fonte: autor.

O mesmo não ocorreu com a *CNN* Modelo 2. Devido a sua arquitetura mais simples, o treinamento se mostrou instável, em alguns casos obtendo resultados não melhor que uma classificação aleatória de aproximadamente 17%. É possível que seja um caso de *vanishing gradient* e, devido ao baixo número de neurônios e filtros, uma incapacidade de progredir o aprendizado. Nos outros casos a acurácia de treinamento se estabilizava próximo de 1, como no Modelo 1. A Fig. 9 ilustra três exemplos de curvas de acurácias durante o treinamento da *CNN* Modelo 2 (rodada #6, #7 e #8). Fica claro as diferentes evoluções de aprendizado da mesma rede para valores de inicialização e *hold-out* diferentes.

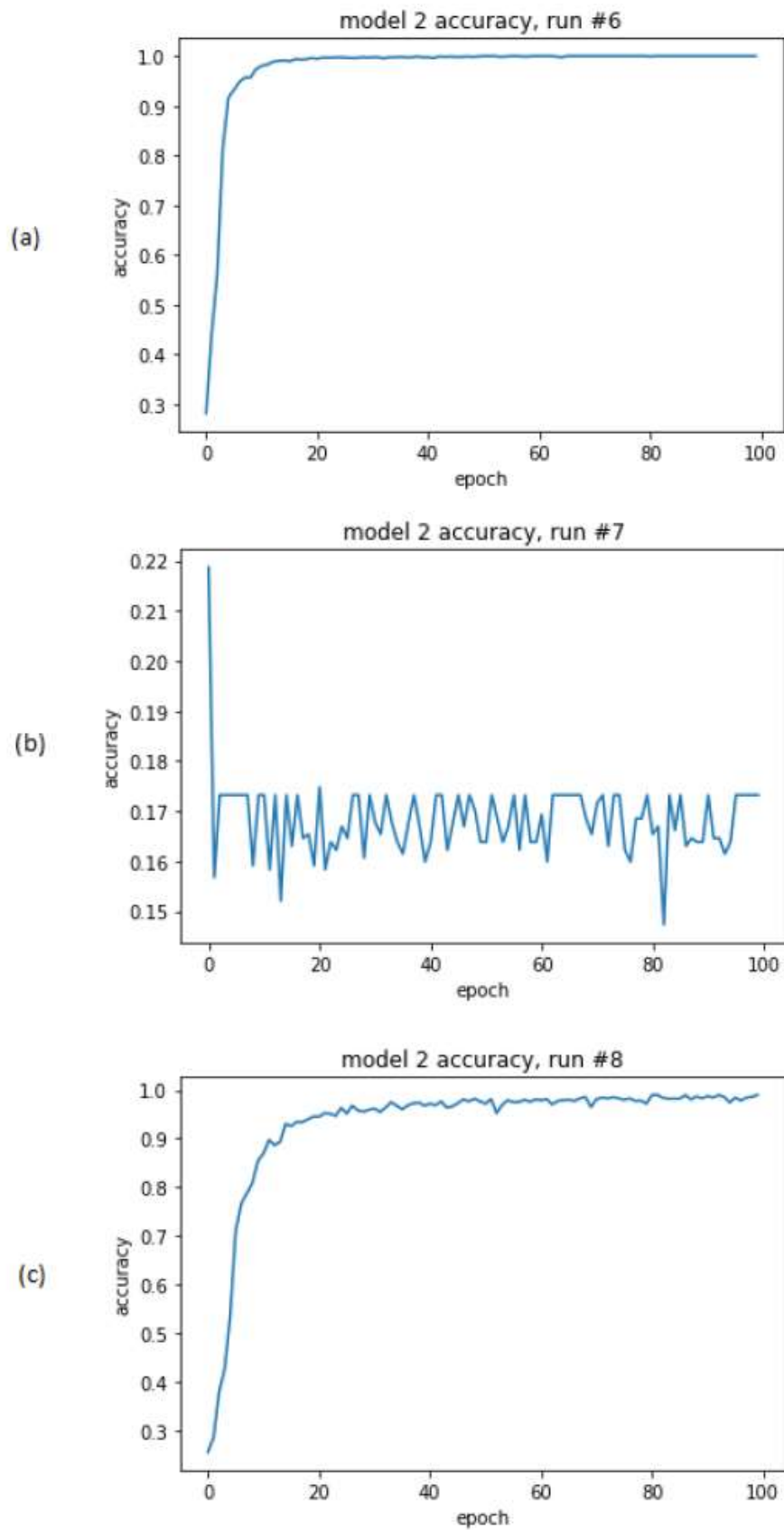


Fig. 9: Acurácia de treinamento da CNN Modelo 2, para 3 casos diferentes. (a) convergiu rapidamente, (b) não convergiu e (c) convergiu lentamente. Fonte: autor.

7.3 CLASSIFICAÇÃO

A *CNN* Modelo 1 obteve ótimo resultado em classificar as 6 classes de condição do rolamento. A Tabela 3 mostra a matriz confusão combinada dos 10 testes realizados. A Tabela 4 traz as métricas de classificação alcançadas pelo Modelo 1 nos 10 testes, onde a menor acurácia foi de 99,27% e média de 99,7%.

Tabela 3. Matriz confusão combinada – *CNN* modelo 1

		Condição prevista					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
Condição real	C1	923	0	0	0	0	0
	C2	0	880	0	0	0	0
	C3	0	0	952	0	0	0
	C4	0	0	0	931	0	0
	C5	0	0	0	0	889	6
	C6	0	0	0	0	9	889

Tabela 4. Métricas modelo 1 (%)

	Média	Máxima	Mínima
Acurácia	99,70	100	99,27
Precisão	99,73	100	99,45
Recall	99,70	100	99,27
F1	99,72	100	99,36

A *CNN* Modelo 2 não obteve resultados satisfatórios quando se observa o conjunto de 10 treinamentos, mostrados na Tabela 6. Este resultado médio baixo se deve a alguns casos de não convergência da *CNN* observados durante o processo de treinamento, talvez indicando um limiar inferior de complexidade da *CNN* para que ela seja capaz de classificar os tipos de amostras aqui estudadas. Porém, analisando casos isolados entre todos as rodadas de treinamento realizadas, notamos que quando o treinamento obtém sucesso, os resultados são tão bons quanto do modelo 1,

como se vê por exemplo na matriz de confusão do treinamento/teste #6, na Tabela 5, e nos valores máximos das métricas na Tabela 6.

Tabela 5. Matriz confusão Modelo 1, treinamento #6

		Condição prevista					
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
Condição real	C1	92	0	0	0	0	0
	C2	0	98	0	0	0	0
	C3	0	0	95	0	0	0
	C4	0	0	0	88	0	0
	C5	0	0	0	0	81	0
	C6	0	0	0	0	3	90

Tabela 6. Métricas modelo 2 (%)

	Média	Máxima	Mínima
Acurácia	58,649	99,817	0
Precisão	58,912	99,819	0
Recall	58,649	99,817	0
F1	58,757	99,817	0

Aa tabela 7 traz a acurácia obtida por outros quatro modelos de CNN classificadoras do conjunto de dados CWRU, juntamente com os resultados obtidos utilizando a CNN modelo 1 apresentada neste trabalho, que são equivalentes aos melhores resultados na literatura. Porém, as redes aqui apresentadas têm como objetivo tamanho e complexidade computacional reduzidos, o que não é uma preocupação de outros modelos, que são desenvolvidos para desktops.

Tabela 7. Comparação de acurácia na classificação do conjunto de dados CWRU (%)

Modelo	Acurácia
<i>CNN Modelo 1</i>	99,70
Lu et al (2017)	92,60
Shao et al (2018)	99,15
Jia et al (2018)	99,92
Wen et al (2018)	99,79

8. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O resultado mais importante e relevante que se pode tirar dos testes realizados neste trabalho é que é possível classificar sinais de vibração relativos a falhas no rolamento de motores elétricos utilizando redes neurais convolucionais simples. As matrizes confusão mostram que é possível classificar com alta acurácia tais sinais, mesmo com as variações em velocidade, o que é um dificultador. Mais ainda, as *CNN* utilizadas para os testes neste trabalho foram inicialmente desenvolvidas utilizando um conjunto de dados completamente diferente do utilizado aqui, o que demonstra também que além de simples, estas redes não estão limitadas a serem utilizadas em montagens específicas e podem ser generalizadas para diferentes equipamentos, o que é de grande relevância para a viabilidade deste tipo de estratégia de monitoramento, uma vez que diminui a necessidade de desenvolvimentos de arquiteturas específicas para cada sistema a ser monitorado, o que é um problema já levantado em (Randall et al. 2011), que de acordo com o autor inviabilizaria modelos de aprendizado como solução de detecção de falhas em rolamento de motores.

Utilizando ferramentas de portabilidade disponibilizadas por fabricantes de microcontroladores, as redes Modelo 1 e Modelo 2, já treinadas, necessitam de 284 KB e 11 KB de memória, respectivamente, para serem implementadas em microcontroladores, sem qualquer tipo de compressão. Ou seja, além de serem classificadores eficazes, a estrutura das redes aqui analisadas permite que elas sejam embarcadas em microcontroladores que hoje são presença comum em sistemas eletrônicos de baixo custo e baixo consumo, tendo em média de 64 KB a 1MB de memória embarcada disponível.

Uma vez que classificar o *CWRU* é considerado relativamente simples e um problema já resolvido (Zhang et al. 2020), para o futuro deve-se trabalhar outras características além da eficácia, como custo

computacional do classificador, possibilidade de transferência de aprendizado e aplicação em conjuntos de dados mais complexos, em ambientes reais.

REFERÊNCIAS

- APEC Energy Working Group. (2008). Electric Motors – Alignment of Standards and Best Practice Programmes within APEC - Final Report
- Bonnett, A., Yung, C. (2008). Increased Efficiency Versus Increased Reliability. IEEE Industry Applications Magazine, 14(1), 29–36.
- Lu, S., Qian, G., He, Q., Liu, F., Liu, Y., Wang, Q. (2019). Insitu Motor Fault Diagnosis Using Enhanced Convolutional Neural Network in an Embedded System. IEEE Sensors Journal, 1–1.
- Smith, W. A., Randall, R. B. (2015). Rolling element bearing diagnostics using the Case Western Reserve University data: A benchmark study. Mechanical Systems and Signal Processing, 64-65, 100–131.
- Gustafsson, O. G., Tallian, T. (1962) Detection of Damage in Assembled Rolling Element Bearings, ASLE Transactions.
- Randall, R. B., Antoni, J. (2011). Rolling element bearing diagnostics—A tutorial. Mechanical Systems and Signal Processing, 25(2), 485–520.
- Chow, M. -y., Mangum, P. M., Yee, S. O. (1991). A neural network approach to real-time condition monitoring of induction motors. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 38(6), 448–453.
- Malhi, A., Gao, R. X. (2004). PCA-Based Feature Selection Scheme for Machine Defect Classification. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 53(6), 1517–1525.
- Esakimuthu Pandarakone, S., Mizuno, Y., Nakamura, H. (2018). Evaluating the Progression and Orientation of Scratches on Outer-Raceway Bearing Using Pattern Recognition Method. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 1–1.
- Tian, J., Morillo, C., Azarian, M. H., Pecht, M. (2016). Motor Bearing Fault Detection Using Spectral Kurtosis-Based Feature Extraction Coupled With K-Nearest Neighbor Distance Analysis. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 63(3), 1793–1803.
- Janssens, O., Slavkovikj, V., Vervisch, B., Stockman, K., Loccufier, M., Verstockt, S., ... Van Hoecke, S. (2016). Convolutional Neural Network Based Fault Detection for Rotating Machinery. Journal of Sound and Vibration, 377, 331–345.
- Janssens, O., Slavkovikj, V., Vervisch, B., Stockman, K., Loccufier, M., Verstockt, S., ... Van Hoecke, S. (2016). Convolutional Neural Network Based Fault Detection for Rotating Machinery. Journal of Sound and Vibration, 377, 331–345.
- Wen, L., Li, X., Gao, L., Zhang, Y. (2018). A New Convolutional Neural Network-Based Data-Driven Fault Diagnosis Method. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 65(7), 5990–5998.
- Tzeng, C.-B. (2018). Vibration detection and analysis of wind turbine based on a wireless embedded microcontroller system. 2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI).

Hmida, M. A., Braham, A. (2016). ARM based RSWPT implementation for embedded condition monitoring of induction motor. IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society.

Gongora, W. S., Goedtel, A., Castoldi, M. F., Oliveira da Silva, S. A., Da Silva, I. N. (2018). Embedded System to Detect Bearing Faults in Line-Connected Induction Motors. 2018 XIII International Conference on Electrical Machines (ICEM).

Eren, L., Ince, T., Kiranyaz, S. (2018). A Generic Intelligent Bearing Fault Diagnosis System Using Compact Adaptive 1D CNN Classifier. Journal of Signal Processing Systems.

Markiewicz, M., Wielgosz, M., Bochenski, M., Tabaczynski, W., Konieczny, T., Kowalczyk, L. (2019). Predictive Maintenance of Induction Motors Using Ultra-Low Power Wireless Sensors and Compressed Recurrent Neural Networks. IEEE Access, 7, 178891–178902.

Case Western Reserve University Bearing Data Center.

<http://csegroups.case.edu/bearingdatacenter>. Acessado em 21 jun. 2020.

Lu, C., Wang, Z., & Zhou, B. (2017). Intelligent Fault Diagnosis of Rolling Bearing Using Hierarchical Convolutional Network Based Health State Classification. Advanced Engineering Informatics, 32, 139–151.

Shao, H., Jiang, H., Lin, Y., & Li, X. (2018). A Novel Method for Intelligent Fault Diagnosis of Rolling Bearings Using Ensemble Deep Auto-encoders. Mechanical Systems and Signal Processing, 102, 278–297.

Jia, F., Lei, Y., Guo, L., Lin, J., & Xing, S. (2018). A Neural Network Constructed by Deep Learning Technique and its Application to Intelligent Fault Diagnosis of Machines. Neurocomputing, 272, 619–628.

Zhang, S., Zhang, S., Wang, B., Habetler, T. G. (2020). Deep Learning Algorithms for Bearing Fault Diagnostics – A Comprehensive Review. IEEE Access, 1–1.

Capítulo 2



10.37423/230207215

CONCEITOS, NORMATIVOS, DIRETRIZES TÉCNICAS E ORIENTAÇÕES PARA MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE SINALIZAÇÃO DE ORIENTAÇÃO TURÍSTICA.

EMANOEL SILVA DE AMORIM

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - UPE

Ana Maria Batista Farias

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - UPE

Diogo Cavalcanti Oliveira

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - UPE

Girlândia de Moraes Sampaio

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - UPE

Hugo Leonardo França Silva

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - UPE

José Allef Ferreira Dantas

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - UPE

Kássia Benevides Martins Gomes

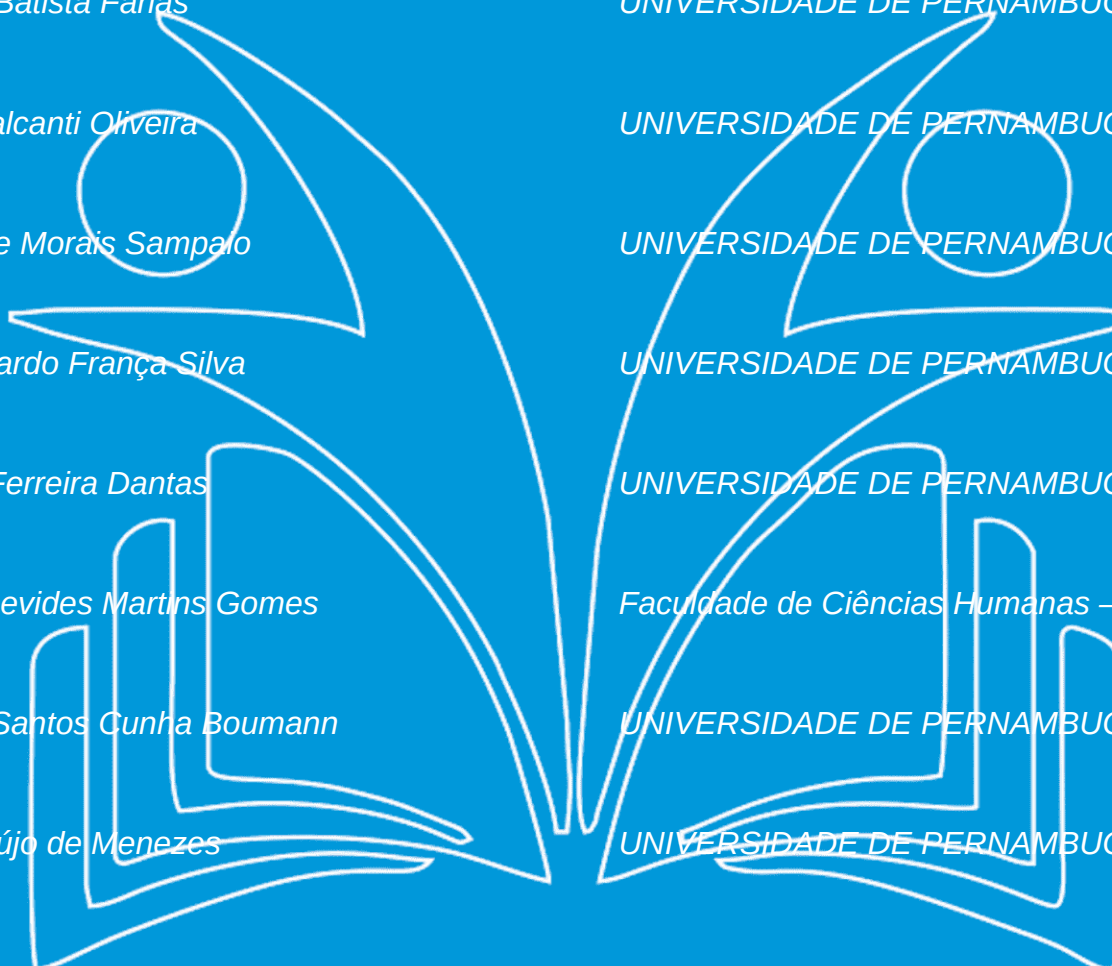
Faculdade de Ciências Humanas – ESUDA

Paula dos Santos Cunha Boumann

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - UPE

Thiago Araújo de Menezes

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO - UPE



Resumo: O presente trabalho tem objetivo de apresentar as etapas metodológicas e resultados obtidos no processo de elaboração Plano de manutenção do projeto de sinalização de orientação turística do Polo Turístico Agreste/Trairí, situado no estado do Rio Grande do Norte, realizado durante o período de setembro/2015 a junho/2016.

Palavras-Chave: Mobilidade Urbana, Sinalização Turística, Plano de Manutenção.

1. INTRODUÇÃO

A manutenção das placas de sinalização de orientação turística (SOT) é um tema cuja importância tem crescido no setor da área de transportes, superando, gradualmente, a cultura de se pensar o processo de construção limitado até o momento quando a benfeitoria é entregue e entra em uso.

As placas de SOT são o suporte físico para a realização direta ou indireta da promoção do valor turístico dos atrativos nas cidades. Todavia, as placas de SOT apresentam uma característica que as diferencia de outros produtos: elas são construídas para atender seus usuários durante muitos anos, e ao longo deste tempo de serviço devem apresentar condições adequadas ao uso que se destinam, resistindo aos agentes ambientais e de uso que alteram suas propriedades técnicas iniciais.

É inviável sob o ponto de vista econômico e inaceitável sob o ponto de vista ambiental considerar as placas de SOT como produtos descartáveis, passíveis da simples substituição por novas quando seu desempenho atinge níveis inferiores ao exigido pelos seus usuários. Isto exige que se tenha em conta a manutenção das placas existentes, e mesmo as novas placas implantadas, tão logo colocadas em uso, agregam-se ao estoque do sistema de SOT a ser mantido em condições adequadas para atender as exigências dos seus usuários.

Economicamente relevante aos custos da administração pública, a manutenção não pode ser feita de modo improvisado e casual. Ela deve ser entendida como um serviço técnico, cuja responsabilidade exige capacitação apurada. Para se atingir maior eficiência na gestão do patrimônio público, é necessária uma abordagem fundamentada em procedimentos organizados em um sistema de manutenção, segundo uma lógica de controle de custos e maximização da satisfação dos usuários com as condições oferecidas pelo sistema de SOT.

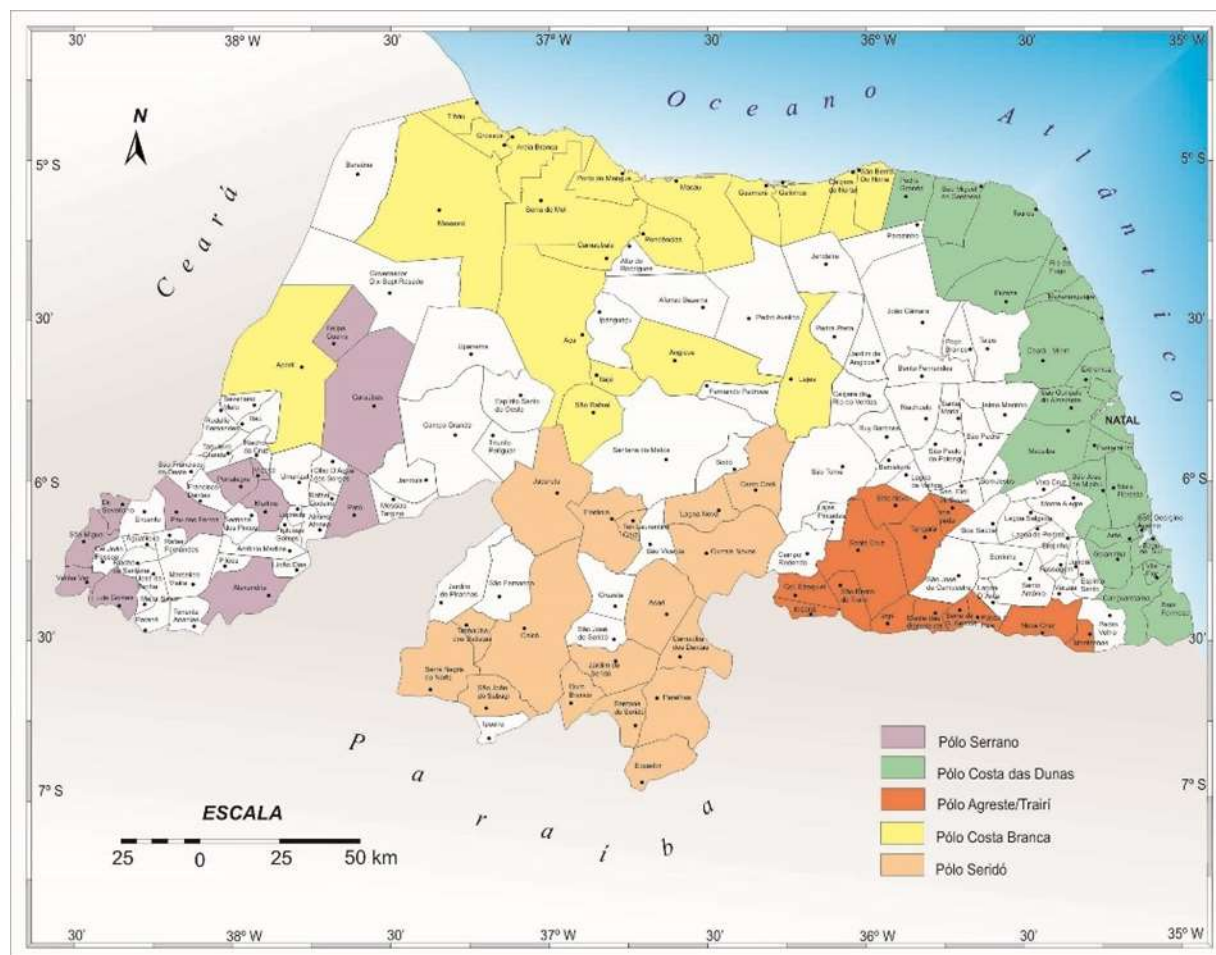
Contudo, existe uma escassez de informações técnicas que apresentem as diretrizes metodológicas sobre o assunto. Dito isso, o presente trabalho tem objetivo de apresentar os principais conceitos, normativos e diretrizes técnicas que nortearam o processo de elaboração do plano de manutenção da sinalização de orientação turística do Polo Agreste/Trairí, situado no estado do Rio Grande do Norte, realizado durante o período de setembro/2015 a junho/2016.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O Polo Agreste/Trairí localiza-se em um trecho do sertão nordestino o qual se destaca pelos belos cenários em virtude de suas serras, formações rochosas e trilhas. Além das festas populares que ocorrem no polo, como festejos juninos e religiosos, as cidades se destacam pela gastronomia,

possibilidade de realização de atividades de aventura, bem como contemplação paisagística. O Polo Agreste/Trairi é composto atualmente por 11 (onze) municípios, sendo eles: Coronel Ezequiel, Jaçanã, Montanhas, Monte das Gameleiras, Nova Cruz, Passa e Fica, Santa Cruz, São José do Campestre, Serra de São Bento, Sítio Novo e Tangará (conforme apresentado na Figura 1).

Figura 1 – Regiões Turísticas no Rio Grande do Norte, identificadas pelo Ministério do Turismo



Fonte: MTUR, Mapa da Regionalização do Turismo (2006).

3. CONCEITOS E DEFINIÇÕES

O plano de manutenção da SOT tem a finalidade de subsidiar o prolongamento e durabilidade das placas de sinalização, através da especificação das atividades que devem ser periodicamente realizadas, a fim de que não haja eventuais obstruções visuais ocasionando indecisões nos usuários. Esse conjunto de informações técnicas deve ser refinando e detalhando em ações de Inspeção e correção, Limpeza e/ou Reparos em Campo.

Como ainda não existe um normativo específico que trate das definições relacionadas ao tema, para os efeitos do Plano de Manutenção da SOT do Polo Agreste/Trairi aplicou-se uma adaptação das definições apresentadas na NBR 5674 - Manutenção de edificações -Procedimento (ABNT, 2012), sendo elas:

DESEMPENHO: Capacidade de atendimento das necessidades dos usuários (pedestres ou motorizados).

SISTEMA DE SINALIZAÇÃO TURÍSTICA: Produto constituído pelo conjunto de elementos definidos e integrados em conformidade com os princípios e técnicas da Engenharia e da Arquitetura para, ao integrar a urbanização, desempenhar funções ambientais em níveis adequados.

INSPEÇÃO: Avaliação do estado da sinalização e de suas partes constituintes, realizada para orientar as atividades de manutenção.

MANUAL DE OPERAÇÃO, USO E MANUTENÇÃO: Documento que reúne apropriadamente todas as informações necessárias para orientar as atividades de operação, uso e manutenção das Placas.

MANUTENÇÃO: Conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da sinalização e de suas partes constituintes de atender as necessidades e segurança dos seus usuários.

NECESSIDADES DOS USUÁRIOS: Exigências de segurança, saúde, conforto, adequação ao uso e economia cujo atendimento é condição para realização das atividades previstas no projeto.

PLANEJAMENTO (dos serviços de manutenção): Elaboração de uma previsão detalhada dos métodos de trabalho, ferramentas e equipamentos necessários, condições especiais de acesso, cronograma de realização e duração dos serviços de manutenção.

PROGRAMAÇÃO (dos serviços de manutenção): Elaboração de um cronograma para a realização dos serviços de manutenção.

PROJETO: Descrição gráfica e escrita das características de um serviço ou obra de Engenharia ou de Arquitetura, definindo seus atributos técnicos, econômicos, financeiros e legais.

SERVIÇO DE MANUTENÇÃO: Intervenção realizada sobre a sinalização e suas partes constituintes, com a finalidade de conservar ou recuperar a sua capacidade funcional.

SISTEMA DE MANUTENÇÃO: Conjunto de procedimentos organizado para gerenciar os serviços de manutenção.

USUÁRIO: Pessoa física (pedestre ou motorizada), que desfruta do conteúdo do sistema de sinalização turística.

VIDA ÚTIL: Intervalo de tempo ao longo do qual a sinalização e suas partes constituintes atendem aos requisitos funcionais para os quais foram projetadas, obedecidos os planos de operação, uso e manutenção previstos.

NBR 5674 (ABNT, 2012, p. 2)

4. NORMATIVOS

Referente ao tema, observa-se que existem algumas poucas diretrizes estabelecidas no Guia Brasileiro de Sinalização Turística da EMPETUR, IPHAN, DENATRAN de 2001, no Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT de 2010, no Código de Transito Brasileiro (Lei 9503 de 23 de setembro de 1997), no Manual Brasileiro de Sinalização de Transito, volume III – Sinalização Vertical de Indicação. Além disso, é importante citar a existências de alguns normas Normas Brasileiras da ABNT pertinentes ao projeto de sinalização, sendo elas:

Figura 2 – Relação de normas técnicas ABNT aplicáveis ao projeto de sinalização

RELAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS ABNT	
NBR 13275:2006	Sinalização vertical viária – Chapas planas de poliéster reforçado com fibra de vidro, para confecção de placas de sinalização – Requisitos e métodos de ensaio.
NBR 14644:2007	Sinalização vertical viária – Película – Requisitos.
NBR 14890:2002	Sinalização vertical viária – Suportes metálicos em aço para placas – Requisitos.
NBR 14891:3, 3	Sinalização viária – Placas.
NBR 14962:2003	Sinalização vertical viária – Suportes metálicos em aço para placas – Projeto e implantação
NBR 15591:2008	Sinalização vertical viária – Estrutura e fixação de placas em poliéster reforçado com fibras.
NBR 15649:2008	Sinalização vertical viária – Chapas melamínico-fenólicas de alta pressão para confecção de placas de sinalização – Requisitos e métodos de ensaio.
NBR 14428:1999	Dispositivo de sinalização viária – Pórticos e semiporticos de sinalização verticais zincado – Princípios para projeto.
NBR 14429:1999	Dispositivo de sinalização viária – Pórticos e semiporticos de sinalização vertical zincados por imersão a quente – Requisitos.
NBR 11904:2005	Placas de aço zincado para sinalização viária.
NBR 6123:1990	Forças devidas ao vento em edificações – Procedimentos – ref. norma 14.428.
NBR 8800:2008	Projeto e execução de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.

Fonte: Autor.

5. DIRETRIZES TÉCNICAS

A inexistência de normativo específico que trate das diretrizes técnicas relacionadas ao tema, para os efeitos do Plano de Manutenção da SOT do Polo Agreste/Trairí aplicou-se uma adaptação da NBR 5674 - Manutenção de edificações -Procedimento (ABNT, 2012), sendo elas:

Escopo da manutenção de placas

A manutenção do sistema de sinalização turística visa preservar ou recuperar as condições ambientais adequadas ao uso previsto em projeto.

A manutenção do sistema de sinalização turística inclui todos os serviços realizados para prevenir ou corrigir a perda de desempenho decorrente da

deterioração dos seus componentes, ou de atualizações nas necessidades dos seus usuários.

A manutenção do sistema de sinalização turística não inclui serviços realizados para alterar o conteúdo projetado.

Planejamento dos serviços de manutenção

Todos os serviços de manutenção devem ser definidos em planos de curto, médio e longo prazos, de maneira a:

- a) coordenar os serviços de manutenção para reduzir a necessidade de sucessivas intervenções;
- b) minimizar a interferência dos serviços de manutenção no uso da sinalização e a interferência dos usuários sobre a execução dos serviços de manutenção;
- c) otimizar o aproveitamento de recursos humanos, financeiros e equipamentos.

Orçamentação dos serviços de manutenção

Os orçamentos dos serviços de manutenção devem ser discriminados de acordo com a estrutura de documentação e registro utilizada, de modo a facilitar a apropriação dos custos realizados, o controle da execução dos serviços e a avaliação da eficiência do sistema de manutenção.

Controle da execução dos serviços de manutenção

A execução dos serviços de manutenção de placas exige responsabilidade técnica de empresa ou profissional habilitado e obediência às normas de segurança do trabalho.

Durante a realização dos serviços de manutenção todos os sistemas de segurança devem permanecer em funcionamento.

É de responsabilidade do executante dos serviços de manutenção providenciar:

- a) dispositivos especiais que garantam condições necessárias à realização com segurança dos serviços de manutenção, de acordo com as normas;
- b) dispositivos que protejam os usuários (pedestres ou motorizados) de eventuais danos ou prejuízos decorrentes da execução dos serviços de manutenção;
- c) delimitações, informações e sinalização de advertência aos usuários sobre eventuais riscos.

Os serviços de manutenção devem ser organizados de maneira a permitir o controle de qualidade tal como planejado, condicionando-se a execução de uma nova etapa à aprovação da etapa anterior.

Toda a documentação dos serviços de manutenção executados deve ser guardada em anexo ao manual de operação, uso e manutenção das placas.

Quando os serviços de manutenção resultarem em mudança de características da sinalização, as especificações, os respectivos projetos e o manual de operação, uso e manutenção das placas devem ser atualizados.

Gestão da qualidade do sistema de manutenção

O sistema de manutenção deve possuir uma estrutura interna de gestão da qualidade, tendo por atribuição:

a) elaborar ou compilar normas e procedimentos para o sistema de manutenção, incluindo documentação técnica para a execução dos serviços de manutenção;

b) supervisionar a qualidade das atividades desenvolvidas no sistema de manutenção, incluindo as etapas de documentação e registro, coleta de informações, previsão orçamentária, planejamento, projeto e programação, orçamentação, contratação de serviços de terceiros e controle da execução;

c) avaliar continuamente a eficiência do sistema de manutenção, considerando aspectos como:

- tempo médio de resposta às solicitações dos usuários e intervenções de emergência;
- relação entre custo e tempo estimados e efetivamente realizados;
- taxa de sucesso das intervenções, medida pela incidência de retrabalho necessário;
- satisfação dos usuários, medida por meio de pesquisas de opinião;
- desempenho econômico do sistema;

d) acompanhar a variação do valor da sinalização ao longo de sua vida útil, em função do resultado do sistema de manutenção.

NBR 5674 (ABNT, 2012, p. 3-6)

6. EQUÍVOCOS, DANOS E FALHAS

Segundo o Guia Brasileiro de Sinalização Turística da EMPETUR, IPHAN, DENATRAN (2001), frequentemente são observados equívocos nos sistemas de sinalização de orientação turística. Abaixo são citados alguns equívocos, as causas destes e as ações mitigadoras para sanar esses erros.

Tabela 01: Problemáticas envolvendo a implantação da sinalização turística

Equívocos	Causas	Ações Mitigadoras ou Formas de Prevenção
Seleção de topônimos que não constituem um sistema referencial abrangente e representativo, deixando de proporcionar, por isso, o pleno atendimento às necessidades de deslocamentos dos usuários. <i>Fonte: GBST (2001)</i>	Erro projetual	Recomenda-se que ao desenvolver um Projeto de Sinalização Turística tenha pelo conhecimento do perímetro de intervenção, para isso deve ser feito estudos com identificar e conhecer a área, como também, e analisar, avaliar e diagnosticar possíveis conflitos. Somente com base nesses estudos preliminares é que o projetista possuirá plena capacidade de desenvolver uma proposta de intervenção respeitando os critérios estabelecidos pelo GBST, assim como, todos os normativos ligados ao assunto.
Falta de continuidade nas mensagens utilizadas, com interrupção da informação, dificultando ao usuário atingir seu destino. <i>Fonte: GBST (2001)</i>	Erro projetual	
Placas com diferentes critérios de diagramação, nas mais variadas formas, sem padrão de ordenação das informações e mensagens. <i>Fonte: GBST (2001)</i>	Erro projetual	
Trajetos selecionados inadequados aos deslocamentos. <i>Fonte: GBST (2001)</i>	Erro projetual	

Equívocos	Causas	Ações Mitigadoras ou Formas de Prevenção
Placas instaladas em locais que comprometem a visualização ou a segurança, além de trazer conflito com o bem histórico. <i>Fonte: GBST (2001)</i>	Erro projetual	
Placas confeccionadas em materiais inadequados. <i>Fonte: GBST (2001)</i>	Erro projetual	
Utilização de formatos e tamanhos de letras e algarismos que não proporcionam legibilidade. <i>Fonte: GBST (2001)</i>	Erro projetual	Recomenda-se que ao desenvolver um Projeto de Sinalização Turística, o projetista deverá seguir fielmente o GBST, assim como, todos os normativos ligados ao assunto.
Falta de manutenção. <i>Fonte: Autor (2017)</i>	Gestão Pública Ineficiente	Recomenda-se que todo o Projeto de Sinalização Turística seja acompanhado com um Plano de Manutenção, o qual irá descrever a periodicidade das vistorias e os elementos a serem analisados, como: visibilidade, limpeza e danos. As ocorrências registradas serão parte de relatórios que irá balizar as futuras tomadas de decisões mitigadoras por parte da Administração Pública.
Vandalismo. <i>Fonte: Autor (2017)</i>	Gestão Pública Ineficiente	O desafio de combater o vandalismo deve ser estudado profundamente pela administração pública. Em tese não existem soluções únicas ou específicas. Deverá haver um estudo socioambiental sobre moradores, ações de educação patrimonial e ambiental, assim como, a parceria com os entes da segurança pública.
Erros de ortografia e/ou traduções. <i>Fonte: Autor (2017)</i>	Erro projetual	Recomenda-se que na equipe multidisciplinar de elaboração do projeto possua tradutores juramentados, os quais são habilitados para fazer traduções oficiais.

Fonte: IPHAN (2013), adaptado pelo Autor, 2017.

7. PEÇAS TÉCNICAS

O Plano de Manutenção da SOT do Polo Agreste/Trairí apresenta um conjunto de ações de Inspeção e correção, Limpeza e/ou Reparos em Campo, as quais foram compiladas em 2 (dois) ferramentas, sendo o ANEXO I - Fichas de Inspeção, vistoria e análises e o ANEXO II - Fichas de Controle de Execução dos Serviços de Manutenção Corretivas.

5 CONCLUSÃO

A manutenção das placas de sinalização de orientação turística (SOT) é um tema cuja importância tem crescido no setor da área de transportes, superando, gradualmente, a cultura de se pensar o processo de construção limitado até o momento quando a benfeitoria é entregue e entra em uso.

As placas de *SOT* são o suporte físico para a realização direta ou indireta da promoção do valor turístico dos atrativos nas cidades. Todavia, as placas de *SOT* apresentam uma característica que as diferencia de outros produtos: elas são construídas para atender seus usuários durante muitos anos, e ao longo deste tempo de serviço devem apresentar condições adequadas ao uso que se destinam, resistindo aos agentes ambientais e de uso que alteram suas propriedades técnicas iniciais.

É inviável sob o ponto de vista econômico e inaceitável sob o ponto de vista ambiental considerar as placas de *SOT* como produtos descartáveis, passíveis da simples substituição por novas quando seu desempenho atinge níveis inferiores ao exigido pelos seus usuários. Isto exige que se tenha em conta a manutenção das placas existentes, e mesmo as novas placas implantadas, tão logo colocadas em uso, agregam-se ao estoque do sistema de *SOT* a ser mantido em condições adequadas para atender as exigências dos seus usuários.

Economicamente relevante aos custos da administração pública, a manutenção não pode ser feita de modo improvisado e casual. Ela deve ser entendida como um serviço técnico, cuja responsabilidade exige capacitação apurada. Para se atingir maior eficiência na gestão do patrimônio público, é necessária uma abordagem fundamentada em procedimentos organizados em um sistema de manutenção, segundo uma lógica de controle de custos e maximização da satisfação dos usuários com as condições oferecidas pelo sistema de *SOT*.

Dito isso, o presente trabalho tem objetivo de apresentar as etapas metodológicas e resultados obtidos no processo de elaboração do plano de manutenção do projeto de sinalização de orientação turística do Polo Serrano, situado no estado do Rio Grande do Norte, realizado durante o período de setembro/2015 a junho/2016.

REFERÊNCIA

AMORIM, E. S.; SAMPAIO, G. M.; SILVA, H. L. F. Avaliação dos níveis de acessibilidade em vias públicas. *Ambiente: Gestão e Desenvolvimento*. v. 15, n. 2, p. 54–60, 2022. DOI:

10.24979/ambiente.v15i2.1126. Disponível em:

<https://periodicos.uerr.edu.br/index.php/ambiente/article/view/1126>. Acesso em: 3 jan. 2023.

BRASIL. EMBRATUR - Instituto Brasileiro de Turismo. DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito. IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. *Guia Brasileiro de Sinalização Turística*. 1 ed. Rio de Janeiro, 2001.

NBR 5674 - Manutenção de edificações -Procedimento (ABNT, 2012)

RODRIGUES, A. P.; AMORIM, E. S. Conceitos, argumentos, estratégias, métodos, técnicas e problemáticas envolvendo a implantação da sinalização de orientação turística em sítios históricos. *Revista Hospitalidade*. v. 15, n. 1, p. 180–197, 2018. Doi: <https://doi.org/10.21714/2179-9164.2018v15n1.805>

SECRETARIA DE TURISMO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE – SETUR/RN. Projeto Executivo de Sinalização Turística para os Polos Turísticos do Rio Grande do Norte -Serrano e Agreste/Trairi. Autoria: Consórcio ATP/PREMIER. Natal: SETUR-RN, 2016.

ANEXOS

ANEXO I - Fichas de Inspeção, vistoria e análise (Parte 01/03)

PLANO DE MANUTENÇÃO DAS PLACAS						
ANEXO I - Fichas de Inspeção, vistoria e Análises						
1.0 Dados Gerais						
Polo: _____		Município: _____				
Data: _____						
2.0 Responsável Técnico						
Nome: _____		CAU/CREA: _____				
3.0 Plano de Inspeções						
ITEM	REFERÊNCIA	Período				
		SEMANAL	MENSAL	SEMESTRAL	ANUAL	APÓS DATAS COMEMORATIVAS
1.0	Visibilidade					
1.1	Verificar se existem vegetações atrapalhando a visibilidade			x		
1.2	Verificar se existem placas publicitárias atrapalhando a visibilidade			x		
1.3	Verificar se existem mobiliários urbanos atrapalhando a visibilidade			x		
1.4	Verificar se existem materiais de construção atrapalhando a visibilidade			x		
2.0	Limpeza					
2.1	Verificar se as placas estão limpas e legíveis			x		
3.0	Danos					
3.1	Verificar se houve perda das películas de impressão			x		
3.1	Verificar se houve perda das películas em Braille			x		
3.2	Verificar se existe corrosão aparente nos suportes e componentes			x		
3.3	Verificar se houve ações de vandalismo					x
3.4	Verificar se houve outras ações relativas as intemperes climáticas			x		

Fonte: Autores

ANEXO I - Fichas de Inspeção, vistoria e análise (Parte 02/03)

PLANO DE MANUTENÇÃO DAS PLACAS
ANEXO I - Fichas de Inspeção, vistoria e Análises

3.0 Ocorrências

Informar detalhadamente as ocorrências encontradas na vistoria, localizando-as e quantificando o grau de deterioração (alto, médio e baixo), indicar necessidade de manutenção corretiva.

ITEM	REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO
1.0	Visibilidade	
1.1	Verificar se existem vegetações atrapalhando a visibilidade	
1.2	Verificar se existem placas publicitárias atrapalhando a visibilidade	
1.3	Verificar se existem mobiliários urbanos atrapalhando a visibilidade	
1.4	Verificar se existem materiais de construção atrapalhando a visibilidade	
2.0	Limpeza	
2.1	Verificar se as placas estão limpas e legíveis	
3.0	Danos	
3.1	Verificar se houve perda das películas de impressão	
3.1	Verificar se houve perda das películas em Braille	
3.2	Verificar se existe corrosão aparente nos suportes e componentes	
3.3	Verificar se houve ações de vandalismo	
3.4	Verificar se houve outras ações relativas as intemperes climáticas	

4.0 RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

Indicar através de fotografias as consistencias levantadas em campo



Descrição



Descrição

Fonte: Autores

ANEXO I - Fichas de Inspeção, vistoria e análise (Parte 02/03)

PLANO DE MANUTENÇÃO DAS PLACAS
ANEXO I - Fichas de Inspeção, vistoria e Análises

5.0 LAUDO E ANÁLISES

Carimbo e Assinatura do Responsável Técnico

Fonte: Autores

ANEXO II - Fichas de Controle de Execução dos Serviços de Manutenção Corretivas

PLANO DE MANUTENÇÃO DAS PLACAS

ANEXO II - Fichas de Controle de Execução dos Serviços de Manutenção Corretivas

1.0 Dados Gerais

Polo: _____ Município: _____
 Data: _____

2.0 Responsável Técnico

Nome: _____ CAU/CREA: _____

3.0 Histórico

Data	Atividades Executadas	Profissional	Valor	Carimbo Construtora

 Carimbo e Assinatura do Responsável Técnico

Fonte: Autores

Capítulo 3



10.37423/230207240

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA PARA PRODUÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL NA REGIÃO DE SETE LAGOAS – MG

Ivan Ambrósio Ferreira

*Universidade Federal de São João Del Rei -
Campus Sete Lagoas*

Mateus da Silva Junqueira

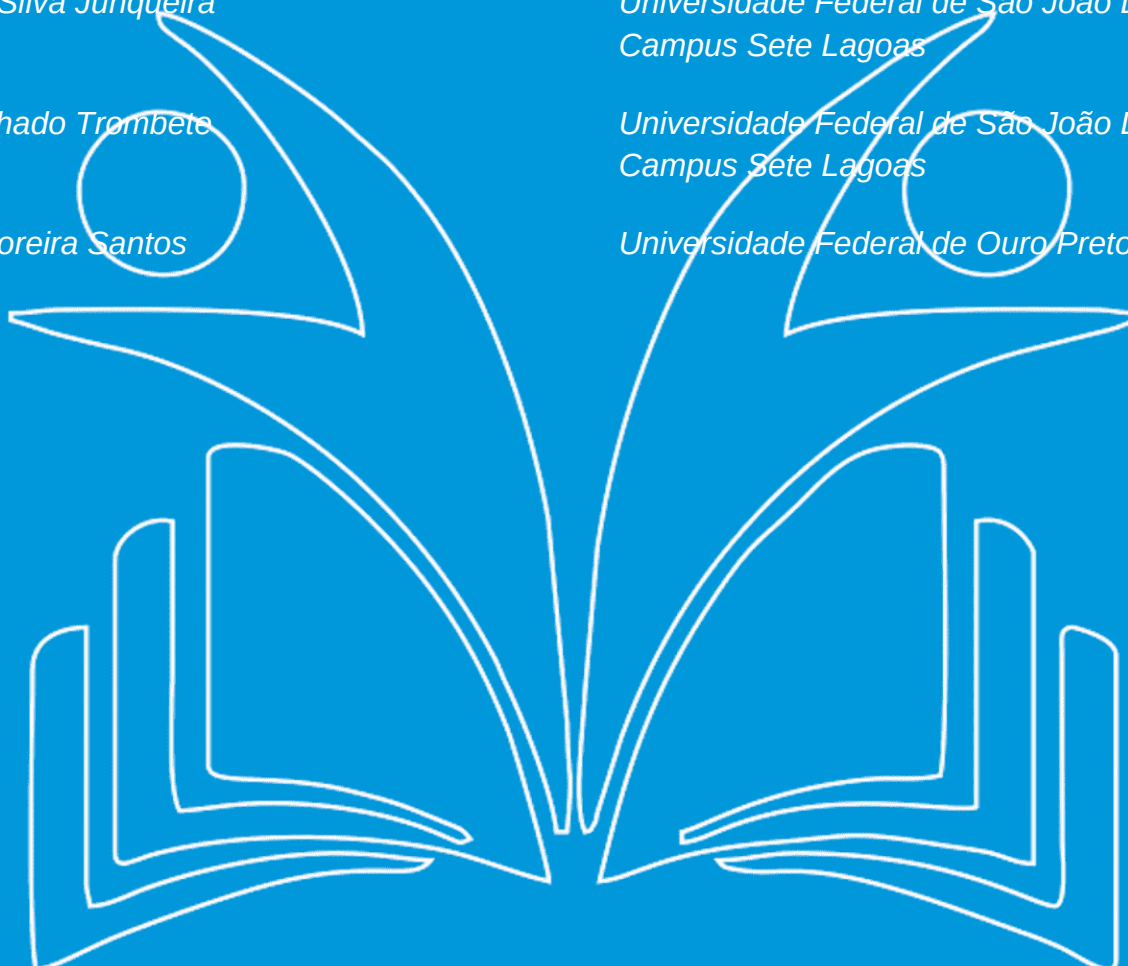
*Universidade Federal de São João Del Rei -
Campus Sete Lagoas*

Felipe Machado Trombete

*Universidade Federal de São João Del Rei -
Campus Sete Lagoas*

Eleonice Moreira Santos

Universidade Federal de Ouro Preto



Resumo: A produção de cerveja no Brasil alcança cerca de 14 bilhões de litros por ano, considerado o terceiro maior produtor do mundo, atrás da China e dos Estados Unidos. O início do consumo da cerveja artesanal no Brasil iniciou pela importação de novos rótulos especiais por grandes empresas, tornando o paladar do consumidor mais apurado, abrindo um espaço no mercado para esse tipo de produto. Minas Gerais é terceiro maior produtor de cerveja artesanal do País, mas é considerado o primeiro em atribuir valor agregado ao produto. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo realizar um estudo de viabilidade econômica financeira de um projeto de produção de cerveja artesanal na cidade de Sete Lagoas/MG, atribuindo condições adequadas de boas práticas produtivas, dentro as normas vigentes, visando agregar valor e qualidade à produção local. Para o investimento inicial foi considerado R\$ 50.000,00 de capital próprio e R\$ 200.000,00 de empréstimo para o início das atividades. Para os cálculos de viabilidade econômico-financeira o VPL correspondeu a R\$ 51.999,53, a TIR foi de 29% e payback no final do 3º ano. Os valores financiados foram mensurados para o pagamento em 5 anos, através de um sistema de amortização SAC, a uma taxa de 0,72%. No sexto ano, a empresa realizou um investimento para manutenção da produção, investindo um valor de 60.000,00. Assim, o empreendimento se mostrou viável e lucrativo.

Palavras-chave: Viabilidade econômica, cerveja artesanal, boas práticas de fabricação, rótulos especiais.

INTRODUÇÃO

As cervejas artesanais de Minas Gerais possuem produção histórica e tradicional, são feitas a partir do malte e com características específicas das regiões produtoras, usando ingredientes da biodiversidade brasileira em suas receitas e incrementando vários produtos da agricultura familiar e extrativismo (EMATER, 2017). A cerveja mineira conquistou o paladar do povo não só de Minas Gerais, mas também do Brasil, porque acrescenta um novo sabor a cerveja tradicional. Minas inovou nesse conceito. O produtor mineiro buscou equilíbrio e combinação da doçura do malte com novos elementos na fabricação, contando com a diversidade, seja em forma de frutas secas, chocolate, açúcar mascavo, gengibre e mel. Além disso, as cervejarias artesanais buscam explorar aromas na bebida, podendo até serem mantidas em barris de Umburana, a madeira que envelheceu vinho de cana, por exemplo (EMATER, 2017).

O Rio de Janeiro foi o estado pioneiro em reconhecer a cerveja artesanal, em seguida, registrá-la como Patrimônio Cultural Imaterial do Rio de Janeiro pela Câmara Municipal (CAIADO, 2018), de acordo com a Câmara Municipal do Rio de Janeiro, pela lei nº 6.400/2018, de 12 de novembro e 2018.

De acordo com a Lei nº 6.871, de 4 de junho de 2009, cerveja é a bebida resultante da fermentação, a partir da levedura cervejeira, do mosto de cevada maltada ou de extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção adicionado de lúpulo ou extrato de lúpulo, hipótese em que uma parte da cevada maltada ou do extrato de malte poderá ser substituída parcialmente por adjunto cervejeiro (UNIÃO, 2019).

Existem diferentes tipos de “Cervejas Artesanais” com características específicas das regiões produtoras, tendo sido cadastrados até o momento no Instituto Mineiro de Agropecuária (IMA) 30 empresas do setor, registradas como produtoras. Destas, são 17 na Grande Belo Horizonte, seis na região sul, cinco na região da zona da mata, duas no triângulo mineiro e uma na região oeste do estado (IMA, 2022).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o número de estabelecimentos produtores de cerveja registrados em 2021 foi de 1.549, o que demonstra um aumento de 12,0% comparado ao ano anterior, que constavam 1.383 cervejarias registradas. No ano de 2021 aumentaram 200 novos registros, sendo que a maior parte dos estabelecimentos estão localizados nas regiões Sul e Sudeste, representando 85,8% das unidades ou 1.329 cervejarias no país. Somente 7,2% estão localizadas na região Nordeste, 5,1% no Centro-Oeste e 1,9% na região Norte.

Dessa forma, houve um aumento comparado ao ano anterior, corroborando a tendência de crescimento para os próximos períodos. Minas Gerais 87 apresentou um crescimento médio ao longo dos últimos cinco anos (2017 a 2021) de 22,3%. Na região Metropolitana de Belo Horizonte/MG possui 462 marcas de cervejas registradas, média de cervejas registradas por estabelecimento são 30,8, apresentando uma proporção em relação a UF de 8,9% (BRASIL, 2022).

O município de Sete Lagoas está localizado no estado de Minas Gerais. O município se estende por 537,6 km² e conta com 239.639 habitantes no último censo de 2021. A densidade demográfica é de 445,7 habitantes por km² no território do município (CIDADE-BRASIL, 2021). Este município mostra-se propício para as atividades, pois apresenta vários pontos favoráveis para a viabilidade do negócio como: facilidade de acesso aos produtos e fornecedores de matéria prima, auxiliares que dão suporte técnico, Universidade Federal de São João Del Rei com curso de Engenharia de Alimentos, garantindo mão de obra qualificada e assim uma melhor qualificação e padronização do produto.

A estruturação de um projeto viabiliza a visão de mercado e a produção, por meio das tecnologias disponíveis, pois define um roteiro e seus requisitos, contribuindo para maiores chances de sucesso e diminuição das incertezas relativas ao empreendimento. A escolha da elaboração do projeto também contribui para aplicação dos conhecimentos acadêmicos adquiridos e desenvolvidos na trajetória do curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de São João del-Rei.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo realizar um estudo de viabilidade econômica financeira de um projeto de produção de cerveja artesanal na cidade de Sete Lagoas/MG, atribuindo condições adequadas de boas práticas produtivas, dentro as normas vigentes, visando agregar valor e qualidade à produção local.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente o projeto demonstrou os recursos necessários, para fabricação com qualidade dentro das regulamentações pertinentes para o segmento da cervejaria, bem como alguns requisitos básicos de qualidade dos produtos e das instalações. Foi realizado o levantamento de dados para o planejamento financeiro por sites de vendas de equipamentos e insumos, assim como baseados em estudos que realizaram o levantamento de dados para a produção da cerveja artesanal.

Essa etapa demonstrou os investimentos iniciais estipulados para a empresa, maquinários e equipamentos. Em seguida, foram definidos os custos unitários do produto e de produção, bem como as despesas administrativas, a projeção de vendas e o orçamento operacional. Os dados coletados

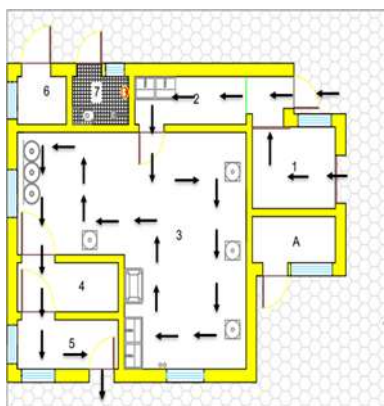
foram apresentados pelo Demonstrativo do Resultado do exercício (DRE). Nesta etapa foi feita a análise de viabilidade da empresa através dos cálculos financeiros da TIR, VPL e Payback, para evidenciar sua viabilidade econômica e dar início ao projeto. Todos os dados foram tabelados e calculados pelo Excel.

Para o desenvolvimento do projeto de produção da cerveja artesanal foram demonstrados os instrumentos da análise de viabilidade econômico-financeira. A análise de viabilidade foi extraída a partir de conceitos de obras na literatura, em seguida, definido o modelo de análise da fabricação do produto. O projeto visou levantar todos os gastos diretos e indiretos para abertura de uma microcervejaria artesanal, traçando o panorama de produção na cidade de Sete Lagoas/MG.

Os dados coletados foram tabulados e representados através das ferramentas de viabilidade para representação do cálculo do VPL, TIR, Payback. Os indicadores demonstraram o modelo de produção dentro dos aspectos econômicos e financeiros.

O projeto de investimento financeiro possibilitou analisar os riscos do investimento, verificar se os resultados futuros justificam o custo de implementação, quais serão os lucros obtidos, dentre outros, facilitando nas tomadas de decisões e na construção do fluxo de caixa da empresa (LAPPONI, 2007). O projeto financeiro para a implantação de uma cervejaria para a produção de cerveja artesanal considerou um volume médio de 402 L/semana, com uma produção de 672 unidades semanais, com volume unitário de 600 mL. O rendimento de produção considerado é de 1,429 L de água/L de cerveja pronta.

A edificação, instalações, layout, fluxo de processos, disposição de equipamentos, dentre outros, seguiu as normas da Portaria Nº 326, de 30 de julho de 1997, do Ministério da Saúde (BRASIL, 1997), bem como RDC Nº 275 de 21 de outubro de 2002, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2002). Para o cálculo de gastos com construção, foi utilizado o valor do Custo Unitário Básico da Construção Civil (CUB/m³ Padrão Normal R-1) para a região do Intermediária de Minas, equivalente a R\$ 1.584,78/m² (SINDUSCON, 2022).

Figura 3 – Planta baixa do projeto em estudo

Legenda: Áreas: A: Administrativo (4 m²); 1: Almoxarifado (5 m²); 2: Barreira Sanitária (5 m²); 3: Área de produção (4,3 m x 3 m, comprimento x largura); 4: Embalagem (5 m²); 5: Expedição (5 m²); 6: Depósito de químicos (2,5 m²); 7: Vestiários e sanitários (3 m²); →: Fluxo de produção. Escala 1:100. Área 60m² de área construída.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Para uma adequada limpeza e higienização das instalações foi aplicado um sistema de abastecimento de água potável, com apropriada pressão e distribuição, sendo gasto para cada litro de cerveja. O valor do custo com água e esgoto foram baseados nas tarifas da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA-MG, 2022).

Para a energia disponibilizada foi de acordo com os dados da Companhia Energética de Minas Gerais S.A (CEMIG), sobre o custo da energia elétrica para produção em área rural R\$ 0,543880 /KWh na bandeira verde (CEMIG, 2022).

A aquisição de equipamentos, utensílios e acessórios para a cervejaria, acessórios para banheiro (porta toalha, lixeira, chuveiro, lavatório para as mãos, lava botas manual, vaso sanitário), Lâmpadas e acessórios, EPI's (botas, uniformes, avental) e demais acessórios, foram cotados através de lojas online, como: Casas Bahia, Ponto Frio, Magazine Luiza, Ecoinsumos, Palenox (equipamentos para fabricação da cerveja), Brewmetal, R.W. EMMEL & CIA. LTDA (insumos), entre outros.

O capital financeiro inicial almejado para o startup das atividades da empresa foi calculado de acordo com as necessidades do empreendimento. Para isto, o valor do capital de giro foi definido em R\$ 50.000,00 considerado capital próprio e de empréstimo foi considerado R\$ 200.000,00 calculado para atender o total dos investimentos fixos e dos investimentos pré-operacionais. Os valores financiados foram mensurados para o pagamento em 5 anos, através de um sistema de amortização SAC, a uma taxa de 0,72% a.m.

Características das instalações: ventilação e iluminação corretas, construção em alvenaria e estrutura adequada para a limpeza e sanitização dos utensílios. Os manipuladores deverão usar equipamentos de proteção individual adequados às suas atividades, como roupa protetora branca, botas brancas, máscara para boca e nariz e touca protetora, laváveis ou descartáveis (EMATER, 2016).

Equipamentos, utensílios e todas superfícies que entram em contato com o alimento, consistiu em: evitar contaminação das cervejas, os equipamentos, utensílios e todas as superfícies que entraram em contato com o alimento deverão ser limpos imediatamente após o uso, com água, detergentes, desinfetantes, para serem utilizadas novamente para manipulação (EMATER, 2016).

Layout de produção: condições mínimas recomendadas para produção de cerveja artesanal em adequadas condições de boas práticas de fabricação.

Os preços dos produtos foram criados com base em estudos dos concorrentes e através dos gastos dos custos para produção.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PLANO FINANCEIRO

Para iniciar o planejamento financeiro do empreendimento é necessária a aplicação de um investimento inicial. O resultado desse investimento significa a soma dos investimentos fixos, capital de giro e despesas pré-operacionais.

No entanto, para iniciar as operações foi calculado o investimento fixo necessário e os demais bens adquiridos para o funcionamento da Cervejaria, feito pesquisa através da internet, contato com fornecedores e em trabalhos similares de plano de negócios com segmento da produção de cerveja, apresentando os valores relativos para funcionamento. A projeção do fluxo de caixa da cervejaria foi para os primeiros 10 anos de atividades.

INVESTIMENTO INICIAL

Os investimentos iniciais com os equipamentos necessários, demonstrados a seguir, são para a produção média de 2 mil litros por mês, que corresponde um volume médio de 402 L/semana, com uma produção de 672 unidades semanais, com volume unitário de 600 mL. Uma vez na semana suas atividades são direcionadas para limpeza e manutenções.

Há também o investimento em capital de giro, de acordo com as necessidades da empresa, no montante de R\$ 50.000,00 mais empréstimo de R\$ 200.000,00. A taxa para definição do montante necessário para Capital de Giro foi de 20,59%, que aplicada sobre a receita projetada para o primeiro exercício, R\$ 384 mil, resultou na necessidade de investimento em capital de giro no valor de R\$ 50.000,00 baseado nos três primeiros meses de funcionamento (somatório dos impostos sobre venda + as despesas totais + Imposto (IR, CSLL) dividido por 12 meses).

Nas Tabelas 1, 2, 3 e 4 são apresentados os investimentos necessários para o início das atividades de produção. Os valores encontrados para cada item foram baseados no estudo de Fragoso e Silva (2016), Sousa (2017) e websites, como Americanas.com.br, MercadoLivre.com.br e Metalinox.com.br, para compor a lista necessária dos itens para início do projeto.

O gasto com a aquisição de veículo seminovo foi de R\$ 30.000,00 para o transporte de carga modelo Fiat Fiorino 2012.

Na Tabela 5, está resumido o investimento pré-operacional, a fim de atribuir o investimento inicial. A planta do estabelecimento correspondeu a 60 m², projetado conforme as instalações iniciais e demais atributos.

Para o cálculo da depreciação foram considerados todas as máquinas e equipamentos, equipamentos de sede administrativa e utensílios em geral, tão quanto a aquisição de novos utensílios, restauração e atualização, após o período dos primeiros cinco anos de uso. Exceto o veículo, considerado usado e já depreciado para fins de cálculos fiscais.

CUSTOS

O valor dos insumos para a fabricação da cerveja foi baseado no orçamento de uma empresa que comercializa tais produtos, feito em 11/07/2022. A formulação abaixo foi mensurada para a produção necessária na quantidade utilizada, para em seguida, calcular o custo unitário de produção (tabela 6).

Tabela 1 – Investimento com aquisição de equipamentos, ferramentas, utensílios e acessórios da fábrica

Equipamentos				
Item (especificar)	Capac.	Un.	Valor	Total
Moinho Malte	200 kg/hr	1	R\$ 4.217,50	R\$ 4.217,50
Cozinha Bloco 100 litros	100 L	1	R\$ 30.000,00	R\$ 30.000,00
Sist. Aqueci		1	R\$ 16.200,00	R\$ 16.200,00
Aerador		1	R\$ 915,00	R\$ 915,00

Chamine	1	R\$ 800,00	R\$ 800,00
Trocador de Calor	1	R\$ 4.320,00	R\$ 4.320,00
Sist Frio	1	R\$ 8.200,00	R\$ 8.200,00
Enchedora	1	R\$ 5.000,00	R\$ 5.000,00
Arrolhador	1	R\$ 1.800,00	R\$ 1.800,00
Bancada	1	R\$ 3.200,00	R\$ 3.200,00
Bomba cip	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
Tanque de Fermentação	100 L 6	R\$ 9.666,00	R\$ 57.996,00
TOTAL			R\$ 134.148,50
Montagem e instalação de equipamentos (5% do valor da mercadoria)			R\$ 6.707,43
		SUBTOTAL	R\$ 140.855,93

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

Tabela 2 – Ferramentas, utensílios e acessórios

Item	Un.	Valor	Total
Conj. Vidrarias	5	R\$ 500,00	R\$ 2.500,00
Lava-botas	1	R\$ 1.900,00	R\$ 1.900,00
Lavatório Inox	1	R\$ 865,00	R\$ 865,00
Uniforme	7	R\$ 35,00	R\$ 245,00
Matérias Descartáveis	3	R\$ 50,00	R\$ 150,00
Lixeira	4	R\$ 100,00	R\$ 400,00
Balança Digital	2	R\$ 120,00	R\$ 240,00
Balança Externa	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
Mesa de Inox	1	R\$ 649,00	R\$ 649,00
Seladora Automática	1	R\$ 3.549,00	R\$ 3.549,00
TOTAL			R\$ 11.998,00

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

Tabela 3 - Investimento com aquisição de equipamentos, ferramentas, utensílios e acessórios da administração, escritórios, pontos de venda

Equipamentos			
Item	Un.	Valor	Total
Bebedouro	1	R\$ 169,90	R\$ 169,90
Cadeira de escritório	2	R\$ 153,90	R\$ 307,80
Computador	1	R\$ 2.500,00	R\$ 2.500,00
Geladeira	1	R\$ 949,00	R\$ 949,00
Guarda volumes	2	R\$ 321,50	R\$ 643,00
Impressora	1	R\$ 313,41	R\$ 313,41
Lixeira	1	R\$ 21,90	R\$ 21,90
Mesa e estante	1	R\$ 153,90	R\$ 153,90
Micro-ondas	1	R\$ 284,00	R\$ 284,00
Telefone	2	R\$ 50,47	R\$ 100,94
Ventilador	1	R\$ 59,00	R\$ 59,00
Materiais diversos (caneta, régua, calculadora)	1	R\$ 400,00	R\$ 400,00
		SUBTOTAL	R\$ 5.902,85

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

tabela 4 – Investimento com aquisição de terreno, obras civis e projetos

Item	Un	Valor	Qtd	Valor total
Projeto estrutural*	m2	R\$ 15,00	60	R\$ 900,00
Projeto de instalação elétrica	m2	R\$ 15,00	60	R\$ 900,00
Projeto instalações hidráulicas, sanitárias, pluviais	m2	R\$ 12,00	60	R\$ 720,00
Projeto instalação telefônica	un.	R\$ 150,00	-	R\$ 150,00
Projeto instalações prev. Incêndio	m2	R\$ 35,00	60	R\$ 2.100,00
Aprovação projeto prefeitura (alvarás)			1	R\$ 4.848,00
Visita técnica obra	h	R\$ 250,00	4	R\$ 1.000,00
Consultoria técnica	h	R\$ 240,00	4	R\$ 960,00
Pedido de registro de marca INPI	un.	R\$ 745,00	1	R\$ 745,00
Responsabilidade técnica execução			1	R\$ 2.811,00
Outros				R\$ 40,00
TOTAL				R\$15.174,00

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

Tabela 5 – Resumo dos investimentos pré-operacionais

GASTOS COM OBRAS CIVIS E PROJETOS	R\$ 17.174,00
AQUISIÇÃO DE EQUIPAMENTOS	R\$140.855,93
AQUISIÇÃO DE FERRAMENTAS, UTENSÍLIOS E ACESSÓRIOS	R\$ 17.900,85
AQUISIÇÃO DE VEÍCULOS	R\$ 30.000,00
TOTAL	R\$203.890,78

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

Tabela 6 – Cálculo do custo de produção

Custo com matérias-primas	Valor unitário R\$	Qtd ano	Valor anual
m238-22 - malte agraria pilsen - dme puro	160,35	60	R\$ 9.621,00
m044-22 - malte chateau munich (25) lote	R\$		
m220100225 pct	10,62	132	R\$ 1.401,84
m481-21 - malte chateau cara clair lote m210900276			
pct	R\$ 11,79	108	R\$ 1.273,32
m621-21 - malte chateau cara clair lote m211000270	R\$		
pct	11,91	24	R\$ 285,84
l429-21 - lupulo mosaic® brand hbc 369 em pellet t-90 ych	R\$ 600,04	12	R\$ 7.200,48

l200-21 - lupulo amarillo® em pellet t-90 ych safra 2020 a	R\$		R\$
	157,90	24	3.789,60
l055-21 - lupulo simcoe® brand ycr 14 em pellet t-90 yc	R\$		R\$
	132,96	24	3.191,04
f054-20 - fermento fermentis safale us-05 pct 500g	R\$		R\$
	379,38	12	4.552,56
ALUGUEL	R\$	2.000,00	
Subtotal	R\$	33.315,68	
		Qtd	
Custo com embalagens	Valor/ un		Valor/ano
Embalagem Garrafa Vidro 600mL+ tampa 0,09+ rotulo 0,2	R\$		R\$
	2,49	24000	59.760,00
Custo com energia elétrica	Valor/ un	Qtd	Valor/ano
*calcular com base nas potências elétricas de cada equipamento, h de uso, etc (kW)	R\$		R\$
	0,59	2220	1.309,80
Custo com água e esgoto	Valor/un	Qtd	Valor/ano
			R\$
*calcular com base nos processos utilizados	14,91	72	1.073,52
TOTAL	R\$	95.459,00	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022

Avaliou-se no estudo a possibilidade do uso da lata ao invés da garrafa de vidro, diante do seu alto custo (R\$ 2,20 a unidade), a fim de reduzir o custo unitário do produto. O preço da embalagem lata encontrada em sites foi de R\$ 1,09 a unidade.

As garrafas de vidro possuem vantagens de maior impermeabilidade, evitando possíveis reações químicas indesejadas, já no caso da lata, podem sofrer amassamentos. Ademais, a garrafa de vidro é uma preferência nacional, tanto estética, quanto mercadológica, o produto ganha destaque nas gôndolas para esse tipo de embalagem. Por isso, no estudo visou garantir maior valor agregado ao produto (SANTOS, 2017).

As variáveis como água, luz, internet, gás etc, foram embutidas no custo fixo operacional. Efetuou-se o cálculo do custo unitário do produto: sendo um custo anual com insumos de R\$ 95.459,00 e com mão de obra de R\$ 70.224,06 produzindo 24000 unidades, dessa forma o custo unitário ficou R\$ 6,90.

DESPESAS

Outras despesas além do investimento em equipamentos e utensílios são importantes para o empreendimento. As despesas administrativas mensais com Pagamento de Salários de acordo com a função, mensurados conforme o mercado. Obtém-se um gasto total de R\$ 25.855,10 por mês em despesas com mão de obra mensal.

PLANO DE VENDAS

Para o estudo, foi considerado somente um cenário otimista para projeção de vendas para os 10 anos, com crescimento de 10% no sexto ano. A produção das vendas iniciou em 2000 unidades de garrafas/mês e 24000 unidades de garrafas/ano.

ORÇAMENTO OPERACIONAL

Conforme os dados anteriormente mensurados, determinou a análise da viabilidade econômica do empreendimento. O orçamento operacional inicial de R\$250.000,00 foi considerado para uma produção em 100% da capacidade, com mais um investimento de R\$ 60.000,00 para aumentar 10% da receita e atualização de equipamentos e utensílios que sofreram depreciação, e as vendas foram mensuradas na mesma proporção para facilitação dos cálculos. No estudo de Souza (2017) considerou-se o preço de venda por garrafa em R\$ 10,20. No estudo de Fragoso e Silva (2016) considerou o preço em R\$ 10,60 por garrafa. Na microcervejaria em estudo, conforme o aumento do preço dos insumos após o período da pandemia da Covid-19, considerou o preço por garrafa em R\$ 16,00 (preço de venda) de 600 mL, como também o aumento dos preços dos equipamentos e mão de obra, além da qualidade que será aplicada no processamento, a fim de obter um retorno ideal no investimento.

Dessa forma, as vendas serão realizadas B2C diretamente para o consumidor final, ou com a realização de parcerias, serão vendidos diretamente para os restaurantes de grife, hotéis, bares, a fim de agregar maior valor ao produto. Com preço de venda por unidade da cerveja de R\$ 16,00.

Dessa forma os custos de produção foram expressos conforme a tabela seguinte:

Tabela 7 – Custos totais de produção

Dados	Cerveja (600mL)
Preço de venda (R\$)	R\$ 16,00
Volume de vendas (un.) mensal	2.000
Custo de Produção unitário	R\$ 6,90
Estimado de Custo Total Anual da produção	R\$ 95.459,00

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

Somados todos os períodos de janeiro a dezembro, a produção de vendas no primeiro ano foi mensurada em 24.000 unidades de garrafas, com preço de venda a R\$ 16,00 a unidade, totalizando a estimativa da receita anual em R\$ 384.000,00. Ademais, dá-se a importância em mensurar os custos operacionais de produção, que são as demais despesas como água, energia, internet, combustível, entre outros.

RESULTADO DA DEMONSTRAÇÃO DO EXERCÍCIO

O Demonstrativo do Resultado do Exercício (DRE) demonstra o resultado líquido detalhado do exercício da Cervejaria em estudo, ou seja, é o resumo financeiros dos resultados operacionais e não operacionais da empresa. A empresa se enquadra no regime tributário simples nacional na terceira faixa devido ao valor da receita bruta e tem alíquota efetiva de 6,39%. Nesse resultado demonstra o exercício do primeiro ano de funcionamento, descontando a tributação (SOUZA, 2017).

FLUXO DE CAIXA

O Fluxo de Caixa (FC) apresentam as entradas e as saídas do caixa da empresa, que nesse caso foi prevista para os próximos 10 anos de atividade. Portanto, para montagem da ferramenta considerou a mesma projeção de vendas nos períodos, correspondendo a receita bruta em R\$ 384.000,00.

Os impostos foram mensurados para o período anual sobre a receita. A receita líquida é a Receita Bruta subtraída pelos Impostos. Os gastos totais foram inseridos o custo de produção da bebida mais as despesas administrativas (= Administrativas + Comerciais + Juros + Amortização + Depreciação + LAIR + Impostos (IR+CSSL)). As despesas Administrativas mais as Comerciais correspondem conforme a Tabela 8, e o restante das despesas são determinadas pelo percentual correspondente.

Tabela 8 – Fluxo de caixa calculado estimado para 10 anos

ITENS	HORIZONTE PLANEJADO (ANOS)										
	0	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º
Investimento inicial	-R\$ 200.000,00	-R\$ 50.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00			-R\$ 60.000,00				
RECEITA BRUTA TOTAL		R\$ 384.000,00	R\$ 384.000,00	R\$ 384.000,00	R\$ 384.000,00	R\$ 384.000,00	R\$ 384.000,00	R\$ 422.400,00	R\$ 422.400,00	R\$ 422.400,00	R\$ 422.400,00
Impostos sobre vendas		R\$ 22.348,80	R\$ 22.348,80	R\$ 22.348,80	R\$ 22.348,80	R\$ 22.348,80	R\$ 22.348,80	R\$ 24.583,68	R\$ 24.583,68	R\$ 24.583,68	R\$ 24.583,68
RECEITA LÍQUIDA		R\$ 361.651,20	R\$ 361.651,20	R\$ 361.651,20	R\$ 361.651,20	R\$ 361.651,20	R\$ 361.651,20	R\$ 397.816,32	R\$ 397.816,32	R\$ 397.816,32	R\$ 397.816,32
CUSTOS TOTAIS		R\$ 165.683,06	R\$ 165.683,06	R\$ 165.683,06	R\$ 165.683,06	R\$ 165.683,06	R\$ 165.683,06	R\$ 165.683,06	R\$ 165.683,06	R\$ 165.683,06	R\$ 165.683,06
DESPESAS TOTAIS		R\$ 138.513,21	R\$ 135.273,41	R\$ 131.819,41	R\$ 131.984,41	R\$ 121.286,08	R\$ 83.535,41	R\$ 83.535,41	R\$ 83.535,41	R\$ 83.535,41	R\$ 83.535,41
Administrativas		R\$ 54.310,47	R\$ 54.310,47	R\$ 54.310,47	R\$ 54.310,47	R\$ 54.310,47	R\$ 54.310,47	R\$ 54.310,47	R\$ 54.310,47	R\$ 54.310,47	R\$ 54.310,47
Comerciais	de 3% da receita bruta	R\$ 11.520,00	R\$ 11.520,00	R\$ 11.520,00	R\$ 11.520,00	R\$ 11.520,00	R\$ 11.520,00	R\$ 11.520,00	R\$ 11.520,00	R\$ 11.520,00	R\$ 11.520,00
Juro + Amortização		R\$ 55.696,00	R\$ 52.240,00	R\$ 48.784,00	R\$ 48.949,00	R\$ 38.250,67	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Depreciação		R\$ 16.986,74	R\$ 17.204,94	R\$ 17.204,94	R\$ 17.204,94	R\$ 17.204,94	R\$ 17.704,94	R\$ 17.704,94	R\$ 17.704,94	R\$ 17.704,94	R\$ 17.704,94
LAIR		R\$ 57.454,92	R\$ 60.692,73	R\$ 64.148,73	R\$ 63.983,73	R\$ 74.682,06	R\$ 112.432,73	R\$ 148.597,85	R\$ 148.597,85	R\$ 148.597,85	R\$ 148.597,85
Impostos (IR+CSLL)		R\$ 333,24	R\$ 352,02	R\$ 372,06	R\$ 371,11	R\$ 433,16	R\$ 652,11	R\$ 861,87	R\$ 861,87	R\$ 861,87	R\$ 861,87
RESULTADO LÍQUIDO		R\$ 74.108,43	R\$ 77.545,65	R\$ 80.981,60	R\$ 80.817,56	R\$ 91.453,84	R\$ 129.485,55	R\$ 165.440,92	R\$ 165.440,92	R\$ 165.440,92	R\$ 165.440,92
RESULTADO ACUMULADO	-R\$ 200.000,00	-R\$ 175.891,57	-R\$ 98.345,93	-R\$ 17.364,32	R\$ 63.453,23	R\$ 154.907,07	R\$ 224.392,63	R\$ 389.833,55	R\$ 555.274,46	R\$ 720.715,38	R\$ 886.156,30

Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

AValiação DA Viabilidade Econômica

Após o demonstrativo do cenário da empresa, projeção da DRE e Fluxo de Caixa, é possível determinar o retorno sobre o capital investido, bem como avaliar a viabilidade econômico-financeira da empresa. As ferramentas utilizadas para este tipo de análise são VPL (Valor presente líquido), TIR (Taxa interna de retorno) e Payback. Para a base de cálculo é necessário a definição da TMA (Taxa mínima de atratividade), que serão inseridas no cálculo do VPL.

VALOR PRESENTE LÍQUIDO

Com base nas ferramentas do Excel é possível simplificar os cálculos para a descoberta do VPL determinado pela fórmula financeira $fx=VPL(Taxa;valor1;valor2\dots)$. Dessa forma, insere-se todos os resultados líquidos do fluxo de caixa mais a taxa de atratividade definida a 24,08%. A TMA foi baseada no custo de oportunidade de 13,5% SELIC + risco prêmio Br de 4,79% + β patrimônio Líquido de 0,79%, cuja somatória corresponde a 24,08%. Assim, tem-se a R\$ 361.999,53. O VPL foi considerado positiva pois é superior ao valor do capital investido, resultando em R\$ 51.999,53, viável para o projeto (DAMODARAN, 2017). Portanto, subtraindo o valor do investimento, tem-se o $VPL = R\$ 51.999,53$.

TAXA INTERNA DE RETORNO

O cálculo da TIR também pode ser definido através do Excel pela ferramenta financeira $fx=TIR(Valores; Estimativa)$. A TIR baseia-se na taxa aplicada ao VPL, logo, quanto maior melhor para o empreendimento. Da mesma forma se calcula a TIR selecionando os valores do Fluxo de Caixa nos períodos de 1 a 10 anos de empresa somado ao valor do investimento que corresponde o período 0 (- R\$ 250.000,00). Assim, automaticamente o Excel mostra o resultado. Portanto, para o projeto a TIR correspondeu a 29%, sendo desta forma maior que a TMA o que indica que o negócio é viável. No estudo de Souza de Paiva (2017) a TIR obtida, 26,39% pode-se concluir de que, na situação de fabricação que o projeto cumprir com as projeções realizadas. E na situação de terceirização da produção a TIR obtida, 42,74%, será consideravelmente maior que a Taxa Mínima de atratividade do negócio, de 9.01%.

Com isso, o projeto irá indicar a viabilidade do negócio, ou que será financeiramente viável.

PAYBACK

Conforme o resultado líquido do fluxo e saldo acumulado do fluxo de caixa, determina-se o valor do retorno do investimento. É possível verificar que o retorno do capital foi a partir dos 3,21 anos (3 anos e 3 meses) de exercício, ou seja, a partir do terceiro ano. Já no payback descontado o tempo de retorno correspondeu a 7,69 anos ou 7 anos e 8 meses. Neste instante os lucros se deparam com os gastos no instante zero e, a partir daí, a empresa começa a ter lucro no empreendimento.

PONTO DE EQUILÍBRIO

Para o ponto de equilíbrio, considerou-se os valores correspondente ao resultado líquido onde a venda do volume mínimo de unidades necessários para equilibrar os gastos de maneira viável para o negócio. De acordo com o cálculo do Excel, demonstrou que a empresa precisa vender pelo menos 1177 unidades por mês durante 3 anos e 3 meses, para esse produto chegar ao ponto de equilíbrio contábil.

CONCLUSÃO

De acordo com o projeto de viabilidade da cervejaria artesanal foram analisadas as estratégias e recursos necessários para início de uma produção em pequeno porte. Os dados foram coletados a partir de estudo secundários e websites, diante da existência de muitas pesquisas atuais para o segmento da produção de cerveja artesanal.

Para o investimento inicial foi considerado R\$ 50.000,00 de capital próprio e R\$ 200.000,00 de empréstimo para o início das atividades. Para os cálculos de viabilidade econômico-financeira o VPL correspondeu a R\$ 81.485,63, a TIR foi de 29% e TMA de 24,08%. Assim, o empreendimento se mostrou viável e lucrativo.

Os valores financiados foram mensurados para o pagamento em 5 anos, através de um sistema de amortização SAC, a uma taxa de 0,72% ao mês. Destaca-se a importância do planejamento financeiro, pois a má gestão e falta de controle das operações é uma das grandes causas de insucesso nas empresas, e atualmente cerca de 70% das micro e pequenas empresas decretam falência no Brasil antes dos cinco primeiros anos de vida.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L. Payback descontado: o que é e como calculá-lo. 2018. Disponível em: <<https://rockcontent.com/br/blog/payback-descontado/>>. Acesso em: 05/07/2022.
- ALVES, B. Setor de cervejas artesanais enfrenta desafios com custos atrelados ao dólar. Diário do Comércio. 2022. Disponível em: <<https://diariodocomercio.com.br/economia/setor-de-cervejas-artesanais-enfrenta-desafios-com-custos-atrelados-ao-dolar/>>. Acesso em: 29/06/2022.
- ALMEIDA E SILVA, J. B. Tecnologia de bebidas: matéria prima, processamento. BPF / APPCC, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. p.347-380.
- ASSAF NETO, A. Finanças Corporativas e Valor. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- BODAS, Á. Cerveja artesanal tem mercado quente para empreender em carreiras altas. 2020. Disponível em: <<https://vocesa.abril.com.br/empreendedorismo/mercado-de-cervejas-artesanais/>>. Acesso em: 29/06/2022.
- BRASIL, 1997. Ministério da Saúde. Portaria Nº 326, de 30 de julho de 1997. Dispõe sobre o regulamento técnico de procedimentos operacionais padronizados aplicados aos estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos e a lista de verificação das boas práticas de fabricação em estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, 1997.
- BRASIL, 2002. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002. Dispõe sobre o regulamento técnico de procedimentos operacionais padronizados aplicados aos estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos e a lista de verificação das boas práticas de fabricação em estabelecimentos produtores/industrializadores de alimentos. Diário Oficial da União, Brasília, 2002.
- BRASIL, Lei complementar nº 123, de 14 de dezembro de 2006. Institui o Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno..., Brasília, DF, dez 2006.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anuário de Cerveja: 2021. Brasília: MAPA/DAS, 2022. 36p.
- BRIGHAM, Eugene F.; GAPENSKI, Louis C.; EHRHARDT, Michael C. Administração Financeira Teoria e Prática. São Paulo: Atlas, 2001.
- BLATT, Adriano. Análise de balanços: estrutura e avaliação das demonstrações financeiras e contábeis. São Paulo: Makron Books, 2001. 227 p.
- CAIADO, Carlos. Reportagem no Diário Oficial da Câmara Municipal do Rio de Janeiro. Publicada em 12/11/2018. Disponível em: <encurtador.com.br/anvC7>. Acesso em: 10 nov. 2020.
- CEMIG. Companhia Energética de Minas Gerais. Valores de tarifas e serviços 2022. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/atendimento/valores-de-tarifas-e-servicos/>>. Acesso em: 06/07/2022.
- CERVBRASIL. Associação Brasileira da Indústria de Cerveja. Mercado Cervejeiro. 2022. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/mercado-cervejeiro/>. Acesso em: 29/06/2022.

CIDADE-BRASIL. Município de Sete Lagoas. 2021. Disponível em: < <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-sete-lagoas.html#:~:text=O%20munic%C3%ADpio%20se%20estende%20por,km%C2%B2%20no%20territ%C3%B3rio%20do%20munic%C3%ADpio.> >. Acesso em: 05/07/2022.

COPASA- MG. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/instituicao_unidade/companhia-de-saneamento-de-minas-gerais-copasa> Acesso em: 10 nov. 2020.

DINIZ JÚNIOR, Olavo Gonçalves. As Contribuições do Valor Presente Líquido, Taxa de Interna Retorno, Payback e Fluxo de Caixa Descontado para avaliação e análise de um projeto de Investimento em cenário hipotético. 2012. 25f. Trabalho de Curso (Graduação em Administração) - UniCEUB – Centro Universitário de Brasília, 2012.

FRAGOSO, Carolina Rocha; SILVA, Tamires Alves Ferreira. Plano de negócio da cervejaria artesanal agulhas negras. 2016. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) - Instituto de Ciências Humanas e Sociais da Universidade Federal Fluminense. Volta Redonda, 2016.

EMATER-MG. Portfolio produtos agrícolas familiar, 2016. Disponível em: <<http://www.emater.mg.gov.br>>. Acesso em: 10 nov.2020

HELFERT, Erich A. Técnicas de Análise Financeira. 9ª ed. São Paulo: Bookman, 2000.

HUGHES, G. Cerveja Feita em Casa: Tudo sobre os ingredientes, os equipamentos e as técnicas para produzir a bebida em vários estilos. Publifolha. 1 ed. São Paulo, 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019. Pesquisa Nacional de Saúde. Volume 4, 2019. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação: IBGE.

IMA. Instituto Mineiro de Agropecuária. Mercado das cervejas artesanais. [s.d]. Disponível em: < <http://ima.mg.gov.br> >. Acesso em: 29/06/2022.

INVESTIMENTOS. Ponto de equilíbrio contábil: o que é e como calcular. 2020. Disponível em: <<https://capitalresearch.com.br/blog/ponto-de-equilibrio-contabil/#:~:text=O%20ponto%20de%20equil%C3%ADbrio%20cont%C3%A1bil%20%C3%A9%20um%20c%C3%A1culo%20que%20pretende,empresa%20vai%20come%C3%A7ar%20a%20lucrar.> >. Acesso em: 14/07/2022.

KOTLER, Philip; KELLER, Kevin L. Administração de Marketing. 14 ed. São Paulo: Editora Pearson, 2012. p.765.

MARTINS, Carlos. Análise de Investimentos (Payback, VPL, TIR). 2022. Disponível em: <https://www.carlosmartins.com.br/_bizplan/bizplan24.htm>. Acesso em: 29/06/2022.

MATIAS, Alan Patrick Almeida. Estudo do processo produtivo de cerveja artesanal e análise de viabilidade econômica de instalação de energia elétrica fotovoltaica na cervejaria bacurim Ltda. 2020. 40f. Monografia (Bacharel em Engenharia Química) – Universidade Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2020.

MARQUES, J. R. Aprenda como elaborar um estudo de viabilidade econômica de projetos. 2018. Disponível em: <<https://www.ibccoaching.com.br/portal/aprenda-como-elaborar-um-estudo-de-viabilidade-economica-de-projetos/#:~:text=O%20estudo%20de%20viabilidade%20econ%C3%B4mica%20consiste%20em%20a%20valiar%20se%20determinado,e%20pessimistas%20de%20um%20plano.>>. Acesso em: 05/07/2022.

MORADO, R. Larousse da Cerveja. Larousse do Brasil. 1 ed, São Paulo, 2011.

UNIÃO - DIÁRIO NACIONAL DA UNIÃO. Lei Nº 65, de 10/Dez/2019. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para os produtos cervejeiros. Disponível em:

<<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-65-de-10-de-dezembro-de-2019-232666262>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

RIBEIRO, Lucyara. Marketing social e comportamento do consumidor. São Paulo: Pearson 2015.

ROSS, Stephen; WESTERFIELD, Randolph W.; JAFFE, Jeffrey F. Administração Financeira Corporate finance. 2ª ed. 11ª reimpr. São Paulo: Atlas, 2011.

SANTOS, Tamires. Consumo de cerveja em embalagem de vidro garante sabor e propriedades da bebida. 2017. Disponível em: < <https://paranashop.com.br/2017/01/consumo-de-cerveja-em-embalagem-de-vidro-garante-sabor-e-propriedades-da-bebida/>>. Acesso em: 14/07/2022.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas Microcervejarias. 2016. Disponível em: < [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/8818d2954be64fcd8628defef1f70f8/\\$File/7503.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/8818d2954be64fcd8628defef1f70f8/$File/7503.pdf)>. Acesso em: 29/06/2022.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Capital de giro: aprenda o que é e como fazer. 2013. Disponível em: <<https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-que-e-e-como-funciona-o-capital-de-giro,a4c8e8da69133410VgnVCM1000003b74010aRCRD>>. Acesso em: 29/06/2022.

SILVA, H. A.; LEITE, M. A.; DE PAULA, A. R. V. Contextos da Alimentação. Revista de Comportamento, Cultura e Sociedade. Centro Universitário Senac, Vol. 4, n. 2, 2016.

SILVA, P. H. A.; FARIA, F. C. Avaliação da intensidade de amargor e do seu princípio ativo em cervejas de diferentes características e marcas comerciais. Ciência e Tecnologia de Alimentos, n. 28, p. 902-906, 2008.

SIQUEIRA, P. B.; BOLINI, H. M. A.; MACEDO, G. A. O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. Alim. Nutr., v.19, n.4, p. 491-498, out./dez. 2008.

SINDUSCON MG – Tabela do CUB.2022 Online. Disponível em: < <https://www.sinduscon-mg.org.br/cub/tabela-do-cub/>>. Acesso em: 05/07/2022.

SOUZA, Leonardo Paiva. Análise de viabilidade econômico-financeira de uma microcervejaria artesanal na cidade de Porto Alegre. 2017. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2017.

UCJ. UFMG CONSULTORIA JÚNIOR. Descobrindo se um investimento vale a pena: TMA e TIR. 2022. Disponível em: < <https://ucj.com.br/blog/tma-e-tir/>>. Acesso em: 05/07/2022.

VENTURINI FILHO, W.G. (Coord.). Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2016.

Capítulo 4



10.37423/230207258

UM SISTEMA INTEGRADO CNN-LSTM EMBARCADO PARA DIAGNÓSTICO DE FALHAS EM ROLAMENTOS DE MOTORES ELÉTRICOS UTILIZANDO SINAIS DE VIBRAÇÃO

Luiz Alberto Pinto

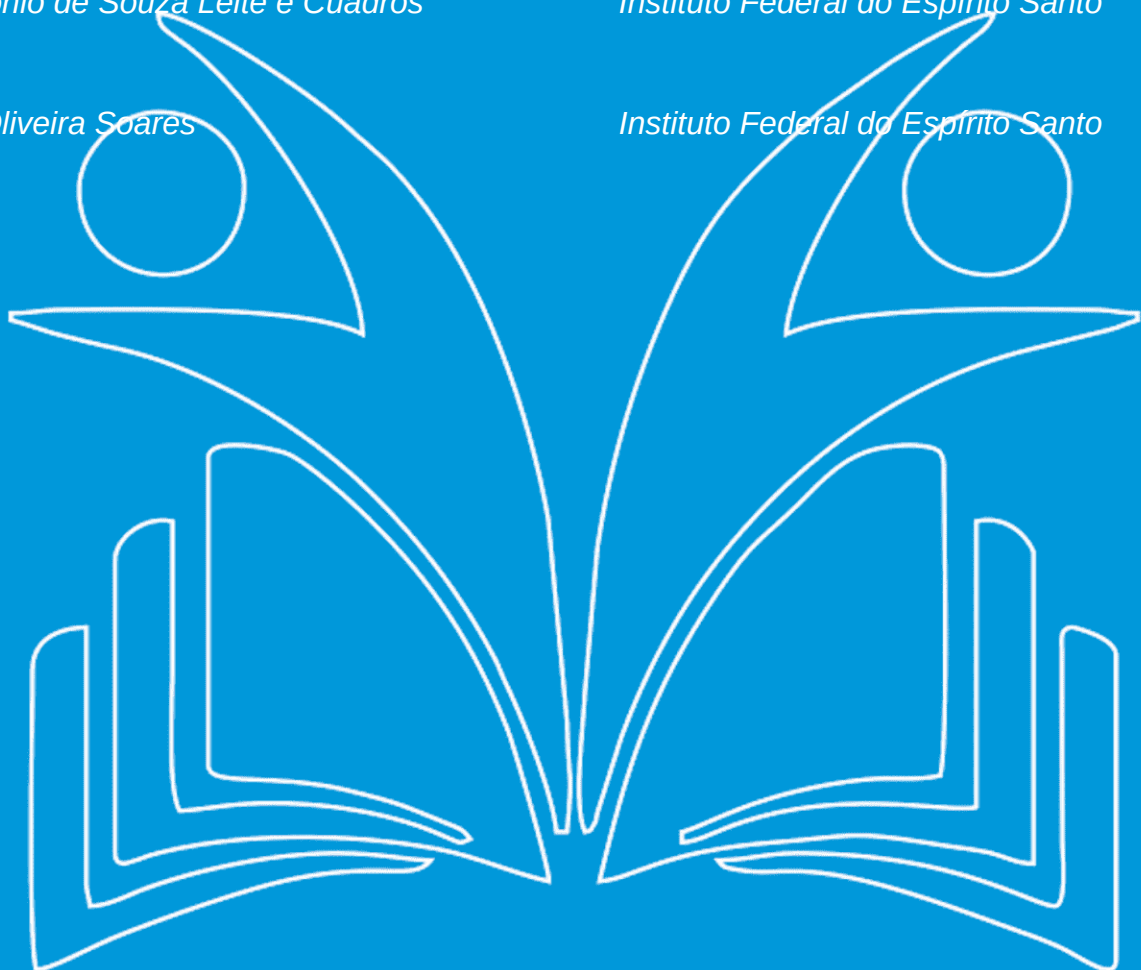
Instituto Federal do Espírito Santo

Marco Antônio de Souza Leite e Cuadros

Instituto Federal do Espírito Santo

Lucas de Oliveira Soares

Instituto Federal do Espírito Santo



Resumo: Esse trabalho aborda o tema do desenvolvimento de sistemas embarcados para detecção de falhas em rolamentos de motores elétricos baseados em sinais de vibração. O sistema utiliza uma rede CNN-M para extração de características e uma rede LSTM para classificação, e foi embarcado em uma placa de desenvolvimento B-L475E-IOT01A da STMicroelectronics que utiliza o microcontrolador STM32L475VGT6. Para avaliação do desempenho do sistema foram utilizadas métricas relacionadas ao desempenho na classificação, bem como métricas computacionais de requisitos de memória e tempo de processamento. Os resultados obtidos, (acurácia nos testes de 99,65% indicam a viabilidade do desenvolvimento de sistemas embarcados para detecção e diagnóstico de falhas em rolamentos de motores elétricos. Em relação as métricas computacionais, verificou-se que a utilização de CNNs na fase de extração de características, que requerem grandes quantidades de parâmetros para sua configuração, pode elevar os requisitos de memória e tempo de processamento.

Palavras-chaves: Diagnostico de falhas; aprendizado de máquinas; transformada wavelet; extração de características; análise de vibração; mafulda; reconhecimento de padrões.

1. INTRODUÇÃO

Motores elétricos são responsáveis por cerca de 40% de todo o consumo de energia elétrica no mundo. Suas boas condições de funcionamento dependem, grandemente, das condições de conservação dos mancais de rolamento. Os mancais de rolamento têm como função dar suporte mecânicos as partes rotativas, reduzir o coeficiente de atrito do movimento e garantir a precisão da rotação. Portanto, uma vez que exista um defeito no rolamento, a estabilidade de todo o conjunto pode ser afetada, provocando danos ao equipamento e condições inseguras.

As abordagens atuais mais comumente usadas para detecção e diagnóstico de falhas em rolamentos consistem na análise dos sinais de vibração e na classificação desses por ferramentas de Machine Learning. Uma vez que falhas em rolamentos alteram o regime de vibração, a aquisição e a análise desses sinais pode fornecer informações importantes sobre o estado de conservação desses componentes.

Uma variedade de abordagens para elaboração de diagnósticos inteligentes de falhas em rolamentos de motores elétricos tem sido proposta na literatura. Por exemplo, Redes Neurais Artificiais (Lima et al., 2013), Redes Neurais Convolucionais (Eren et al., 2018), processamento de sinais de vibração utilizando a Transformada Wavelet (Liu et al., 2018), e aplicação de outras arquiteturas de redes profundas (Liu et al., 2018) e (Markiewicz et al., 2019). Esses métodos têm atingido altos níveis de precisão na identificação de defeitos e na estimação da vida útil (RUL - Rest of Useful Life). Porém, trazem também custos computacionais cada vez mais elevados, para ganhos cada vez mais marginais em precisão.

As principais etapas para o diagnóstico de falhas são: 1. Aquisição dos sinais do processo; 2. Processamento dos sinais e 3. Classificação. Tradicionalmente estas etapas são realizadas em modo on-line e remoto. Nesse caso, a etapa de aquisição dos dados é executada de forma separada das outras duas. A aquisição é realizada *on-site*, no motor, e posteriormente em um computador *off-site* as etapas de processamento e diagnóstico são executadas. Diferentemente dos sistemas *off-line* remotos, nos sistemas *on-site* as etapas de aquisição, processamento e classificação ocorrem de forma contínua, no equipamento, permitindo a elaboração de diagnósticos em tempo real, o que possibilita intervenções imediatas para mitigar os efeitos das falhas.

Com a difusão do conceito de IIoT (Industrial Internet of Things) e de Indústria 4.0, pode-se especular sobre o aumento da utilização de sistemas embarcados microcontrolados e SBCs (Single Board

Computers). Além disso, paralelamente observou-se significantes avanços em conectividade, É ciência energética e capacidade de processamento e de memória dos hardwares para sistemas embarcados disponíveis atualmente. Embora sistemas embarcados sejam uma realidade em várias áreas da tecnologia, são raros os trabalhos sobre diagnóstico de falhas desenvolvido para tais sistemas operando on-site, devido a ainda recente convergência da evolução de classificadores e melhorias da capacidade computacional de microcontroladores.

Esse trabalho avalia o desempenho de um sistema embarcado para realizar o diagnóstico de falhas em rolamentos de motores a partir da análise de sinais de vibração. O sistema é constituído por uma rede neural convolucional para a extração de características, e uma rede LSTM para a classificação das falhas. Nesse trabalho, diferentemente da maioria dos trabalhos até então publicados sobre diagnóstico de falhas utilizando sistemas embarcados, a avaliação do desempenho, além da acurácia na classificação, considerou métricas relacionadas a demanda computacional e o tempo de processamento, parâmetros que, no caso de sistemas embarcados, podem ser tão relevantes quanto a capacidade de classificação do sistema.

O restante deste trabalho contém as seguintes seções: a Seção 2 apresenta uma breve revisão da literatura sobre diagnóstico de faltas em rolamentos e a implementação desses sistemas utilizando hardwares embarcados. A Seção 3 faz uma sucinta revisão da teoria de CNN e LSTM. A seção 4 apresenta as ferramentas e métodos utilizados para a realização da pesquisa. Os resultados e a discussão dos mesmos estão apresentados na seção 5. Porém, a seção 6 contém as conclusões do estudo.

2. TRABALHOS CORRELATOS

O desenvolvimento de técnicas de inteligência artificial aplicadas a detecção de falhas tem resultado no aparecimento de vários artigos sobre o tema. Trabalhos abrangendo a aplicação de Machine Learning em sistemas embarcados têm sido propostos, porém, ainda são poucos em comparação com o desenvolvimento de soluções propostas para desktops e servidores. Em Tzeng (2018) é apresentado um sistema embarcado para captura e pré-processamento de dados de vibração, que então são enviados por uma rede sem fio e monitorados remotamente. Em Hmida and Braham (2016) é implementado um algoritmo de monitoramento de motores, através de sinais de vibração e transformada wavelet, embarcado em um microcontrolador.

Em Gongora et al. (2018), uma RNA embarcada é desenvolvida para detectar falhas no rolamento através do sinal da corrente elétrica. Em Eren et al. (2018) os autores apresentam redes neurais convolucionais compactas capazes de classificar falhas em rolamentos através de sinais de vibração, utilizando conjuntos de dados públicos (como o CWRU) para validar o trabalho. Em Markiewicz et al. (2019) os autores apresentam uma solução embarcada completa de baixo consumo para classificação de falhas utilizando redes Long Short-Term Memory.

Em Lu et al. (2020) os autores classificam 7 tipos de falha, além do funcionamento normal em motores de indução.

Para tal, utilizam 8 motores, cada um em uma condição de falha ou funcionamento normal. Dados de vibração foram adquiridos a uma taxa de 20 kHz e três testes de classificação são realizados em um sistema microcontrolado.

No primeiro teste, imagens 28 x 28 são geradas a partir dos sinais e uma CNN com duas camadas convulsionais é utilizada para a classificação. No segundo os autores usam as mesmas imagens 28 x 28 e uma CNN com uma camada convolucional para classificação, e no terceiro teste geram imagens 14 x 14 e as classificam utilizando a CNN com duas camadas convolucionais. As acurácias alcançadas são 100%, 97,5% e 94,13% para cada teste, respectivamente.

Os autores em (Chen et al., 2020) comparam os desempenhos de duas redes neurais com diferentes kernels para extrair descritores de sinais de vibração de rolamentos de motores elétricos. Em uma etapa anterior a classificação, os sinais de vibração form subamostrados afim de reduzir a quantidade de variáveis. Uma LSTM foi utilizada para a classificação das faltas ocorridas no processos, tendo os autores relatado uma acurácia de 98,46%.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Uma breve revisão conceitual das redes CNN e LSTM, utilizadas para a implementação do sistema é apresentada a seguir.

3.1 REDES NEURAS CONVOLUCIONAIS - CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)

Redes Neurais Convolucionais são constituídas por diversas camadas sendo uma de entrada, uma de saída e várias camadas intermediárias alternadas com diferentes funções (Liu et al., 2017).

A Figura 1 apresenta a arquitetura básica de uma CNN.

A camada convolucional é a responsável pela extração das informações e sua representação em forma de características numéricas. A camada *Max Pooling* é responsável pela realização de uma subamostragem dividindo a entrada em regiões retangulares menores e calculando o valor representativo para a região considerada, reduzindo a dimensão da imagem para as etapas seguintes.

A *Dropout Layer* atribui

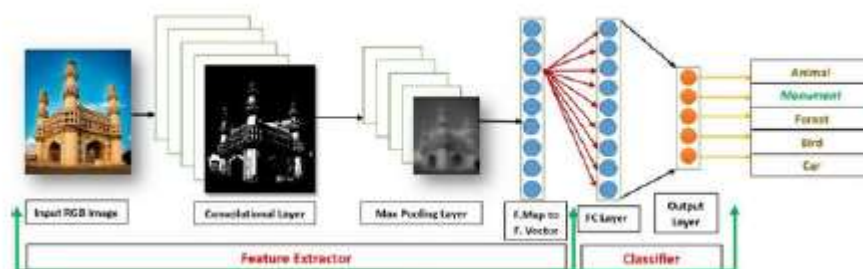


Figura 1. Arquitetura Básica de uma Rede Neural Convolucional.

Disponível em: <https://www.serpro.gov.br/>. Acesso em jun. 2020.

Aleatoriamente, durante a etapa de treinamento, valores de entrada para zero conforme uma dada probabilidade.

É utilizada para evitar sobreajuste da rede para um dado conjunto de treinamento. A camada totalmente conectada (Fully Connected Layer) possui todos os neurônios conectados a todos os neurônios da camada anterior, combinando todas as características aprendidas pelas camadas anteriores para identificar padrões. Rede neurais convolucionais têm sido amplamente utilizadas em aplicações de reconhecimento de padrões e visão computacional (Eren et al., 2018).

3.2 LONG SHORT-TERM MEMORY - LSTM

As redes neurais Long Short-Term Memory - LSTM (Hochreiter and Schmidhuber, 1997) são variações da arquitetura das redes neurais recorrentes (RNN), proposta para superar limitações dessas. Uma das características que as diferenciam das arquiteturas convencionais de redes neurais recorrentes, é a sua capacidade de memorizar informações em intervalos arbitrários. A LSTM é organizada em uma estrutura em cadeia constituída por blocos de processamento e blocos de memória chamados células, conforme pode ser visto na Figura 2.

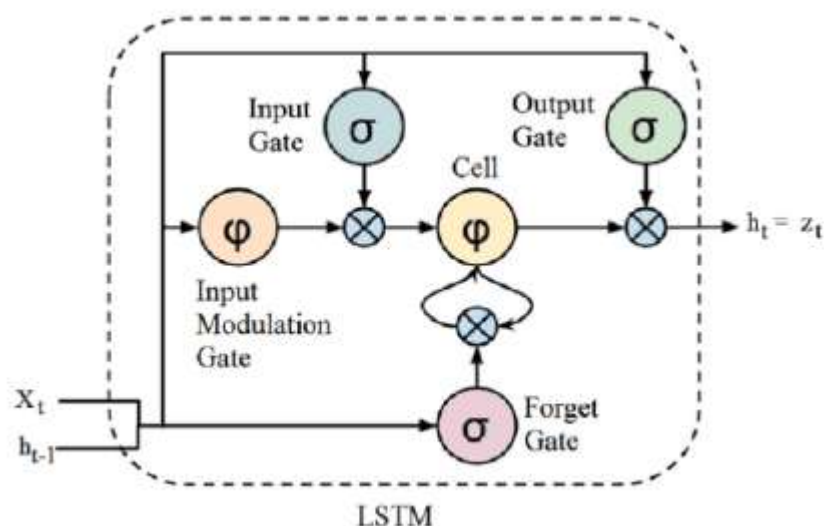


Figura 2. Célula de uma Long Short Term Memory

Fonte: Dias et al. (2018).

A informação é retida pelas células, e as manipulações de memória são realizadas por três tipos de portas (gates).

Na Forget Gate as informações que não são mais úteis para um determinado estado da célula são removidas. Se a saída desse bloco for 0, a informação é esquecida, se for 1, a informação é retida para uso futuro. Na Input Gate ocorre a adição de informações úteis ao estado da célula. A Output Gate, por sua vez, tem a função de extrair informações úteis do estado atual da célula para serem apresentadas como uma saída.

4. METODOLOGIA

Nesta seção está descrito o conjunto de dados utilizado para a realização dos experimentos, os modelos de extração de características e classificação das falhas, e as características do hardware utilizados para embarcar o sistema.

4.1 O CONJUNTO DE DADOS CWRU

O conjunto de sinais de vibração CWRU, foi gerado nos laboratórios da Case Western Reserve University em Ohio,

EUA e pode ser obtido livremente no repositório de dados da referida universidade. Para a sua aquisição, experimentos foram realizados em uma bancada de teste equipada com um motor elétrico de 2 hp, conforme mostrado na Figura 3. Utilizando eletro erosão (EDM - electro-discharge machining),

foram introduzidas falhas com dimensões entre 0,007 e 0,028 polegadas na pista interna, pista externa e nas esferas dos rolamentos. Os rolamentos defeituosos foram reinstalados e foram coletados 10 segundos de sinal de vibração no motor com cargas variando entre 0 e 3 hp acopladas em seu eixo (velocidades do motor entre 1797 e 1720 rpm).

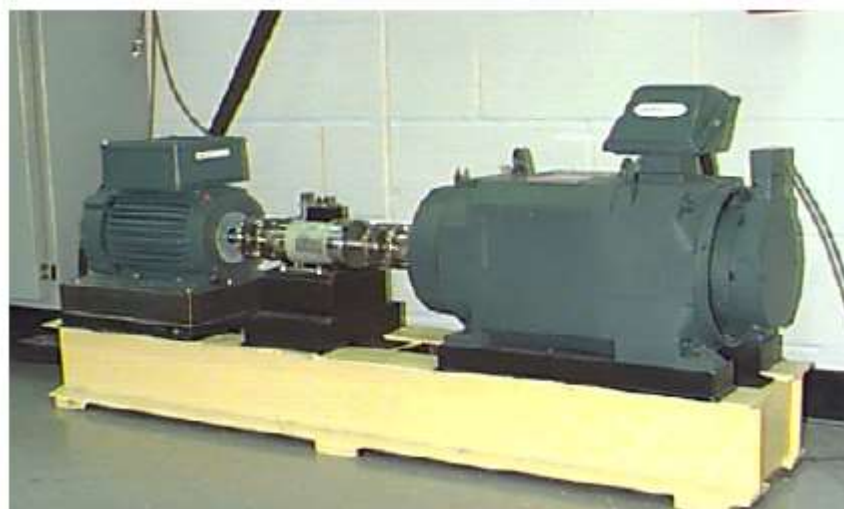


Figura 3. Equipamento utilizado na aquisição de dados do conjunto CWRU.

Fonte: Case Western Reserve University

O conjunto completo é constituído por 161 arquivos contendo os sinais de vibração coletados em 3 posições diferentes (lado do eixo, lado do ventilador e base), bem como as velocidade de rotação do motor em que os sinais foram coletados. Para a realização desse trabalho, foram utilizados os sinais de vibração coletados pelo sensor posicionado no eixo do motor, a 48 kHz, para todas as falhas com dimensão de 0,021 polegadas no rolamento do eixo do motor, totalizando 24 sinais cobrindo 6 posições de defeitos e 4 cargas/velocidades. Os sinais foram agrupados de acordo com a posição dos defeitos, independente da carga/velocidade de rotação, originando 6 classes diferentes.

A estrutura do modelo para detecção e diagnóstico das falhas é constituído por dois módulos. O módulo de extração de descritores, implementado por uma Rede Neural Convolucional, e o módulo de classificação, que consiste em uma rede Long Short Time Memory (LSTM).

4.2 REDE EXTRATORA DE CARACTERÍSTICAS CNN-M

A rede neural convolucional utilizada no módulo de extração de características está mostrada na Figura 4. A

Tabela 1. Classes do CWRU.

Classe	Posição do defeito
C6	Sem defeito, condição normal
C5	Esfera
C4	Pista interna
C3	Pista externa ortogonal
C2	Pista externa centralizado
C1	Pista externa oposto

Rede CNN-M _e uma CNN multi-scale proposta por Chen et al. (2020), composta por duas CNNs unidimensionais em paralelo, CNN-H e CNN-L. A CNN-L que tem campos receptivos maiores, é a responsável pela extração de características relacionadas a baixas frequências. Por sua vez, a CNN-H tem campos receptivos menores para extrair características de frequências mais altas do sinal de vibração.

As características extraídas pelas CNNs, separadamente, são combinadas através de uma camada de multiplicação ponto a ponto entre os vetores de saída da CNN-L e CNN-H. Os parâmetros da configuração dessa rede estão mostrados na Tabela 2.

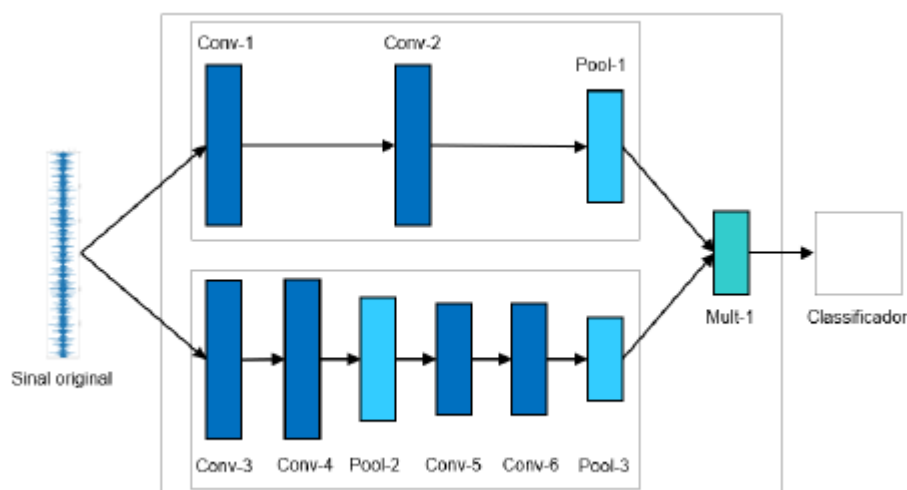


Figura 4. Estrutura da CNN-M.

Fonte: Autoria própria

Tabela 2. Parâmetros de Configuração da Rede CNN-M

Camada	Nº Filtros	Kernel/Stride	F Ativação
<i>Convolutcional-1</i>	50	20/2	tanh
<i>Convolutcional-2</i>	30	10/2	tanh
<i>Pooling-1</i>		2/2	
<i>Convolutcional-3</i>	50	6/1	tanh
<i>Convolutcional-4</i>	40	6/1	tanh
<i>Pooling-2</i>		2/2	
<i>Convolutcional-5</i>	30	6/1	tanh
<i>Convolutcional-6</i>	30	6/2	tanh
<i>Pooling-3</i>		2/2	
<i>Total de Parâmetros</i>			41.130

4.3 REDE CLASSIFICADORA LSTM

O módulo de classificação é implementado por uma rede LSTM hierárquica seguida por uma camada totalmente conectada de saída, cuja estrutura é ilustrada na Figura 5. A Tabela 3 mostra o número de parâmetros utilizados para a implementação dessa rede.

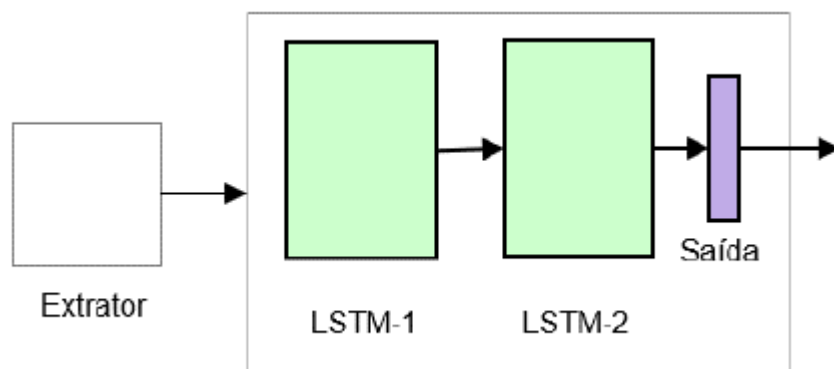


Figura 5. Estrutura da LSTM.

Fonte: Autoria própria

Tabela 3. Parâmetros da Rede LSTM

Camada	Unidades	Função Ativ.
LSTM-1	60	ReLU
LSTM-2	30	ReLU
Saída	10	
Total de parâmetros		32.226

4.4 HARDWARE - O SISTEMA MICROCONTROLADO

Como este trabalho não se limitou a implementar técnicas e modelos para serem executados em computadores desktop, foi necessário utilizar um sistema computacional consistindo de hardware, *firmware* e *softwares* de desenvolvimento para microcontroladores STM32.

Para realizar a classificação utilizando os modelos apresentados, foi escolhida a placa de desenvolvimento B-L475E-IOT01A da STMicroelectronics (Figura 6), que utiliza o microcontrolador STM32L475VGT6. Este microcontrolador conta com 1 Mbyte de memória flash, 128 Kbyte de memória SRAM, clock principal de até 80 MHz, unidade de ponto flutuante (FPU) padrão IEEE 754, e tem um microprocessador Arm Cortex-M4 de ultra-baixo consumo e alto desempenho, utilizando arquitetura ARMv7E-M com extensão de instruções para processamento digital de sinais (DSP).

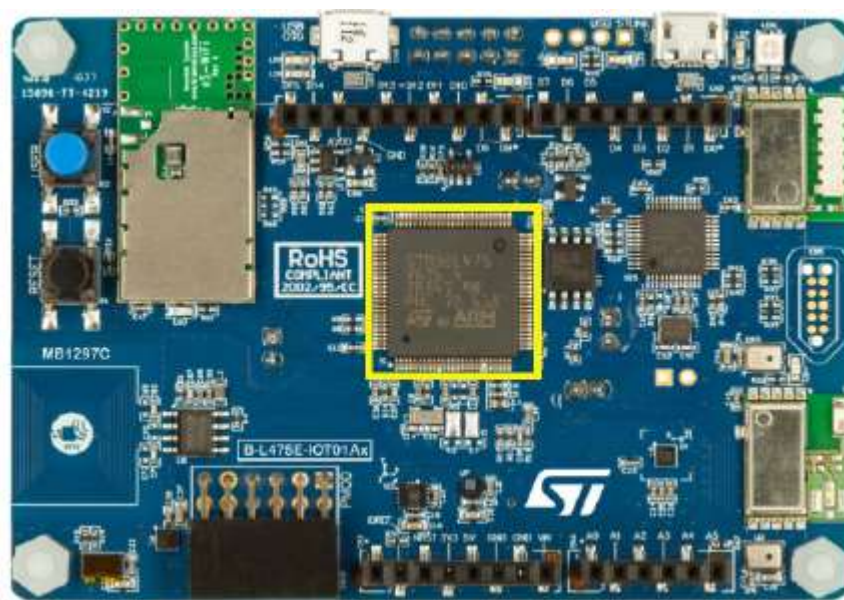


Figura 6. Placa de desenvolvimento B-L475E-IOT01A.

Fonte: Adaptado de STMicroelectronics

4.5 SOFTWARE E FIRMWARE

A classificação das falhas foi realizada por um firmware embarcado no microcontrolador. Para isso, foi utilizada a biblioteca CMSIS-NN disponibilizada pela própria Arm, e a ferramenta X-Cube-AI da STMicroelectronics, integrada ao ambiente de desenvolvimento STM32CubeIDE para microcontroladores da família STM32. Para a classificação das falhas, o firmware executa a seguinte rotina básica: recebimento dos dados referentes ao sinal que deve ser classificado -> extração de características do sinal -> Classificação -> envio do resultado da classificação.

4.6 TESTE MULTI-PLATAFORMA

Os testes realizados envolveram duas etapas: o treinamento e a classificação. Devido a limitação de recursos computacionais do microcontrolador, o treinamento do modelo, etapa com maior demanda, foi realizado em um computador desktop, e para tal, foram utilizadas funções implementadas na linguagem Python. Posteriormente, após o treinamento, estas redes foram transformadas e inseridas no firmware utilizando as ferramentas mencionadas na subseção anterior. A Figura 7 apresenta a rotina executada nessa fase do projeto. Em um computador desktop (1) todos os sinais (a) são divididos em treinamento (b) e teste (c). Os dados de treinamento são processados e utilizados para treinar os classificadores (d). O firmware com a rede treinada (e) é embarcada no microcontrolador (2), que recebe os dados de teste e os classifica. Finalmente o resultado da classificação é enviado ao desktop para cálculo das métricas de desempenho (f).

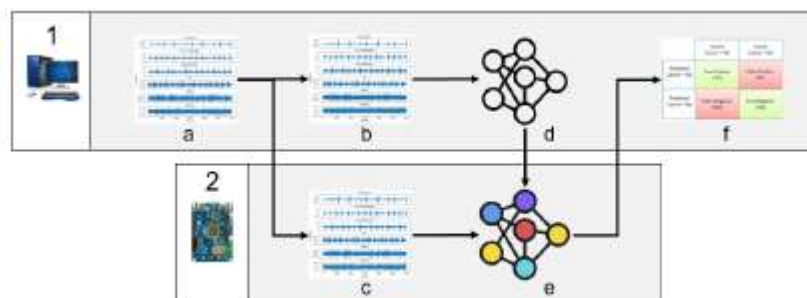


Figura 7. Fluxo de treinamento e teste multi-plataforma.

Fonte: Autoria própria

É importante lembrar que em aplicações reais a aquisição dos dados seria realizada pelo próprio dispositivo embarcado posicionado junto ao motor elétrico monitorado, e que o resultado da classificação seria transmitido via Comunicação remota, preferencialmente sem fio, eliminando por completo a necessidade de um computador desktop na rotina de identificação dos defeitos.

4.7 TREINAMENTO

Os sinais brutos foram particionados em segmentos de 2000 pontos que constituíram as amostras que alimentaram a rede CNN-M para extração das características.

Na fase de extração de características foram obtidas 5.760 amostras, sendo 960 por classe. Para o treinamento dos modelos foi utilizada a técnica Holdout, tendo as amostras sido particionadas em amostras de treino (70%) e teste (30%). A Figura 8 mostra o desempenho na fase de treino do modelo LSTM. O treinamento foi realizado em 20 épocas, com batches de 10 amostras. Pode-se notar que o

valor da acurácia no final das 20 épocas é próximo da unidade. O treinamento foi realizado em um computador desktop com 24 Gb de memória RAM e um processador AMD Ryzen 5 2400G.

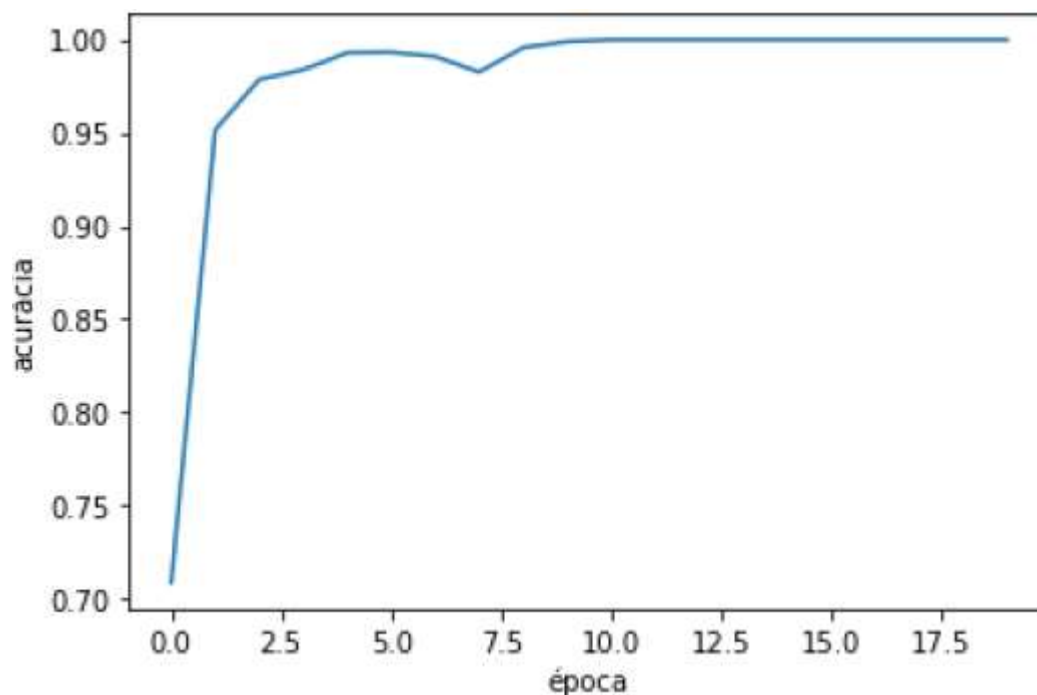


Figura 8. Acurácia de treino do modelo.

Fonte: Autoria própria

4.8 MÉTRICAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Para a avaliação do desempenho do sistema foram consideradas métricas relacionadas à classificação, e métricas computacionais. Para a avaliação da classificação foi utilizada a acurácia. No contexto de sistemas embarcados microcontrolados, os recursos computacionais são escassos, sendo um fator limitante na viabilidade de modelos de classificação. Dessa forma, além das métricas de classificação, métricas de desempenho computacional dos modelos são tão importantes quanto e, dependendo da aplicação, mais relevantes do que as métricas de classificação. Quando a aplicação é limitada mais por preço, tamanho, ou consumo de energia do hardware do que pela acurácia de classificação, é importante ter métricas que auxiliem na escolha dos melhores algoritmos dentro daquelas limitações. As métricas computacionais aplicadas nesse trabalho se baseiam no framework desenvolvido pela STMicroelectronics para aplicação de inteligência artificial. Os parâmetros de desempenho do STM32 Cube AI são capacidade de armazenamento em KiB, complexidade computacional (chamada então de MACC - multiply-accumulate complexity), e tempo.

5. RESULTADOS

Nesta seção os resultados dos testes são apresentados em termos das métricas de desempenho na classificação, bemncomo em termos das métricas computacionais.

5.1 RESULTADOS EM TERMOS DAS MÉTRICAS DE CLASSIFICAÇÃO

A Figura 9 mostra a matriz de confusão da etapa de testes.

O valor da acurácia foi 99,65%. Esse resultado mostra que a combinação da rede CNN-M para extração de características com a LSTM para classificação produz um modelo com elevada capacidade de classificação das falhas.

De fato, o bom desempenho da CNN na etapa de extração de características que, de forma geral, extrai as variáveis com melhor capacidade de descrição das falhas, favorece o desempenho da rede LSTM na etapa de classificação.

Pode-se observar a partir da matriz de confusão que o modelo teve bom desempenho em todas as condições de funcionamento.

		Modelo 5					
Verdadeiro	C1	297	0	0	0	0	0
	C2	0	277	1	0	0	0
	C3	0	0	290	0	0	0
	C4	0	0	0	279	0	0
	C5	0	0	0	1	304	1
	C6	0	0	0	0	3	275
		C1	C2	C3	C4	C5	C6
		Previsto					

Figura 9. Matriz de confusão.

Fonte: Autoria própria

5.2 RESULTADOS EM TERMOS DAS MÉTRICAS COMPUTACIONAIS

Com o modelo embarcado no microcontrolador as métricas de demanda computacional foram extraídas para o modelo completo (módulo de extração de características e módulo de classificação) e para cada módulo individualmente (CNN-M e LSTM). Além disso, o tempo necessário para a Classificação de cada amostra foi medida. Todos os valores das métricas computacionais foram calculadas utilizando a ferramenta STM32 Cube AI, e estão registrados na Tabela 4.

Tabela 4. Métricas computacionais – módulos

	ROM (KiB)	RAM (KiB)	MACC	tempo (ms)
CNN-M	160,66	62,97	5.364.080	2791,5
LSTM	127,88	11,29	906.630	171,7
Modelo	288,54	74,26	6.270.710	2981,8

Analisando os valores das métricas computacionais observa-se que, se por um lado, a utilização da rede CNN-M na etapa de extração de característica pode assegurar a extração de características com melhor capacidade de classificação, quando comparado aos métodos estatísticos, por outro lado, devido a grande quantidade de parâmetros necessários para a configuração da rede, o valor da MACC, e consequentemente do tempo computacional dessa etapa foi comparativamente alto em relação ao desempenho da rede LSTM.

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos, considerando a métrica de classificação e as métricas computacionais relacionadas aos requisitos de tempo de processamento e memória, mostram ser viável a utilização de microcontroladores com técnicas de Deep Learning para classificação de defeitos em rolamentos de motores utilizando sinais de vibração em sistemas embarcados. A combinação das redes CNNme LSTM para implementação do sistema de classificação demonstrou-se eficiente para a classificação das falhas do sistema, tendo apresentado uma acurácia de 99,65%.

Outro aspecto importante a ser considerado é o alto valor de MACC e do tempo de processamento na fase de extração de características como resultado da utilização da CNN-M. Trabalhos futuros poderão considerar a utilização de técnicas estatísticas convencionais para essa tarefa, o que, se espera, reduzirão o valor da MACC e do tempo de processamento, sem redução significativa do desempenho do modelo na classificação.

REFERÊNCIAS

Chen, X., Zhang, B., and Gao, D. (2020). Bearing fault diagnosis base on multi-scale cnn and lstm model. *Journal of Intelligent Manufacturing*.

Dias, P.F., Pinto, L.A., Cavalieri, D.C., and Pereira, F.G. (2018). Utilização de Técnicas de Deep Learning para Reidentificação de Pessoas. João Pessoa, Paraíba, Brasil. doi:10.20906/CPS/CBA2018-0825. URL <http://www.swge.inf.br/proceedings/paper/?P=CBA2018-0825>.

Eren, L., Ince, T., and Kiranyaz, S. (2018). A generic intelligent bearing fault diagnosis system using compact adaptive 1d cnn classier. *Journal of Signal Processing Systems*. doi:10.1007/s11265-018-1378-3.

Gongora, W.S., Goedel, A., Castoldi, M.F., Oliveira da Silva, S.A., and Da Silva, I.N. (2018). Embedded system to detect bearing faults in line-connected induction motors. In 2018 XIII International Conference on Electrical Machines (ICEM), 1841{1847.

Hmida, M.A. and Braham, A. (2016). Arm based rs-wpt implementation for embedded condition monitoring of induction motor. In IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 1464{ 1469.

Hochreiter, S. and Schmidhuber, J. (1997). Long shortterm memory. *Neural Computation*, 9(8), 1735{1780.

Lima, A.A.d., Prego, T.d.M., Netto, S.L., da Silva, E.A., Gutierrez, R.H., Monteiro, U.A., Troyman, A.C., Silveira, F.J.d.C., and Vaz, L. (2013). On fault classification in rotating machines using fourier domain features and neural networks. In 2013 IEEE 4th Latin American Symposium on Circuits and Systems (LASCAS), 1{4. IEEE.

Liu, J., Gao, X., Bao, N., Tang, J., and Wu, G. (2017).

Deep convolutional neural networks for pedestrian detection with skip pooling. 2056{2063. IEEE. doi:10.1109/IJCNN.2017.7966103.

Liu, R., Yang, B., Zio, E., and Chen, X. (2018). Artificial intelligence for fault diagnosis of rotating machinery: A review. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 108, 33{47.

Lu, S., Qian, G., He, Q., Liu, F., Liu, Y., and Wang, Q. (2020). In situ motor fault diagnosis using enhanced convolutional neural network in an embedded system.

IEEE Sensors Journal, 20(15), 8287{8296.

Markiewicz, M., Wielgosz, M., Kochanski, M., Tabaczynski, W., Konieczny, T., and Kowalczyk, L. (2019). Predictive maintenance of induction motors using ultralow power wireless sensors and compressed recurrent neural networks. *IEEE Access*, 7, 178891{178902.

Tzeng, C. (2018). Vibration detection and analysis of wind turbine based on a wireless embedded microcontroller system. In 2018 IEEE International Conference on Applied System Invention (ICASI), 133{136.

Capítulo 5



10.37423/230207275

ADIÇÃO DE PÓ DAS CONCHAS DE SURURU NA CONFECÇÃO DE TIJOLOS SOLO-CIMENTO

Amanda Tenório da Costa

Paulo Chagas do Carmo

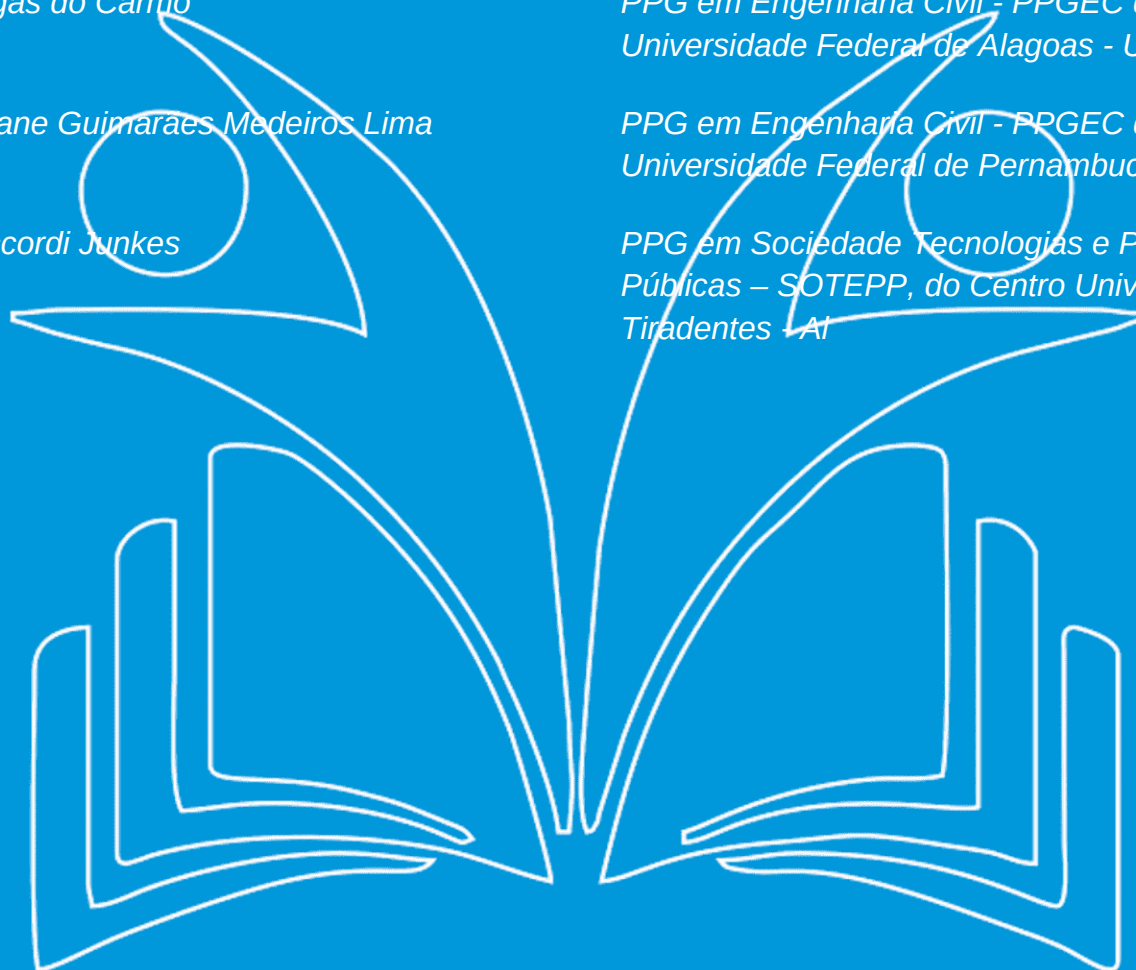
Uedja Tatyane Guimarães Medeiros Lima

Janaína Accordi Junkes

*PPG em Sociedade Tecnologias e Políticas
Públicas – SOTEPP, do Centro Universitário
Tiradentes - Al
PPG em Engenharia Civil - PPGECC da
Universidade Federal de Alagoas - UFAL, AL*

*PPG em Engenharia Civil - PPGECC da
Universidade Federal de Pernambuco, SE*

*PPG em Sociedade Tecnologias e Políticas
Públicas – SOTEPP, do Centro Universitário
Tiradentes - Al*



Resumo: A disposição inadequada de resíduos é um dos grandes agravantes ao meio ambiente. Um dos destaques da comida típica alagoana é o molusco sururu (*Mytella falcata Orbigny*), este é produzido na lagoa Mundaú em Maceió e sua comercialização gera resíduos em decorrência das conchas que são irregularmente descartadas. Este descarte traz alguns problemas, como a poluição visual, proliferação de doenças e alteração da água. Uma alternativa para sanar esse problema é transformar esse resíduo em matéria prima de um produto. Assim, esta pesquisa tem o objetivo de utilizar as conchas do sururu na fabricação de tijolos solo-cimento. Os tijolos foram produzidos de acordo com a norma ABNT NBR 10833/2012 e executado os testes de acordo com a norma ABNT NBR 8492/2012. As conchas do sururu foram obtidas ao redor da Lagoa Mundaú, lavadas e processadas a fim de diminuir sua granulometria. O solo utilizado foi caracterizado para se adequar a norma. Por meio dos ensaios foi possível verificar a viabilidade de sua utilização, visto que atende aos requisitos da norma, mesmo utilizando percentuais do resíduo em sua composição.

Palavras-chave: Sustentabilidade, matéria-prima alternativa, Resíduos, Sururu.

1. INTRODUÇÃO

O molusco bivalve comumente conhecido como sururu na região do Nordeste do Brasil, é utilizado no desenvolvimento de diversos pratos típicos da região maceioense e é uma marca registrada do local. No entanto a matéria orgânica, que é utilizada na culinária, corresponde a somente 25% do peso do marisco, tendo sua concha descartada de forma irregular, sendo esta amontoadas em calçadas, ruas, próxima a caçambas de lixo, como mostrado na Figura 1. Este descarte ocasiona diversos problemas, tais como: mau cheiro, poluição visual, proliferação de doenças, soterramento do mangue e ainda pelo fato deste resíduo ser pontiagudo pode ocasionar ferimentos quando em contato com a pele. (SOUZA *et al.*, 2015).

De acordo com DALLAROSA (2011), as cascas de moluscos são ricas em carbonato de cálcio e o mesmo possui larga aplicabilidade em diversas áreas industriais, tais como: cimento, papel, materiais refratários, plásticos, borracha, tintas, adesivos, inseticidas, pesticidas, produtos alimentícios e farmacêuticos, catalisadores, absorventes, clarificantes, fertilizantes, gesso, auxiliares de filtração, cosméticos, produtos químicos, detergentes e abrasivos, além de cargas de enchimento para diversas finalidades. No entanto, a área não recebe o devido incentivo para o desenvolvimento destes materiais, e o resíduo acaba sendo transformado em lixo comum ou descartado no próprio mangue. O presente trabalho consiste em aproveitar o resíduo da produção de sururu, na produção de tijolos solo-cimento. Este tijolo é constituído por uma mistura compactada de solo, cimento Portland e água, em proporções estabelecidas pela norma ABNT NBR 8491/2012.

Figura 1 – Conchas de sururu descartadas de forma irregular.



Fonte: Os autores, 2018.

Levando em consideração que os recursos naturais são finitos, logo, a reutilização e reciclagem são fatores importantes. A viabilidade da valorização de um determinado material, para além dos aspectos técnicos inerentes, depende de fatores como: a sua disponibilidade contínua; a quantidade produzida e grau de pureza; as condições de mercado; os custos e a disponibilidade de transporte; o custo inerente ao processo de transformação num material reutilizável; o custo de deposição de resíduos associados ao processo; e por fim os prejuízos ambientais que advém da sua não reutilização (PELINO, 1997). Existe uma necessidade na busca de novos tipos de materiais para a construção civil, por causa da necessidade de preservação ambiental, bem como a tendência de escassez de recursos naturais. De acordo MOTTA *et al* (2014), estima-se que a construção civil utiliza em torno de 20 a 50% do total de recursos naturais utilizados pela sociedade.

Assim, o objetivo desse trabalho é o de verificar a possibilidade da reutilização da concha de sururu como matéria prima alternativa na confecção de tijolos solo-cimento.

2. METODOLOGIA

A pesquisa teve seu desenvolvimento dividido em três partes: estudo e caracterização dos materiais, fabricação dos tijolos e ensaios para avaliar as propriedades do tijolo. O tijolo solo-cimento é produzido com solo, cimento e água. Para o trabalho foi estudada a possibilidade de substituição de porcentagens do cimento por pós das conchas de Sururu.

A coleta das conchas de sururu foi realizada no bairro do Vergel do Lago (UTM: 196627.58 m E; 8930324.17 m S), local onde há extração e comércio do marisco. Obteve-se cerca de 25kg de conchas, nas quais passaram pelos processos de lavagem para retirar o material orgânico restante. Concluído o processo de lavagem, iniciou-se o de secagem, feita primeira em temperatura ambiente com as cascas dispostas em uma lona ao ar livre, e em seguida com o auxílio de uma estufa. O processamento para diminuir sua granulometria foi realizado utilizando o moinho de bolas. As conchas foram dispostas em bandejas metálicas a uma temperatura média de 150°C por 2 horas. Com o material preparado, foram realizados os ensaios de análise granulométrica de acordo com a ABNT NBR 7181 e fluorescência de raios X, a fim de realizar uma análise comparativa dos elementos das conchas do Sururu com o cimento.

Realizou-se a análise granulométrica do solo de acordo com a ABNT NBR 7181 e em conformidade com as normas ABNT NBR 6459, determinou-se o Limite de Liquidez e o Limite de Plasticidades, tais

parâmetros foram avaliados para adequação à norma de Fabricação de Tijolo Solo-Cimento. O solo foi coletado na comunidade Santo Onofre (UTM: 202953.11 m E; 8934156.67 m S), em Maceió.

O tijolo foi feito em uma prensa hidráulica e foram realizadas três formulações do tijolo solo-cimento, sendo uma a convencional, sem adição dos resíduos do sururu, e duas com substituições de 2% e 5% de cimento pelo pó das conchas do sururu. Ao total obteve-se 30 tijolos, Figura 2, para que após a fabricação fosse realizado os testes de absorção de água e resistência à compressão, para conferir as propriedades do tijolo.

Figura 2 – Tijolo Solo-Cimento Confeccionados.



Fonte: os autores, 2018.

A norma ABNT NBR 10833/2012 estabelece que durante os 7 dias de cura do tijolo solo-cimento, o mesmo deve ser mantido umedecido. A mesma norma, afirma que após 14 dias da confecção do tijolo, eles já podem ser utilizados.

Para a produção dos tijolos prensados foi utilizado o cimento CP II – Z, que contém adição de material pozolânico que varia de 6% a 14% em massa, o que confere ao cimento menor permeabilidade, sendo ideal para obras subterrâneas, principalmente em presença de água (MARQUES, 2015).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Foi realizado o ensaio Fluorescência de Raios X (FRX) com a concha do Sururu como pode ser visto na Tabela 1, para que fosse definida a viabilidade da substituição em porcentagens do cimento pelo Sururu.

Tabela 1 - Elementos da casca do sururu e do cimento Portland.

Elementos Majoritários	Sururu
Al ₂ O ₃	2,01
SiO ₂	8,61
Fe ₂ O ₃	0,52
CaO	42,8
Outros	2,46

* sururu apresenta 43,6% de perda ao fogo

Fonte: Os autores, 2018

Com base nos resultados apresentados a casca do sururu é rica em carbonato de cálcio. Além disso apresenta outros elementos em comum com o cimento, como o óxido de alumínio, de sílica e de ferro. Juntos eles correspondem a 95% da composição do clínquer, o qual está diretamente relacionado com a obtenção do cimento (ITAMBE, 2018).

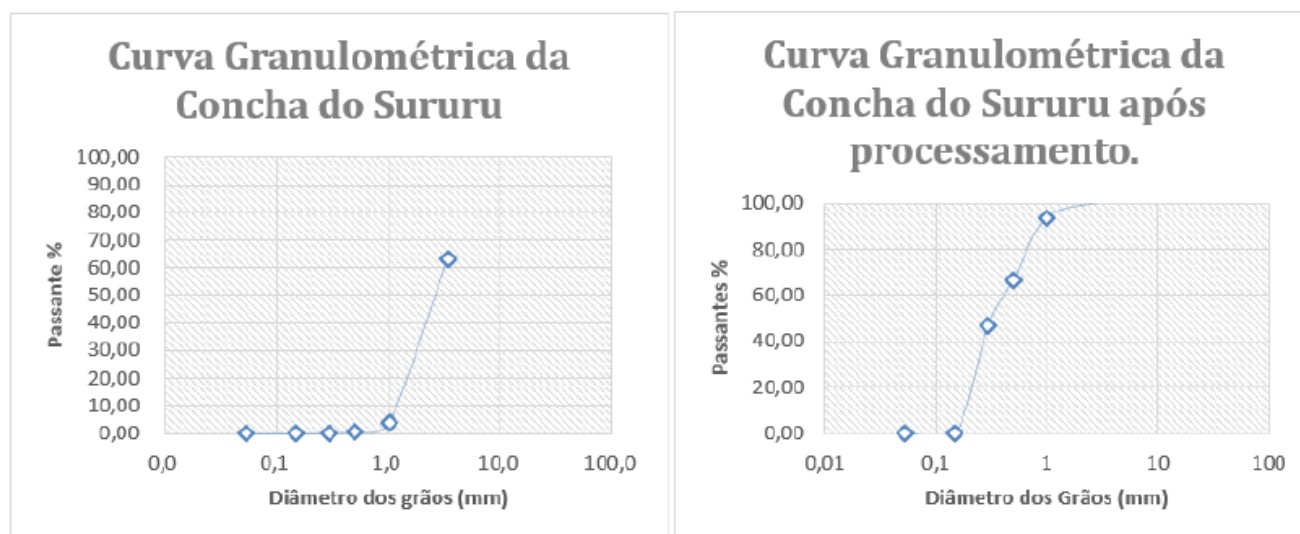
As conchas do Sururu tiveram uma redução de granulometria, Figura 3, a fim de assemelha-se à granulometria do cimento, possibilitando a substituição, houve uma análise granulométrica antes e após o processo de redução, como é visto na Figura 4.

Figura 3 - Ensaio de granulometria dos pós das cascas de sururu.



Fonte: Os autores (2018)

As amostras que passaram na malha 100 (0,149 mm), ou seja, as retidas na malha 270 (0,053mm) e no fundo são as que serão aproveitadas para a formulação do tijolo solo cimento. O material retido nas outras malhas foi reprocessado, até atingir a dimensão desejada dos grãos com o mínimo de desperdício de material.

Figura 4 – Curva Granulométrica da concha do Sururu, antes e após processamento.

Fonte: Os autores, 2018.

O solo utilizado foi analisado segundo a norma ABNT NBR 10833/2012, obtendo-se um limite de liquidez de 34% e o limite de plasticidade em 18%. Através da análise de sedimentação foi possível concluir que o solo obtido é composto aproximadamente de 62% de areia e 38% de argila. Considerando os parâmetros da norma, o solo satisfaz os requisitos, tendo em vista que o solo ideal para o tijolo solo-cimento deve ter um limite de liquidez $\leq 45\%$ e limite de plasticidade $\leq 18\%$. A faixa de areia, deve ser entre 50% a 70%.

3.2 PROPRIEDADES DOS TIJOLOS

Foram confeccionadas 3 composições de tijolos, como é visto na Tabela 2. Para cada composição realizou-se o ensaio de absorção de água em 3 corpos de prova e o ensaio de resistência à compressão em 7 corpos de provas após 14 dias. Os ensaios foram realizados em conformidade com a norma ABNT NBR 8492/2012 e os resultados obtidos estão descritos na Tabela 3.

Tabela 2 – Composições dos Tijolos

Composições	Cimento (%)	Solo (%)	Sururu (%)
Composição 1	15	85	0
Composição 2	13	85	2
Composição 3	10	85	5

Tabela 3 – Resultados dos Ensaio

Composições	Resistência a Compressão (MPa)	Absorção de Água (%)
Composição 1	4,46	14,48%
Composição 2	4,24	8,28%
Composição 3	4,02	12,87%

Para o tijolo solo-cimento, a norma ABNT NBR 8491/2012 recomenda uma absorção de água máxima de 20%. Foi realizado o ensaio em 3 tijolos de cada formulação, obtendo-se o percentual de absorção de água conforme a Tabela 3. Logo, os tijolos encontram-se em conformidade com a norma para a absorção de água.

Para o tijolo solo-cimento, recomenda-se uma Resistência à compressão tem que ser maior 2MPa. Dessa forma, o tijolo produzido com percentuais de pó das conchas do sururu está em conformidade com a norma, atingindo uma resistência de 4MPa.

4. CONCLUSÕES

Pôde-se desenvolver um roteiro acessível para a fabricação de tijolos solo-cimento utilizando resíduos atingindo os requisitos exigidos por norma.

A casca do sururu pode atingir uma granulometria equivalente à do cimento e por sua composição ser semelhante, apresenta potencial para o desenvolvimento de materiais de construção com sua incorporação, porém utilizando pequenos percentuais

Conforme verificado, a baixa atividade pozolânica da concha acaba compromete na resistência do tijolo, porém para as formulações testadas, os tijolos atendem perfeitamente, e com boa segurança, as exigências da ABNT NBR 8492.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 6459 (2016) - Solo - Determinação Do limite de liquidez

ABNT NBR 7181 (2016) - Solo - Análise granulométrica

ABNT NBR 8491/2012 - Tijolo de Solo-cimento – Requisitos.

ABNT NBR 8492/2012 - Tijolo de solo-cimento – Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água – Método de ensaio.

ABNT NBR 10833/2012 – Fabricação de Tijolo Maciço e Bloco Vazado de Solo-Cimento com a Utilização de Prensa Hidráulica – Procedimento (ABNT, 1989).

DALLAROSA, A. Z. Proposta de melhoria no processo industrial do carbonato de cálcio apoiada em modelo de referência do desenvolvimento de produto e processo. Tese de mestrado em Engenharia de Produção, universidade tecnológica federal do paraná – UTFPR., 2011.

ITAMBÉ. AOKI, J. Calcário para cimento. 2007. Disponível em:

< <http://www.cimentoitambe.com.br/calcario-para-cimento/>> . Acesso em: 09 de Maio de 2018

MARQUES, S. K. J. Produção de tijolos resíduo-cimento usando cascalho de perfuração e cinza do bagaço de cana-de-a   ar. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN. Natal, RN, 2015.

MOTTA, J. C. S. S. et al. Tijolo solo-cimento: análises das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. *exacta*. Belo Horizonte. v.7, n.1, p.13-26. 2014

PELINO, M. Valorization and Recycling of Industrial Wastes. BRE2-CT94-1018. Project Report. 1997.

SOUZA, A. B. B., SILVA, N. M., AQUINO, D. F. S., SOUZA FILHO, H. N. Viabilidade econômica e ambiental do uso de conchas de ostras e mariscos: estudo de caso na comunidade de nossa senhora do Livramento-PB. XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2015.

Capítulo 6



10.37423/230207284

APROVEITAMENTO DAS CINZAS DO CAPIM-ELEFANTE PARA PRODUÇÃO DE PLACAS CIMENTÍCIAS

Taísa Menezes Tenório

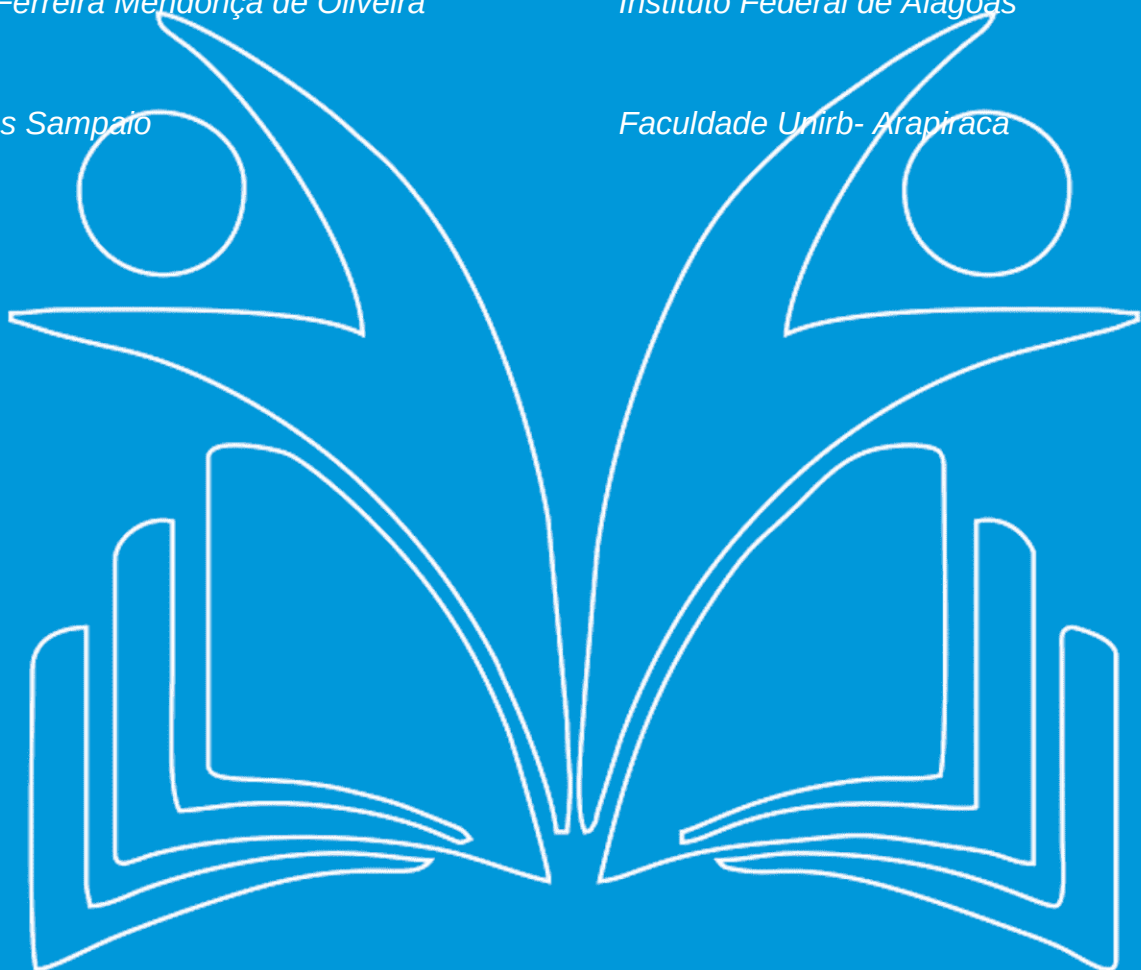
Faculdade Unirb- Arapiraca

Samantha Ferreira Mendonça de Oliveira

Instituto Federal de Alagoas

Janio Nunes Sampaio

Faculdade Unirb- Arapiraca



Resumo: *O presente trabalho consiste no estudo do potencial de incorporação das cinzas provenientes da queima do capim- elefante em substituição parcial do cimento Portland em placas cimentícias. Muitas das atividades executadas pelo setor da construção civil impactam negativamente o meio ambiente, principalmente devido à exploração de recursos naturais. Em razão disso, diversos mecanismos vêm sendo assimilados com o intuito de minimizar este problema, e a utilização de subprodutos em sua cadeia produtiva apresentam-se como alternativa viável do ponto de vista sustentável. O emprego de biomassas vem sendo bastante difundido como fonte alternativa de energia, principalmente por se tratar de recurso renovável e de custo reduzido, se comparado com as fontes tradicionais, entre as biomassas destaca-se o capim-elefante, gramínea que pode atingir de três a cinco metros de altura e cuja biomassa seca produzida chega a ser maior do que a cultura de cana-de-açúcar e eucalipto. Durante o processo de obtenção de energia tem-se como resultado a geração de cinzas residuais, cuja disponibilidade não obedece na maioria das vezes às práticas propícias, podendo desencadear sério problema ambiental. Este subproduto apresenta em sua composição sílica (SiO_2), mesmo elemento presente no cimento Portland, possibilitando a substituição parcial. Por esta razão, teve-se a ideia de realizar uma pesquisa exploratória acerca do assunto mencionado, buscando solução para destinação do subproduto, para isso propõe-se o emprego em placas cimentícias para uso como vedação em sistemas como Steel Frame, método construtivo limpo, rápido, industrializado e que minimiza em grande proporção a geração de subprodutos.*

Palavras-chave: placas cimentícias; capim- elefante; cinzas.

INTRODUÇÃO

Os combustíveis fósseis são recursos naturais finitos, surgindo a necessidade de busca por alternativas de fontes que garantam a disponibilidade de energia elétrica nos próximos séculos. Uma das soluções para esse problema se dá através da utilização de biomassas como insumo, por tratar-se de material orgânico de origem vegetal ou animal, configurando-se numa fonte alternativa de geração de energia.

A potência outorgada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) na matriz elétrica brasileira indica que a biomassa responde por 8,83% do total nacional, onde merecem destaque o bagaço da cana-de-açúcar (78,2%), os resíduos do setor florestal (20%) e outras fontes (11,8%) como a casca de arroz e o capim-elefante (MARAFON *et al.*, 2016 *apud* ANEEL, 2016).

Dentre as várias fontes de biomassa existentes têm-se a proveniente do capim elefante com rápida, fácil e econômica produção (FIGURA 1). Segundo o site Época e Negócios (2018), cada hectare plantado com essa gramínea gera, em média, 40 toneladas de biomassa seca, que pode virar energia, com o mesmo hectare plantado de cana-de-açúcar, obtêm-se entre 15 e 20 toneladas de biomassa, já da mesma área plantada com eucalipto derivam entre dez e 15 toneladas de massa seca.



Figura 1: Capim- Elefante.

Fonte: Embrapa, 2016.

Dentre as principais vantagens de utilização do capim elefante estão: crescimento rápido, bastante tolerável quando trata-se de solos mais pobres em nutrientes e gera quantidade maior de biomassa, o material que se transforma em energia, pelo menos em comparação com a cana-de-açúcar e o eucalipto, também utilizados como fontes de energia.

O capim elefante apresenta características de alta eficiência fotossintética, resultando numa grande capacidade de acumulação de matéria seca, é renovável, não esgota o solo como a cana-de-açúcar e seu plantio pode ser feito em qualquer lugar onde haja condições mínimas de fertilidade do solo, luz do sol e pluviosidade, condições essas existentes em diversas regiões brasileiras. A cultura extensiva do capim elefante poderia trazer diversos benefícios para o país, como a fixação do homem no campo, a geração de empregos e a criação de independência em relação a outros combustíveis. (GONZALEZ, 2014)

É notório o potencial do capim-elefante como forma de biomassa. Em contrapartida, a geração de subprodutos provenientes da combustão do capim elefante implica na necessidade de locais de disposição apropriados. As cinzas residuais geradas nesse processo podem ser utilizadas em matrizes cimentícias como alternativa de descarte, uma vez que teores significativos de silício (SiO_2) estão presentes nesse subproduto. (GONZALEZ, 2014)

Durante o processo de queima da biomassa as cinzas do capim-elefante são geradas como subprodutos, de modo que, sua utilização implicará em benefícios econômicos e ambientais, para produtores, comerciantes e até mesmo consumidores finais, diminuindo a necessidade de espaços para armazenamento e gerando menores impactos ambientais. A substituição parcial do cimento por esse subproduto contribuirá para a diminuição da geração de gases emitidos durante o processo de obtenção do clínquer, principal matéria-prima do cimento. Além disso, a realização da fotossíntese pelas vegetações manterá o equilíbrio atmosférico de captação dos gases carbônicos advindos do processo de queima do capim-elefante.

Diante da necessidade de se utilizar subprodutos gerados em diversos processos industriais, cientistas iniciaram estudos com o aproveitamento de subprodutos de biomassas inseridos de forma parcial no cimento. As cinzas residuais geradas nesse processo por possuir significativos teores de sílica são incorporadas em compósitos cimentícios como forma de melhorar suas características, principalmente, mecânicas. Essas cinzas atuam aumentando a viscosidade da pasta, evitando segregação dos agregados, e seu uso melhora a resistência à segregação do cimento (WATANABE, apud NAKANISHI, 2013. Pg. 32).

O uso de uma pozolana na produção do cimento contribui para o desenvolvimento da resistência do material, advindo de uma combinação de fatores químicos e físicos. Os primeiros correspondem com a hidratação do próprio cimento Portland e a atividade pozolânica do material, do hidróxido de cálcio e água; e o segundo está associado ao empacotamento e tamanho de partículas (SATA, *apud* NAKANISHI, 2013. Pg.24).

Considerando todas as características das cinzas residuais do capim elefante, fica notória a capacidade de reutilização desse subproduto no âmbito da construção civil. Como forma de evitar seu descarte, incorporando-o em placas cimentícias, que são utilizadas em sistemas de vedação como o *Steel Frame*, método construtivo que vem conquistando o mercado por suas diversas qualidades e possibilidades, podendo ser usada tanto como revestimento interno, como externo, por suas características de resistência a flexão e às intempéries, de modo geral.

O sistema *Steel Frame* trata-se de método construtivo limpo, rápido, industrializado e que minimiza em grande proporção a geração de subprodutos, consiste em estruturas de aço galvanizado com fechamento em placas, que podem ser: cimentícias, de gesso acartonado, madeira, dentre outros (MARTINS, 2018). De acordo com a norma NBR 15498 (ABNT, 2016), chapas finas compostas por cimento são denominadas como cimentícias, sendo uma mistura entre cimento Portland, fibras, telas ou filamentos, agregados, aditivos e adições, e que não utilizam amianto em sua composição.

Buscando interação entre a construção civil e as fontes de geração de energia, visando o modo sustentável de construir, obteve-se a ideia do estudo das características do subproduto produzido durante a sinterização do capim- elefante para produção de energia, propondo seu aproveitamento em substituição parcial do cimento na composição das placas cimentícias.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho trata-se de pesquisa de caráter exploratório, que fez uso de observação sistemática da bibliografia pertinente ao assunto, a fim de compreender o tema que envolve a incorporação dos subprodutos gerados durante o processo de sinterização do capim-elefante em matrizes cimentícias.

De acordo com Gil (2007) *apud* Gerhardt e Silveira (2009) a pesquisa exploratória tem como objetivo tornar o assunto analisado mais familiar, proporcionando o desenvolvimento de hipóteses, podendo englobar etapas de levantamento bibliográfico e análise de exemplos. Ainda segundo Lira (2019) este

tipo de pesquisa deve ser empregada quando ainda não se existe estudo abundante em relação ao tema em análise, configurando-se em uma das etapas iniciais para investigação mais ampla.

Desta forma, a partir da explanação do assunto por meio da literatura foi proposto ao término desse trabalho mecanismo de implementação do subproduto advindo do capim- elefante. Para isto, fez-se o uso das normas técnicas regulamentadas da ABNT sobre a moldagem de placas cimentícias, tendo em vista, sua utilização no método construtivo *Steel Frame*.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O crescimento da construção civil com a acentuada expansão econômica e tecnológica tem aumentado o consumo de energia, ocasionando diversos problemas relacionados não só com a forma de obtenção da matéria-prima, em sua maioria provenientes de fontes não renováveis, como também pelo dano ambiental devido ao grande volume de subprodutos gerados durante todo o processo de obtenção de energia.

A indústria da construção civil destaca-se por movimentar grande quantidade de recursos financeiros e serviços, além de provocar a degradação do meio ambiente, devido à exploração dos recursos naturais, alta demanda energética e geração de subprodutos. O material mais utilizado na construção civil é o concreto, que apresenta como principal constituinte o cimento Portland, que é responsável por elevado consumo energético e emissão de CO₂ durante sua fabricação (METHA e MONTEIRO, 2013). Em função disso, várias pesquisas focam na produção de cimentos que apresentem maior eficiência energética e utilizem recursos naturais renováveis em sua fabricação, além da substituição parcial do clínquer por materiais cimentícios suplementares (CORDEIRO e SALES, 2016).

Estas adições minerais advêm geralmente de indústrias, que não possuem na sua cadeia produtiva destinação para os subprodutos gerados ao final do processo. Dentre os cimentícios suplementares têm-se os materiais pozolânicos, que possuem teores significativos de sílica ou alumina em sua forma reativa como descreve a NBR 12653 (ABNT, 2015).

Os materiais pozolânicos mais conhecidos são a sílica ativa e as cinzas volantes. Entretanto, várias pesquisas estudam a viabilidade da utilização de cinzas provenientes de subprodutos agrícolas como materiais pozolânicos. Isso só torna-se possível, porque essas cinzas apresentam alta concentração de SiO₂ amorfo (TOBÓN *et al.*, 2012).

Trabalhos encontrados na literatura mostram a viabilidade das cinzas residuais, obtidas de outras biomassas como o bagaço da cana-de-açúcar, na fabricação de materiais a base de cimento. Os tijolos

de solo-cimento apresentaram características de resistência, durabilidade e custo-benefício satisfatórias se comparado com os tijolos cerâmicos convencionais (MARQUES *et al.*, 2016).

O uso das cinzas da casca de arroz como fonte de sílica no cimento aumenta a durabilidade do concreto e reduz a porosidade, o que é muito importante em edificações, que necessitam ser estanques. Ajiwe, Okeke e Akigwe (2000) produziram cimento com cinza de casca de arroz variando a porcentagem de cinza na formulação do cimento entre 23-26%, concluindo que a melhor é 24,5%. Já a substituição de 20% do cimento por cinza de capim elefante atua adequadamente como pozolana no material, pelo seu alto teor de sílica e alumina (SALES, 2012).

Ismail e Waliuddin analisaram os efeitos da cinza da casca de arroz no concreto e através de experimentos com diferentes composições de cinza constataram que é possível produzir um concreto com alta resistência à compressão, porém menor comparada à obtida com o uso de cimento (ISMAIL e WALIUDDIN, *apud* FOLETTO, *et al.*, 2005. Pg. 1057).

Weber observou que o uso da cinza de casca de arroz na obtenção de concreto e argamassa mostrou-se economicamente vantajoso, pela sua demanda inferior de água necessária para atingir uma dada consistência (WEBER, *apud* FOLETTO, *et al.*, 2005. Pg. 1057).

Estudos como o de Soares *et al.* (2017) buscou analisar as cinzas do capim-elefante em pastas cimentícias, quanto a sua temperatura de queima, condutividade elétrica e atividade pozolânica. Quanto a análise térmica as cinzas não apresentaram perdas significativas de massa a temperaturas de 600°C, quanto ao ensaio de fluorescência de Raios-X cerca de 48,6% de SiO₂ foi encontrado, seguido de K₂O, CaO, P₂O₅ e MgO. Em contrapartida, os teores de Al₂O₃ e Fe₂O₃ são baixos. Este resultado é semelhante ao reportado em outros trabalhos na literatura

(NAKANISHI *et al.*, 2014a; NAKANISHI *et al.*, 2014b). Porém, alguns autores reportaram cinzas de capim elefante com maior concentração de Al₂O e menor quantidade de potássio e fósforo (CORDEIRO e SALES, 2015; CORDEIRO e SALES, 2016). Essa diferença da composição química das cinzas é atribuída ao tipo do solo onde o capim elefante é cultivado, à utilização de fertilizantes, condições climáticas e até mesmo à espécie (NAKANISHI *et al.*, 2014b).

Quanto aos ensaios de condutividade elétrica a partir de 2 minutos foi possível observar a não atividade pozolânica das cinzas do capim- elefante, no entanto, este resultado difere do observado na literatura. Segundo Soares *et al.* (2017), em que a cinza do capim elefante apresentou variação de condutividade superior a 1,2 mS cm⁻¹, característica de boa pozolana. Esta diferença é atribuída à diferença de composição química entre as cinzas (CORDEIRO e SALES, 2015).

Logo, tendo em vista, à presença de silício nas cinzas do capim-elefante a incorporação deste subproduto em matrizes a base de cimento pode melhorar características de porosidade, resistência e durabilidade do material empregado. Além disso, a inserção das cinzas em algum material cimentício diminui a disposição inapropriada do subproduto no meio ambiente, visto que, os amontoados de cinzas gerados, são muitas vezes, direcionados para tanques de decantação, que ao chegar na sua capacidade máxima não possuem novas áreas de estocagem. A Figura 2 mostra a disposição inadequada das cinzas do bagaço da cana-de-açúcar em áreas próximas a uma usina sucroalcooleira.



Figura 2: Superlotação de tanques de decantação de cinzas do bagaço da cana-de-açúcar.

Fonte: MARQUES et al. 2016.

A tendência é que o Brasil rompa com a dependência elétrica que o país possui com as hidrelétricas de maneira a buscar, cada vez mais, o uso de novas fontes elétricas como a biomassa para a produção de energia, visto a perspectiva de aumento de 50% na demanda elétrica do país até 2030 (EPE, 2015). Sendo assim, mais biomassas serão queimadas e mais cinzas serão geradas, de modo a aumentar a necessidade de utilização deste subproduto de forma sustentável.

Com o aumento da queima de biomassas para a produção de energia, como já foi mencionado, tem-se a produção de grande quantidade de cinzas residuais, por esta razão, estudou-se neste trabalho o seu potencial de empregabilidade na fabricação de placas cimentícias (FIGURA 3), material bastante utilizado em sistemas inovadores, como é o caso do *Steel Frame*.



Figura 3: Placas Cimentícias em sistema *Steel Frame*

Fonte: Viva Decora.

A produção das placas cimentícias é regulamentada pela NBR: 15498 (ABNT, 2016), que prescreve os métodos de ensaios e requisitos que devem ser utilizados para produção de placas de fibrocimento sem amianto. Segundo Holfmann (2015) “Por definição, toda chapa delgada que contém cimento na composição é chamada de cimentícia”, sendo assim, a NBR 15498 (ABNT, 2016) define este material como sendo resultado da mistura de cimento Portland, agregados, adições ou aditivos com reforço de fibras, fios, filamentos ou telas, com exceção de fibras de amianto.

De acordo com a referida norma regulamentadora estas placas podem ser divididas em classe A e B, sendo que a classe A, refere-se à aplicação em locais com exposição direta a intempéries como o sol, chuva, calor e umidade, diferente da classe B, cuja exposição só poderá

ocorrer, se for realizada a proteção com algum revestimento, por exemplo. É importante destacar que ambas as classes possuem categorias e valores de tração na flexão diferenciados, que poderão ser visualizados na tabela 1 a seguir, extraída da NBR: 15498 (ABNT, 2016).

Tabela 1: Resistência à tração na flexão (MPa) para placas das classes A e B.

Categoria	Placas da Classe A	Placas da Classe B
1	-	4
2	4	7
3	7	10
4	13	16
5	18	22

Fonte: NBR 15498 (ABNT, 2016).

As placas cimentícias produzidas, além de passarem pelo ensaio de tração na flexão seguindo as prescrições da NBR 15.498 (ABNT, 2016), também deverão ser submetidas aos ensaios de compressão NBR 5739 (ABNT, 2018), absorção de água NBR 9778 (ABNT, 2009) e permeabilidade.

Alcançados os resultados almejados para o material proposto, este poderá ser utilizado no mercado da construção civil para o emprego em sistemas construtivos inovadores e leves, como o *Steel Frame*, que ainda é considerado recente para o cenário nacional, porém, pesquisas na área são constantemente produzidas há alguns anos visando melhorias e desenvolvimento neste setor.

Aos poucos o *Steel Frame* está entrando no mercado. Com a procura pelo alto desempenho e a sustentabilidade na construção civil, este sistema se mostra muito eficiente e apropriado. É um grande nicho de mercado a ser explorado, tanto por empresas comerciantes quanto por profissionais da área da construção civil. (PEREIRA, 2018)

O *Steel Frame* caracteriza-se por ser sistema construtivo limpo, rápido, industrializado e que minimiza em grande proporção a geração de subproduto, consiste em estruturas de aço galvanizado com fechamento em placas, que podem ser: cimentícias, de gesso acartonado, madeira, dentre outros (MARTINS, 2018). Com isso, a introdução das placas cimentícias fabricadas com a incorporação parcial das cinzas do capim-elefante, tornarão este sistema ainda mais sustentável, pois além diminuir a exploração de recursos naturais, incorpora ao seu ciclo de produção material que não possuía destinação e causava problemas ambientais.

As placas cimentícias com subproduto apresentarão resultados de absorção de água inferiores as produzidas sem este material, no trabalho desenvolvido por Sales (2012) o concreto confeccionado com adição de cinzas do capim-elefante e do bagaço da cana-de-açúcar chegaram à redução dos níveis de absorção em cerca de 13%, se comparado aos valores de referência, como também redução no índice de vazios de aproximadamente 18%.

Soares *et.al* (2017) evidenciou em seu estudo elevados teores de sílica amorfa nas cinzas do capim-elefante, isso significa que este material poderá vir ser utilizado como adições pozolânicas. Por esta razão, a sua adição em substituição parcial do cimento Portland atuará aumentando a resistência compressão, ainda segundo Junckes (2015) esta incorporação na maioria das vezes reduz a velocidade inicial de endurecimento do cimento, no entanto, em idades mais avançadas o cimento contendo pozolana pode alcançar e superar a resistência dos cimentos sem adições.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se com essa discussão do uso das cinzas do capim elefante em matrizes cimentícias, que experimentos sejam feitos a partir do que foi exposto nesse trabalho, que teve como objetivo trazer as principais características do capim- elefante como importante fonte de energia renovável. No entanto, para que o ciclo de utilização dessa biomassa seja completo o subproduto gerado ao final do processo necessita de destinação ecologicamente correta. Para tanto, sistemas como *Steel Frame*, por estar conquistando o mercado da construção civil, pode utilizar as cinzas provenientes da queima do capim-elefante em suas placas de vedação, diminuindo o consumo de cimento e contribuindo para as questões ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJIWE, V. I. E.; OKEKE, C. A.; AKIGWE, F. C. A preliminary study of manufacture of cement from rice husk ash. *Bioresource Technology*, v. 73, n. 1, p. 37-39, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12653- Materiais pozolânicos — Requisitos, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 15498— Placa de Fibrocimento sem amianto – Requisitos e Métodos de Ensaio, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 7211 —Agregados para concreto – Especificações, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 5739— Ensaio de Compressão de Corpos de prova Cilíndrico- 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 12142 — Determinação da Resistência a Tração na Flexão em Corpos de Prova Prismáticos- 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 9778 — Argamassa e Concreto Endurecido- Determinação da absorção de Água, Índice de Vazios e Massa Específica – 2009.

CORDEIRO, G. C.; SALES, C. P. Pozzolan activity of elephant grass ash and its influence on the mechanical properties of concrete. *Cement and Concrete Composites*, v. 55, p. 331-336, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2014.09.019>.

Influence of calcining temperature on the pozzolan characteristics of elephant grass ash. *Cement and Concrete Composites*, v. 73, p. 98-104, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2016.07.008>.

EPE. Balanço energético nacional 2015: ano base 2014. Rio de Janeiro: EPE, 2015. 292 p.

GERHARDT, T. E; SILVEIRA, D. T. Métodos de pesquisa. Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009

Gonzalez, Alseldo Dueñas. Caracterização e Análise Comparativa de Cinzas Provenientes da Queima de Biomassa, Campinas 2014. Dissertação (Mestrado de Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, 2014.

Hofmann, Giane Alfenas Antunes. Tratamentos de juntas invisíveis em placas cimentícias no fechamento de sistemas light steel framing, Ouro Preto 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de PósGraduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto.

Ismail, M. S.; Waliuddin, A. M.; *Construction and Building Materials* 1996, 10, 521.

JUNCKES, R. Influência da adição de cinza volante na elevação de temperatura de concretos aplicados em blocos de fundação, Florianópolis 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil- Universidade Federal de Santa Catarina.

LIRA, B. C. O passo a passo do trabalho científico.- Petrópolis, RJ: Vozes, 2019.

Martins, Juliana Furtado Arrobas. Análise do Desempenho Térmico de Placas à Base de Óxido de Magnésio Aplicadas no Sistema Light Steel Frame, Campinas 2018. Dissertação (Mestrado de Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia e Urbanismo da Unicamp, 2018.

MARAFON, A. C.; SANTIAGO, A. D.; AMARAL, A. F. C.; BIERHALS, A. N.; PAIVA, H. L.; GUIMARÃES, V. S. Poder Calorífico do Capim- Elefante para a Geração de Energia Térmica. Boletim de pesquisa e desenvolvimento 115. ISSN 1678-1961. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Aracaju- SE, 2016.

METHA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concrete Microstructure Properties and Materials. New York: McGraw-Hill Professional, 2013, 659 p.

NAKANISHI, E. Y.; FRÍAS, M.; SANTOS, S. F.; RODRIGUES, M. S.; VILLA, R. V. D. L.; RODRIGUEZ, O.; SAVASTANO JR., H. Tratamentos térmico e químico para remoção de óxidos alcalinos de cinzas de capim elefante. Química Nova, v. 37, n. 5, p. 766-769, 2014b. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140123>.

PEREIRA, Caio. Steel Frame: o que é, características, vantagens e desvantagens. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/steel-frame/>>. Acesso em: 29 de julho de 2018.

Placas Cimentícias: Conheça as Características, Vantagens e Mais!. Viva Decora. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <<https://www.vivadecora.com.br/pro/curiosidades/placas-cimenticias/>>. Acesso em 01 de setembro de 2020.

SALES, Caroline Pessoa. Produção e caracterização de cinza de capim elefante com vistas à sua aplicação como pozolana, Campos dos Goyatacazes – RJ. 2012.

SALGADO, Raquel. O capim que gera energia. Época e Negócios, 2018. Disponível em: <<http://epocanegocios.globo.com/Revista/Common/0,,ERT13114816368,00.html#:~:text=Vicente%20Mazzarella%2C%20pesquisador%20do%20IPT,seca%20que%20pode%20virar%20energia>>. Acesso em 01 de setembro de 2020.

SOARES, E.N.C et al. Avaliação da pozolanicidade das cinzas do capim elefante cameroon por ensaios de termogravimetria. Ciência & Engenharia (Science & Engineering Journal), 26 (2): 41 – 48, jul. – dez. 2017.

TENÓRIO, T. M.; MENDONÇA, S. F.; MARQUES, S. K. J. Fabricação de tijolo solo-cimento com cinzas do bagaço de cana-de-açúcar. MILSET BRASIL - Movimento Internacional para o Desenvolvimento Científico e Técnico no Brasil, 2014.

TOBÓN, J. I.; PAYÁ, J. J.; BORRACHERO, M. V.; RESTREPO, O. J. Mineralogical evolution of Portland cement blended with silica nanoparticles and its effect on mechanical strength. Construction and Building Materials, v. 36, p. 736-742, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.06.043>.

WATANABE, P. S. Concretos especiais – propriedades, materiais e aplicações. 2007. 201 f. Relatório final de pesquisa– Universidade Estadual Paulista/UNESP, Bauru, 2008.

WEBER, Silvana Leonita. Metodologia para Obtenção de Sílica de Elevada Reatividade para Uso em Concreto de Alto Desempenho a Partir do Processamento de Cinza de Casca De Arroz. Florianópolis, 2001, 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina.

Capítulo 7



10.37423/230207309

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE LIPÍDICA EM CANUDINHOS FRITOS

Juliana Rech

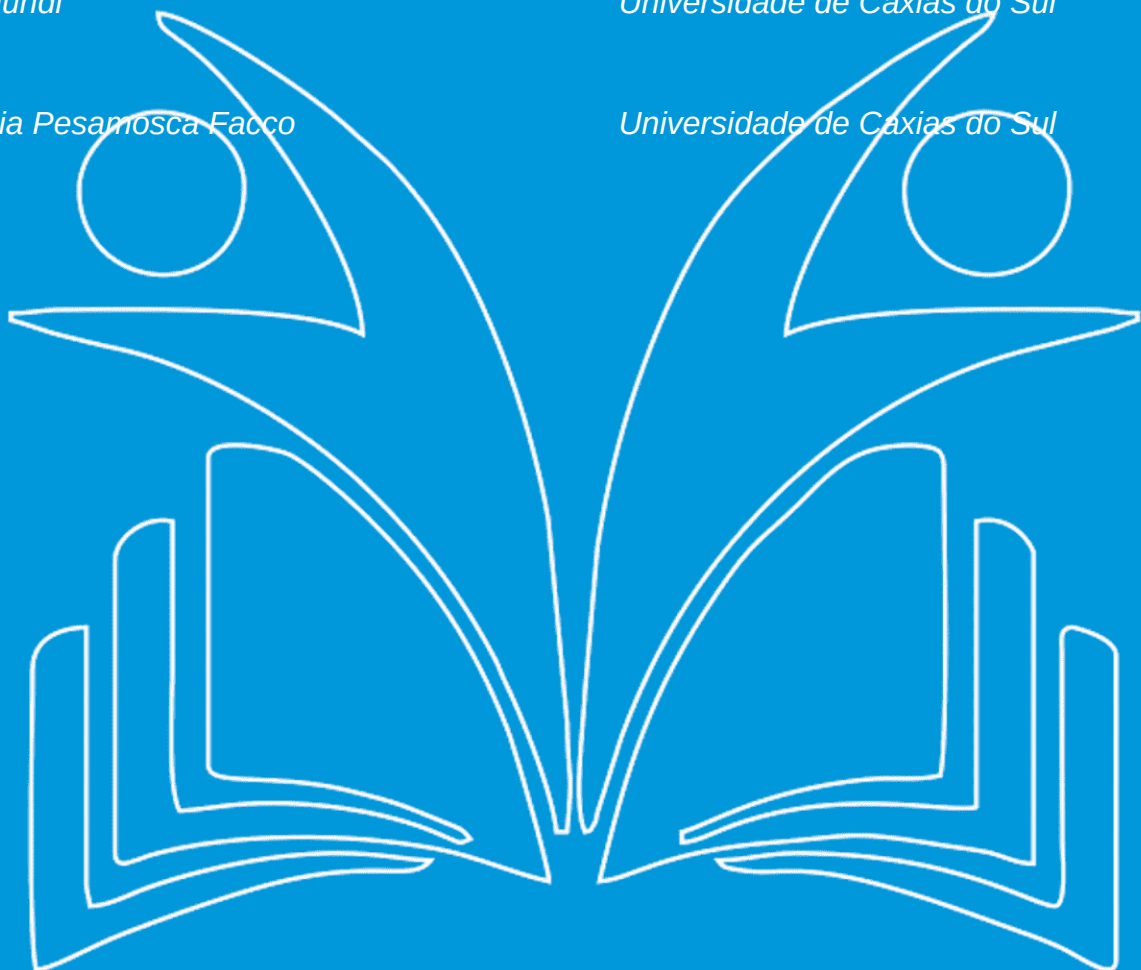
Universidade de Caxias do Sul

Noriê Finimundi

Universidade de Caxias do Sul

Elizete Maria Pesamosca Facco

Universidade de Caxias do Sul



Resumo: Produtos fritos possuem consumo expressivo no Brasil e no mundo. São aliados à rapidez e dinamismo da rotina, pois o processo de fritura apresenta cocção rápida e fácil, além de agregar sabor ao produto final. Assim como possuem atributos agradáveis, produtos fritos podem oxidar ao longo do tempo e perder suas características iniciais. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a estabilidade lipídica de canudinhos fritos, quando submetidos a dois diferentes tipos de lipídios para fritura, em diferentes tempos de armazenamento e com e sem incidência de luz. A avaliação foi fundamentada na utilização de gordura de palma e gordura hidrogenada. Foram utilizados tempos de armazenamento de 0, 90 e 105 dias para amostras de gordura de palma e gordura hidrogenada vegetal. A rancidez lipídica foi avaliada através das análises de índice de acidez, peróxidos e substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico. Os resultados de índice de acidez e peróxidos no lipídio extraído do canudinho sofreram alterações crescentes para gordura hidrogenada vegetal e decrescentes para a gordura de palma. Houve diferença significativa para amostras de canudinhos fritos armazenados ao abrigo da luz e à exposição da mesma. Para canudinhos fritos, a gordura de palma apresenta maior estabilidade lipídica em relação à gordura vegetal hidrogenada, e por isso pode ser avaliado o aumento do shelf-life do produto, quando evitado à iluminação excessiva.

Palavras-chave: Fritura de imersão. Gorduras vegetais. Oxidação.

INTRODUÇÃO

Produtos fritos são um dos tipos de alimentos mais consumidos no mundo inteiro. Cerca de 15 % da população brasileira consome usualmente produtos fritos (SOUZA *et al.*, 2013). A escolha por produtos fritos se dá, principalmente, por características organolépticas adquiridas durante o processo de fritura. Textura, sabor e odor são desejáveis pelo consumidor, além da praticidade e rapidez no preparo (MONTES O *et al.*, 2016).

A fritura corresponde basicamente a um processo de cocção em temperatura elevada, por meio de imersão, quando o alimento é submergido em óleos ou gorduras comestíveis, ou de maneira superficial, quando não há imersão (RAMÍREZ; GALAN; ZULETA, 2015). A cor e os aromas, por sua vez, são determinados por uma mudança da estrutura físico-química do produto frito, que se torna mais brilhante, dourado e uniforme. Além disso, sabores e aromas são intensificados devido à estrutura da fonte lipídica ou devido ao desenvolvimento de novos compostos durante o processo de fritura (JUÁNIZ *et al.*, 2016). Embora essas características sejam favoráveis ao alimento frito, durante o processo de fritura há a exposição ao oxigênio e à umidade, que podem causar diversas reações, entre elas hidrólise e oxidação (LIU *et al.*, 2019), que são as maiores fontes de deterioração na fração lipídica do alimento (SANMARTIN *et al.*, 2018).

O processo de reação hidrolítica em óleos e gorduras é causado pela hidrólise da ligação de éster por lipase ou umidade, produzindo ácidos graxos livres. A ação resultante desta reação é a formação de ácidos graxos livres, que podem abaixar o ponto de fumaça do lipídio e, assim, acelerar a degradação (OSAWA; GONÇALVES; RAGAZZI, 2006).

A reação hidrolítica pode diminuir o tempo de prateleira de um produto frito e, desse modo, é importante mensurá-la a fim de determinar prazos de validade. A análise de índice de acidez avalia o estado de conservação do óleo de fritura através da formação de ácidos graxos livres (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

A oxidação é a alteração mais frequente, podendo apresentar ao consumidor odor e sabor desagradáveis no momento do consumo, além de produzir compostos tóxicos e mudanças no valor nutricional do produto (RIOS; PEREIRA; ABREU, 2013). O processo de oxidação envolve inúmeras e complexas reações químicas, que acontecem em diferentes estágios e, consequentemente, apresentam funções distintas para a deterioração do produto frito. Peróxidos são os produtos decorrentes da oxidação lipídica, porém não são os últimos produtos resultantes (AHMED *et al.*, 2016).

A análise do índice de peróxidos determina o produto formado durante a oxidação (SOARES *et al.*, 2012). Os produtos finais originados da rancidez oxidativa são mensurados através do Teste do Ácido 2-Tiobarbitúrico (TBA), o qual determina o último elemento formado no final da decomposição do produto frito, o malonaldeído (MDA).

A oxidação que ocorre em lipídios tem correlação com a composição de ácidos graxos existentes em cada lipídio. A fração de insaturação, especialmente, é onde ocorre maior degradação, pois é mais fácil de ser oxidado (SATHIANATHAN *et al.*, 2014). A legislação brasileira não estabelece requisitos de análises para produtos fritos prontos para consumo, porém apresenta através da Resolução nº 270 (BRASIL, 2005), medidas específicas para óleos e gorduras, mensurando-os em níveis de acidez e índices de peróxidos. A legislação determina que óleos e gorduras refinados não ultrapassem 0,6 mg KOH/g e 10 mEq/kg de índices de acidez e peróxidos, respectivamente. Já a gordura de palma não deve ultrapassar 10,0 mg KOH/g para acidez, porém não possui requisitos mínimos para índice de peróxidos.

A utilização de gordura vegetal hidrogenada em frituras é uma forma de retardar a deterioração do alimento por rancidez, pois apresenta maior estabilidade devido ao seu grau de insaturação. Damy e Jorge (2003) estudaram o comportamento da gordura vegetal em frituras e observaram que, em relação ao óleo de soja, ela apresenta menor tendência a polimerização, independentemente do tempo de fritura e temperatura. Apesar de ser estável, a gordura vegetal apresenta problemas na sua utilização, pois possui estrutura *trans* e, por isso, pode ser prejudicial à saúde (ASCHERIO *et al.*, 2011).

A gordura de palma é bastante utilizada a fim de melhorar o processo de fritura, pois possui ponto de fumaça de 210°C. Além disso, é a única gordura que possui basicamente 50-50 % de ácidos graxos saturados e insaturados. A gordura de palma é uma alternativa saudável às gorduras hidrogenadas, pois não possui gorduras *trans* em sua estrutura (MBA; DUMONT; NGADI, 2015).

Aumentar a vida de prateleira de produtos fritos, preservando as características originais do alimento, é um dos maiores desafios para a indústria de alimentos. O processo oxidativo, portanto, pode ser controlado para que o processo de rancidez seja minimizado (SOARES *et al.*, 2012).

A composição da gordura é, desta maneira, importante, a fim de se estabelecer uma relação tempo/temperatura que aumente a estabilidade lipídica. O perfil de ácidos graxos presentes no lipídio 84 afeta diretamente este equilíbrio (TOLENTINO *et al.*, 2014).

As condições de armazenamento, bem como o controle da temperatura de armazenagem e a exposição à luz do alimento, interferem na velocidade da oxidação lipídica. Alimentos conservados em ambientes com níveis mínimos de temperatura e luz inibem a reação oxidativa, uma vez que os mesmos são os responsáveis pelo desencadeamento de formação de radicais livres (RAMALHO; JORGE, 2011).

A indústria de alimentos, nos últimos anos, mostrou-se interessada na adoção de medidas que limitem o processo de oxidação nas fases de processamento e armazenamento. O objetivo do presente estudo foi avaliar a rancidez lipídica de canudinhos para rechear, fritos em gordura hidrogenada e gordura de palma, e armazenados sob diferentes condições de tempo e temperatura, visando aumentar o prazo de prateleira do produto.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de canudinhos fritos foram coletadas na Indústria e Comércio de Produtos Alimentícios Canuttos Ltda®, logo após o processo de produção. A formulação dos produtos teve como ingredientes a farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico, água potável, óleo de soja refinado, sal refinado e aguardente de cana. As gorduras utilizadas na fritura foram: palma e gordura vegetal hidrogenada. As gorduras foram adquiridas na FRS Indústria e Comércio de Óleos e Gorduras Eireli® (Gordura de Palma) e COAMO® Agroindustrial Cooperativa (Gordura hidrogenada vegetal).

O processo de fritura foi conduzido em fritadeira industrial contínua, marca Multifritas®, modelo MGI 2, com área de fritura de 150x50 cm e volume controlado de 240 litros. A potência calorífica efetiva é de 57.000 kcal/h.

A temperatura empregada foi de aproximadamente 180°C, controlada pelo termostato da fritadeira, juntamente com auxílio de termômetro. Antes de dar início aos ensaios de fritura, as gorduras foram submetidas ao aquecimento por um período aproximado de 30 minutos para o estabelecimento do controle de temperatura na fritadeira. Trinta lotes, com aproximadamente 200 gramas de canudinhos foram fritos por um período médio de 5 minutos. As gorduras foram utilizadas por um período aproximado de 8 horas diárias, por um período médio de 30 dias, com reposição de gordura a fim de manter a relação superfície/volume constante. As amostras foram coletadas no primeiro e último dia de fritura. O encerramento do uso do lipídio para fritura foi determinado através da fita de teste rápido de qualidade de gordura, da marca 3M®, e quando atingiu 3,5 % de ácidos graxos livres no óleo de fritura, foi totalmente descartado. Quarenta e oito amostras foram coletadas ao primeiro e último dia

de fritura de cada tipo de gordura. As amostras foram armazenadas em tempos de estocagem de 0, 90 e 105 dias, sendo metade das amostras estocadas com exposição à luz e a outra metade em ambiente com privação de luminosidade.

Para as análises de rancidez foi, primeiramente, extraído o óleo das amostras através do método de BLIGH e DYER (1959) que utiliza mistura binária de solventes (clorofórmio/metanol/água), com posterior quantificação gravimétrica.

ÍNDICE DE ÁCIDEZ

O procedimento para análise do índice de acidez está baseado na dissolução da gordura em um solvente misto e neutralizado, seguida da titulação com uma solução padrão de KOH, na presença de fenolftaleína como indicador (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Os resultados de índice de acidez foram expressos em miligramas de hidróxido de potássio por grama de amostra.

ÍNDICE DE PERÓXIDOS

O Índice de Peróxido (IP) foi utilizado para medir a fase inicial da oxidação, na qual há liberação de peróxidos e as alterações não são percebidas sensorialmente. Devido à sua ação fortemente oxidante, os peróxidos orgânicos formados no início do processo de rancificação atuam sobre o iodeto de potássio, liberando iodo, que será titulado com o tiossulfato de sódio, em presença de amido como indicador. Para determinação do índice de peróxidos, utilizou-se metodologia analítica do Instituto Adolfo Lutz – Métodos Físicos e Químicos para Análise de Alimentos (2008). Resultado expresso em miliequivalentes de peróxido em 1000 g de amostra.

SUBSTÂNCIAS REATIVAS AO ÁCIDO 2-TIOBARBITÚRICO (TBARS)

O índice de TBARS (substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico) envolve o ácido 2-tiobarbitúrico com o malonaldeído, produzindo um composto de cor vermelha, medido espectrofotometricamente a 532 nm de comprimento de onda. A quantificação de malonaldeído é feita a partir de curvas de calibração construídas com concentrações conhecidas do reagente (PAPASTERGIADIS *et al.*, 2012). As medidas de TBARS foram realizadas no espectrofotômetro, marca Thermo Genesys, modelo 10 UV. O resultado é expresso em nanomolar de MDA por grama de amostra.

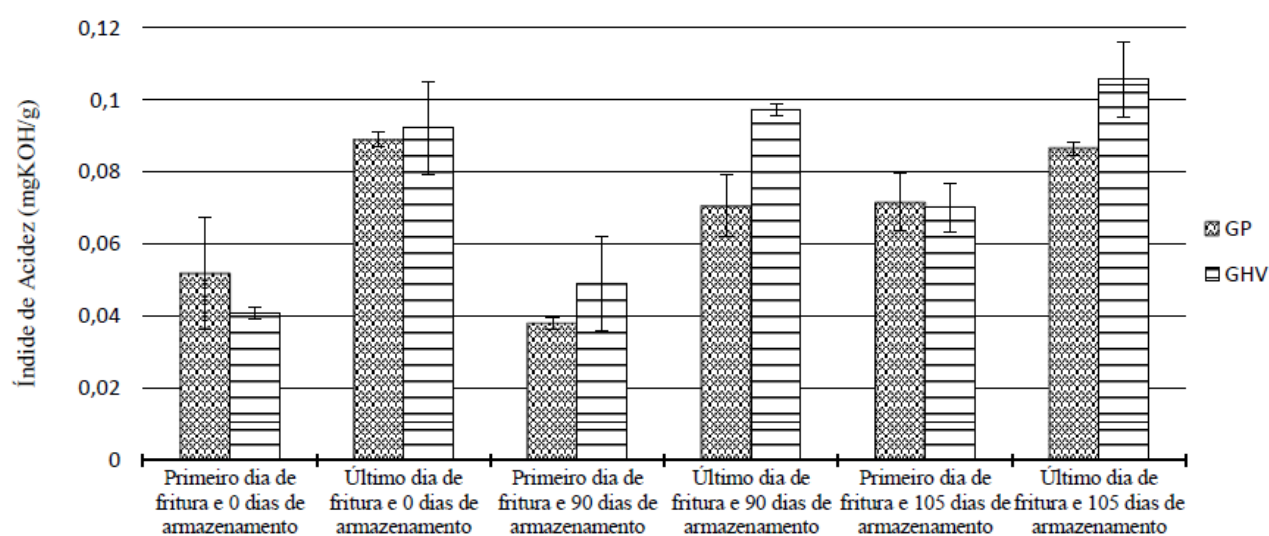
As análises das amostras foram realizadas em duplicata e apresentadas como média $\pm$ desvio padrão. As comparações estatísticas foram realizadas por ANOVA seguido de teste de Tukey na significância

de 5 %. Foi utilizado o pacote estatístico *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS), versão 20.0 (IBM Corp, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o índice de acidez referente aos dias de utilização dos lipídios e tempo de armazenamento em canudinhos fritos com gordura de palma (GP) e gordura hidrogenada vegetal (GHV), sob as condições de armazenamento ideais para esse alimento, ou seja, em ambiente seco, fresco e sem exposição a luminosidade.

Figura 1 - Índice de acidez em canudinhos fritos em GP e GHV sob armazenamento de 0, 90 e 105 dias e sem luminosidade



Fonte: Dos autores, 2019.

Legenda: GP: Gordura de palma. GHV: Gordura vegetal hidrogenada.

Observou-se, no primeiro dia de fritura, que os canudinhos fritos em GP apresentam índice de acidez mais elevado do que os fritos em GHV. E, ao longo do período de utilização houve uma inversão, ou seja, no último dia de utilização dos lipídios para fritar, o valor maior está nos canudinhos fritos com a GHV, diferindo estatisticamente. Em valores absolutos, a GHV mostrou valores maiores durante o armazenamento, porém no teste de Tukey ($p > 0,05$) apresentou diferença significativa apenas no tempo de armazenamento de dias e quando coletada a amostra no primeiro dia de utilização do óleo para fritura. O mesmo acontece para armazenamento de 105 dias da GP, em valores absolutos, o canudinho frito apresentou oxidação hidrolítica maior em comparação com seu tempo em 90 dias. Concomitantemente, houve diferença significativa quando comparados os tipos de lipídios, na qual a GHV apresenta uma tendência de crescimento quanto à rancidez hidrolítica maior do que a GP.

Óleos de palma tendem a apresentar índices de acidez mais elevados. Em análises feitas com óleo de palma bruto, o índice de acidez pode apresentar valores entre 5,19 e 24,66 % de níveis de acidez em ácido palmítico (CURVELO *et al*, 2011).

Os estudos que relacionam a GP com o tempo de fritura para análise de acidez não se utilizaram de tempo de fritura semelhante ao deste experimento, porém Park e Kim (2016) experimentaram análise de acidez em *nuggets* de frango com 101 ciclos de fritura e determinaram, em comparação com outros óleos, um valor de índice de acidez mais alto nos primeiros ciclos de 1fritura. Durante o processo de fritura em ciclos, todos os outros óleos alcançaram valores mais altos do que a GP, determinando uma maior estabilidade em frituras quando utilizada GP. Este estudo obteve o mesmo comportamento em suas análises. Sanibal e Mancini Filho (2004) encontraram resultados semelhantes para a GHV em frituras aos encontrados neste estudo, onde ocorreu um aumento na concentração dos ácidos graxos livres, visualizados através do índice de acidez.

A avaliação da degradação de lipídios em produtos fritos é feita também através da detecção de rancidez oxidativa, cujas reações são o maior mecanismo de deterioração em um lipídeo. Para tanto, a perecibilidade do produto é proporcional a quantidade de lipídios na sua composição, devido a exposição aos processos oxidativos.

Existem três fases de oxidação lipídica, com diferentes reações ocorrentes. Na fase de iniciação, não há compostos perceptíveis no alimento. Peróxidos são os primeiros produtos a serem formados durante a segunda fase, conhecida como propagação, e são os responsáveis pela deterioração da qualidade do produto frito, pois apresentam radicais livres, cujo efeito é prejudicial à saúde humana (AHMED *et al.*, 2016). A Tabela 2 indica crescimento de índices de peróxidos nas análises de canudinhos quando fritos em GHV. Esses valores são ainda mais acentuados quando as amostras foram armazenadas em condições excessivas de luminosidade. Nesse caso, os valores iniciam em torno de 5 mEq/g, alcançando valores de 20,2 mEq/g e 15,5 mEq/g em 90 dias de armazenamento e diminuindo para 12,3 mEq/g e 15,3 mEq/g, respectivamente, para GP e GHV.

Os valores de rancidez menores para GP podem ser atribuídos ao antioxidante sintético butilhidroxiquinona terciária (TBHQ) presente na sua composição, cuja ação reduz a energia do radical livre que, por sua vez, não reage facilmente à oxidação (FENNEMA; DAMODARAN; PARKIN, 2010). Estudos da estabilidade oxidativa em almondegas de carne fritas, para determinação de *shelf-life*, verificaram que a GP com antioxidante TBHQ pode ser comercializado com 2,6 meses a mais do que a amostra controle, sem antioxidante (AMMAR, 2016).

Tabela 2 - Resultados de determinação de peróxidos em amostras de canudinhos fritos no último dia de fritura

Amostras	Peróxidos (meq/kg)	
	Sem luz	Com luz
GP0	5,387 ± 0,045 ^{aA}	5,387 ± 0,045 ^{aA}
GP90	11,551 ± 0,255 ^{bBC}	20,244 ± 1,635 ^{dD}
GP105	5,504 ± 0,677 ^{aA}	12,360 ± 2,956 ^{bcBC}
GHV0	5,879 ± 0,089 ^{aA}	5,879 ± 0,089 ^{abA}
GHV90	10,005 ± 0,180 ^{bBC}	15,525 ± 1,498 ^{cdCD}
GHV105	11,535 ± 1,486 ^{bBC}	16,355 ± 3,182 ^{cdCD}

Fonte: Dos autores, 2019.

Legenda: GP0 – Gordura de palma com tempo de armazenamento de 0 dias, GP90 - Gordura de palma com tempo de armazenamento de 90 dias, GP105 - Gordura de palma com tempo de armazenamento de 105 dias, GHV0 - Gordura hidrogenada vegetal com tempo de armazenamento de 0 dias, GHV90 - Gordura hidrogenada vegetal com tempo de armazenamento de 90 dias, GHV105 - Gordura hidrogenada vegetal com tempo de armazenamento de 0 dias.

Nota: a,b...(coluna) – médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05). A,B...(linha e coluna) – médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

Um estudo semelhante a este, porém com menor tempo de fritura, obteve resultados próximos ao utilizar GHV em fritura de batata chips (DAMY; JORGE, 2003). Os autores analisaram GHV em 15 horas de fritura, e verificaram que valores de peróxidos aumentaram em 5 vezes o seu valor inicial em relação ao final. A análise de peróxidos, no entanto, foi feita diretamente em amostras de gordura, diferente do método utilizado nesse estudo, onde a análise foi feita em produtos fritos.

Poucos estudos avaliaram a medida dos peróxidos nos alimentos fritos. Robertson *et al.* (1978) analisaram o índice de peróxidos em batatas chips durante um tempo de 12 horas de fritura. Os autores mostraram que a GP age de maneira diferente dos outros óleos de fritura, reduzindo seu valor de peróxidos após 10 horas de fritura contínua, e durante o processo de armazenamento. Após 8 semanas de estocagem, o valor de mEq/kg diminuiu em cerca de 18 % considerando o seu valor na semana 0 de estocagem.

Quando utilizada GP, os canudinhos fritos apresentaram, considerando o tempo inicial, um aumento de 2,14 vezes em relação aos 90 dias de armazenamento, porém a partir desse tempo, em relação ao último tempo de estocagem, houve uma diminuição de 2,1 vezes. Ao analisar o primeiro e último dia de armazenamento sem exposição à luz, os valores não apresentaram divergências significativas. Marinova *et al.* (2012), mensuraram, através do índice de peróxidos, o comportamento de óleos de

fritura durante 54 horas, corroborando com os resultados desse estudo. O valor de peróxidos cresceu nas primeiras 15 horas de fritura e, após esse tempo, baixou nos óleos de soja e milho e no azeite de oliva.

O valor de peróxidos tende a diminuir em condições severas de fritura, como tempo prolongado e exposição à oxidação, pois eles são compostos químicos transitórios e, portanto, instáveis em frituras. Isso acontece, pois a taxa de decomposição dos peróxidos em outros compostos acontece mais rapidamente do que a taxa de formação de novos peróxidos. Em um estudo em azeite de oliva, foi verificado que a taxa de degradação dos peróxidos foi maior do que a taxa de formação (CASAL *et al.*, 2010).

Chen *et al.* (2014) compararam valores de peróxidos com temperatura de fritura em óleo de palma, e verificaram que à 150°C os índices de peróxidos são mais elevados do que quando fritos à 250°C. A explicação para o comportamento se dá a taxa rápida de decomposição termal de hidroperóxidos em carbonila e aldeídos, durante o processo de fritura em temperatura mais elevada (NAYAK *et al.*, 2016).

A velocidade de oxidação de alimentos fritos armazenados com exposição às luzes UV e visível, tende a aumentar. Isso ocorre, pois, a iluminação pode promover a decomposição de hidroperóxidos para produzir radicais livres (FENNEMA; DAMODARAN; PARKIN, 2010). A embalagem dos canudinhos fritos não apresenta barreiras para diminuir a incidência de luz, e consequentemente diminuir a velocidade da oxidação lipídica, sendo importante a manutenção das amostras em ambientes protegidos da luz e calor. Ayu *et al.* (2017) armazenou óleo de palma em diferentes condições de luminosidade, e constatou que quanto maior a quantidade de iluminação e de estocagem, maiores foram os valores de índice de peróxidos.

Os índices de peróxidos são ainda mais elevados quando analisadas as amostras que permaneceram guardadas em um ambiente com alta exposição de luz. Os valores em GP são maiores em 57,06 % e 55,47 % nos tempos 90 e 105 dias de armazenamento, respectivamente, quando expostos à iluminação. Na GHV os valores também são maiores para a exposição à luz, porém seu crescimento se dá de maneira menos acentuada, com 35,55 % e 29,48 % de aumento nos tempos 90 e 105 dias, respectivamente.

De maneira geral, a GP é mais estável quanto aos índices de peróxidos, pois apresentam menor valor no momento final do armazenamento. Em ambas as situações de armazenamento: sem nenhuma incidência de luz e com incidência de luz.

Na última etapa da oxidação lipídica, a terminação, é formado o MDA. Usou-se o índice de TBArS para medir a oxidação nesta fase mais avançada, na qual ocorre a produção dos compostos intermediários, reativos ao TBArS e que são percebidos sensorialmente. Por este motivo, o teste do MDA foi realizado somente nessas etapas de armazenamento. O índice de TBArS quantifica o MDA, um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poli-insaturados, formado durante o processo oxidativo (PAPASTERGIADIS *et al.*, 2012).

Os valores de TBArS estão apresentados na Tabela 3. Dentro deste parâmetro, não houve diferença pelo teste de Tukey ($p>0,05$) entre os dois tipos de gordura e tampouco nas condições de armazenamento de tempo e luminosidade. Observou-se ainda uma diminuição da presença dessas substâncias com o decorrer do armazenamento, provavelmente, como consequência da diminuição dos peróxidos, precursores do malonaldeído.

Durante o processo de fritura, pode ocorrer a polimerização dos ácidos graxos, o que pode justificar a oscilação de alguns parâmetros analisados neste estudo. A polimerização consiste em decompor hidroperóxidos em polímeros diversos durante o processamento térmico. Essa decomposição pode ser a causa para que índices de TBArS tenham se mantidos estáveis durante os tempos 90 e 105 dias. Arslan *et al.* (2017) e Machado, Garcia e Abrantes (2008) correlacionaram valores de polímeros com o tempo de fritura dos óleos e verificaram que, conforme é aumentado o tempo de fritura, observa-se uma maior polimerização em todos os óleos estudados, e consequentemente diminui os valores de ácidos graxos insaturados.

Tabela 3 - Resultados de TBArS em amostras de canudinhos fritos no último dia de fritura

Amostras	Tba	
	Sem luz	Com luz
GP90	6,440 ± 1,143 ^a	6,253 ± 2,373 ^a
GP105	3,501 ± 0,268 ^a	4,303 ± 0,035 ^a
GHV90	3,094 ± 1,070 ^a	4,399 ± 3,068 ^a
GHV105	3,609 ± 0,005 ^a	4,859 ± 0,836 ^a

Fonte: Dos autores, 2019.

Legenda: GP0 – Gordura de palma com tempo de armazenamento de 0 dias, GP90 - Gordura de palma com tempo de armazenamento de 90 dias, GP105 - Gordura de palma com tempo de armazenamento de 105 dias, GHV0 – Gordura hidrogenada vegetal com tempo de armazenamento de 0 dias, GHV90 - Gordura hidrogenada vegetal com tempo de armazenamento de 90 dias, GHV105 - Gordura hidrogenada vegetal com tempo de armazenamento de 0 dias.

Nota: a,b...(coluna) – médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

Além disso, existem diversos fatores que podem influenciar os resultados do índice de TBARS. A reação do ácido tiobarbitúrico pode ser afetada pela composição do alimento, bem como pelo tipo de lipídio utilizado na fritura, mas também por razões da própria análise, como a técnica aplicada e a presença de substâncias reativas, que podem diminuir a oxidação (JORGE; JANIERI, 2005).

Concomitantemente às reações químicas, os óleos vegetais possuem uma grande quantidade de compostos naturais, capazes de beneficiar a estabilidade do óleo durante o aquecimento e fritura, tais como, tocoferóis, compostos fenólicos, esteróis e etc. esses compostos podem alterar o comportamento da GP durante processos de fritura longos, o que pode ser comparado ao caso desse estudo. Ao correlacionar as análises de índice de acidez, índice de peróxidos e TBARS, percebeu-se que apresentam o mesmo comportamento. Canudinhos fritos em gordura de palma, têm valores maiores no início em comparação com o tempo final de armazenamento, e em GHV os valores são crescentes, o que pode ser associado a presença de antioxidantes na GP adicionados e naturalmente presentes. Du Plessis e Meredith (1999), analisaram o comportamento do antioxidante tocoferol, presente de maneira natural na estrutura da gordura de palma, e verificaram que o valor total de tocoferol decresce até o tempo de fritura 13,5 horas e após esse período aumenta nos tempos 26,5 e 30,5 horas de fritura. Pode-se, então, perceber uma relação entre o comportamento da rancidez e a presença dos compostos antioxidantes naturais.

CONCLUSÃO

Os dados obtidos através dos experimentos de fritura em canudinhos fritos utilizando as gorduras de palma e hidrogenada vegetal demonstram que a gordura de palma é mais estável nas condições aplicadas a este estudo. Maiores graus de alteração ocorreram em canudinhos fritos e armazenados em condições de iluminação alta, justificando-se assim a recomendação de manter o produto sob condições restritas de luz e calor durante o armazenamento. A determinação de aumento de *shelf-life* empregando apenas as análises consideradas, pode ser alterada para além de 90 dias, porém sugere-se que seja feita uma análise sensorial a fim de monitorar e acompanhar a alteração, considerando-se que pela análise química observa-se uma diminuição dos parâmetros de controle da rancidez.

REFERÊNCIAS

- AHMED, M. et al. Oxidation of lipids in foods. *Sarhad Journal of Agriculture*, v. 32, n. 3, p. 230–329, 2016.
- AMMAR, M. S. A comparative study on the antioxidant activity of tbhq and extracts from rosemary and oregano on oxidative stability of palm olein during deep fat frying of beef meatballs. *Middle East Journal of Applied Sciences*, v. 6, n. 4, p. 671–681, 2016.
- ARSLAN, F. N. et al. A study on monitoring of frying performance and oxidative stability of cottonseed and palm oil blends in comparison with original oils. *International Journal of Food Properties*, v. 20, n. 3, p. 704–717, 2017.
- ASCHERIO, A. et al. Trans fatty acids and coronary heart disease. *Critical Care Medicine*, v. 340, p. 1994–1997, 2011.
- AYU, D. F. et al. Photo-oxidative changes of red palm oil as affected by light intensity. *International Food Research Journal*, v. 24, n. 3, p. 1270–1277, 2017.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. Canadian journal of biochemistry and physiology. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v. 37, n. 8, p. 911–917, 1959.
- BRASIL. RDC nº 210 de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo*, Brasília, DF, 22 set 2005. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0270_22_09_2005.html. Acesso em 30 abr 2019.
- CASAL, S. et al. Olive oil stability under deep-frying conditions. *Food and Chemical Toxicology*, v. 48, n. 10, p. 2972–2979, 2010.
- CHEN, Y. et al. The analysis of trans fatty acid profiles in deep frying palm oil and chicken fillets with an improved gas chromatography method. *Food Control*, v. 44, p. 191–197, 2014.
- CURVELO, F. M. et al. Qualidade do óleo de palma bruto (*Elaeis guineensis*): matéria-prima para fritura de acarajés. *Instituto Adolf Lutz*, v. 70, n. 4, p. 641–646, 2011.
- DAMY, P. de C.; JORGE, N. Determinações físico-químicas do óleo de soja e da gordura vegetal hidrogenada durante o processo de fritura descontínua. *Journal Of Food Technology*, v. 6, p. 2002–365 2003, 2003.
- DU PLESSIS, L. M.; MEREDITH, A. J. Palm olein quality parameter changes during industrial production of potato chips. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 76, n. 6, p. 731–738, 1999.
- FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. *Química de Alimentos de Fennema* – 4ª 372 ed. - Editora Artmed, 2010.
- IBM Corp. Released 2011. *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0*. Armonk, NY: IBM Corp.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. 1a Edição Digital. 4o edição. São Paulo: [s. n.], 2008. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em 30 abr. 2019.

JORGE, N.; JANIERI, C. Evaluation of soybean oil submitted to the frying process of varied foods. *Ciência e agrotecnologia*, v. 29, p. 1001–1007, 2005.

JUÁNIZ, I. et al. Effect of frying process on furan content in foods and assessment of furan exposure of Spanish population. *Food Science and Technology*, v. 68, p. 549–555, 2016.

LIU, Y. et al. Effect of frying oils' fatty acid profile on quality, free radical and volatiles over deep-frying process: A comparative study using chemometrics. *Food Science and Technology*, v. 101, p. 331–341, 2019.

MACHADO, E. R.; GARCÍA, M. del C. D.; ABRANTES, S. de M. P. Alterações dos óleos de palma e de soja em fritura descontínua de batatas. *Food Science and Technology*, v. 28, n. 4, p. 786–792, 2008.

MARINOVA, E. M. et al. Oxidative changes in some vegetable oils during heating at frying temperature. *Bulgarian Chemical Communications*, v. 44, n. 1, p. 57–63, 2012.

MBA, O. I.; DUMONT, M. J.; NGADI, M. Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry - a review. *Food Bioscience*, v. 10, p. 26–41, 2015.

MONTES O. et al. Absorción de aceite en alimentos fritos. *Revista chilena de nutrición*, v. 43, n. 1, p. 87–91, 2016.

NAYAK, P. K. et al. Physio-chemical changes during repeated frying of cooked oil: a review. *Journal of Food Biochemistry*, v. 40, n. 3, p. 371–390, 2016.

OSAWA, C. C.; GONÇALVES, L. A. G.; RAGAZZI, S. Titulação potenciométrica aplicada na determinação de ácidos graxos livres de óleos e gorduras comestíveis. *Química Nova*, v. 29, n. 3, p. 409–593–599, 2006.

PAPASTERGIADIS, A. et al. Malondialdehyde measurement in oxidized foods: evaluation of the spectrophotometric thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) test in various foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 60, p. 9589–9594, 2012.

PARK, J.-M.; KIM, J.-M. Monitoring of used frying oils and frying times for frying chicken nuggets using peroxide value and acid value. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, v. 36, n. 5, p. 612–616, 2016.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. *Química Nova*, v. 29, n. 4, p. 145, 2011.

RAMÍREZ, B. D. G.; GALÁN, J. P. M.; ZULETA, L. M. C. Composición de ácidos grasos en algunos alimentos fritos y aceites de fritura y factores relacionados, en un sector universitario de Medellín-Colombia. *Perspectivas en Nutrición Humana*, v. 16, n. 2, p. 159–174, 2015.

RIOS, H. C. S.; PEREIRA, I. R. O.; ABREU, E. S. de. Avaliação da oxidação de óleos, gorduras e azeites comestíveis em processo de fritura. *Revista Ciência e Saúde*, v. 6, n. 2, p. 118–126, 2013.

ROBERTSON, J. A. et al. Flavor and chemical evaluation of potato chips fried in sunflower, cottonseed and palm oils. *Journal of Food Science*, v. 43, n. 2, p. 420–423, 1978.

SANIBAL, E. A. A.; MANCINI FILHO, J. Perfil de ácidos graxos trans de óleo e gordura 433 hidrogenada de soja no processo de fritura. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 24, n. 1, p. 27–434 31, 2004.

SANMARTIN, C. et al. The effects of packaging and storage temperature on the shelf-life of extra virgin olive oil. *Heliyon*, v. 4, n. 11, 2018.

SATHIANATHAN, R. V. et al. Profiling of fatty acid compositional alterations in edible oils upon heating using gas chromatography. *Journal of Physical Science*, v. 25, n. 2, p. 1–14, 2014.

SOARES, D. J. et al. Processos oxidativos na fração lipídica de alimentos. *Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, v. 30, n. 2, p. 263–272, 2012.

SOUZA, A. de M. et al. Alimentos mais consumidos no Brasil: Inquérito Nacional de Alimentação 2008-2009. *Revista de Saúde Pública*, v. 47, n. 1, p. 190s-199s, 2013.

TOLENTINO, M. C. et al. Avaliação da estabilidade foto-oxidativa dos óleos de canola e de milho em presença de antioxidantes sintéticos. *Ciência Rural*, v. 44, n. 4, p. 728–733, 2014.

Capítulo 8



10.37423/230207312

AGREGAÇÃO DE VALOR DO PIMENTÃO (CAPSICUM ANNUUM L.) ATRAVÉS DE TECNOLOGIAS DE SECAGEM

Milton Nobel Cano-Chauca

*Instituto de Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Minas Gerais*

Gustavo Machado dos Santos

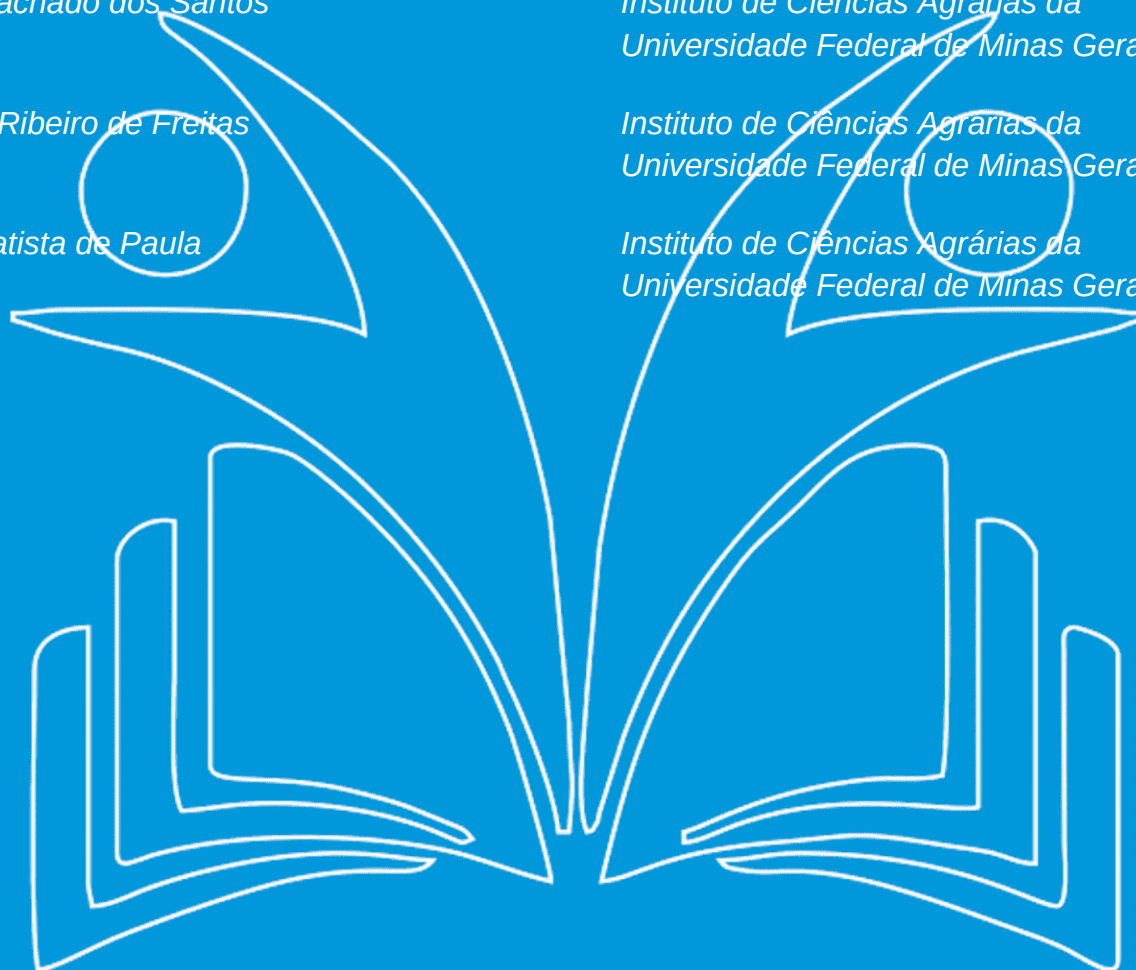
*Instituto de Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Minas Gerais*

Ana Laura Ribeiro de Freitas

*Instituto de Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Minas Gerais*

Dahiane Batista de Paula

*Instituto de Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Minas Gerais*



Resumo: O pimentão é um fruto muito consumido no Brasil e no mundo sendo encontrado em diferentes cores e destaca-se por ser uma fonte rica em vitamina C e sais minerais. Em temperatura ambiente conserva-se por pouco tempo fazendo-se necessário sua imediata conservação. A desidratação de alimentos destaca-se pela influência nos aspectos técnicos e econômicos. Este trabalho objetivou-se determinar as características físico-químicas e de secagem do pimentão. A matéria-prima foi adquirida no mercado local na cidade de Montes Claros. Foi lavada e higienizada em seguida branqueada a 100° C por 15 minutos. As análises físico-químicas foram conduzidas conforme as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. A secagem foi realizada utilizando um secador de bandeja na temperatura de ar de secagem de 65°C. A análise da cor foi feita utilizando um colorímetro. Os resultados evidenciaram que para atingir teor de umidade adimensional de 0,1 correspondentes a um teor de umidade de 9,36% em base úmida, são necessárias 6 horas na temperatura de ar de secagem de 65° C. Verifica-se que na secagem o pimentão sofre alteração da cor do produto de 7,89 (ΔE). Conclui-se que o modelo polinomial de terceiro grau ajustou-se bem aos dados experimentais da curva de secagem do pimentão desidratado e que o processo de secagem influencia na perda da cor. O pimentão após desidratado sofre ligeira modificação em suas características físico-químicas.

Palavras-chave: Pimentão, Conservação, Umidade, Cor.

1. INTRODUÇÃO

As hortaliças exercem um papel fundamental na nutrição humana, mas são altamente perecíveis por apresentarem um alto teor de umidade e por esta razão, devem ser refrigerados ou processados o mais rapidamente possível após a colheita, a fim de diminuir as perdas.

O pimentão é uma cultura de clima tropical, destacando-se entre as solanáceas, pelo seu consumo no Brasil e no exterior, e por ser uma fonte rica em vitamina C e sais minerais. Além disso, proporciona sabor, cor e aroma diferenciados aos alimentos, quando utilizado in natura ou desidratado. Contudo o pimentão é um produto que a temperatura ambiente, se conserva por um tempo bastante curto, exigindo assim imediata conservação (SILVA et al., 2008).

A desidratação é, provavelmente, o mais antigo e um dos mais importantes métodos de conservação, merece destaque pela influência que tem nos aspectos técnicos e econômicos, consiste na técnica de remoção da água na forma de vapor pela transferência de calor, ou seja, é a conservação do alimento pelo controle da umidade nele presente (BEZERRA, 2007).

As vantagens de se utilizar o processo de secagem são várias, dentre as quais tem-se: a facilidade na conservação do produto; estabilidade dos componentes aromáticos à temperatura ambiente por longos períodos de tempo; proteção contra degradação enzimática e oxidativa; redução do seu peso; economia de energia por não necessitar de refrigeração e a disponibilidade do produto durante qualquer época do ano (PARK et al., 2001).

A qualidade do produto final depende diretamente da forma com que o processo é conduzido, sendo a cor, o sabor, o aroma, a textura e os aspectos microbiológicos os principais parâmetros utilizados na avaliação do produto (MORGUETE et al., 2008).

A desidratação de alimentos vem sendo objeto de muitas pesquisas na procura de métodos de secagem que proporcionem, além de baixo custo, produtos que conservem, com pouca alteração, suas características sensoriais e nutritivas, as hortaliças desidratadas dão origem a inúmeros produtos, alguns deles de elevado consumo no Brasil como sopas e pós-desidratados (MOTA, 2005).

A necessidade de redução das perdas pós-colheita de produtos hortícolas perecíveis é de extrema importância para a economia de países como o Brasil. Um dos objetivos do processamento é convertê-los em alimentos estáveis podendo ser armazenados por longos períodos. Nesse contexto, a desidratação se mostra adequada, pois não requer controle de temperatura durante o armazenamento, transporte e comercialização (CANO-CHAUCA et al., 2004). A desidratação pode ser

utilizada para preservar os excedentes de produção durante a safra e também agregar valor aos hortifrutícolas, que poderão ser comercializadas na forma de produto desidratado, por períodos mais extensos do ano (NIJHUIS et al., 1996).

Diante disso o objetivo do presente trabalho foi determinar a curva de secagem do pimentão desidratado e avaliar as características físico-químicas do produto.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental foi realizado no Laboratório de Produtos Vegetais da Universidade Federal de Minas Gerais, (ICA-UFMG) em Montes Claros, MG.

Utilizou-se pimentão adquirido no mercado local, e procedente da Central de abastecimento (CEASA) de Belo Horizonte- MG. Utilizou-se apenas hortaliças de boa qualidade e de tamanho uniforme. No preparo das amostras as hortaliças foram previamente lavadas em três etapas. A primeira com água corrente de boa qualidade, a segunda os pimentões foram submersos em água clorada (50 PPM de cloro residual total) pelo período de 20 minutos e em seguida com água corrente. Após a lavagem o pimentão foi cortado manualmente em corte longitudinal de 1,0 cm. Em seguida realizou-se o processo de branqueamento a 100 °C por um período de 3 minutos. Todas as análises físico-químicas foram conduzidas conforme as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (1985). Para caracterização inicial dos frutos, foram realizadas análises de umidade inicial, sólidos solúveis totais, pH e acidez titulável. Essas mesmas análises foram efetuadas após a desidratação dos frutos.

A secagem das amostras foi realizada em secador de bandeja a temperatura de ar de secagem de 65°C, numa velocidade fixa do ar de secagem (0,5 m/s) sobre as hortaliças, sendo as mesmas colocadas lado a lado nas bandejas. Em cada tratamento, foram realizadas duas observações. A vazão total do ar foi determinada na saída do secador, por meio de um anemômetro de fio quente. Essa determinação foi realizada antes do início dos testes, com o sistema de aquecimento de ar desligado. As medições de temperatura do ar de secagem foram efetuadas por meio de um termômetro fixado na entrada da câmara de secagem.

A avaliação da cor foi realizada instrumentalmente, em colorímetro modelo CR 400, marca Minolta, utilizando a escala do sistema de cor "Hunter Lab", sendo a coordenada "L" a luminosidade, a coordenada "a" a intensidade do vermelho/verde e a coordenada "b" a intensidade do amarelo/azul. Para as leituras foram coletadas amostras no início da secagem e ao final da secagem, cujas leituras

foram realizadas diretamente no aparelho, em triplicata. A perda da cor foi calculado pela formula 1 abaixo:

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2} \dots\dots\dots (1)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, mostra-se a variação do teor de umidade adimensional (U/U_0) do pimentão em função do tempo de secagem.

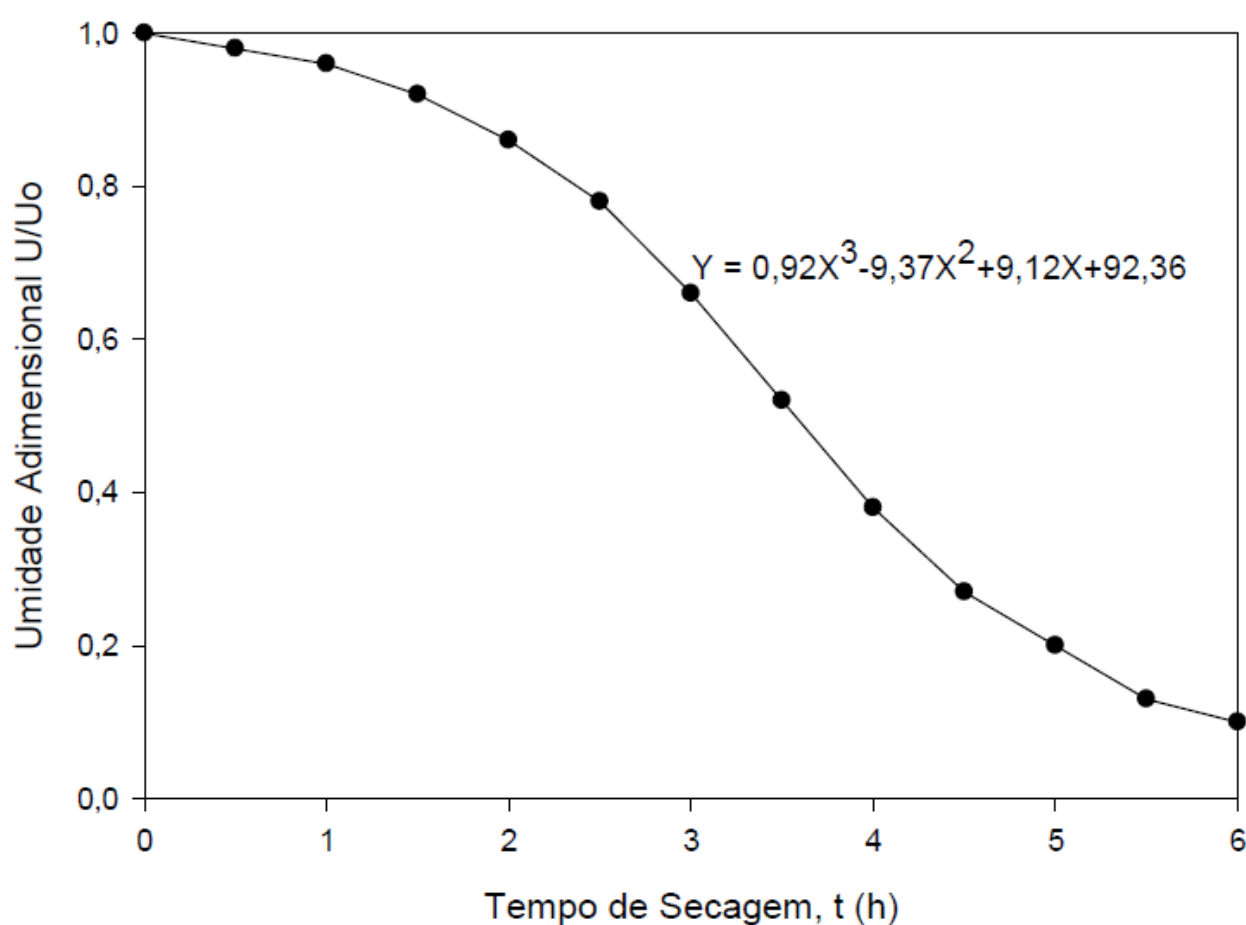


Figura 1 – Variação do teor de umidade adimensional do pimentão durante o processo de secagem a temperatura de 65°C e fluxo de ar de 0,5 m/s

O modelo polinomial $Y = 0,92X^3 - 9,37X^2 + 9,12X + 92,36$, foi ajustado aos dados experimentais, através da análise de regressão não-linear. Observa-se que, para atingir teor de umidade adimensional de 0,1, correspondente a um teor de umidade de 9,36% em base úmida, são necessárias 6 horas de secagem, na temperatura de 65°C.

Na Tabela 1, verifica-se que o pimentão apresenta elevados teores de umidade o que o torna em um produto muito perecível, além de resultar em baixo rendimento do produto desidratado (5,0%). Para o teor de sólidos solúveis totais, observou-se um pequeno aumento no produto desidratado (5,0), fato que pode ser explicado devido a o aumento da concentração dos componentes do pimentão no produto desidratado.

TABELA 1. Valores médios das características físico-químicas e da cor do pimentão in natura e desidratado.

Componentes	Pimentão in natura	Pimentão desidratado
Umidade	94,58%	10,36
Sólidos solúveis totais	2,53	5,0
pH	6,16	-
% Acidez em ácido cítrico	0,20	2,5
% Rendimento	-	5,0%
L*	37,24	35,81
a*	-11,74	-4,77
b*	19,0	14,36
ΔE		7,89

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em relação a cor do pimentão, verifica-se na Tabela 01 que após a secagem o valor da coordenada a* aumenta o que pode ser devido a oxidação da clorofila, resultando em perda da cor verde do produto. Ao passo que, após a secagem, a coordenada L* diminui significando que o produto ficou mais escuro, também pode ser verificado perda da tonalidade amarela (coordenada b*). De forma geral evidencia-se que o pimentão desidratado sofreu perda da cor no valor de 7,89 (ΔE). Todavia verifica-se alteração na composição físico química do produto após a desidratação para todos os parâmetros avaliados. JUNIOR et al. (2020), estudando secagem de folhas de *Alpinia zerumbet* também constataram que após a secagem o produto apresentou modificações em suas propriedades físico-químicas.

4. CONCLUSÃO

O modelo polinomial de terceiro grau ajustou-se bem aos dados experimentais da curva de secagem. A secagem influencia na cor do produto resultando em perda da cor. O pimentão após desidratado sofre ligeira alteração em suas características físico-química. O tempo de secagem do pimentão na temperatura de 65°C é de seis horas.

5. REFERÊNCIAS

- BEZERRA, T. S. Desidratação de hortaliças: aspectos teóricos. 2007. 53 f. Monografia (Curso de especialização em Tecnologia de Alimentos) – Universidade de Brasília, Centro de Excelência em Turismo, Brasília, 2007.
- CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; MARQUES, J. A.; SILVA, P. I. Curvas de Secagem e Avaliação da Atividade de Água da Banana Passa. CEPPA, Curitiba v. 22, n.1 p. 121-132, jan./jun, 2004.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz, métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: Adolfo Lutz, 1985, v.1, 332p.
- JUNIOR, P.S; EVERTON, G.O; FERREIRA, A.M.; ROSA,P.V.; PEREIRA, A.P; MAFRA, N.S; FONSECA,D.; CUNHA, J.C; ARRUDA, M.O.; FILHO, V.E. Alterações físico-químicas e biológicas dos óleos essenciais das folhas *Alpinia zerumbet* a partir de diferentes temperaturas de secagem. *Brazilian Journal of Development*. v. 6, n.4, p.22392-22403, 2020.
- MORQUETE, E. M.; SAMPAIO, D. A.; FURLIN, C. A.; KOPF, C; VIDAL, J. R. Obtenção de um mix de vegetais desidratados. In: XVII Encontro Anual de Iniciação Científica - XVII EAIC, 2008, Foz do Iguaçu. XVII EAIC PIBIC/CNPq, 2008.
- MOTA, R. V. Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêsego submetidas à desidratação osmótica. *Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas*. v. 25, n. 1, p. 789-794, 2005.
- PARK, K. J.; YADO, M. K.; BROD, F. P. R. Estudo da secagem de pera Bartlett (*Pyrus* sp.) em fatias. *Ciências e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, v.21, n.3, p.288-292, 2001.
- NIJHUIS, H. H.; TORRINGA, E.; LUYTEN, H.; RENÉ, F.; JONES, P.; FUNEBO, T.; OHLSSON, T. Research needs and opportunities in the dry conservation of fruit and vegetables, *Drying Technology*, 14(6), p.1429-1457, 1996.
- SILVA, A. S.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H.; DANTAS, H. J.; LIMA, E. E. Desidratação e efeito de pré-tratamentos no extrato seco do pimentão verde. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 10, p. 27-34, 2008.

Capítulo 9



10.37423/230207314

TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS EM INDÚSTRIAS DE REFRIGERANTES: UM ESTUDO DE CASO

Hiroshi Cavalcante Medeiros Koseki

Chrisfapi - Christus Faculdade do Piauí

Heyder de Sousa Castro Oliveira

Chrisfapi - Christus Faculdade do Piauí

Marcílio Gonçalves de Farias Pereira

Chrisfapi - Christus Faculdade do Piauí

Domingos Sávio do Nascimento

Chrisfapi - Christus Faculdade do Piauí

Gildene Fortes de Meneses Machado

Chrisfapi - Christus Faculdade do Piauí

Wanderson Rocha de Carvalho

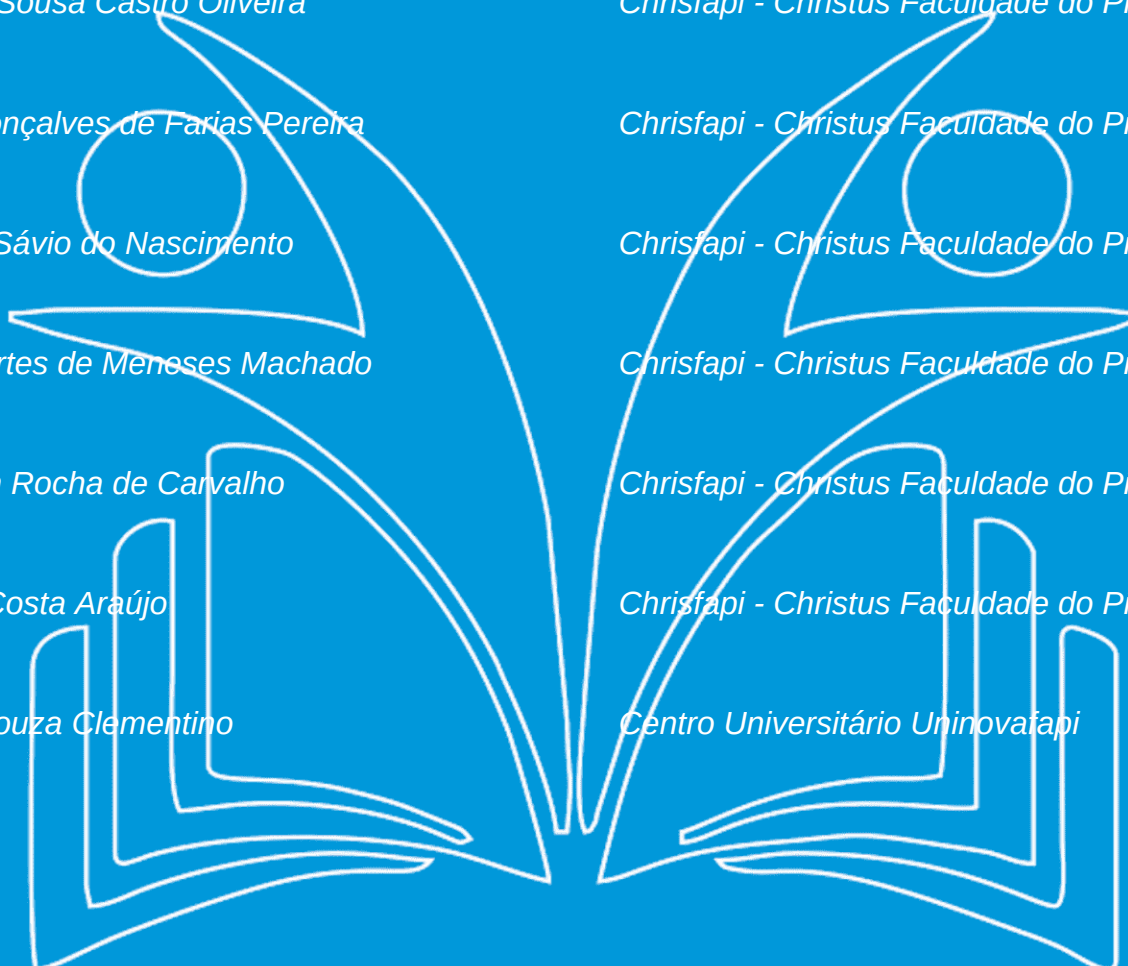
Chrisfapi - Christus Faculdade do Piauí

Daniel da Costa Araújo

Chrisfapi - Christus Faculdade do Piauí

Fábio de Souza Clementino

Centro Universitário Uninovafapi



Resumo: O presente trabalho foi voltado para a análise das tecnologias de tratamento de efluentes líquidos utilizados por uma indústria regional de refrigerantes, situada no estado do Piauí. A pesquisa foi embasada em estudos da literatura, na legislação ambiental vigente e em visitas técnicas à empresa. De acordo com dados secundários do boletim de análise do esgoto apresentado no projeto básico de engenharia, o efluente tratado inicialmente por *wetlands*, não satisfaz os padrões propostos pelas resoluções CONAMA 357/05 e 430/11. Ao final do estudo concluiu-se que a ETE por zona de raízes, por se tratar de um sistema físico-biológico, não é a técnica mais adequada para o tratamento de resíduos industriais de refrigerantes e a adoção de uma estação compacta composta por tanques com difusores de membranas, mostrou-se uma alternativa válida ao tratamento de efluentes com as características abordadas.

Palavras-chave: Indústria de refrigerantes, tratamento de efluentes, *wetlands*.

1. INTRODUÇÃO

Refrigerante é uma bebida não alcóolica, carbonatada, com alto poder refrescante, encontrada em diversos sabores. A indústria de refrigerante surgiu nos Estados Unidos, em 1871. No Brasil, os primeiros registros são de 1906, mas somente por volta de 1920 é que o refrigerante entrou definitivamente na rotina dos brasileiros. Em 1942, foi instalada a primeira fábrica da bebida no Rio de Janeiro (SILVA LIMA; AFONSO, 2008).

Responsável por 3% de todo o PIB nacional, o setor de bebidas frias é o que mais emprega no Brasil e engloba a produção de sucos, refrigerantes, cervejas, chás, águas e isotônicos. De acordo com a Fundação Getúlio Vargas (2014), para cada emprego gerado em uma fábrica de bebidas, outros 50 são criados na cadeia de produção (CERVBRASIL, 2014).

O mercado brasileiro de refrigerantes é fortemente concentrado, sendo por isso dividido em grupos de empresas. Estes sistemas são classificados em: grandes corporações multinacionais, grandes empresas e pequenas empresas regionais. As grandes multinacionais apresentam grande capital com forte participação internacional e juntas detêm 90% do faturamento do setor. As pequenas empresas regionais (grupo ao qual pertence a indústria estudada) são responsáveis pela assimilação de 47,63% do total de postos de trabalho gerados no setor de refrigerantes, faturando em média R\$ 15 milhões ao ano e empregando diretamente cerca de 132 funcionários (AFREBRAS, 2013).

No Piauí, as pequenas empresas são importantes geradores de emprego e renda nas regiões em que estão sediadas, contribuindo para o crescimento e desenvolvimento local. Suas participações de mercado são muito pequenas, se comparadas a nível nacional. De acordo com dados divulgados pela Vigitel (2015), em parceria com o Ministério da Saúde, Teresina ocupa a quinta colocação no ranking das capitais que menos consomem refrigerantes no Brasil.

De acordo com o Guia Técnico Ambiental da CETESB (2005), a grande quantidade de água empregada no tratamento de efluentes industriais de fabricas de refrigerantes gera preocupações em relação ao impacto ambiental ocasionado por essa atividade e tem levado as autoridades a exigir a adoção de novos métodos e alternativas capazes de sanar esses problemas. Medidas de racionalização de água são exemplos disso, pois influenciam diretamente na geração de efluentes, uma vez que menores consumos representam menores vazões de resíduos. Monitoramento e programas detalhados de manutenção, como a eliminação de vazamentos em dutos, cotovelos, junções, registros e válvulas, além de tecnologias avançadas, como processos de separação por membranas e o uso de reatores

anaeróbios de fluxo ascendente (UASB) são outras formas de reduzir os desperdícios e majorar a eficiência. Os efluentes oriundos das indústrias de refrigerantes são ricos em matéria orgânica, devido ao açúcar utilizado no preparo do xarope simples e aos extratos vegetais, adicionados ao xarope composto para a obtenção de sabores diversificados. Além disso, apresentam PH alcalino, consequente dos produtos de limpeza. Os resíduos sólidos são quase unicamente da etapa de envase.

Segundo Von Sperling (1998), os principais sistemas de tratamento empregados para a remoção de poluentes dos efluentes são: lagoas de estabilização e variações; lodos ativados e variações; filtros biológicos; sistemas anaeróbios (filtros e reatores) e reatores aeróbios. As indústrias de refrigerantes utilizam ambos os sistemas, aeróbio e anaeróbio, para o tratamento de seus efluentes. A escolha de um ou mais métodos dependerá da capacidade tecnológica de cada ETE e da composição do efluente tratado, visando à obtenção de um resíduo de qualidade satisfatória e que obedeça a normatização da legislação ambiental pertinente.

Este artigo tem como objetivo geral, avaliar as tecnologias empregadas no tratamento de efluentes de indústrias de refrigerantes, tomando como unidade de estudo uma fábrica no Piauí. Dentre os objetivos específicos, podem ser citados: a caracterização do processo produtivo de refrigerante; a descrição do tratamento utilizado inicialmente na indústria estudada; a definição da tecnologia atualmente empregada no tratamento do efluente analisado; os impactos ambientais que o efluente não tratado ou despejado de forma indevida no meio ambiente pode ocasionar na natureza.

2.0 METODOLOGIA

O presente estudo de caso foi realizado em uma empresa regional de refrigerantes (indicada no trabalho por indústria A), localizada a uma latitude 4°45'12.48" sul e a uma longitude 42°33'27.86" oeste, situada no estado do Piauí (figura 1). A pesquisa foi embasada em estudos da literatura, nas resoluções CONAMA 357/05 e 430/11 e em visitas técnicas à indústria, onde foi observado o funcionamento da estação compacta e as instalações da antiga estação por zona de raízes, atualmente desativada.

O esgoto produzido na indústria A foi caracterizado, a partir de dados secundários, através dos seguintes parâmetros: vazão, pH, temperatura, sólidos sedimentáveis (SSD), sólidos totais, DBO (demanda bioquímica de oxigênio, DQO (demanda química de oxigênio) e oxigênio dissolvido. Estas informações foram obtidas através do boletim de análise do esgoto, presente no projeto básico da ETE por zona de raízes.

Figura 1- Vista da indústria A.



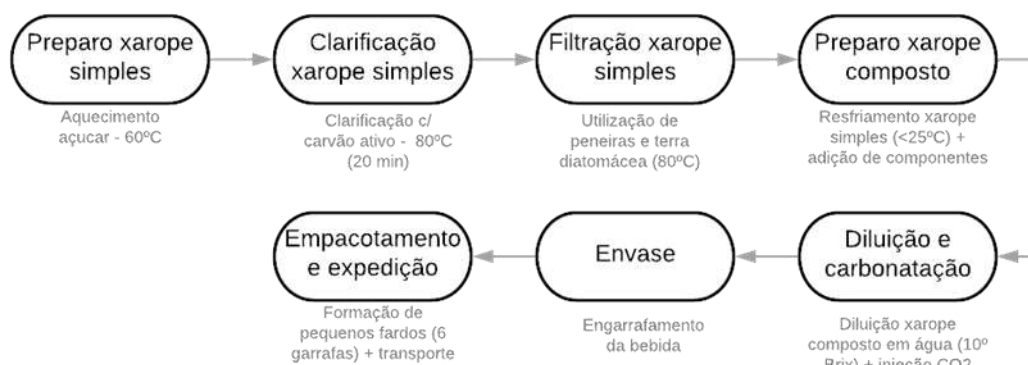
Fonte: Google Earth, 2018.

3.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE REFRIGERANTES

As etapas de produção de refrigerante podem ser observadas na figura 2.

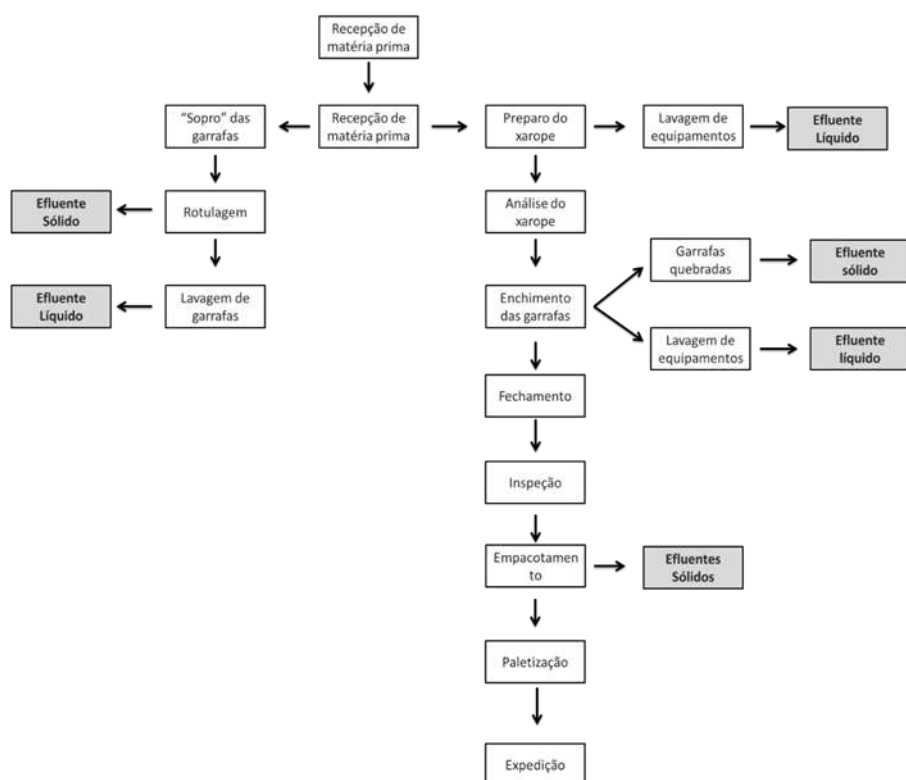
Figura 2 - Fluxograma do processo genérico de produção de refrigerante.



Fonte: Fonte: Santos, E; Bressan, K. (2011). Adaptado pelo autor.

O processo industrial, juntamente com seus pontos de geração de efluentes podem ser observados na figura 3 e na tabela 1, respectivamente.

Figura 3 – fluxograma descritivo do processo industrial, juntamente com pontos de geração de efluentes.



Fonte: Projeto básico da ETE por zona de raízes. Adaptado pelo autor (2018).

Tabela 1 - Pontos de geração de efluentes.

GERAÇÃO DE RESÍDUOS	
RESÍDUOS SÓLIDOS	EFLUENTES LÍQUIDOS
Produção de garrafas PET, garrafas de vidro e latas de alumínio.	Lavagem de vasilhames e equipamentos.
Restos de papel e plástico das embalagens.	Lavagem da própria instalação.
Borra de rótulos da lavagem de garrafas	Perdas do processo (derramamento de produtos).

Fonte: Projeto básico da ETE por zona de raízes. Adaptado pelo autor (2018).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE INDUSTRIAL VISANDO TRATAMENTO POR ZONA DE RAÍZES

Com o objetivo de obter dados consistentes para planejar o sistema de tratamento de efluente e controle ambiental que processou os rejeitos líquidos da indústria, foi feita uma abordagem, com base em dados secundários, dos seguintes parâmetros: campanha para coleta de efluentes com frequência semanal, totalizando oito amostras analisadas; monitoramento da vazão, pH, temperatura, sólidos

sedimentáveis, sólidos totais, DBO, DQO e oxigênio dissolvido. Os resultados estão detalhados na tabela 2.

Tabela 2 - Resultados das análises químicas.

Pontos de análise	A	B	C	D	E	F	G	H	Média mensal
Horário	08:55	16:07	09:13	16:01	09:59	16:20	07:36	16:00	-
Ph	5,4	6,4	5,4	6,4	4,9	5,3	5,4	6,2	5,7
Temperatura da amostra (°C)	29	31	30,5	32,3	29,3	30	29,5	32	30,5
Oxigênio dissolvido (mg/l)	5	5	1	3		3		2	3,2
DBO _{5,20} (mg/l)			1.410,00	530		3.450,00	5.100,00	2.625,00	2.623,00
DQO (mg/l)	12.295,00	2.172,00	3.594,00	820	36.260,00	8.550,00	12.308,00	6.308,00	10.288,40
Sólidos totais (mg/l)	11.562,00	2.074,00	3.236,00	1.252,00	29.512,00	7.236,00	10.180,00	5.938,00	8.873,80
Sólidos totais fixos (mg/l)	704	298	636	526	404	294	300	1436	574,8
Sólidos totais voláteis (mg/l)	10.858,00	1.776,00	2.600,00	726	29.108,00	6.942,00	9.880,00	4.502,00	8.299,00
Sólidos sedimentáveis (ml/l/h)	5,5	0,2	0,2	1,5	0,1	0,3	0,1	3	1,40

Pontos em ordem de apresentação.

A: Lavagem da linha de produção para a troca de sabor; **B:** Envasamento do sabor cola; **C:** Lavagem da linha de produção para a troca de sabor; **D:** Lavagem do filtro de xarope simples; **E:** Lavagem da sala de envase com detergente neutro; **F:** Envasamento do sabor laranja; **G:** Envasamento de laranja e guaraná, **H:** Lavagem do filtro de xarope simples.

Fonte - Projeto básico da *Wetland*. Adaptado pelo autor (2018).

Os principais valores das vazões e os resultados analíticos das amostras, as cargas poluidoras calculadas do efluente industrial e os valores que serão adotados no dimensionamento do sistema de tratamento, estão representados na tabela 3.

Tabela 3 - Valores adotados no dimensionamento do sistema

VARIÁVEIS	RESULTADO MÉDIO DA ANÁLISE LABORATORIAL		ADOTADO NO DIMENSIONAMENTO	
	Conc. (mg/l)	Carga (mg/l)	Conc.(mg/l)	Carga (mg/l)
PH	5,7	-	5,7	-
Temperatura (°C)	30,50	-	30,50	-
Sólidos sedimentáveis (mg/l)	1,4	0,22	2,0	0,03
DBO _{5,20} (mg O ₂ /l)	2.623,00	41,97	2.700,00	43,20

DQO (mg O ₂ /l)	10.288,40	164,61	10.500,00	168,00
OD (mg O ₂ /l)	3,2	0,05	3,50	0,06

Fonte - Projeto básico da *Wetland*. Adaptado pelo autor (2018).

De acordo com os dados supracitados, o efluente analisado pôde ser caracterizado com os seguintes parâmetros:

- a) Consumo máximo de água da unidade fabril, para a produção diária de 6000 litros de refrigerante, variando em torno de 18,00 m³ ou 0,9 m³/h.
- b) O pH verificado manteve-se entre 4,9 e 6,4, com uma média de 5,7 (aceitável para *wetlands*)

3.3 ZONA DE RAÍZES (*WETLANDS*)

A estação de tratamento por zona de raízes é um sistema físico-biológico idealizado seguindo a lógica do biofiltro. O esgoto bruto é lançado por meio de uma rede de tubulações perfuradas, instaladas abaixo de uma área plantada (zona de raízes). O dimensionamento da ETE deve ser calculado de acordo com a demanda de efluente previsto para a situação. Caso necessário, realiza-se adaptações de acordo com as necessidades e características de cada região.

Segundo Crispim et al. (2012), a função principal das plantas consiste em fornecer oxigênio ao solo através de rizomas que possibilitam o desenvolvimento de uma população de microrganismos, responsáveis pela remoção dos poluentes da água. Vale lembrar que a ETE por zona de raízes reduz matéria orgânica e nutrientes, como fósforo e hidrogênio, que quando lançados em corpos d'água podem desenvolver processos, como a eutrofização.

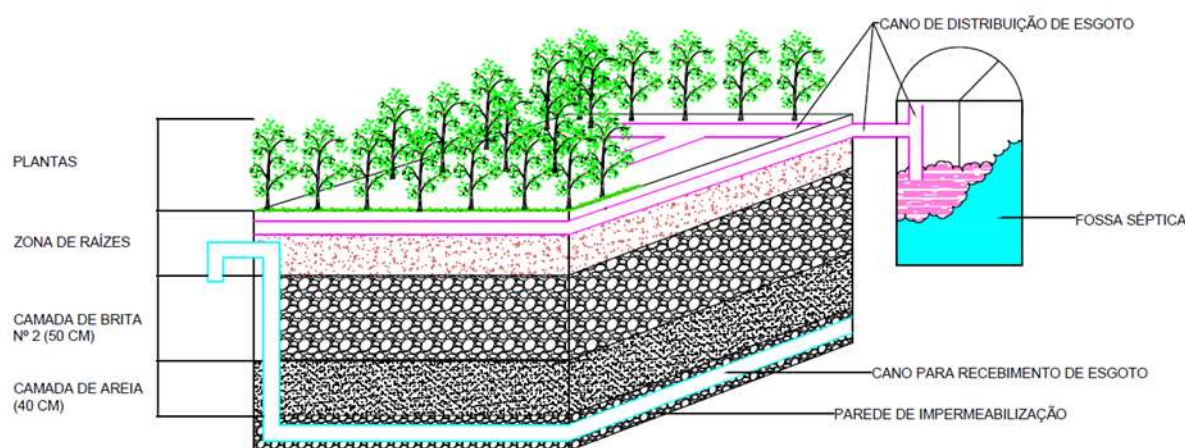
De acordo com projeto básico da estação (2011), as plantas que formam a zona de raízes neste tipo de estação devem ser plantadas sobre um filtro físico, estruturado sobre uma camada de brita nº 2, com 50 cm de profundidade. Esta camada de brita encontra-se sobre outra camada de filtro composta de areia, que ocupa o espaço entre o fundo do filtro e a camada de brita. A camada de areia deve possuir uma granulometria de média para grossa e preencher uma altura de 40 cm. No fundo do filtro ficam acomodadas as tubulações que captam o efluente tratado, conduzindo-o para fora da estrutura. A ETE deve ser impermeabilizada por meio de uma lona plástica em uma estrutura de concreto armado, podendo variar de acordo com o tipo de terreno. A função da impermeabilização é evitar qualquer forma de contaminação e infiltrações indesejáveis no sistema. O efluente deve passar inicialmente por uma fossa séptica, onde serão removidos os sólidos sedimentáveis. Se necessário, utiliza-se bombas elétricas para conduzir os resíduos à ETE, quando o sistema de condução não oferecer um caimento mínimo ou quando a fossa séptica estiver abaixo do nível da estação. Da fossa

o efluente é lançado por uma rede de tubulações na altura das raízes, aproximadamente 10 cm abaixo da superfície, onde se inicia o tratamento secundário da ETE.

O sistema de tratamento de efluentes por *wetlands* é constituído por dois momentos. O tratamento primário (fossa séptica) e o secundário (zona de raízes), onde o efluente resultante do tratamento pode ser devolvido à natureza, apresentando uma redução de matéria orgânica e sólidos sedimentáveis, o que evita a contaminação do corpo hídrico ao qual será lançado, além da contaminação do solo por ovos e cistos de verminoses, no caso de serem lançados em valas de infiltração. Outro aspecto positivo é a ausência da produção de lodo, pois os sólidos que se sedimentam são em pequenas quantidades, não havendo, dessa forma, necessidade de receberem tratamento específico. Os gases liberados com a decomposição da matéria orgânica e que produzem mau cheiro são eliminados na ETE por zona de raízes, pois as plantas funcionam como filtro natural.

Existem diversas espécies de plantas que podem compor o biofiltro da ETE, contudo, independente do gênero a que pertençam, todas devem ter características específicas e essenciais para um bom funcionamento da estação, como aerênquimas bem desenvolvidos no caule e raízes fasciculadas (CRISPIM et al., 2012).

Figura 5: Detalhamento ETE por *Wetlands*.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

3.4 DIMENSIONAMENTO DAS UNIDADES DE OPERAÇÃO DA ETE POR ZONA DE RAÍZES

Segundo dados do boletim secundário da ETE (2018), a unidade de operação foi composta por três etapas. A primeira foi uma fase física, de tratamento primário, composta por decantador e filtro, objetivando a remoção de sólidos e uma parte da DBO. A segunda constituiu a fase biológica, de

tratamento secundário, caracterizada pela zona de raízes. Por fim, foi construído um tanque escavado para acúmulo semanal de produção industrial.

3.4.1. FASE FÍSICA: DECANTADOR

Esse tratamento objetiva proteger o tanque do sistema de raízes do assoreamento rápido e reduzir a carga orgânica insolúvel, devido a remoção de sólidos grosseiros normalmente presentes.

3.4.2. FASE BIOLÓGICA: SISTEMA DE ZONA DE RAÍZES.

Essa fase é responsável pela eliminação da matéria orgânica remanescente e remoção de nutrientes indesejáveis, e é composta por duas unidades: caixa de regularização do fluxo de efluentes e tanque de zona de raízes.

a) Caixa de regularização do fluxo de efluentes

Regula a quantidade de efluentes a ser infiltrados na zona de raízes. Foi projetada nas dimensões internas de 5,0 x 1,5 m de área, 1,80 m de profundidade e volume de 13,5 m³ de efluentes, suficientes para 15,4 horas de recebimento contínuo sem infiltração.

b) Tanque de zonas de raízes

Onde é realizado o tratamento biológico propriamente dito. Este tanque foi construído contínuo a caixa de regularização do fluxo de efluentes, nas dimensões internas de 14,0 x 5,0 m de área, por 1,1 m de profundidade. O dimensionamento foi realizado a partir da adoção dos seguintes parâmetros:

- I. Taxa de degradação, em determinado período de detenção, com média anual da temperatura local;
- II. Vazão de 18,0 m³/dia;
- III. DBO₅ no efluente bruto adotado de 2630 mg/l;

Realizando as devidas equações, encontrou-se um tempo de permanência de 3,92 dias. Ao considerar o período de permanência necessário, em relação direta com o volume de efluente bruto diário, definiu-se o volume mínimo necessário do tanque da zona de raízes em 70,56 m³.

Portanto, foi necessária uma retenção hidráulica de no mínimo 3,92 dias para a vazão máxima e um volume total do tanque de no mínimo 70,56 m³. Para este volume, considerando que o tanque teve 1,1 metros de profundidade, definiu-se como área as dimensões de 5,0 m x 14,0 m, que resultou em

um volume total de 77,0 m³. Da mesma forma, calculou-se a caixa de regularização do fluxo de efluente, nas dimensões internas de 1,0 x 5,0 m de área e 2,0 m de profundidade.

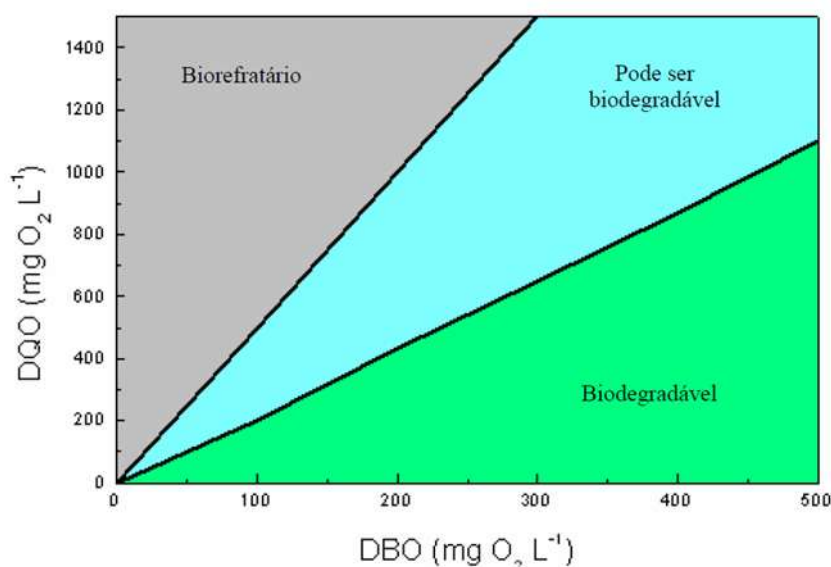
3.5 TANQUE ESCAVADO PARA ACÚMULO SEMANAL DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL

O dimensionamento do reservatório de efluente tratado considerou a vazão de uma semana de operação da indústria, o que equivale a 126 m³, sem considerar a evapotranspiração estimada de 25%, como margem de segurança. Assim, o reservatório foi construído nas dimensões de 8,0 x 8,0 metros de área, com profundidade de 2,0 metros.

3.6 FATORES QUE LEVARAM AO MAU FUNCIONAMENTO DA WETLAND

O efluente final não satisfaz as demandas propostas pelas resoluções CONAMA 357/05 e 430/11, e por isso houve a necessidade de adotar um novo método de tratamento. A relação DQO/DBO, indicada no boletim de análise do projeto básico da *wetland*, resultou em valores próximos a 4, o que indica um efluente com características industriais. Logo, por se tratar de um sistema físico-biológico, não é a técnica mais viável para o tratamento de resíduos com essas características, pois estes além de matéria biodegradável, também possuem recalcitrantes em sua composição.

Figura 6: Valores de DQO e DBO indicativos da tratabilidade de um efluente.



Fonte: VANELA, M.C; JARDIM, W.F. (2004).

Relação DBO/DQO:

- DQO/DBO < 2,5 = facilmente biodegradável.

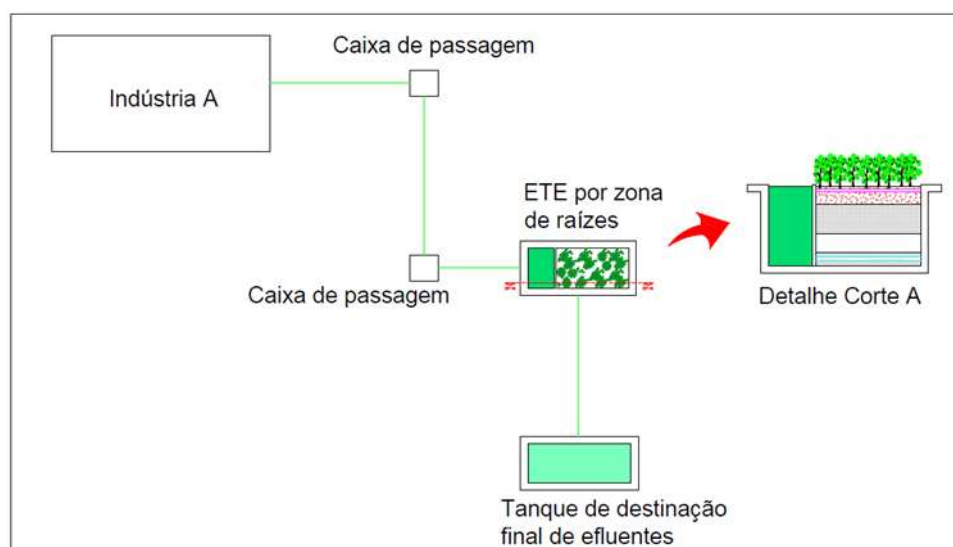
- $2,5 < \text{DQO/DBO} < 5$ = efluente com características industriais. Exigirá cuidados na escolha do processo biológico para que se tenha uma remoção desejável de carga orgânica.
- $\text{DQO/DBO} > 5$ = Processo biológico com poucas chances de sucesso. Oxidação química aparece como processo alternativo.

O sistema de tratamento por zona de raízes mostrou-se inadequado, pois a ETE apresentou problemas após curto período de funcionamento. As possíveis causas que levaram à ruína da estação estão relacionadas às alternativas de condução do efluente, as quais não ofereceram um caimento mínimo necessário ao transporte dos resíduos, a falta de manutenção periódica e adequada, além de problemas no método construtivo, como uso de alvenaria de vedação ao invés de concreto armado ou alvenaria estrutural. Outro agravante constatado foi a não remoção da terra diatomácea (utilizada no processo de filtragem do xarope simples) antes do envio do efluente ao tanque de zona de raízes, o que acarretou no entupimento da tubulação da estação e consequentemente provocou o colapso no tratamento. Abaixo, segue foto do tanque de raízes da indústria A, enfatizando os erros analisados e, em seguida, modelo de construção da *wetland*.

Figura 7: Tanque de zona de raízes com detalhamento de erros construtivos identificados.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Figura 8: Croqui da ETE por zona de raízes.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentre os problemas ambientais ocasionados pelo tratamento ineficaz do efluente podem ser citados: desequilíbrio do ambiente aquático, causando a mortalidade da fauna e flora ali existente (caso o efluente seja lançado em corpos d'água); contaminação do solo (caso o efluente seja lançado em valas de infiltração); intoxicação de animais e plantas por meio de poluentes químicos presentes no efluente; propagação de doenças de veiculação hídrica ou transmitidas por animais atraídos pelo ambiente contaminado; poluição visual; náuseas causadas pelo mau odor.

3.7 DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO COMPACTA PROPOSTA APÓS O COLAPSO DA ETE POR ZONA DE RAÍZES.

Após o colapso da *wetland*, foi proposta a adoção de uma estação compacta composta por sistema aeróbio, para o tratamento do efluente industrial. De acordo com dados obtidos no memorial descritivo da nova estação, o efluente bruto que chegará à ETE será armazenado na estação elevatória (E.E.), com capacidade média de 20 m³ de volume útil. Na E.E., serão instaladas 2 bombas submersas de 3 CV (cavalo-vapor) com 10 mca (metros de coluna d'água), trabalhando de forma alternada e acionadas por meio de chave de nível magnética (boia). Ao serem acionadas, o efluente será enviado para o reator aeróbico 1, que possuirá difusores de membrana que liberarão ar no fundo do tanque, com bolhas de 2 mm, proporcionando uma melhor interface do ar com o substrato. Neste reator também será adicionado sulfato de alumínio 50 % e polímero misto (6), ambos visando coagular e decantar os sólidos suspensos provenientes da reação de oxidação da matéria orgânica.

Nos tanques 2 e 3 ocorrerá o mesmo processo do tanque 1, sempre mantendo a taxa de oxigênio dissolvido em torno de 10 ppm (mg/L). Ao passar 40 minutos reagindo, o sistema de ar será cessado, aguardar-se-á 30 minutos para decantar, drenar-se-á o lodo do fundo dos tanques e se iniciará nova batelada, sendo que cada coluna de efluente que será transferida para o último tanque passará por um processo de cloração, usando para essa finalidade hipoclorito de sódio (cloro líquido) ou cálcio (cloro granulado) e cloro em pastilhas (tricloro-S-triazina-triona). Tal procedimento será realizado por bomba com diafragma com dosagem de 0-50 L/h, usando solução a 10 ou 20%, e também por um sistema de ultravioleta. Segundo o memorial, o cloro oxidará matéria orgânica e corantes; já o ultravioleta eliminará patógenos e auxiliará na degradação de corantes remanescentes, devido à quebra das duplas ligações presentes em corantes orgânicos.

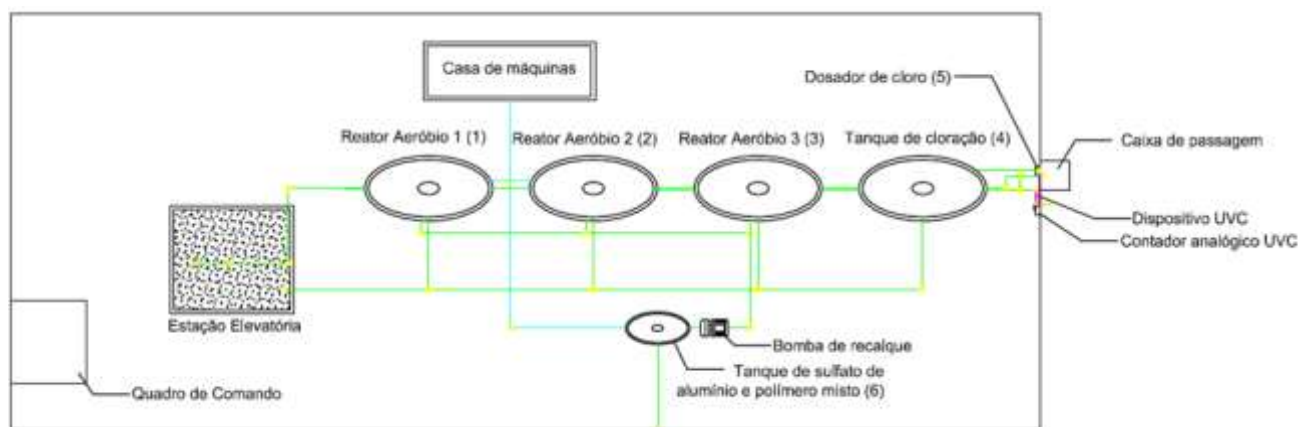
Todo sistema de tratamento, sejam as etapas de geração de ar, dosagem de cloro ou bombeamento, será realizado automaticamente por painel; o operador somente fará de maneira manual o dreno do lodo. A lâmpada ultravioleta apresentará comprimento de onda de aproximadamente 260 nm (nanômetros), terá vida útil de 7000 horas, potência de 75 w e em seu painel existirá um horímetro, cuja função é registrar o tempo de funcionamento do dispositivo. Sua radiação será U.V.C. e possuirá caminho óptico de 850 mm. A seguir, valores médios de entrada e saída de DBO E DQO.

Tabela 8: Remoção média de DBO e DQO.

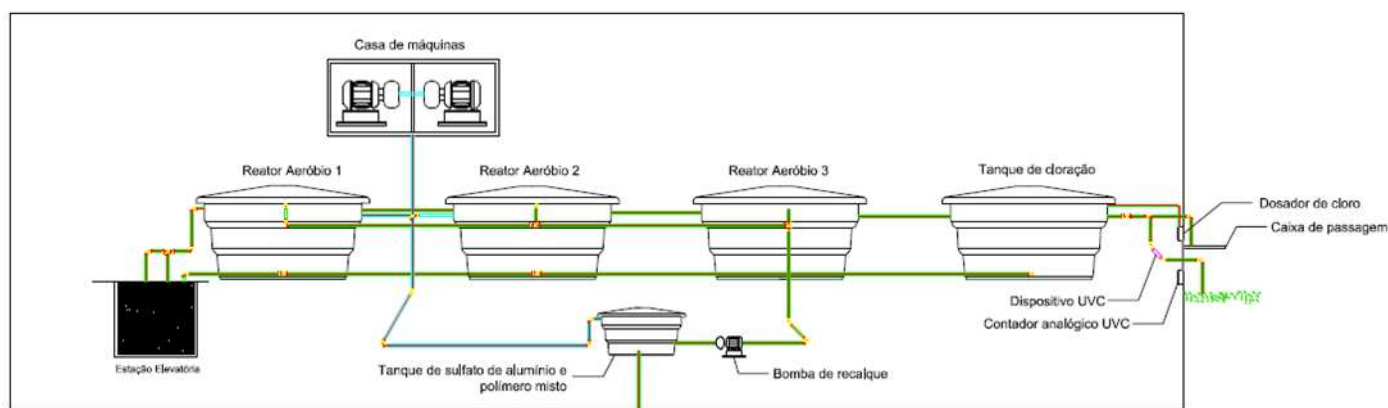
REMOÇÃO MÉDIA		
Parâmetro	Afluente	Efluente
DQO (mg/L)	2.200	300
DBO (mg/L)	1.700	140

Fonte: Memorial descritivo ETE por sistema aeróbio.

Figura 9: Planta baixa Estação Compacta.



Fonte: Elaborado pelo autor

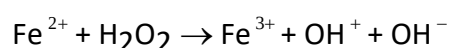
Figura 10: Detalhe em corte Estação Compacta.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A nova estação proposta não está em operação, mas poderá ser eficiente no tratamento do efluente industrial, pois terá condições de remover taxas consideráveis de matéria orgânica, produzirá pequena quantidade de gases (por se tratar de um sistema aeróbio) e não necessitará de grandes áreas para funcionamento. Além disso, será capaz de remover microrganismos patogênicos existentes através do sistema UVC. Contudo, o uso de cloro para oxidação de matéria biodegradável não é o método mais recomendável, pois ao oxidar a matéria orgânica, ele formará trihalometanos, sendo alguns destes cancerígenos. Para retirar estes elementos prejudiciais à saúde seria necessária a utilização de algumas técnicas, tais como aeração e o carvão ativo em pó. Elementos mais seguros e com maior poder oxidante (dado em termos de potencial padrão) como o ozônio, poderiam ser usados para oxidar a matéria orgânica e algumas substâncias inorgânicas e, dessa forma, evitar a geração de compostos nocivos.

Outra alternativa para o problema relacionado ao cloro, seria a adoção de um sistema “Fenton” (Equação 2). Nele, os radicais hidroxilas são formados provenientes da decomposição catalítica do peróxido de hidrogênio em meio ácido. Na ausência de um substrato alvo, o radical hidroxila formado oxida o íon Fe^{2+} e dá origem aos íons Fe^{3+} e hidroxila, sendo este responsável pela degradação de matéria orgânica e outros contaminantes. O uso de radiação UV ou visível potencializa o processo “Feton” e, conseqüentemente, a degradação de compostos orgânicos, sendo assim denominado processo “Foto-Feton”.

Reação de “Feton”.



equação (1)

Onde:

Fe^{2+} e Fe^{3+} = íons ferro;

H_2O_2 = Peróxido de hidrogênio;

OH^+ e OH^- = Radicais hidroxila;

4 CONCLUSÕES

O sistema de zona de raízes, se comparado a outros métodos, é um tratamento barato e eficiente, utilizado sobretudo em comunidades rurais, onde a demanda de esgotos não é tão significativa. A relação DQO/DBO analisada no projeto básico da *wetland* revelou resíduos com características industriais, logo o efluente não pode ser tratado por método biológico, pois não será capaz de remover os recalcitrantes presentes em sua composição.

É de fundamental importância efetuar um teste de toxicidade no efluente tratado, pois ele indicaria o nível de toxinas presentes no material e informaria a diluição necessária para reduzir a toxicidade a níveis não prejudiciais ao meio ambiente e aos organismos vivos. Contudo, esta análise foi negligenciada durante a avaliação do efluente para dimensionamento da *wetland*.

A adoção de uma estação compacta, constituída por difusores de membranas acoplados a tanques conjugados de coagulação e decantação, poderá ser uma alternativa viável ao tratamento de efluentes com as características abordadas. Algumas das vantagens deste tratamento estão na maior eficiência na remoção de matéria orgânica e baixa produção de odores, se comparado a sistemas anaeróbios. Além disso, haverá a possibilidade de oxidação de matérias inorgânicas e eliminação de patógenos através de sistema U.V.C. Para a obtenção de resultados satisfatórios e duradouros, entretanto, é preciso um controle rígido de operação, além de manutenção e monitoramento adequados.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA. Mercado cervejeiro, 2014. Disponível em: <<http://cervbrasil.org.br/2014/10/o-setor-de-cerveja-e-um-dos-que-mais-empregam-pais/>>. Acesso em: 19 abril 2015, 18:53:30.
- ASSOCIAÇÃO DOS FABRICANTES DE REFRIGERANTES DO BRASIL. Dados do setor, 2013. Disponível em: <<http://afrebras.org.br/setor/refrigerante/dados-do-setor/>>. Acesso em: 21 abril 2015, 11:38.
- CELESTINO, S.M.C. Produção de Refrigerantes de Frutas. Embrapa. Planaltina, 2010.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Cervejas e refrigerantes. Governo do estado de São Paulo / Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo, 2008. 60 p.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 357/05: Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes. Ministério do Meio Ambiente, 2005. 27 p.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução 430/11: Condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução 357/05. Ministério do Meio Ambiente, 2011. 09 p.
- CRISPIM, J. Q. et al. Estações de Tratamento de Esgotos por Zona de Raízes. Campo Mourão: Felciam, 2012. 20 p.: il. Color.
- DA SILVA, J. Estudo da Eficiência e Aplicação de Carvão Ativado Resultante de Pirólise de Casca de Arroz em Barreiras Reativas na Remoção de Contaminantes em Solos. Porto Alegre, 2009.
- GOULARD, M.R. et al. Metodologias para reutilização do resíduo de terra diatomácea, proveniente da filtração e clarificação da cerveja. São Paulo, 2011, V.34.
- JARDIM, W.F; CANELA, M.C. Fundamentos da Oxidação Química no Tratamento de Efluentes e Remediação de Solos. Laboratório de Química Ambiental. Campinas, 2004, V.1.
- LIMA, D.S. Refrigerante. 2011. Disponível em:
<http://pt.scribd.com/document/58593545/Refrigerante>. Acesso em: 29 novembro 2018, 15:43:30.
- MARTINS, L.M. Estudo da aplicação de processos oxidativos avançados no tratamento de efluentes têxteis visando o seu reuso. Teresina, 2011.
- NASSIF, D.B. Atividade antioxidante e compostos fenólicos em refrigerante de cola e de guaraná. Porto Alegre, 2011.
- PACHECO, A.R. et al. Influência da Carbonatação no Sabor de Refrigerante Tipo Cola. Goiânia, 2009, V. 36.
- RIBEIRO, T.I.B. Desenvolvimento de um novo conceito de refrigerante. Lisboa, 2011.
- SANTOS, E.; BRESSAN, K. Anteprojeto Indústria de Refrigerantes de Sabores Exóticos. Florianópolis, 2011.

SILVA LIMA, A.C.; AFONSO, J.C. A Química do Refrigerante. Química Nova na Escola. Rio de Janeiro, 2009, V.1, Nº 3.

VIGILÂNCIA DE FATORES DE RISCO E PROTEÇÃO PARA DOENÇAS CRÔNICAS POR INQUÉRITO TELEFÔNICO. Teresina é a 5ª capital que menos consome refrigerantes no Brasil, 2015. Ministério da Saúde. Disponível em: <http://www.portalodia.com/noticias/saude/teresina-e-a-5a-capital-que-menos-consume-refrigerante-no-brasil-230540.html>. Acesso em: 08 de junho 2015, 15:40:35.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 4. ed. Belo horizonte, 2014, V. 1.

Capítulo 10



10.37423/230307354

ANÁLISE DO USO DE ADITIVOS EM CONCRETO AUTOADENSÁVEL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Túlio César Lupe Cajueiro

Faculdade Maurício de Nassau - Caruaru

Elison Henrique de Luna

Faculdade Maurício de Nassau - Caruaru



Resumo: Com o avanço dos meios tecnológicos e estudos obtidos ao longo de anos por pesquisadores conceituados no meio da construção civil, os aditivos estão cada vez mais presentes principalmente no processo de fabricação do concreto, onde sua fabricação consiste numa mistura de cimento Portland, água, agregado miúdo e agregado graúdo denominando assim concreto. Os estudos mostram um avanço constante na introdução de aditivos principalmente por mostrar efeitos econômicos e ambientais. Existe uma grande evolução por parte da construção civil ao uso de aditivos, visando uma melhora significativa do concreto durante seu emprego nas construções de diversos tipos e modelagens. É notório a existência de vários tipos de aditivos com empregabilidade em diversos tipos construções. Antes de empregar qualquer tipo de aditivo, deve-se estudar as possibilidades de seus usos em decorrência a não colocar a perder parte ou um todo de uma construção.

Palavras-chave: aditivos, concreto, cimento Portland, água, agregado.

1. INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA

O uso de aditivos em concretos é tão antigo quanto o do próprio cimento, os romanos adicionavam clara de ovo, sangue, banha ou leite aos concretos para melhorar a trabalhabilidade das misturas (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

São, geralmente, usados no concreto para melhorar a trabalhabilidade, acelerar ou retardar o tempo de pega, controlar o desenvolvimento da resistência e intensificar a resistência à ação do congelamento, fissuração térmica, expansão álcali-agregado, ataque por sulfato e corrosão da armadura (MELO, 2015).

Essas adições trazem diversos benefícios que aumentam a durabilidade e resistência do concreto no estado endurecido, como: redução na porosidade capilar, diminuição das fissuras de origem térmica, melhoria na resistência a ataque por sulfatos, melhoria na resistência a reação álcali-sílica, entre outros (MATIAS, BEZERRA e MENDONÇA, 2018).

Pode-se definir como ADITIVO todo produto não indispensável à composição e finalidade do concreto, que colocado na betoneira imediatamente antes ou durante a mistura do concreto, em quantidades geralmente pequenas e bem homogeneizado, faz aparecer ou reforça certas características. (BAUER, 2012, p.135).

O desenvolvimento de aditivos específicos para modificação das propriedades reológicas de misturas à base de cimento Portland data do início da década de 1930. A primeira patente para o uso de um aditivo plastificante à base de lignosulfonato foi obtida na Inglaterra, no início do século XX. Já a primeira patente que contemplou a fabricação e a utilização de superplastificantes à base de naftaleno sulfonato foi aprovada nos Estados unidos em 1938 (ISAIA, 2011, p.348).

Segundo a NBR 11768, no Brasil, conceitua aditivos para concreto como: Produto adicionado durante o processo de preparação do concreto, em quantidade não maior que 5% da massa de material cimentício contida no concreto, com objetivo de modificar propriedades do concreto no estado fresco e/ou no estado endurecido, exceto pigmentos inorgânicos para o preparo do concreto colorido. (ABNT, NBR 11768, 2011, p.2).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os benefícios do uso de aditivos no concreto, em comparação com o custo-benefício; observando que nem sempre os usos desses produtos trarão vantagens financeiras para a empresa (usinas) quando usados de maneira errada e equivocada.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o tipo de benefício que o aditivo trará para o concreto e suas características;
- Comparar o valor do aditivo com o valor econômico que trará para a empresa em custo, médio e longo prazo;
- Proposta de recomendações para as empresas (usinas) antes de fazerem o uso do aditivo no concreto;
- Análise dos tipos de materiais e suas funções no concreto;
- A importância de conhecer bem a diferença entre os tipos de agregados e suas características;
- Tipos de cimento e suas diferentes funções de aplicação;
- Características de produção e aplicação do concreto Auto adensável;
- Tipos e funções dos testes realizados para produção e controle da eficácia do concreto

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 EVOLUÇÃO DO CONCRETO

Concreto é um material compósito que consiste, essencialmente, de um meio aglomerante no qual estão aglutinadas partículas ou fragmentos de agregados. No concreto de cimento hidráulico, o aglomerante é formado por uma mistura de cimento hidráulico e água (MORAS, LOPES 2010).

O concreto é um material compósito, constitui de um meio aglomerante no qual estão aglutinadas partículas de diferentes origens. Tal aglomerante é o cimento em presença de água. Já o agregado é qualquer material granular, como areia, pedregulho, seixos, rocha britada, escória de alto-forno e resíduos de construção e de demolição. Se as partículas de agregado são maiores do que 4,75mm, o agregado é dito graúdo, se forem menores o agregado é o miúdo (LIMA *et al.*, 2014).

O cimento Portland é, hoje, o material mais utilizado na construção civil no mundo todo. É empregado em diversos tipos construtivos, tal como, grandes barragens, edifícios de concreto armado e até obras de artes em elementos protendidos. É um material com aplicação em uma grande variedade de

estruturas, em uma grande maioria dos casos é uma alternativa viável mais econômica, tem uma alta resistência e durabilidade, em comparação a outras matérias. Podendo destacar assim, como vantagem, não exige uma grande manutenção em relação a outros materiais estruturais, também é altamente resistente ao fogo e a carregamentos cíclicos (Santos, Campos e Vicentini 1996).

3.2 CONCRETO AUTO ADENSÁVEL

Apesar de o concreto ser o material de construção mais utilizado no mundo, atualmente não se pode mais considerar apenas o estudo de concretos convencionais (CCV). O mercado e as técnicas construtivas exigem concretos que apresentem características especiais, como os concretos de alta resistência, de alto desempenho, autoadensáveis, com fibras, com altos teores de adições pozolânicas, aparentes, coloridos, brancos e sustentáveis, entre outros (Bernardo Fonseca Tutikian, Denise Carpena Dal Molin. 2008).

Um concreto só será considerado auto adensável se três propriedades forem alcançadas simultaneamente: fluidez, coesão necessária para que a mistura escoe intacta entre barras de aço (ou habilidade passante) e resistência à segregação (EFNARC, 2002).

Fluidez é a propriedade que caracteriza a capacidade do CAA de fluir dentro da fôrma e preencher todos os espaços. Habilidade passante é a propriedade que caracteriza a capacidade da mistura de escoar pela fôrma, passando por entre as armaduras de aço sem obstrução do fluxo ou segregação. E resistência à segregação é a propriedade que define a capacidade do CAA de se manter coeso ao fluir dentro das fôrmas, passando ou não por obstáculos (Bernardo Fonseca Tutikian, Denise Carpena Dal Molin. 2008).

3.3 CONSTITUINTES DO CONCRETO

Concreto é um material compósito que consiste, essencialmente, de um meio aglomerante no qual estão aglutinadas partículas ou fragmentos de agregados. No concreto de cimento hidráulico, o aglomerante é formado por uma mistura de cimento hidráulico e água (Mehta, Monteiro 2008).

3.3.1 CIMENTO

Os cimentos, (a exemplo do cimento Portland), são materiais aglomerantes que devem cobrir todas as superfícies de todas as partículas do agregado do concreto, para assim, ligar todo conjunto formando uma massa monolítica. Existem diversos tipos de cimento, na construção civil atualmente o mais usado é o cimento Portland (Patton 1978),

Tecnicamente o cimento Portland introduzido como material na construção civil pode ser conceituado como: [O cimento Portland] é o produto obtido pela pulverização de clinker, constituído essencialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com uma certa proporção de sulfato de cálcio natural, contendo, eventualmente, adições de certas substâncias que modificam suas propriedades ou facilitam seu emprego.”. Ainda de acordo com o autor, o clinker “é um produto de natureza granulosa, resultante da calcinação de uma mistura daqueles materiais, conduzida até a temperatura de sua fusão incipiente. (BAUER, 1985)

Os componentes essenciais do cimento Portland são cal (CaO), sílica (SiO₂), alumina (Al₂O₃) e óxido de ferro (Fe₂O₃). Em menores quantidades existe também, Magnésia (MgO) e gesso (SO₃). O gesso (SO₃) é adicionado após a calcinação para retardar o tempo de pega do produto (Gabrich 2008).

Em meio aos vários tipos de cimento Portland produzidos, podemos destacar os seguintes:

- CP I: é o tipo mais básico de cimento Portland, indicado para o uso em construções que não exijam condições especiais e não apresentem ambientes desfavoráveis. Apresenta apenas uma adição de gesso, como retardador de pega;
- CP I-S: tem a mesma composição do CP I (clínquer+gesso), com adição de 1 a 5% em massa de material pozzolânico;
- CP II-E: cimento composto com adição de 6 a 34% em massa de escória granulada de alto-forno;
- CP II-Z: cimento composto com adições de pozolanas maiores do que o CP IS (6 a 14%);
- CP II-F: cimento composto com adição de material carbonático (filler);
- CP III: cimento composto com adição de 35 a 70% em massa de escória granulada de alto-forno;
- CP IV: contém adição de pozolana em teores que variam de 15% a 50% em massa;
- CP V-ARI: não contém adições, mas é produzido com um clínquer de dosagem diferenciada de calcário e argila e com moagem mais fina, o que o permite atingir altas resistências nas primeiras idades. (Gabrich 2008).

3.3.2. AGREGADOS

Os agregados são classificados quanto à origem em naturais e artificiais. Os agregados naturais são aqueles encontrados na natureza, como areias de rios e pedregulhos, também chamados cascalho ou seixo rolado. Os agregados artificiais são aqueles que passaram por algum processo para obter as características finais, como as britas originárias da trituração de rochas. (BASTOS, 2006).

3.3.2.1 AGREGADO MIÚDO

De uma forma geral, todas as areias são adequadas para a produção do CAA, e pode-se utilizar tanto areias naturais (depósitos eólicos e beira de rio) quanto areias obtidas de processos industriais. As primeiras são mais recomendadas por possuírem forma mais arredondada e textura mais lisa. Deve-se ter um cuidado especial ao usar areias industriais, pois normalmente apresentam composição granulométrica com descontinuidades, ou seja, lacunas nas frações intermediárias. Isso pode ser corrigido por meio de composição com outra areia, por exemplo, areia média de rio, (Figura 1). (Bernardo Fonseca Tutikian, Denise Carpena Dal Molin. 2008).

A seleção do agregado miúdo está condicionada à demanda de água, fator essencial por sua influência sobre a coesão e fluidez do concreto. Agregados miúdos com partículas arredondadas e lisas são preferíveis para produção de CAA porque aumentam a fluidez da mistura para uma mesma quantidade de água. (Bernardo Fonseca Tutikian, Denise Carpena Dal Molin. 2008).

Segundo Okamura e Ouchi (2003), quanto mais angulosas forem as partículas do agregado miúdo, maior será a resistência ao cisalhamento das argamassas, dificultando a deformabilidade do concreto.

Figura 1- Agregado natural miúdo (areia).



Fonte: (BASTOS, 2006).

3.3.2.2 AGREGADO GRAÚDO

Para garantir a passagem do concreto por todos os obstáculos durante o lançamento e reduzir a tendência à segregação, as exigências quanto à dimensão máxima característica do agregado graúdo são mais restritivas. (GÓMES e MAESTRO, 2005).

A distribuição granulométrica do agregado influencia o empacotamento dos grãos e, como resultado, pode alterar a fração volumétrica das britas que serão incorporadas em uma mistura de concreto. A fração volumétrica está relacionada, principalmente, ao módulo de elasticidade do concreto e à retração por secagem, sendo menos deformáveis e com menores possibilidades de fissurarem por retração na secagem os concretos com mais agregados e, conseqüentemente, com menor teor de argamassa. (MEHTA e MONTEIRO, 2006).

Figura 2 - Agregado graúdo (seixo rolado)



Fonte: (BASTOS, 2006).

Na classificação quanto às dimensões os agregados são chamados de miúdo, como as areias, e graúdo, como as pedras ou britas. O agregado miúdo tem diâmetro máximo igual ou inferior a 4,8 mm, e o agregado graúdo tem diâmetro máximo superior a 4,8 mm (SALOMÃO, 2019).

Os agregados graúdos (britas) têm a seguinte numeração e dimensões máximas, em conformidade com a (Tabela 1) do autor DALGEGAN, 2019)

Tabela 1 - Dimensões dos agregados graúdos

BRITA	DIÂMETRO (mm)
Brita 0	4,8 a 9,5
Brita 1	9,5 a 19
Brita 2	19 a 38
Brita 3	38 a 76

Fonte - (DALGEGAN, 2019).

3.3.3 ÁGUA

Muitos pensam que a água é utilizada somente para facilitar a mistura, entretanto ela é essencial para as reações químicas, que geram as propriedades físicas do concreto. Estas reações são comumente chamadas de reações de hidratação, para isso é indicado o uso de água potável na composição do concreto, livre de qualquer contaminação e impurezas (DALGEGAN 2016).

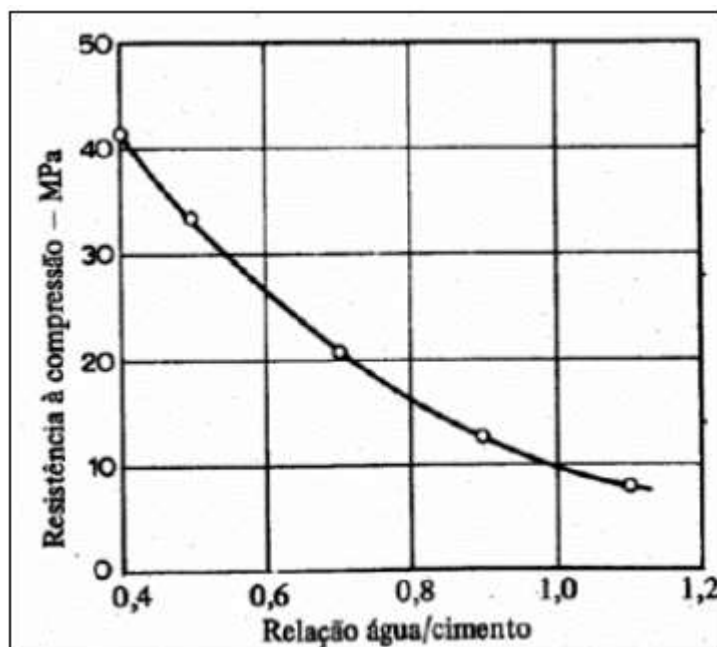
A água pode ser encontrada em vários estados dentro da mistura de concreto. Além do vapor nos poros vazios não ocupados ou parcialmente preenchidos, existe água na pasta de cimento hidratada nos estados Segundo (Mehta e Monteiro 2008):

- Água capilar, que se encontra presente nos vazios maiores, chamada de água livre (onde sua remoção não causa qualquer alteração no volume do concreto);
- Água adsorvida, que se encontra próxima à superfície do agregado, sob influência das forças de atração dos sólidos da pasta de cimento hidratada. A perda desta água é responsável pela retração da pasta de cimento;
- Água interlamelar, associada com a estrutura do C-S-H;
- Água quimicamente combinada, aquela que faz parte da estrutura de vários produtos hidratados do cimento (Mehta e Monteiro 2008).

A razão entre a quantidade de água acrescida e a quantidade de cimento utilizada na produção do concreto é muito importante para determinar a sua resistência final. Quem primeiro reconheceu essa relação de dependência foi Abrams (1919), baseando-se em pesquisas de laboratório, Abrams

demonstrou que a resistência do concreto dependia das propriedades da pasta endurecida, as quais eram função do fator água/cimento da mistura (Figura 3).

Figura 3 - Curva de Abrams



Fonte: (ABCP, 2000).

3.3.4. ADITIVOS

Entendem-se por aditivos as substâncias que são adicionadas intencionalmente ao concreto, com a finalidade de reforçar ou melhorar certas características do mesmo, inclusive facilitando seu preparo e utilização (Petrucchi, 1981).

Uma vasta tecnologia de aditivos tem-se desenvolvido, permitindo ao construtor um maior controle sobre as características do concreto. (Patton, 1978).

A NBR 11768/2011 classifica os aditivos baseada nos efeitos. Bauer (2012), nos descreve, em suma, como classificação de menor precisão científica, no entanto, os critérios tem por finalidade contribuir para a seleção e o correto emprego do aditivo por parte do engenheiro.

Segue a classificação normatizada dos aditivos redutores de água:

- aditivo redutor de água/ plastificante (PR, PA, PN);
- aditivo de alta redução de água/superplastificante tipo I (SP-I R. SP-I A, SP-I N);
- aditivo de alta redução de água/superplastificante tipo II (SP-II R. SP-II A, SP-II N) (ABNT, NBR 11768, 2011, p.4)

Antes, porém da escolha e aplicação do aditivo, Bauer alerta para a observância dos seguintes pontos: Comparação do custo final do concreto com as características especificadas, obtido por intermédio do emprego do aditivo, ou através da aplicação de método especial de construção, ou pela modificação da dosagem inicialmente proposta. Conhecimento dos efeitos reais do aditivo ou da mistura de aditivos no concreto a ser preparado e empregado nas condições específicas de cada obra. Não são suficientes os ensaios genéricos de laboratórios. Não obstante serem estes de grande valia e representarem uma boa ajuda, não dispensam, principalmente, nos casos mais delicados, a avaliação dos efeitos da aplicação do aditivo nas condições reais da obra. Habilitação do pessoal que irá empregar o aditivo na obra. Sobre este aspecto convém lembrar ser sempre, e com muita prudência, exigida a idoneidade do fabricante do aditivo, bem como, dos laboratórios que, por meio de seus certificados, atestam as suas características. Nunca, ou muito raramente, porém, lembram as especificações de exigir a idoneidade e competência do pessoal da obra que manuseia e emprega os aditivos. Uma severa recomendação quanto à qualificação do pessoal que diretamente emprega o aditivo seria de interesse, não somente da obra, como dos próprios fabricantes, que ficariam, desta maneira, resguardados das consequências do mau emprego de seus produtos. (BAUER, 2012, p.137-138)

3.3.4.1 ADITIVOS REDUTORES DE ÁGUA

Os aditivos redutores de água também são conhecidos como plastificantes ou super- plastificantes, dependendo da redução da quantidade de água de amassamento para uma determinada consistência (trabalhabilidade). Os superplastificantes são conhecidos também como redutores de água de alta eficiência. Enquanto os aditivos plastificantes (ou redutores de água de eficiência normal) permitem uma redução de água de pelo menos 5%, os aditivos superplastificantes podem reduzir a água da mistura em até 40%. Os aditivos plastificantes e superplastificantes, além de permitirem a redução da relação água/cimento para uma dada consistência da mistura, podem conferir aumento de fluidez se a quantidade original de água da mistura for mantida constante. (ISAIA, 2011, p. 351).

A NBR 11768 (ABNT, 2011, p.2) define aditivo plastificante/redutor de água como aquele aditivo que, sem modificar a consistência do concreto no estado fresco, permite reduzir seu conteúdo de água; ou como aquele aditivo que, sem alterar a quantidade de água, modifica a consistência do concreto, aumentando o abatimento e a fluidez; ou, ainda, como aquele aditivo que produz esses dois efeitos simultaneamente. A definição de aditivo superplastificantes, segundo a mesma norma, é similar à definição de plastificante, apenas ressaltando a diferença na intensidade dos efeitos. Ambos os

aditivos devem ter impacto mínimo nos tempos de pega das misturas de acordo com os limites especificados pela classificação dos vários aditivos redutores de água.

3.3.4.2 PLASTIFICANTES

“Aditivos plastificantes (tipo P): produto que aumenta o índice de consistência do concreto, mantida a quantidade de água de amassamento, ou que possibilita a redução de, no mínimo, 6% da quantidade de água de amassamento para produzir concreto com determinada consistência” (YAZIGI, 2013, p. 282).

Plastificantes são produtos constituídos por moléculas polares que são absorvidas (incorporadas à superfície) pelas partículas de cimentos, ficando expostas as extremidades com cargas elétricas iguais e provocando conseqüentemente a repulsão dessas partículas. Assim não há aglutinação de partículas, que se mantêm em suspensão, exigindo menos água para conservar consistência. Esses aditivos tem ação físico-química, portanto, pouco ou nada influenciada pela natureza do cimento. Um plastificante pode ser usado para aumentar a trabalhabilidade do concreto ou, mantendo a trabalhabilidade, para reduzir o consumo de água, conseqüentemente, o consumo de cimento. Os plastificantes são usados em proporções em torno de 0,2% e 0,5% da massa de cimento. (YAZIGI, 2013, p.283).

A NBR 11768 (ABNT, 2011) divide os plastificantes em PR-Plastificante Retardador que aumenta os tempos de início e fim de pega do concreto, PA-Plastificante Acelerador que diminui o tempo de início e fim de pega, bem como, acelera o desenvolvimento da resistência inicial do concreto e PN-Plastificante de pega Normal.

3.3.4.3 SUPERPLASTIFICANTES TIPO I

Tecnicamente, “os aditivos de alta redução de água, em sua composição principal, contêm sais condensados de naftaleno sulfonato ou melamina sulfonato. São produtos sintéticos, obtidos a partir de técnicas de polimerização” (ISAIA 2011, p. 253).

É aditivo que atua como plastificante, mas de modo muito mais intenso e geralmente durante um período de tempo limitado, após o que o concreto volta à consistência normal. Em geral, os superplastificantes são utilizados para obter concretos fluido autoadensáveis. Esses concretos são usados no caso de concretagem de peças delgadas, verticais com grande altura, ou mesmo peças de desenho muito complexo. A variação do teor de aditivo – geralmente compreendido entre 1% e 3% -

influencia o efeito sobre o concreto e, conforme o aditivo pode modificar o tempo de permanência do efeito de superplasticidade. (YAZIGI, 2013, p.284).

3.3.4.4 SUPERPLASTIFICANTES TIPO II

A NBR 11768/2011 da ABNT, conceitua o superplastificante tipo II como: Aditivo que sem modificar a consistência do concreto no estado fresco, permite uma elevadíssima redução do conteúdo de água de um concreto; ou que, sem alterar a quantidade de água, aumenta consideravelmente o abatimento e a fluidez do concreto; ou, ainda, aditivo que produz esses dois efeitos simultaneamente. (ABNT NBR 11768, 2011, p.3).

Os superplastificantes do tipo PCE são conhecidos por proporcionarem uma melhor manutenção da trabalhabilidade e por serem mais previsíveis quanto ao efeito sobre os tempos de pega, comparativamente aos aditivos de base NSFC e MSFC. (ISAIA, 2011, p. 354).

3.4 MÉTODO DE PRODUÇÃO DO CONCRETO AUTO ADENSÁVEL

O concreto auto adensável é considerado como a inovação tecnológica mais importante do último século para a construção civil. Tal definição foi dada por várias questões, por exemplo:

- Menor desperdício de materiais;
- Maior produtividade;
- Maior segurança ao trabalhador;
- Maior durabilidade.

Ao analisar pontos como esse, é possível que surja a seguinte indagação: “mas com certeza sua fabricação e produtos utilizados em sua produção são bem diferentes do concreto comum.” É aí que você se engana. O concreto auto adensável é confeccionado com os mesmos insumos do concreto comum, ou seja, cimento, agregados miúdos e graúdos, aditivos e água. Não se pode confundir o concreto auto adensável com o concreto com auto slump que quando se puxa o cano ele se espalha. Não é apenas colocar um aditivo superplastificante no concreto comum que teremos um concreto auto adensável. É claro que, o concreto auto adensável quando se levanta o cone no teste de slump ele se espalha, mas é necessário também possuir as seguintes características:

- Preencher os espaços nas fôrmas;
- Passar pelas restrições da peça a ser concretada;
- Resistir a segregação.

Ou seja, o concreto auto adensável necessita ter uma fluidez suficiente para preencher todos os espaços das fôrmas, passando por regiões com altas densidades de armaduras e ser capaz de evitar a segregação dos agregados.

Em sua produção, o concreto auto adensável possui métodos diferentes do concreto comum. O uso de água quando colocado em comparação os dois é praticamente a mesma. O concreto auto adensável necessita-se de uma maior quantidade de aglomerantes, ele consome uma maior quantidade de cimento e será necessária uma maior quantidade de adições no mesmo. A areia do mesmo exige um módulo de finura menor. Os agregados graúdos nesse concreto será em menor quantidade que no concreto comum, e que seja de preferência arredondados por ficar mais fácil dele fluir, com dimensões desses agregados entre 12,5 e 19mm.

Percebe-se que, no concreto auto adensável a superfície específica é muito alta para que se mantenha uma relação água/aglomerante baixa, onde é necessário um superplastificante para que seja possível alcançar o nível de um concreto fluido, mas que não afete a relação água/aglomerante que deve ser baixa como citado anteriormente. Pode-se também utilizar um aditivo que promova o aumento de coesão na massa, que também diminuirá a segregação.

3.5 OS TIPOS DE ENSAIOS UTILIZADOS NA DOSAGEM DO CONCRETO

O conjunto de equipamentos para a avaliação da trabalhabilidade do CAA foi totalmente desenvolvido para esse novo tipo de concreto. É importante salientar que os ensaios ainda não foram normalizados e, como qualquer procedimento sem normalização, há muitas divergências no meio técnico quanto às especificações e medidas. Logo, o mesmo aparelho pode apresentar pequenas diferenças entre uma publicação e outra. Mas um fato interessante é que não há muita variação dos tipos dos aparelhos, ou seja, a grande maioria dos autores utiliza os mesmos testes, porém com medidas e intervalos diferentes, como será mostrado na descrição de cada um. (Bernardo Fonseca Tutikian, Denise Carpena Dal Molin. 2008).

As três propriedades cuja medição se faz necessária CAA são a fluidez, a capacidade de fluir coeso e íntegro entre obstáculos e a resistência à segregação. Para cada uma dessas propriedades há um grupo de equipamentos, uns mais aptos e uns mais práticos que outros, conforme pode ser observado na Tabela 3.2. Essa tabela, inicialmente apresentada por Peterssen (1999), foi adaptada pelos autores desse livro.

EFNARC (2002) enumera alguns pontos que devem ser levados em consideração na avaliação da trabalhabilidade do CAA:

Tabela 2 - Ensaios Para a Avaliação da Trabalhabilidade do CAA

Ensaios	Utilização		Propriedades Avaliadas		
	Laboratório	Canteiro	Fluidez	Habilidade Pas.	Coesão
Slump flow	XXX	XXX	XXX	N	X
Slump flow/T ₅₀	XXX	XX	XXX	N	X
V-Funnel	XX	X	XX	N	X
V-Funnel 5 min	XX	X	X	N	XXX
L-Box	XX	X	N	XXX	XX
U-Box	XX	X	N	XXX	XX
Fill-Box	X	N	N	XX	XX
U-Pipe	X	N	X	N	XXX
Orimet	XX	X	XX	X	X
I-Ring	XXX	XXX	X	XXX	XX

XXX – altamente recomendável; XX – recomendável; X – pouco recomendável; N – não relevante (Fonte: PETERSEN, 1999, adaptado)

Fonte - (Bernardo Fonseca Tutikian, Denise Carpena Dal Molin. 2008).

3.5.1 ENSAIOS PARA CONTROLE DE TRABALHABILIDADE

3.5.1.1 ENSAIO DE ESPALHAMENTO (SLUMP FLOW TEST)

O slump flow test é utilizado para medir a capacidade do CAA de fluir livremente sem segregar. Foi desenvolvido primeiramente no Japão para avaliar o uso de concretos submersos. A medida de fluidez a ser obtida do CAA é o diâmetro do círculo formado pelo concreto. Para concretos convencionais, a trabalhabilidade é medida pela determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (NBR NM 67) ou pela determinação da consistência pelo espalhamento na mesa de Grajf (NBR NM 68), a qual é aplicável para misturas que atinjam o espalhamento mínimo de 350 mm limitado ao tamanho da mesa, 700 mm. (Bernardo Fonseca Tutikian, Denise Carpena Dal Molin. 2008).

Pode-se afirmar, a grosso modo, que o slump flow test é uma adaptação destes dois ensaios para um concreto excessivamente fluido. O ensaio permite observar visualmente se o concreto está segregando ou não. A Figura 4 ilustram o resultado do ensaio realizado com duas misturas: a primeira sem apresentar segregação e a segunda com segregação visível. Nota-se que, com o concreto segregando, o agregado graúdo forma uma pilha central, enquanto só a argamassa (ou pasta) flui para as extremidades, formando uma auréola. Se o concreto da Figura 4 fosse aplicado em estruturas reais, certamente o agregado graúdo iria para o fundo das fôrmas e a argamassa e a água subiriam para a

superfície, o que provocaria grandes falhas de concretagem e diminuiriam a durabilidade e a resistência mecânica das peças. (Bernardo Fonseca Tutikian, Denise Carpena Dal Molin. 2008).

O slump flow test pode ser executado por uma pessoa e exige poucos materiais, o que o habilita a ser usado em canteiros-de-obra e não somente em laboratórios. É composto por uma base, que deve ser um quadrado de 1000 X 1000 mm - que não absorva água e nem provoque atrito com o concreto - e por um tronco de cone com materiais de mesmas características da base. Sobre o centro da base deve-se marcar um círculo de diâmetro de 200 mm para a colocação do cone, que deve ter 300 mm de altura, diâmetro interno menor de 100 mm e diâmetro maior de 200 mm. Também são necessárias, para a execução do teste, uma espátula, uma concha côncava e uma trena para medir o espalhamento do concreto. (Bernardo Fonseca Tutikian, Denise Carpena Dal Molin. 2008).

Figura 4 - Ensaio de Espalhamento (Slump Flow Test)



Fonte - (Bernardo Fonseca Tutikian, Denise Carpena Dal Molin. 2008).

Figura 4 - Ensaio de Espalhamento (Slump Flow Test)

3.5.1.2 J-RING TEST

O j-ring test é uma complementação do slump flow test, do o rimei test ou até mesmo do v-funnel test, porque esses testes não tentam simular as armaduras de uma estrutura real. É constituído por

um anel de barras de aço espaçadas conforme a armadura real que se deseja simular. Mas, normalmente, o diâmetro é de 300 mm, a altura é de 100 mm e o espaçamento entre barras deve ser maior que 3 vezes o diâmetro máximo do agregado graúdo (Figura 5). A Figura 6, ilustra o j-ring em conjunto com o slump flow test. (Bernardo Fonseca Tutikian, Denise Carpena Dal Molin. 2008).

Essa combinação de testes permite a verificação da fluidez e da habilidade do concreto passar por obstáculos, sendo a última devido ao j-ring. Pode-se ainda verificar visualmente a segregação da mistura, uma vez que, ao passar pelo anel, a argamassa não deve se separar do agregado graúdo. (Bernardo Fonseca Tutikian, Denise Carpena Dal Molin. 2008).

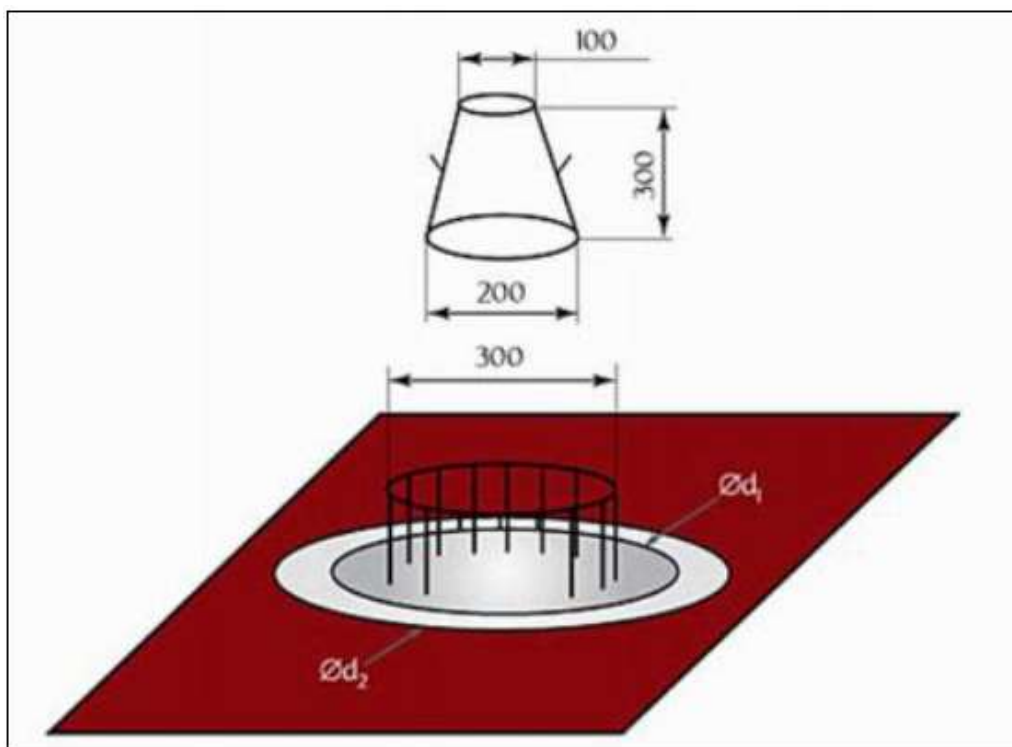
Para a execução do j-ring test em conjunto com outro teste para medir a fluidez do concreto - normalmente o slump flow test - são necessários dois operadores, o anel metálico, o tronco de cone e base do slump flow, um cronômetro, uma trena, uma concha côncava e uma espátula. São dois lestes complementares e ainda não se tem certeza da exatidão dos resultados, uma vez que o anel de barras de aço certamente afeta o espalhamento do concreto - embora a habilidade da mistura de passar por obstáculos, no caso um anel de armaduras, provavelmente não seja influenciada pela fluidez. Deve-se umedecer os equipamentos e colocá-los sobre um chão firme e nivelado para que então se preencha de concreto até o topo do tronco de cone, sem compactação externa ou vibração de qualquer natureza. Depois levanta-se o molde verticalmente e cronometra-se o tempo em que o concreto alcança o círculo de 500 mm, e mede-se o espalhamento em duas direções perpendiculares para o cálculo do slump flow. Em seguida, medem-se as alturas interna e externa ao anel de barras de aço em quatro pontos diferentes e calcula-se a média aritmética da diferença entre as alturas, que é a medida do j-ring. Pode-se ainda verificar visualmente a ocorrência de segregação, pois se o agregado graúdo se separar da argamassa do concreto quando fluir às extremidades ou quando passar pelo j-ring, significa que a mistura não está coesa suficiente, necessitando de ajustes. O valor do ensaio é a diferença de altura entre o concreto imediatamente interior e imediatamente exterior ao anel, e não pode exceder 10 mm. (Bernardo Fonseca Tutikian, Denise Carpena Dal Molin. 2008).

Figura 5 - Ensaios de slump flow test com o slumpflow T 30cm test



Fonte - (Bernardo Fonseca Tutikian, Denise Carpena Dal Molin. 2008).

Figura 6 - Ensaios de slump flow test com a complementação do j-ring test



Fonte - EFNARC, 2002.

3.6 UTILIZAÇÃO E APLICAÇÃO DO AUTO ADENSÁVEL

Apesar das dificuldades relatadas na aplicação do CAA em estruturas tradicionais, já são muitos os exemplos de utilização, uma vez que tais barreiras estão sendo derrubadas ou transpostas pelos tecnologistas de concreto, respaldados pelos resultados que estão obtendo. (Bernardo Fonseca Tutikian, Denise Carpena Dal Molin. 2008).

O CAA pode ter sua aplicação em diversas estruturas, como: estruturas não armadas ou com baixa taxa de armadura e embutidos, cuja concretagem é realizada a partir do ponto mais alto com deslocamento livre; Concreto auto adensável bombeado; Estruturas que exigem uma curta distância de espalhamento horizontal do concreto auto adensável, ex.: Lajes Revestimento de túneis Estacas, certas fundações profundas. (ABNT NBR 15823).

Estruturas com alta densidade de armadura e/ou de forma arquitetônica complexa, com o uso de concreto com agregado graúdo de pequenas dimensões (menor que 12,5 mm) ex.: Pilares-parede, Paredes diafragma, Pilares. (ABNT NBR 15823).

Adequado para elementos estruturais com alta densidade de armadura e embutidos, mas exige controle da exsudação e da segregação. Concretagens realizadas a partir do ponto mais alto com deslocamento livre. ex.: Lajes, paredes diafragma, pilares-parede, indústria de pré moldados e concreto aparente. (ABNT NBR 15823).

Figura 7 - Utilização e aplicação do Auto Adensável



Fonte - ABNT NBR 15823

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Os materiais e produtos de uso que são utilizados para a sua produção na ConcreArte, empresa na qual foram feitos os estudos, são os mesmos materiais conhecidos para fabricação do concreto e que são exigidos por norma e que já foram descritos nesse mesmo estudo, anteriormente. Por exemplo:

- Agregados miúdos;
- Agregados graúdos;
- Cimento Portland;
- Água;
- Aditivos Superplastificantes.

Um destaque especial vale para os aditivos com as características de superplastificantes pois são os que conseguem elevar o índice de plasticidade e fluidez que o concreto auto adensável exige, como já citado anteriormente.

4.2 MÉTODOS

Os métodos ocorrem de forma convencional e de acordo com as normas legais e os experimentos são acompanhados por um engenheiro responsável pela empresa.

Inicialmente são realizados estudos para conhecimento dos agregados, definindo os tipos de granulometria, massa específica, massa unitária, densidade, etc. Com o conhecimento desses itens, são feitas as curvas granulométricas, onde a partir dessas curvas o estudo do grau de empacotamento que é possível alcançar para diminuir os espaços vazios do concreto. Dessa forma, quanto menos vazios, menor a quantidade de pastas necessária para envolver os vazios, ou seja, precisará de menos cimento em menos água. Essa granulometria ideal é primeiro feita com o estudo das britas, se um tipo só será o suficiente ou se será necessário o uso de dois tipos. Normalmente se usa a brita 0. Posteriormente a análise da areia e do cimento para se conseguir o ponto ideal. Por fim, com tudo isso analisado, define-se o tipo de plastificante que pode ser de nível 1, 2 ou 3. Por fim, a realização dos testes padrões de normas conforme já citados, são realizados.

A empresa valoriza muito os estudos, análises e métodos para serem feitos de maneira eficiente. Caso contrário, não só prejuízo financeiro, mas um produto de má qualidade será repassado para o cliente. As vezes acontece da qualidade do concreto ser considerada boa, mas o estudo do destino final na

qual ele será utilizado e lançado é de extrema importância. Cada caso é um caso. Na construção civil, o macete de que em uma obra o concreto “x” funcionou e na outra obra posterior dará certo também, não funciona. Por essa razão, uma empresa para se tornar bem qualificada e renomada no mercado, necessita levar todos esses fatores em conta para garantir a satisfação do cliente, obter controle sob seus gastos, e principalmente, garantir o lucro para arcar com as despesas e crescimento da mesma.

5. ESTUDOS DE CASO OBSERVADOS NA REGIÃO DE CARUARU

O estudo realizado referente ao uso de aditivos em concreto autoadensável será realizado na Cidade de Caruaru-PE.

Caruaru é um município brasileiro do estado de Pernambuco, situado na região nordeste do país. Pertence à Mesorregião do Agreste Pernambucano (Figura 8). A sua população, segundo as estimativas do IBGE em 2019 é de 361.118 habitantes, sendo a mais populosa cidade do interior pernambucano e a terceira mais populosa do interior nordestino, atrás apenas de Feira de Santana e Campina Grande. O município localiza-se a oeste da capital do estado, distando desta cerca de 130 km. Ocupa uma área de 920,611 km², sendo que 80,561 km² estão em perímetro urbano e os 840,05 km² restantes formam a zona rural (Wikipédia).

Figura 8 - Vista aérea de Caruaru, Pernambuco, Brasil



Fonte - Israel Neiva, novembro 2017

A empresa para realização do estudo é a ConcreArte Concreto, localizada na Cidade de Caruaru-PE.

A ConcreArte surgiu em 2016 com a união de Rolph Júnior e os irmãos João Leite e Alex Leite que tinham vasta experiência e conhecimento na área de serviço de concretagem, em empresas multinacionais. Desde cedo os irmãos aprenderam a lidar com grandes desafios, assumindo responsabilidades e desenvolvendo trabalho em grandes obras da construção civil, juntamente com Rolph Júnior que possui uma consolidada experiência administrativa e financeira é que surge a ConcreArte. Hoje em plena expansão, a ConcreArte possui 04 unidades instaladas em Pernambuco: Caruaru (Figura 8), Arcoverde, Carpina e Palmares (ConcreArte concreto).

A empresa tem como característica principal a fabricação de concreto industrial destinado para diversos tipos de empreendimentos, tais como: concreto para edifícios, indústrias, pisos, hospitais, túneis, pontes, viadutos, lajes, vigas, radier e também trabalhando com argamassas (ConcreArte concreto). Como forma especial ela fornece concreto para grandes construções verticais principalmente na cidade de Caruaru-PE, a exemplo do prédio das novas instalações da Faculdade Maurício de Nassau.

A empresa está localizada ao endereço: Rua Hermes Viegas da Rocha, nº 133, Bairro Distrito Industrial, Alto do Moura, (km 41,23), CEP: 55.045-035, Caruaru-PE.

Figura 9 - Imagem unidade ConcreArte



Fonte – Site empresa ConcreArte

5.1 CONCRETAGEM DA AMPLIAÇÃO DA UNIDADE UNINASSAU CARUARU

A faculdade Uninassau Caruaru, localizada no Entroncamento da BR 232 com a BR 104, KM 68, 1.215, Agamenon Magalhães, Caruaru – PE.

A estrutura de ponta comporta 8 andares, 140 salas de aulas, e uma piscina para as aulas de Fisioterapia. A meta é ajudar a formar um quadro de profissionais capacitados capaz de alavancar o segmento da área de Saúde na cidade e região.

As lajes foram enchidas em concreto e a empresa responsável foi a ConcreArte, a estrutura metálica possibilita a facilidade e praticidade do empreendimento, Figura 10.

Figura 10 - Concretagem nova unidade faculdade Maurício de Nassau



Fonte – Site empresa ConcreArte

5.2 OBRAS DA UNIDADE DO ATACADÃO CARUARU

A primeira unidade da rede Atacadão em Caruaru está localizada Av. João de Barros, 101 - Petrópolis, Caruaru – PE.

O empreendimento contou com os serviços da empresa ConcreArte no fornecimento de concreto para instalação do piso interno e externo da unidade do prédio. Foi utilizado Aproximadamente 500 m³ de concreto auto adensável em torno do empreendimento.

Figura 11 - Obras da Unidade do Atacadão Caruaru



Fonte – Site empresa ConcreArte

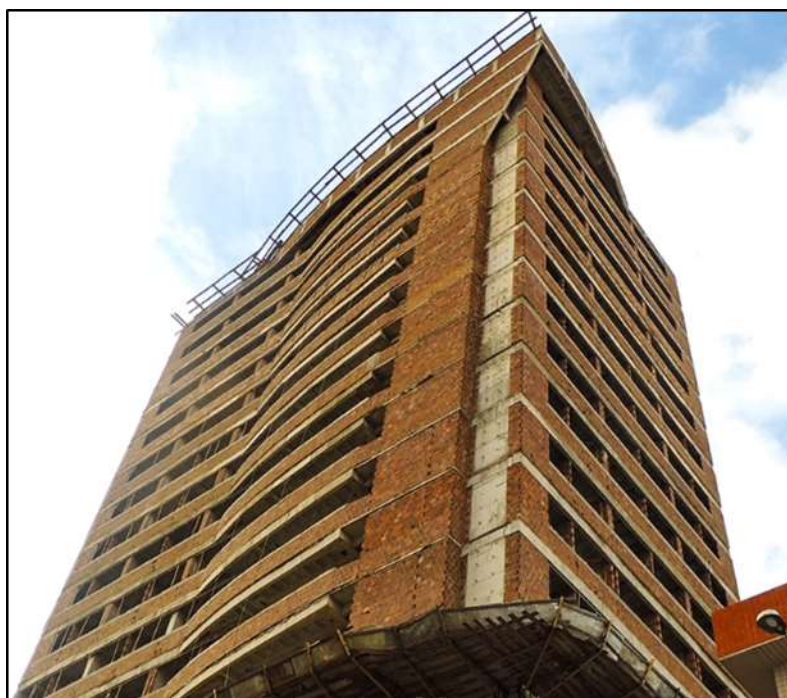
5.3 OBRAS DO EDIFÍCIO ATHENAS RESIDENCE EM CARUARU

O Edifício Athenas Residence, está localizado a Rua Alberto Rangel, 41, Bairro Maurício de Nassau, Caruaru – PE. Tem uma única torre, dividida em 02 blocos. O prédio possui ótimos itens de lazer: sauna, salão de festas, piscina com raia, prainha e área com deck.

Os espaços internos das unidades foram pensados de forma a oferecer conforto ao novo perfil da sociedade, que opta por espaços racionalizados que proporcionem bem-estar e praticidade. As unidades com 42 m² são compostas por sala de estar, jantar, quarto, banheiro social, copa/cozinha e área de serviço. Já as unidades de 67 m² são divididas em sala de estar, sala de jantar, copa/cozinha, área de serviço, quarto, suíte e banheiro social.

A empresa ConcreArte foi a responsável pelo fornecimento do concreto utilizado nesse empreendimento, desde a concretagem das fundações até a fase final da construção.

Figura 12 - Edifício Athenas Residence em Caruaru



Fonte – Site empresa ConcreArte

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisar os benefícios do uso de aditivos no concreto, em comparação com o custo-benefício; sabendo que nem sempre os usos desses produtos trarão vantagens financeiras para a empresa (usinas) quando usados de maneira errada e equivocada

Com os experimentos a serem realizados é esperado que obtenhamos resultados satisfatórios em relação ao custo-benefício, no comparativo do uso de aditivos no concreto em relação ao uso de água no concreto. Visando assim que após o resultado possamos definir quais métodos trarão um melhor custo a empresas produtoras de concreto ou mesmo ao uso direto do concreto por empreendimentos particulares.

Sabemos que os aditivos são produtos com um alto custo ainda no mercado, mas vem sendo introduzido de forma gradual junto as empresas, pois, a construção civil principalmente nos grandes centros, são de grandes complexidades e requer um volume muito alto de concreto, desde o início na fundação até a obra final. No modelo convencional de fabricação do concreto em sua maioria é usado água para mistura dos componentes, porém sabemos que dependendo da região e período o uso dessa água fica cada vez mais restrito, pelo fato de que os mananciais estão se esgotando e em tempos de secas, é quase impossível obter água em grandes volumes.

Com isso visamos que a introdução de aditivos venha beneficiar as empresas de construção de concreto, afim de que a produção não pare e que se mantenha a mesma qualidade como resultado final.

7. CONCLUSÃO

O tema abordado por este trabalho acadêmico, nos mostra claramente a importância que o concreto tem dentro dos parâmetros da construção civil atual. Em meio a tantas novas tecnologias da construção civil, o concreto ainda é dominador de nas construções, pois, usado de forma correta e seguindo as normas regulamentadoras, o resultado final será sempre positivo e seguro.

Os estudos realizados durante a realização desse trabalho de conclusão de curso, nos mostrou a importância de sabermos aproveitar de forma correta os dimensionamentos exigidos pelas normas, para ter em obra um melhor aproveitamento e uso do concreto.

Os artigos nos deram uma ampla visão da importância que é exigido do concreto na construção civil. Os meios que devemos seguir, e, saber que tudo deve ser observado e acompanhado de perto por profissionais qualificados.

Acrescentamos também que os profissionais engenheiros façam um estudo de todo o trabalho, observando todas as etapas, desde a etapa de projetos, aquisição e recebimento de materiais, observando as formas de execução e o ambiente de trabalho, assim, será sempre evitado diversos problemas patológicos.

Nos processos construtivos onde serão usados concreto, deve-se ter bastante cuidado desde sua fabricação até o uso final. O projeto vai direcionar de que forma será usado o concreto e para que servirá como resultado final. São inúmeros casos que podemos utilizar o concreto e são inúmeras formas de se fabricar o concreto.

São imensas variedades de materiais cimentícios, com possibilidades de vários usos e de dosagens de concreto. Ao longo dos tempos apareceu uma variação da tonalidade da superfície em virtude das substâncias presentes na atmosfera, e ações causados por intemperes naturais como temperatura, chuva e sol, sendo assim, não é existe uma reprodução igualitária da tonalidade ao concreto existente.

REFERÊNCIAS

BASTOS, P. S. S. Fundamentos do concreto armado. Disciplina de Estruturas de concreto I, Unesp, Bauru/SP, 2006.

CARDOSO, Sérgio Eduardo. Viabilidade da utilização da metodologia dos sistemas flexíveis – ssm no planejamento de ações estratégicas do poder judiciário. Tese de doutorado apresentada à Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, dezembro de 2007.

OLIVEIRA, L. N.; BRITO, C. R.; OLIVEIRA, G. L.; ALENCAR, D. B.; NASCIMENTO, M. B. A. Concrete curing analysis for high durability of structural concrete. Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications, Edition 17, v. 5, p 94-101, 2019.

MELO, L. L. F. Dosagem de argamassa autonivelante para contrapiso. Trabalho de Conclusão de Curso, Engenharia Civil, UFPB, João Pessoa, 2015.

MATIAS, M. A. P.; BEZERRA, L. E. F.; MENDONÇA, A. M. G. D. Concreto produzido com agregado reciclado: determinação das propriedades físicas. III CONAPESC, Centro de Convenções Raymundo Asfora - Garden Hotel, Campina Grande, 2018.

SALOMÃO, P. E. A. General aspects of the armed concrete and the technical procedures for their use. Research, Society and Development, v. 8, p. 1-20, 2019.

SILVEIRA NETO, Antônio. Processos Eletrônicos deveriam ser prioridade do Judiciário. Disponível em: <http://www.conjur.com.br/2010-jan-18/processo-eletronico-deveria-questao-prioritaria-judiciario>. Acesso em 16/01/2016.

SCARTEZINI, Ketlin Feitosa de Albuquerque Lima; AMIDEN NETO, Ganem. Responsabilidade socioambiental: Medida efetiva e mais que esperada no Judiciário. In: Consultor jurídico em <http://www.conjur.com.br/2015-fev-09/responsabilidadesocioambiental-medida-esperada-judiciario>. Acesso em 10/12/2015. STAFFEN, Márcio Ricardo. Interfaces do direito global. Rio de Janeiro: Lúmen Juris, 2015. TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO ESTADO DE SÃO PAULO (TJSC). Disponível em: http://www3.softplan.com.br/saj/saj_resultados.jsf Acessado em 10/01/2016.

ENGENHARIA: SOLUÇÕES E INOVAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO

VOLUME III

 conhecimentolivre.org/home

 contato@conhecimentolivre.org

 [editoraconhecimentolivre](https://www.instagram.com/editoraconhecimentolivre)



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE