



ISSN 2238-2011

EXPEDIENTE

Publicação Anual

ISSN 2238-2011

Temática: Tecnologia

Revisão Português

Tereza Barbosa Rocha

Capa

Marketing Faculdade Multivix São Mateus

Elaborada pela Bibliotecária Alexandra B. Oliveira CRB06/396

M965 Mundo Tecnológico/ Faculdade Multivix São Mateus – v.16, n.01, 2024 –
São Mateus: MULTIVIX, 2024.

Semestral
ISSN 2238-2011

1. Pesquisa acadêmica – periódicos. 2. Gestão. 3. Exatas. I. Faculdade
Multivix São Mateus

CDD 001.891
CDU: 001.891(05)

Os artigos publicados nesta revista são de inteira responsabilidade de seus autores e não refletem,
necessariamente, os pensamentos dos editores.

Correspondências: Coordenação de Pesquisa e Extensão Faculdade Multivix São Mateus
Rod. Othovarino Duarte Santos, 844, Resid. Parque Washington, São Mateus/ES | 29938-015

MUNDO TECNOLÓGICO

Faculdade Multivix São Mateus
v. 16 n. 01 janeiro/dezembro – 2024 - Anual

Diretor Geral
Sandrélia Cerutti Carminati Grippa

Coordenadora Acadêmica
Elen Karla Trés

Conselho Editorial
Elen Karla Trés
Josete Pertel
Katrini Henrique Ramos

Assessoria Editorial
Josete Pertel
Mariana de Jesus Lima
Arthur Farias Silva
Katrini Henrique Ramos

Assessoria Científica
Elen Karla Trés
Josete Pertel
Carina Sabadim Veloso
Katrini Henrique Ramos
Sandrélia Cerutti Carminati Grippa

EDITORIAL

A revista científica Mundo Tecnológico é uma iniciativa da Faculdade Multivix São Mateus que possibilita a divulgação de artigos e resumos de contribuições relevantes para a comunidade científica das diversas áreas de estudo que abrange a Instituição. Portanto, trata-se de um veículo de publicação acadêmica anual, cujo público-alvo são professores e alunos de graduação e pós-graduação.

Diante disso, a Instituição almeja que a revista científica Mundo Tecnológico contribua para o fomento contínuo da prática da investigação, e promova o crescimento educacional.

MUNDO TECNOLÓGICO

SUMÁRIO

Desenvolvimento de um projeto de um compactador de materiais para a reciclagem.....	6
Estevão Butske Gomes, Selton Batista da Silva Guidi, Thyeris Cardoso Souza, Ruan Schultz Riguetti; Josete Pertel	
Análise comparativa de vigas biapoiadas: cálculo estrutural manual x Software Eberick.....	33
Natalia Sanders Pereira, Rafael Moraes Dal Fior, Lucas Fernandes da Silva Goltara	
Descomissionamento de Plataformas <i>offshore</i> de exploração de Petróleo e Gás natural: Um panorama do cenário brasileiro.....	54
Jean Carlos Galini, Josete Pertel	
Interferência da água na produção de concreto na região litorânea da cidade de São Mateus (ES)	77
Deivison Souza Paixão, Morgana Gomes Chaves Lucas, Rita de Cassia Silva do Rosário, Lucas Fernandes da Silva Goltara	
Tecnologias e estratégias para reduzir emissões de poluentes em veículos a gasolina e diesel.....	101
Ezequiel Barreto de Matos Nascimento, Pedro Henrique Almeida da Silva; Arthur Farias Silva, Josete Pertel	
Manifestações patológicas na estrutura de concreto armado em regiões litorâneas.....	126
Enéas Pinto Neto, Leonardo Fanticelli Crespo, Otávio Gava Giuriato, Pedro Junior Zucatelli	
Investigação de manifestações patológicas visíveis em pontes de concreto armado.....	150
João Victor Marcelino Bitilher; Giovanni Santos Novaes Júnior; Lucas Fernandes da Silva Goltara, Josete Pertel	
Viabilidade econômica da implantação de painéis fotovoltaicos em propriedade rural.....	172
Adriano Vignatti, Igor Barcellos da Costa, Letícia Maria Rocha dos Santos, Nathan Ben Hur Gomes Ferreira, Thales Batista Souza, Willian Zucolotto Giacomini, Pedro Junior Zucatelli	
Plano de manutenção para compressores parafusos.....	198
Henrick Lopes, Wanderson Almeida Silva; Arthur Farias Silva, Josete Pertel	

DESENVOLVIMENTO DE UM PROJETO DE UM COMPACTADOR DE MATERIAIS PARA A RECICLAGEM

Estevão Butske Gomes¹, Selton Batista da Silva Guidi¹, Thyeris Cardoso Souza¹,
Ruan Schultz Rigueti²; Josete Pertel³

¹Acadêmicos de Engenharia Mecânica - Multivix São Mateus (ES)

²Mestrando/Docente - Multivix São Mateus (ES)

³Doutora/Docente - Multivix São Mateus (ES)

RESUMO

A falta de segurança é o que mais ameaça uma pessoa que trabalha com a coleta seletiva e reciclagem de materiais, devido às condições de trabalho. Este estudo teve como objetivo desenvolver um projeto mecânico de um compactador de materiais motorizado, com o propósito de garantir que sua utilização além de ser muito vantajosa em termos de eficiência, mas que também traz conforto, saúde e segurança para os trabalhadores, de forma a organizar, facilitar o armazenamento e gerar renda mais rápida. Inicialmente realizou-se uma pesquisa bibliográfica em livros e artigos sobre fatores que implicam na sustentabilidade, legislação dos resíduos, normas regulamentadoras e o uso de *softwares CAD* relacionados à criação de projetos. O embasamento teórico proporcionou compreensão, conhecimentos e estudos de práticas sobre o tema. A prática com a criação de projetos oferece uma percepção dos pontos de vantagens e desvantagens na estruturação de equipamentos, facilitando a identificação da necessidade e do problema, para alcançar a satisfação e resolução do mesmo. Conclui-se que o projeto desenvolvido é viável para empresas e pessoas envolvidas com a área de reciclagem de materiais em termos de economia de tempo, diminuição de esforços repetitivos e possíveis riscos com materiais cortantes.

Palavras-chave: material compactor; mechanical equipment; recycling; SolidWorks; CAD software.

ABSTRACT

Lack of safety is the biggest threat to people who work in selective collection and recycling of materials, due to the working conditions. This study aimed to develop a mechanical design for a motorized material compactor, with the purpose of ensuring that its use, in addition to being very advantageous in terms of efficiency, also provides comfort, health and safety for workers, in order to organize, facilitate storage and generate income faster. Initially, bibliographical research was carried out in books and articles on factors that imply sustainability, waste legislation, regulatory standards and the use of CAD software related to project creation. The theoretical basis provided understanding, knowledge and practical studies on the subject. The practice with project creation offers an understanding of the advantages and disadvantages in structuring equipment, facilitating the identification of the need and the problem, in order to achieve satisfaction and resolution of the same. It is concluded that the developed project is viable for companies and people involved in the area of material recycling in terms of saving time, reducing repetitive efforts and possible risks with sharp materials.

Keywords: compactor; mechanical equipment; recycling.

1 INTRODUÇÃO

A reciclagem dos resíduos gerados pela população é de grande importância para o meio ambiente, tais como vidros, plásticos, papelão, metais, dentre outros materiais que são constantemente descartados e posteriormente reciclados para gerar novos produtos. Atualmente um dos desafios da reciclagem sem dúvida é o armazenamento, já que esses produtos na sua grande maioria são volumosos e, para sua compactação, são necessários uma certa técnica e o apoio de maquinário, tais como as prensas hidráulicas.

O descarte inadequado dos resíduos sólidos urbanos ainda é um desafio às políticas públicas de gestão ambiental no Brasil. A reciclagem de resíduos surge como uma medida econômica, social e ambientalmente viável para se tentar reverter esse quadro (Ribeiro et al., 2014, p. 191).

Visando solucionar o gargalo do armazenamento, saúde de quem exerce esse trabalho de reciclagem e da agilidade nesse processo, este trabalho propõe a criação de um projeto mecânico de um compactador de materiais motorizado, como alternativa econômica e viável para compactação de latas e materiais de alumínio de espessura menor que 0,50 mm, latas de aço com espessura menor que 0,25 mm e resíduos de plástico, como tubulações de policloreto de vinila (PVC) menor que 0,5mm, abordando toda tratativa de projeto realizada em cima deste dispositivo. Todos os detalhes como design, dimensões, materiais para fabricação com base de cálculo da força necessária para compactação, avaliação de critérios de desempenho e construção de um protótipo funcional serão explorados.

Com o foco na engenharia mecânica, esse projeto vai muito além, uma vez que ele impacta diretamente com a saúde de quem executa a função de reciclagem, gerando uma série de problemas devido aos esforços repetitivos.

Baseando em tecnologias CAD na criação de projetos para a melhoria de vida e eficiência, o problema de pesquisa deste trabalho se envolve a uma pergunta: Como a aplicação dos *softwares* CAD podem ajudar a melhorar a qualidade de vida das pessoas que trabalham com reciclagem?

Solucionar os problemas do armazenamento e da atividade repetitiva será competência do nosso projeto. Toda estrutura do protótipo será projetada no *SolidWorks* e isso permitirá visualizar parâmetros de projeto importantes, como: peso total da estrutura e o funcionamento das partes móveis, evitando conflitos de montagens na prática.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um projeto mecânico de um compactador de materiais motorizado, com o propósito de garantir que sua utilização além de ser muito vantajosa em termos de eficiência, mas que também apresente segurança, economia de tempo e diminuição de esforços repetitivos para os trabalhadores. E como objetivos específicos esse estudo se propõe a: identificar os problemas e vantagens da elaboração do projeto, definir os parâmetros que o equipamento deverá alcançar e analisar a resolução do problema para concluir a viabilidade do projeto.

O protótipo irá enaltecer nossa programação diante de um desafio de criar algo, que seja eficaz, suficiente e econômico, usando estratégias de planejamento e utilizando todo o conhecimento adquirido durante o período de formação do curso.

O projeto vai se desenvolver em uma lógica de que a implementação do equipamento irá transformar a matéria compactada em lucro em menos tempo, facilitar o armazenamento e poupar mão de obra.

A estrutura projetada deverá suportar os esforços e estresses causados entre o motor e o material a ser compactado, além disso, a força de compactação deve ser superior a tensão de escoamento dos materiais reciclados, garantindo assim o seguro e correto funcionamento do dispositivo.

As associações de catadores e estabelecimentos comerciais que acumulam resíduos sólidos de armazenamento de líquidos enfrentam dificuldades no armazenamento, devido aos grandes volumes que elas ocupam. Essas latas ficam por determinados períodos desses locais até acumularem uma grande quantidade e após isso são vendidas para empresas de reciclagem.

A disposição dos resíduos sólidos urbanos apresenta problemas relacionados à instalação adequada dos mesmos, ao espaço físico ocupado pelos rejeitos e à proliferação de doenças para parte da população que mora próximo e sobrevive da comercialização desses resíduos (Santos; Agnelli; Manrich, 2004, p.307).

Microempreendedores, estabelecimentos comerciais e catadores de latinhas, têm um problema em comum que é o armazenamento dessas latas, uma vez que é gerada receita através do peso que eles terão disponíveis para venda. Pequenas quantidades em quilogramas demandam grandes áreas para armazenagem, vendo isto, uma alternativa para solução é a construção de um protótipo de compactador de materiais que além de diminuir o espaço utilizado tem como vantagem conforto e segurança na execução do serviço.

É comum encontrar nos centros de reciclagem, prensas enormes que são normalmente nem um pouco portáteis e muito menos de baixo custo de investimento. O desafio é criar algo compacto, seguro, produtivo e principalmente de baixo custo.

Os ciclos ininterruptos de compressão dos materiais será seu diferencial, já que irão ganhar tempo na condução da atividade. Consequentemente, elevam o nível de segurança, uma vez que estão descartando o processo de compactação manual. Com o foco no reciclador que tem seu armazenamento a princípio residencial, o protótipo que será desenvolvido a fim de otimizar esse processo e colocando esses trabalhadores apenas para operá-lo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS NO MEIO AMBIENTE

Os resíduos sólidos descartados de maneira incorreta além de poluir o meio ambiente, traz também uma série de doenças para a população, latas de alumínio, garrafas PET, entre outros, acumulam água parada o que é o ambiente perfeito para mosquitos da dengue e outros seres similares. É de extrema importância o descarte correto desses materiais, destinando-os para centros de reciclagem.

Por sua vez, a incidência de dengue associou-se à gestão de resíduos sólidos e apresentou relação inversa significativa com o percentual de vulneráveis à pobreza. Houve também associação direta o índice de Gini, sugerindo que quanto maiores os registros de incidência de dengue de 2007 a 2016, maiores os valores de Gini dos municípios – ou seja, maior a desigualdade social. A cobertura da coleta seletiva apresentou relação inversa e significativa com os casos de dengue, sugerindo que quanto menor a cobertura da coleta de seletiva, maiores foram os casos registrados de dengue (Mol et al., 2020, p. 1).

Com isso foi implementado a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, algo de suma importância para melhor gerir esses materiais.

Segundo Kim e Barros (2023, p.1), “a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos foi um marco ambiental decisivo no âmbito das gestões municipais de resíduos sólidos sustentáveis e de qualidade.”

Um ponto crítico é a escassez de aterros sanitários para os resíduos que após a separação dos centros de reciclagem, não serão reaproveitados.

O objetivo desta pesquisa é otimizar o particionamento territorial para o Estado do Paraná com relação aos aterros sanitários definindo um número adequado de lugares capaz de atender à demanda e que minimize as distâncias a serem percorridas dos pontos de geração do lixo até o descarte. Para isso, foram desenvolvidas simulações em função do custo de transporte rodoviário dos resíduos, em que foram considerados os locais dos 171 aterros operacionais existentes no Estado. Os resultados mostraram a necessidade de se alterarem algumas das capacidades das áreas de descarte existentes, além de se adicionarem 25 novas áreas para atender integralmente à demanda. Com isso, o gasto com transporte seria reduzido em cerca de 80% e o custo total, que inclui novas construções, ficaria reduzido em 57%, acarretando redução de gastos, além do aprimoramento na prestação do serviço e da atenuação do impacto ambiental (Franco; Steiner, 2022, p. 987).

Por falta de estrutura, municípios menores possuem dificuldades na administração dos resíduos sólidos.

Os municípios de menor porte apresentam maiores problemas na gestão dos resíduos, o que pode estar relacionado ao fato de não possuírem uma equipe técnica para a execução dos serviços, o que reflete diretamente na qualidade ambiental urbana (Pereira; Curi; Curi, 2018, p. 485).

O uso disseminado das latas de alumínio em embalagem de bebidas e também dos demais resíduos sólidos, se torna um desafio global. Desafios como esse, demandam soluções eficazes, e a reciclagem desses resíduos se torna uma oportunidade valiosa uma vez que além de fazer a economia circular, também traz resultados significativos para redução do impacto ambiental.

O lixo urbano constitui-se hoje uma preocupação ambiental nos grandes centros urbanos e ainda pouco se conhece sobre os efeitos à saúde causados pela disposição do mesmo a céu aberto, coleta inadequada e as práticas sanitárias da população em relação a estes resíduos (Rêgo; Barreto; Killinger, 2002, p. 1583).

Os resíduos sólidos têm impacto significativo no meio ambiente se não for descartado corretamente, causando danos ao solo, água e ar, que geram uma série de problemas para fauna, flora e até mesmo a saúde humana.

Os resíduos sólidos urbanos (RSU), mais conhecidos como lixo, constituem uma preocupação ambiental mundial, especialmente em grandes centros urbanos de países subdesenvolvidos. Pouco se conhece sobre as repercussões da disposição desses resíduos a céu aberto na saúde humana e das práticas sanitárias da população em relação a eles. A geração de RSU, proporcional ao crescimento populacional, suscita uma maior demanda por serviços de coleta pública e esses resíduos, se não coletados e tratados adequadamente, provocam efeitos diretos e indiretos na saúde, além da degradação ambiental (Rêgo; Barreto; Killinger, 2002, p. 1584).

O manejo inadequado desses materiais, além dos problemas aqui já citados, também contribuem para mudanças climáticas severas, que podem gerar grandes desastres naturais que impactam diretamente na economia da população.

Os processos de produção, disposição e coleta de RSU que ocorrem no interior das comunidades não estão dissociados de questões estruturais mais gerais que se dão na sociedade, geradoras de desigualdade quanto às condições de sobrevivência. Assim, a abordagem de aspectos qualitativos sobre a importância atribuída aos RSU, dispersos no ambiente, na saúde de populações periféricas, bem como dos hábitos dessas populações em relação aos RSU, podem constituir-se em elementos esclarecedores sobre o modo como os riscos ocorrem, podendo vir a assumir importância científica como delineador das políticas ambientais e na garantia da preservação das gerações futuras (Rêgo; Barreto; Killinger, 2002, p. 1584).

Portanto, agir em conformidade com as legislações ambientais e a Política Nacional de Resíduos Sólidos, é pensar além do presente, já que os efeitos causados pelo descarte irregular virão no futuro.

No caso particular da lata de alumínio (material que se destaca entre os recicláveis), os programas de educação ambiental têm deixado à margem as implicações ideológicas, restringindo-se somente às técnicas mais eficientes de coleta e tratamento do lixo. Consequentemente, deixam em segundo plano a reflexão crítica sobre a transformação dos valores culturais que norteiam as características de produção e consumo da sociedade atual (Genovese; Queirós; Genovese, 2020, p. 68).

Contudo, a preocupação com o meio ambiente é algo desafiador e é necessário o empenho de toda sociedade, principalmente na contribuição para a correta destinação dos resíduos sólidos nos locais de descarte para que tenhamos um futuro promissor no quesito ambiental.

2.2 LEGISLAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Variando de acordo com país e região, a legislação aos catadores de latinhas abrange aspectos como saúde, segurança, direitos trabalhistas, meio ambiente e inclusão social.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) - Lei 12.305/2010 em respeito aos direitos coletivos e difusos dos catadores e catadoras de materiais recicláveis. Passados 10 anos da existência da PNRS os direitos que são conferidos por essa legislação não são efetivados (Valadão; Silva, 2024, p. 1).

As leis trabalhistas garantem direitos básicos tais como jornada de trabalho, segurança no trabalho, seguro de saúde, férias, entre outros benefícios que são cruciais para proteger os direitos dos catadores de latinhas. Em contrapartida, nem sempre esses direitos são postos em prática e por falta de acesso à informação esses trabalhadores acabam saindo lesados.

No texto da Lei 12.305/2010 a nomenclatura “catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis” é citada por doze vezes, conforme se lê nos artigos 7º, inciso XII; 8º, inciso IV; 15, inciso V; 17, inciso V; 18, inciso II; 19, inciso XI; 21, § 3º, inciso I; 33, § 3º, inciso III; 36, § 1º; 42, inciso III; 44, inciso II, e 50. Como é possível aferir nesses dispositivos da PNRS, os catadores de materiais recicláveis têm o direito à inclusão social e produtiva que deve ser efetivada, obrigatoriamente, pelo poder público, considerando que o não cumprimento é caso de violação dos direitos coletivos e difusos dos catadores (Valadão; Silva, 2024, p. 6).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, foi um passo marcante para essa categoria, alinhando e implementando leis com intuito de melhorar e regularizar essa classe.

A indústria é responsável por grande quantidade de todo o resíduo sólido produzido e também uma das maiores responsáveis pelas agressões ambientais por conterem os resíduos industriais em geral produtos químicos, metais pesados, substâncias tóxicas. Nesse cenário, o Estado deu um passo importante, com a entrada em vigor da Lei Federal n. 12.305, de 2 de agosto de 2010, que criou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e que, dentre as suas disposições introduz os catadores, via associações e cooperativas, em ações que envolvem a coleta e a destinação final ambientalmente adequada dos materiais (Gomes; Carminha; Memória, 2019, p. 121).

Além das leis trabalhistas, há também legislação que se preocupa com o descarte incorreto dos resíduos sólidos, que afetam diretamente o meio ambiente.

No Brasil, ainda se enterram, queimam ou lançam a céu aberto milhões de toneladas de resíduos orgânicos, em decorrência do desconhecimento de seu potencial de aproveitamento e dos impactos negativos que provocam quando dispostos inadequadamente (Zago; Barros, 2019, p. 219).

Políticas públicas eficazes são importantes para que a legislação seja acompanhada e fiscalizada para garantir sua implementação. Entretanto, é necessário envolver os trabalhadores da área de forma ativa, para ajudar a elaborar e implementar as políticas para que assim garantam seus direitos.

Art. 1º Esta Lei institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (Brasil, 2010, s.p.).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos estabelece diretrizes para promover a reutilização, redução, destinação e reciclagem dos materiais de descarte gerados pela população e indústrias.

Art. 4º A Política Nacional de Resíduos Sólidos reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (Brasil, 2010, s.p.).

Para que a dinâmica da Política Nacional de Resíduos Sólidos funcione de forma efetiva é necessário o engajamento de diversos departamentos da sociedade, tais como empresas, governo, Ong's não governamentais e principalmente de toda a população.

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por: XVII - responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei (Brasil, 2010, s.p.).

O manejo e o descarte correto dos resíduos são uma responsabilidade compartilhada prevista por lei, diferente do que muitos pensam, o lixo gerado por toda sociedade tem que completar o seu ciclo, sendo descartado, coletado e armazenado de forma correta para que haja o mínimo de impacto.

Segundo Deus, Battistelle e Silva (2015, p.693) “a implementação da PNRS trouxe ao Brasil novas perspectivas de definição de resíduos sólidos, criando metas e objetivos para os municípios cumprirem, a fim de extinguir lixões e aterros.”

Embora estejamos longe de extinguir esse problema, o Brasil segue como destaque nesse quesito, precisando apenas de aperfeiçoamento de certas práticas e intensificar a fiscalização.

2.3 NORMAS REGULAMENTADORAS APLICADAS EM EQUIPAMENTOS MECÂNICOS

A segurança no ambiente de trabalho é fundamental para todos. Por isso, as normas de prevenção recomendam o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI). A norma NR 6, do Ministério do Trabalho, regulamenta os procedimentos e cuidados relacionados ao fornecimento e utilização desses equipamentos de proteção. Conhecer a norma e as responsabilidades da empresa, dos trabalhadores e dos fabricantes dos equipamentos é crucial para a implantação correta e o uso efetivo.

Para que as atividades sejam realizadas de forma segura e eficiente no ambiente de trabalho, é imprescindível que as empresas, independentemente de seu porte, cumpram as normas regulamentadoras de segurança do trabalho.

A Norma Regulamentadora NR 6 foi implementada com o objetivo de regulamentar o uso de Equipamentos de Proteção Individual. Ela estabelece as obrigações tanto para empregados quanto para empregadores, visando preservar a segurança e o conforto em todos os postos de trabalho. Originalmente expedida pela Portaria MTb nº 3.214 em 08 de junho de 1978, a norma regulamenta os artigos 166 e 167 da Consolidação das Leis do Trabalho, conforme redação dada pela Lei nº 6.514 de 22 de dezembro de 1977, que alterou o capítulo V (Segurança e Medicina do Trabalho) do Título II da CLT (Brasil, 2022, p. 2).

As empresas possuem a obrigação legal de fornecer gratuitamente todos os equipamentos de proteção individual necessários aos seus funcionários. Esses equipamentos devem ser adequados aos riscos expostos, estar em perfeito estado de conservação e funcionamento, e atender às peculiaridades de cada atividade.

Quanto ao órgão que fiscaliza esses equipamentos, cabe ao Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT) e à Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) alertar os funcionários sobre o EPI correto para cada risco. Nas empresas onde o SESMT e a CIPA não existem, é responsabilidade do empregador selecionar o equipamento adequado ao risco, com orientação de um profissional devidamente habilitado.

Dentre as obrigações do empregador cabe a este adquirir o EPI adequado ao risco de cada atividade, exigir seu uso, fornecer somente equipamentos aprovados pelo órgão nacional competente, e treinar os trabalhadores sobre o uso correto, armazenagem e conservação. O empregador também deve substituir EPI danificado ou extraviado, garantir higienização e manutenção periódica, comunicar irregularidades ao Ministério e registrar o fornecimento.

Aos trabalhadores a responsabilidade é de usar os EPIs apenas para as finalidades previstas, responsabilizar-se pela guarda e conservação, comunicar alterações que tornem o equipamento impróprio e cumprir as determinações de uso adequado.

Para o caso do compactador de Materiais, objeto de estudo deste trabalho, a norma a ser cumprida é a NR 12, que estabelece parâmetros de segurança no trabalho com máquinas e equipamentos. Esta norma dispõe que:

A Norma Regulamentadora - NR e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais NRs aprovadas pela Portaria MTb n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais ou nas normas internacionais aplicáveis e, na ausência ou omissão destas, opcionalmente, nas normas Europeias tipo 'C' harmonizadas" (Brasil, 2010, p. 1).

A NR 12 é uma norma que assegura a segurança dos trabalhadores que montam e operam máquinas, visando proteger sua integridade física e prevenir doenças ocupacionais. Ela define obrigações para empresas e trabalhadores, incluindo referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção. O não cumprimento das exigências pode acarretar multas e sanções.

De acordo com os princípios gerais da NR 12, a norma deve ser aplicada nas fases de projeto, utilização, fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão de máquinas e equipamentos. Isso se aplica a todas as empresas com empregados sob o regime da CLT, sejam públicas ou privadas, independentemente da atividade econômica. Ou seja, todas as empresas, desde indústrias até confeitarias, precisam se adequar (Lima, 2021).

Destaca-se que o uso do compactador pode reduzir os danos à saúde dos trabalhadores, pois diminui o esforço físico necessário para a compactação de materiais recicláveis. Anteriormente realizado manualmente, o processo agora é mecanizado, contribuindo para a redução de doenças relacionadas ao esforço repetitivo.

2.4 APLICAÇÕES DE SOFTWARES CAD NA INDÚSTRIA

Com a modernidade, vem a acessibilidade às novas tecnologias, no ramo de engenharia, existem *softwares* que ajudam a desenvolver atividades que envolvem técnicas precisas, como desenhos técnicos de produtos e esquemas.

CAD – Computed-Aided Design ou Desenho Assistido por Computador – é um método computacional bastante utilizado na concepção de projetos de Engenharia, Arquitetura, entre outras. Tal método consiste em um software voltado ao desenho técnico, reunindo diversas ferramentas destinadas aos mais variados fins (Amaral; Pina, 2010, p. 2).

Existem *softwares* que nos ajudam nesses quesitos, como o *AutoCAD*, da *Autodesk*, é um *software* mais versátil, podendo atender a diversas áreas, pois permite a criação de desenhos técnicos detalhados em 2D/3D.

O *AutoCAD* é um programa de modelagem 2D e 3D cujas aplicações são diversificadas, tais como: projetos de engenharia mecânica, civil, elétrica, urbana, etc; arquitetura; uso em fabricação industrial; climatização de ambientes (internacionalmente conhecida como *HVAC – Heating, Ventilation and Air Conditioning*). É importante notar que o *AutoCAD* é muito utilizado também como ferramenta em disciplinas acadêmicas que envolvem desenho técnico (Amaral; Pina, 2010, p. 3).

SolidWorks, produto da *Dassault Systèmes*, é principalmente voltado para a engenharia mecânica e design de produtos, sendo a principal funcionalidade, a modelagem em 3D, com seus recursos avançados e simulações de desempenho.

O *SolidWorks* pode ser utilizado também como *software* de CAE (*Computed-Aided Engineering*), em conjunto com programas de simulação, tais como o *SolidWorks Simulation* e o *SolidWorks Flow Simulation*. O *SolidWorks Simulation* é tido como uma importante ferramenta de análise de tensões nas peças projetadas (Amaral; Pina, 2010, p. 4).

SketchUp, adquirido pelo *Trimble Navigation*, é bastante usado para criação de componentes mecânicos, análise de movimentos e teste de resistência dos materiais, consiste num aplicativo de modelagem 3D simples, geralmente usado em arquitetura, design de interiores e urbanismo, sendo mais indicado para esboços e ideias rápidas e visuais.

Revit, também da *Autodesk*, é ideal para projetos de construção, porque pode incorporar modelos inteligentes de diferentes tipos, como arquitetônico e elétrico.

O Revit é uma plataforma da *Autodesk* que usa a tecnologia BIM (*Building Information Modeling*). É um *software* de *design* de projeto de arquitetura e engenharia e um sistema completo de documentação do projeto que suporta todas as fases do processo.

Atualmente os *softwares* CAD tem uma vasta utilização na indústria por proporcionar agilidade no processo de criação de projetos, como diz Caulliraux, Souza e Izu (1994, p.144) “o CAD é utilizado na conceituação, projeto e documentação do produto. Computadores são usados no planejamento e sequenciamento do processo para realizar estas funções mais eficientemente”.

Além da agilidade, os *softwares* contribuem na qualidade do projeto como um todo, pois a pré-visualização do andamento do projeto e a correção facilitada pelas ferramentas utilizadas, levam o projeto a um novo nível.

O CAD aumenta a produtividade da Eng. de Projeto, levando a um aumento de eficiência, e permitindo um tempo maior para a criatividade dos projetistas. O CAM/DNC possibilita o planejamento e controle das atividades de manufatura, permitindo-se manter um controle mais rigoroso dos recursos de mão-de-obra, das instalações e prioridades de trabalho (Caulliraux; Souza; Izu, 1994, p.146).

Outro fator interessante na criação de projetos auxiliados por CAD, é a simulação dos projetos, onde se podem fazer estudo de movimentos, resistências e testes de escoamentos.

Pode-se afirmar que a utilização do CAD como método computacional em engenharia é uma prática em expansão e de grande auxílio nos projetos, uma vez que a partir de modelos de CAD pode-se realizar simulações ligadas à mecânica computacional dando mais confiabilidade ao produto final (Amaral; Pina, 2010, p. 7).

É indispensável para a criação de projetos na atualidade a adoção de *softwares* CAD, visto que propõem várias funções auxiliares para que o engenheiro projetista possa executar sua função com excelência.

Com todo o avanço das técnicas de CAD, tornaram-se frequentes os pacotes de softwares voltados para mecânica computacional, possibilitando ao usuário realizar não apenas o desenho (representação gráfica do projeto), mas também simulações a partir de modelos gerados. Quando não, softwares específicos que utilizem o método numérico de elementos finitos e/ou o método numérico de volumes finitos têm como input modelos construídos com auxílio de softwares de CAD. (Amaral; Pina, 2010, p. 4).

A tendência é o crescimento dessa prática, a evolução dos programas CAD irá se desenvolver muito pois a necessidade de novas tecnologias é evidente em todos os dias em prol da humanidade e da melhora de vida humana.

Com a evolução da tecnologia necessária para o desenvolvimento dos sistemas CAD/CAM atingindo seu ápice, a facilidade de utilização destes sistemas, devido à qualidade de sua interface, passa a ser um foco importante na concorrência entre diferentes fornecedores. O presente trabalho objetiva apresentar os conceitos básicos necessários ao potencial usuário das modernas tecnologias de trabalho em ambientes integrados de projeto e manufatura (Souza; Coelho, 2003, p. 2).

3 METODOLOGIA

A metodologia acerca do trabalho foi delineada com intuito de construir o projeto de um equipamento mecânico para a compactação de materiais, com boa manutenibilidade e menos custo. Em frente ao tema, é proposto um equipamento que reduza os riscos e problemas enfrentados pelos trabalhadores, como: arestas cortantes durante a compactação, esforços físicos excessivos e baixa eficiência.

Este estudo tinha como propósito aprofundar os conhecimentos com a pesquisa bibliográfica, em que os livros, artigos e estudos, levam as informações para um afunilamento, que transforma todo o conteúdo estudado em informações úteis para solução do nosso problema. O método de estudo permitiu que o projeto fosse elaborado de maneira sucinta e embasada em fontes confiáveis, garantindo a funcionalidade dos parâmetros do projeto.

Na definição dos equipamentos, pensou-se no objeto de trabalho antes da projeção dos cálculos, como o tipo e volume dos materiais a serem compactados. É plausível considerar também o peso do equipamento, segurança e ergonomia do compactador.

Para que o projeto fosse mais prático, foi pensado na hipótese que englobaria mais situações possíveis, por isso, os cálculos, dimensionamentos e definições foram pensadas na pior das hipóteses, que neste tema sobre resíduos sólidos como materiais para reciclagem, seriam as latas de aço.

Na etapa de desenvolvimento do projeto, foi elaborado um fluxograma para maior foco e organização das fases, após a idealização, é criado o protótipo do compactador através do *software SolidWorks*, permitindo realizar testes de validação e aprimoramentos.

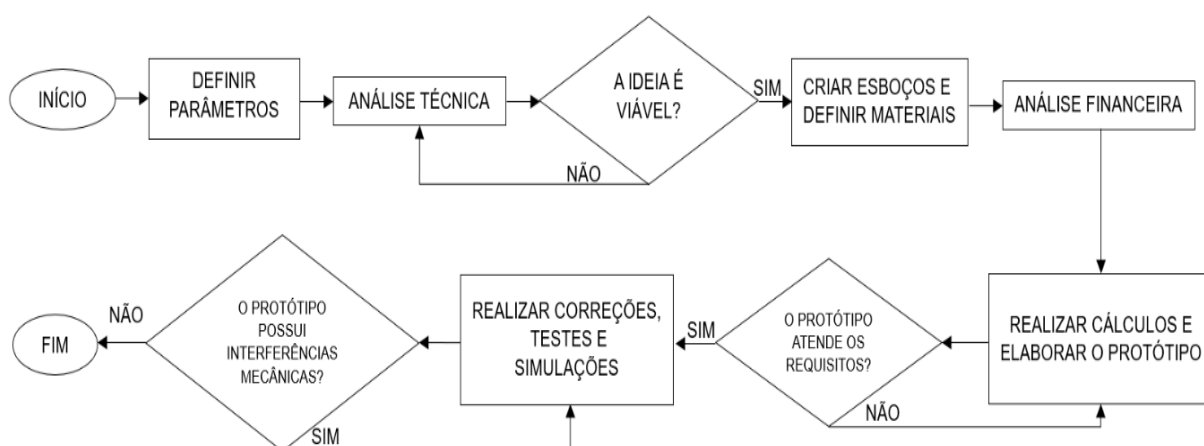
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DO EQUIPAMENTO E CAPACIDADE DE OPERAÇÃO

4.1.1 Desenvolvimento do Projeto

O desenvolvimento do projeto foi regido conforme Fluxograma 1, onde seguiu-se as fases para concluir a execução do projeto:

Fluxograma 1: Fluxograma do projeto.



Fonte: Elaborado pelos autores

Inicialmente utilizou-se o programa *SolidWorks* para desenhar a estrutura do protótipo e assim facilitar a visualização de possíveis erros. Com isso, o *software* servirá como suporte para futura montagem do equipamento. O programa *SolidWorks* permitiu observar os pontos de possível interferência entre componentes do protótipo e visualizar a simulação de funcionamento do equipamento, assim podendo evitar possíveis erros.

Após finalizado o processo de desenvolvimento no *SolidWorks* e selecionados materiais e equipamentos, foram realizados os orçamentos financeiros e mão de obra de fabricação, como serralheria e soldagens.

Foi considerado a possibilidade de implementação de tecnologias adicionais, como controles eletrônicos ou até mesmo elementos de automação. A princípio, será efetuado o projeto mecânico básico, mas dentro da NR12, que pede botão de emergência e o painel elétrico de funcionamento. Assim, colaborando principalmente com o baixo poder aquisitivo dos trabalhadores que atuam na área de reciclagem.

4.1.2 Materiais e Equipamentos

A estrutura do projeto foi desenvolvida com tubos quadrados (30mmx30mmx1,2mm) de aço SAE 1020 laminados a quente, que possui boa resistência à tração, boa soldabilidade e preço acessível. A chapa onde os materiais serão prensados, bem como a chapa que irá prensar os materiais na extremidade da biela, possuem em sua composição o aço duro SAE 1080, pela sua dureza, para que não deforme com as forças atuantes e reativas na compressão dos materiais.

A estrutura de aço foi pensada para o projeto devido ao limite de escoamento do aço SAE 1020 laminada a quente ser de 205 Mpa, segundo ASM International (1990), é superior ao da madeira de *pinus spp.*, que de acordo com Nascimento, Oliveira e Lucia (2001), possui 84,84 Mpa, e do polipropileno que Freire, Monteiro e Cyrino (1994) afirmam ter 26,8 Mpa, este mais conhecido como PP. Ou seja, quanto maior o limite de escoamento, mais difícil de ser deformada permanentemente.

Também foi levado em conta a rigidez desses materiais, associada ao módulo de elasticidade, “em outras palavras, a “rigidez”, consiste na capacidade em resistir a deformações dentro da região linear.” (DeWolf et al., 2021, p. 58).

Sobre os componentes, foi elaborado uma lista indicando todos os elementos presentes no projeto, conforme Quadro 1.

Quadro 1: Componentes mecânicos utilizados no projeto.

Componentes	Descrição
Eixos	Utilizado para suportar os componentes giratórios do projeto.
Chapa Galvanizada	Chapa de aço galvanizado, utilizada para o fechamento e proteção das partes mecânicas que se movimentam.
Engrenagens	Utilizadas na caixa de redução, diminuindo a velocidade de rotação na saída do motor, sem perder muita potência.
Mancais de Rolamento	Elemento de apoio, utilizado para suportar os eixos. Principalmente os que giram em alta rotação.
Rolamento	Auxiliam na rotação dos eixos, presentes nos mancais e no motor, por exemplo.
Tubo Quadrado	Tubo de aço galvanizado usados como base de sustentação do projeto.

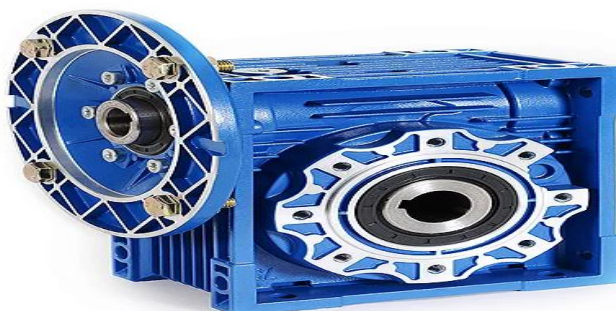
Fonte: Elaborado pelos autores

Para este projeto foi usado o Motor Elétrico Aberto 2 Polos Monofásico 110/220V NOVA-M122404B00 de 3CV de potência e rotação nominal de 3600 rpm. Os critérios principais de escolha deste motor foram o preço, que é justo, e a confiabilidade da marca, que é uma das maiores fabricantes de motores elétricos do Brasil e, além disso, com base na ideia de relação de transmissão proposta para projeto, pôde-se verificar que o torque disponibilizado por esse equipamento seria suficiente para realizar a compactação.

O sistema de transmissão desse projeto foi realizado através de uma caixa de redução ligada ao motor, que ao render um índice de relação de 1:100, ampliou o torque massivamente, no intuito de gerar força na ponta da haste compactadora e comprimir os materiais. A caixa é então ligada à transmissão de força para o eixo da polia, responsável por mover a haste compactadora.

A caixa redutora, ilustrada na Figura 1, possui duas entradas para o acoplamento de eixos, uma de entrada, onde possui 19mm de diâmetro para o encaixe do motor e a de saída, de 25mm de diâmetro onde foi acoplada o eixo que foi responsável por transmitir a rotação reduzida à polia.

Figura 1: Representação da caixa redutora.



Fonte: AVS Redutores

4.2 FORÇA DE COMPACTAÇÃO DO DISPOSITIVO

Torna-se necessário estabelecer a força que será entregue pelo equipamento, aliás, o que seria de um compactador se não tivéssemos a comprovação de que o material colocado no equipamento seria compactado?

Através de um comparativo entre o limite de escoamento, que é uma propriedade do material, e a tensão aplicada pelo equipamento às latas, consegue-se verificar se o material se deformará permanentemente.

Conforme os dados dos materiais, vemos que o aço é o que possui o maior limite de escoamento, ou seja, compactando esse tipo de material consequentemente consegue-se compactar outros tipos de latas. Dado o objetivo, foi escolhido um motor com potência de 3cv e 3600rpm.

Com os dados em mãos, o livro de Melconian (2019, p. 25) foi essencial nessa fase para a resolução dos cálculos a seguir.

Definimos o cálculo de torque exercido pelo motor conforme equação abaixo:

$$Mt = \frac{(30 \cdot P)}{n \cdot \pi} \quad (1)$$

onde:

Mt = torque [N.m];

P = potência nominal [W];

n = rotação nominal do motor [rpm].

Através da implementação de um caixa redutora, foi possível reduzir a velocidade de rotação e consequentemente ampliar o torque da polia onde está acoplado o pistão:

$$Mta = Mt \cdot i \quad (2)$$

onde:

Mta = torque ampliado [Nm];

i = relação de transmissão.

Então para calcular a força exercida na ponta da haste compactadora, é necessário aplicar a fórmula, afinal, a força tangencial da polia coincide com a força que o pistão irá aplicar ao material:

$$F = \frac{2 \cdot Mta}{r} \quad (3)$$

onde:

F = força resultante [N];

r = raio da polia [m].

Após encontrar a força na ponta da haste, então precisou aplicá-la à área transversal do material que irá ser compactado, ou seja, do aço de espessura 0,25mm. Uma lata que seria o mais comum usando esse material, seria uma lata de Thinner, ilustrada na Figura 2, redutor químico muito usado no setor de pinturas automotivas.

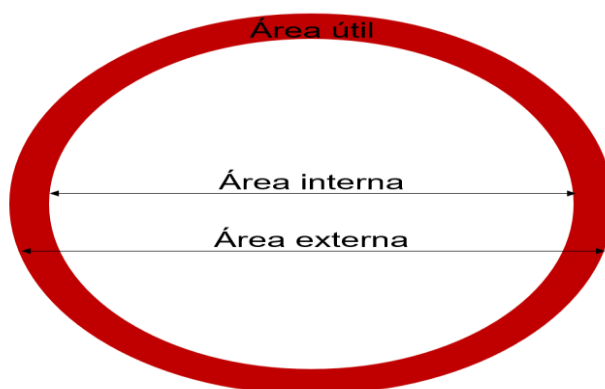
Figura 2: Lata de thinner convencional



Fonte: Elaborado pelos autores

A lata possui dimensões de 18,9 cm de altura, 8cm de diâmetro inferior e 8,3 cm de diâmetro superior. A área de compactação considerada é a da secção transversal da lata, que conforme retratado na Figura 3 abaixo, consiste em uma área anelar.

Figura 3: Representação da área útil da lata.



Fonte: Elaborado pelos autores

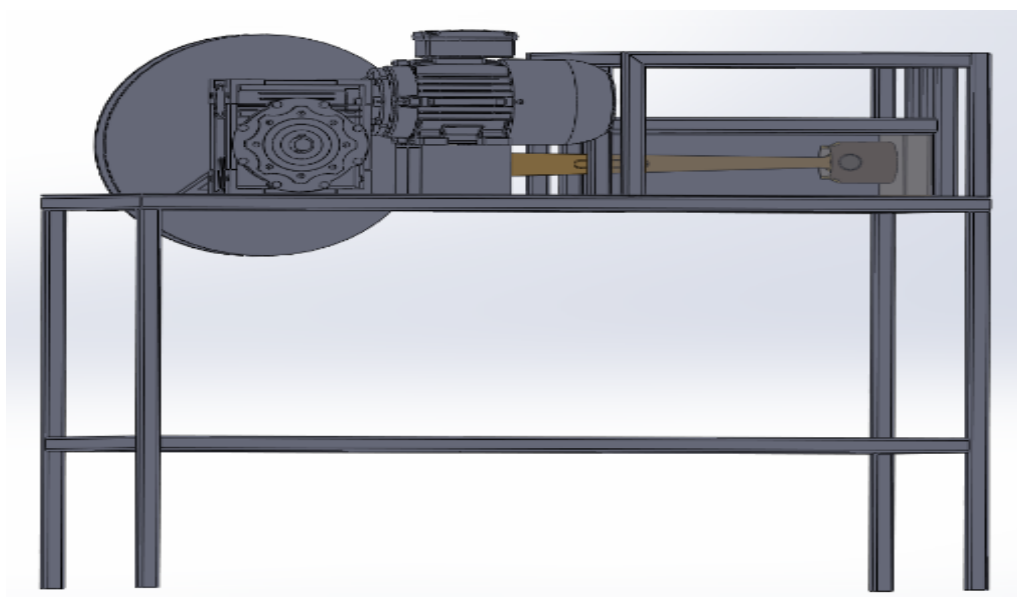
Segundo Botelho (2013, p. 24), em outras palavras, “a força aplicada à área útil, se torna uma tensão, e essa tensão deve ser maior ao limite de escoamento do material”.

$$\sigma = \frac{F}{A_{\text{útil}}} > \sigma_{\text{esc}} \quad (4)$$

onde: σ = tensão na superfície;

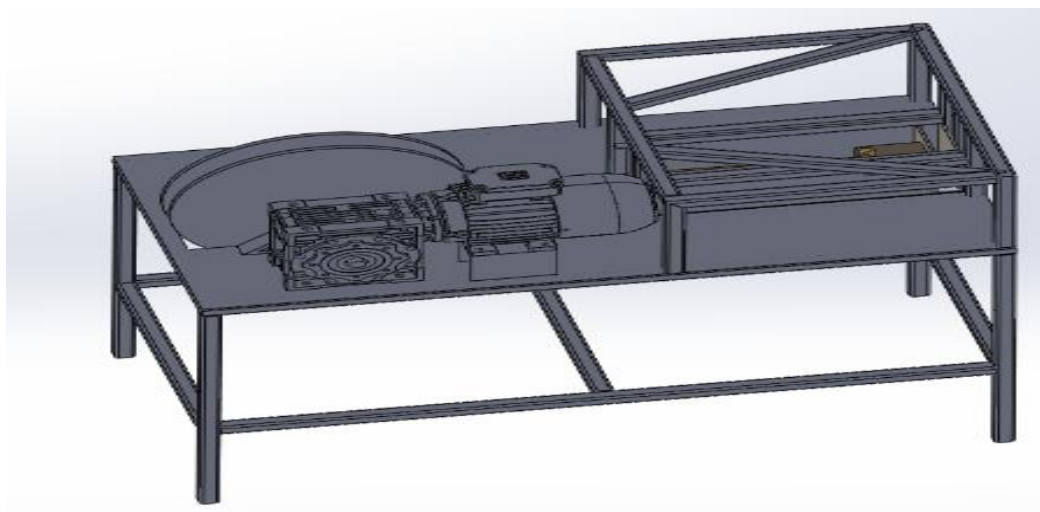
O protótipo projetado apresentou uma estrutura bem robusta que garante boa resistência mecânica contra impactos. O desenvolvimento do projeto focou em manutenibilidade, afinal, a maioria dos elementos de máquinas e outros componentes são de fácil acesso para realização de trocas e demais ajustes mecânicos. Na sequência de imagens abaixo se consegue-se verificar o resultado do projeto em SolidWorks apresentando as vistas frontal e superior (Figuras 4 e 5).

Figura 4: Protótipo elaborado no SolidWorks (vista frontal)



Fonte: Elaborado pelos autores

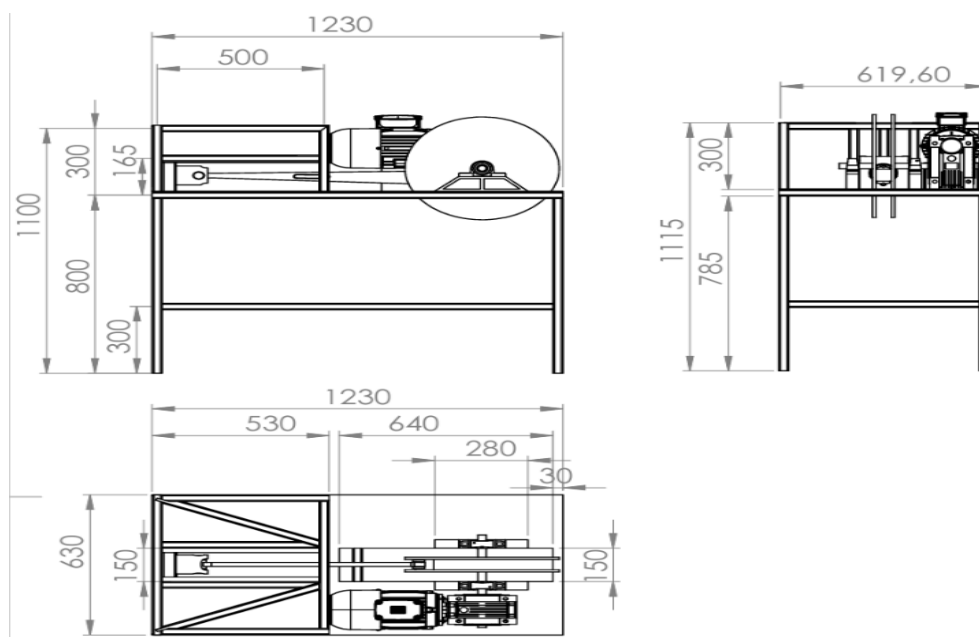
Figura 5: Protótipo elaborado em SolidWorks (vista superior)



Fonte: Elaborado pelos autores

Para maior entendimento das dimensões do projeto, foi realizado o desenho técnico abaixo, ilustrado pela Figura 6, com algumas dimensões e referências da estrutura.

Figura 6: Vistas padrões de desenho técnico.



Fonte: Elaborado pelos autores

O primeiro passo para estruturação dos cálculos foram os dados necessários, que são as informações que nós temos a respeito dos equipamentos, conforme descrito na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Dados necessários para os cálculos.

Dados	Medidas
Polia	0,460 m
Redução de rotação	1x100
Potência	3 cv
Rotação	3600 rpm

Fonte: Elaborado pelos autores

Seguindo com o estudo, tendo em vista que a caixa redutora da NMRV 50 possui relação de transmissão de 100:1, isso significa que o motor fornece 100 voltas no eixo de entrada da caixa e isso resulta em 1 giro no eixo de saída da caixa redutora, porém, com o torque ampliado em 100 vezes. Com as informações em mãos, definimos então a relação de transmissão, o torque aplicado pelo motor, torque ampliado pela caixa redutora e a força exercida pela haste compactadora. Para a compactação do material devemos saber a tensão aplicada ao material, que é a força aplicada à área útil. Os resultados referentes a todos esses cálculos estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2: Cálculos dos parâmetros do equipamento.

Parâmetros	Cálculos
Transmissão	$i = \frac{100}{1} = 100$
Torque do motor	$Mt = \frac{30 * P}{3600 * \pi} \cong 5,853 \text{ N.m}$
Torque ampliado	$Mta = 5,853 * 100 \cong 585,292 \text{ N.m}$
Força do equipamento	$F = \frac{2 * 585,292}{0,230} \cong 5089,498 \text{ N}$
Tensão	$\sigma = \frac{5089,498}{0,0000253} \cong 201,166 \text{ Mpa}$

Fonte: Elaborado pelos autores

“Como o limite de escoamento de chapas de aço AISI 1010 geralmente usadas em latas é de 180 Mpa”, segundo a ASM International (1998, p.11), é certo que o material irá se deformar.

4.3 EFICÁCIA DO EQUIPAMENTO PROJETADO

O equipamento projetado terá boa produtividade e preço menor em comparação com outros equipamentos do mercado que também realizam compactação, como prensas hidráulicas. A Tabela 3 mostra os custos que englobam o projeto.

Tabela 3 – Custos dos componentes do equipamento.

Materiais	Custos
Polia	R\$ 100,00
Motor	R\$ 950,00
Caixa Redutora	R\$ 515,00
Pistão/Biela	R\$ 100,00
Chave De Partida	R\$ 200,00
Mão De Obra (Soldador)	R\$ 500,00
Estrutura	R\$ 600,00
Fios/Conectores	R\$ 50,00
Total	R\$ 3.015,00

Fonte: Elaborado pelos autores

Vale ressaltar que, esse custo pode ser reduzido de acordo com a disponibilidade de materiais e peças.

Por fim, a eficácia do equipamento se faz pela sua capacidade de produção, onde ele opera a 36 revoluções por minuto, o que resulta em 2160 compressões por hora, resultando em mais tempo para a realização de outras tarefas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os desafios de criação do projeto foram desafiantes, como projetar a parte estrutural no *SolidWorks*. Para essa parte foi demandado tempo devido à dificuldade em projetar estruturando o protótipo do equipamento. Importante ressaltar que foram utilizados os conhecimentos de resistência dos materiais e elementos de máquinas, pois foram necessárias interpretar e realizar os cálculos usados na definição do projeto.

Dos requisitos deste projeto, que era necessário uma solução para o problema de armazenagem de materiais volumosos, mas pouco densos, como latas e tubos, já não é mais um problema porque, confirmado por cálculos, o equipamento certamente os compactará.

Sendo o trabalho de compactação dos materiais feito pelo equipamento, o proprietário pode atuar em outras tarefas mais rapidamente, assim, gerando mais renda e melhor qualidade de vida. Também é evidente a melhoria na armazenagem e frequência de coleta, dado em que o local irá ficar mais organizado com o menor volume ocupado pelos materiais e menor custo no transporte da carga de materiais.

Além da melhora na qualidade de vida do usuário do equipamento, por não se preocupar com os esforços na compactação dos materiais rígidos, a prática de compactação também ajuda na sustentabilidade, onde diminui o volume de materiais nos aterros sanitários e incineradores.

Conclui-se que o projeto desenvolvido é viável para Empresas e pessoas envolvidas com a área de reciclagem de materiais em termos de economia de tempo, diminuição de esforços repetitivos e riscos com materiais cortantes.

REFERÊNCIAS

AMARAL, R. D. C.; PINA, A. C. F. **A Evolução do CAD e sua Aplicação em Projetos de Engenharia**. 2010, p. 3-4. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Armando-Carlos-Pina-Filho/publication/267251565_A_Evolucao_do_CAD_e_sua_Aplicacao_em_Projetos_de_Engenharia/links/5487038c0cf289302e2eb583/A-Evolucao-do-CAD-e-sua-Aplicacao-em-Projetos-de-Engenharia.pdf. Acesso em: 10 out. 2024.

ASM INTERNATIONAL. **Metals Handbook**. 10 ed., v. 1, 1990, p. 11-17. Disponível em: <https://www.iranemart.com/upload/fa-article/202/1581681455-file.pdf>. Acesso em: 12 out. 2024.

AVS MOTORES E REDUTORES. **Redutores**, 2024, [s.p.]. Disponível em: <https://www.avsredutores.com.br/3ldsvs12p-redutor-de-velocidade-nmr-v-50>. Acesso em: 12 out. 2024.

DEWOLF, JOHN T. et al. **Mecânica dos materiais**. 8th ed. Porto Alegre: AMGH, 2021, p. 58. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786558040095/>. Acesso em: 10 out. 2024.

BOTELHO, M. H. C. **Resistencia dos materiais**. 2nd ed. São Paulo: Editora Blucher, 2013, p. 24. ISBN 9788521207504. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521207504/>. Acesso em: 01 dez. 2024.

BRASIL. lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 24 mai. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 12: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 6: Equipamentos De Proteção Individual - EPI.** 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/NR06atualizada2023.pdf>. Acesso em: 19 set. 2024.

CAULLIRAUX, H. M.; SOUZA, A. M.; IZU, M. **Implantação de Rede CAD/CAMIDNC em uma Indústria no Rio de Janeiro.** 1994, p. 144-146. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/bT7xMHrt8yQkYzKByGiPzqt/?format=pdf> Acesso em: 29 nov. 2024.

DEUS, R. M.; BATTISTELLE, R. A. G.; SILVA, G. H. R. Resíduos sólidos no Brasil: contexto, lacunas e tendências, **Eng Sanit Ambient**, vol.20, n.4, p. 685-698, out/dez 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/jLnBfyWrW7MPPVZSz46B8JG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 24 mai. 2024.

FRANCO, D. G. B.; STEINER, M. T. A. Otimização do transporte de resíduos sólidos urbanos no Estado do Paraná: repensando a localização de aterros sanitários com base em modelagem matemática, **Eng Sanit Ambient**, vol.27, n.5, p. 987-993, set/out 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/h3jFdvsFLTBwffkZsPJdSMm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 mai. 2024.

FREIRE, E.; MONTEIRO, E. E. C.; CYRINO, J. C. R. **Propriedades Mecânicas de Compósitos de Polipropileno com Fibra de Vidro.** 1994, p. 29. Disponível em: <https://revistapolimeros.org.br/article/588371377f8c9d0a0c8b47b4/pdf/polimeros-4-3-25.pdf>. Acesso em: 12 out. 2024.

GENOVESE, L. G. R.; QUEIRÓS, W. P. de; GENOVESE, C. L. C. R. O ensino dos Processos e Usos do Alumínio na Perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica, **Educación Química**, Vol. 31(1), p. 62-83., 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.1.69234>. Disponível em: <https://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v31n1/0187-893X-eg-31-01-62.pdf> . Acesso em: 24 mai. 2024.

GOMES, A. V. M.; CARMINHA, U.; MEMÓRIA, C. V. A Destinação dos Resíduos Sólidos das Empresas Inovadoras: a Lei do Bem e o seu papel na sustentabilidade ambiental e social, **Seqüência (Florianópolis)**, n. 82, p. 120-145, ago. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/seq/a/q7qC8rSxdqcVsGvPXpZxpQC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 13 mai. 2024.

KIM, V. J. H.; BARROS, R. T. V. Efeitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos na gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) dos municípios populosos mineiros, uma análise multivariada. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Belo Horizonte (MG), v. 15, e2023001, p. 01, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/9G6LS3vyh9GxD5ZTycW8HCQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 mai. 2024.

LIMA, A. NR 12: conheça a norma regulamentadora que garante a segurança de operadores de máquinas. **Intensiva Cursos**. Disponível em: https://www.intensivacursos.com.br/blog/nr-12-o-que-e-para-que-serve-objetivos-medidas-e-procedimentos/?psafe_param=1&gad_source=1&gclid=CjwKCAiA0rW6BhAcEiwAQH28liz-CB8ngG6YH8H6ktJQh1rU8yUBUp_z4KwGliyIV2_Le8CCvXnJGRoC6ckQAvD_BwE. Acesso em: 2 dez. 2024.

MELCONIAN, S. **Elementos de Máquinas**. 11th ed. Rio de Janeiro: Érica, 2019. E-book. p. 25. ISBN 9788536530420. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536530420/>. Acesso em: 29 nov. 2024.

MOL, M. P. G.; QUEIROZ, J. T. M.; GOMES, J.; HELLER, L. Gestão adequada de resíduos sólidos como fator de proteção na ocorrência da dengue. **Rev Panam Salud**; Belo Horizonte (MG), vol.44, e22, p. 01; 2020. Disponível em: <https://scielosp.org/pdf/rpsp/2020.v44/e22/pt>. Acesso em: 10 mai. 2024.

NASCIMENTO, A. M.; OLIVEIRA, J. T. S.; LUCIA, R. M. D. Classificação e propriedades da Madeira de Pinus e Eucalipto, **Floresta Ambient.**, v. 08, n.1, Jan-Dec., 2001, p. 27-35. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/QKWDYPb95Z9TcWTQ5H9NwGy/?lang=pt>. Acesso em: 12 out. 2024.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C.; CURI, W. F. Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: parte II – uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões: aplicação do modelo, **Eng Sanit Ambient**, vol.23, n.3, p. 485-498, maio/jun. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/PPWwckRryGxbMLhPvtQxQDG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 mai. 2024.

RÊGO, R. C. F.; BARRETO, M. L.; KILLINGER, C. L. O que é lixo afinal? Como pensam mulheres residentes na periferia de um grande centro urbano, **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, vol.18(6), p.1583-1592, nov/dez 2002. Disponível em: <https://www.scielo.org/pdf/csp/2002.v18n6/1583-1591/pt>. Acesso em: 24 mai. 2024.

RIBEIRO, L. C. de; FREITAS, L. F. S.; CARVALHO, J. T. A.; OLIVEIRA FILHO, J. D. de. Aspectos econômicos e ambientais da reciclagem: um estudo exploratório nas cooperativas de catadores de material reciclável do Estado do Rio de Janeiro. **Nova Economia**_Belo Horizonte, vol.24, n.1, p.191-214, janeiro-abril, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/neco/a/gkxxQTpNy5Mz68cXYb8Yw9p/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 30 abr. 2024.

SANTOS, A. S. F.; AGNELLI, J. A. M.; MANRICH, S. Tendências e Desafios da Reciclagem de Embalagens Plásticas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 14, nº 5, p. 307-312, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/pygZmYqm3yhqVTzhwXvrNb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 mai. 2024.

SOUZA, A. F.; COELHO, R. T. **Tecnologia CAD/CAM - Definições e estado da arte visando auxiliar sua implantação em um ambiente fabril**. 2003, p. 02. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR0504_0920.pdf. Acesso em: 29 nov. 2024.

VALADÃO, M. A. P.; SILVA, R. A. da. Política Nacional de Resíduos Sólidos: Analisando os Direitos Coletivos e Difusos dos Catadores de Materiais, **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, Vol. 27, p. 01-20, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/7gSGwJXYc77J3XMxYhNQZxH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 13 mai. 2024.

ZAGO, V. C. P.; BARROS, R. T. de V. Gestão dos resíduos sólidos orgânicos urbanos no Brasil: do ordenamento jurídico à realidade, **Eng Sanit Ambient**, Belo Horizonte-MG, vol.24, n.2, p. 219-228, mar/abr. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/MY53xbTzPxYhz783xdmKc8F/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 13 mai. 2024.

ANÁLISE COMPARATIVA DE VIGAS BIAPOIADAS: CÁLCULO ESTRUTURAL MANUAL X SOFTWARE EBERICK

Natalia Sanders Pereira¹, Rafael Moraes Dal Fior¹, Lucas Fernandes da Silva
Goltara²

¹Acadêmicos de Engenharia Civil - Multivix São Mateus (ES)

²Especialista/Docente/Engenheiro Civil – Multivix São Mateus (ES)

RESUMO

O cálculo estrutural é uma das etapas mais importantes na elaboração de um projeto, pois por meio dele será possível definir dimensões e quantidade de ferragens necessárias para toda a estrutura de uma edificação, podendo então evitar danos futuros desagradáveis. Este trabalho tem como objetivo geral analisar o cálculo estrutural por meio do método manual e pelo método computacional com auxílio do Software Eberick, de três vigas de uma residência unifamiliar com área total de 84,20 m², com foco em comparar a área de aço (A_s) da armadura positiva destas vigas, e analisar se há grandes diferenças entre eles. A norma adotada para o dimensionamento estrutural foi a NBR 6118:2014. A análise foi realizada com o pré-dimensionamento estrutural e realizado o processamento dos dados tanto no método manual quanto no computacional com a mesma pré-disposição estrutural e dados de entrada como o peso específico do concreto, tipo de aço, cobrimento mínimo e cargas acidentais e de revestimentos iguais, para que tais dados não influenciasse de forma significativa na análise. Os resultados alcançados se assemelharam, apesar de ter apresentado pequenas diferenças na área de aço, ambos os métodos atenderam a solicitação da estrutura, podendo destacar o método computacional que é mais prático e fornece mais ferramentas de análise com mais facilidade.

Palavras-Chave: software Eberick; cálculo estrutural; manual; vigas.

ABSTRACT

Structural calculation is one of the most important steps in the preparation of a project, since it allows defining the dimensions and quantity of hardware required for the entire structure of a building, thus avoiding unpleasant future damage. The main objective of this work is to analyze the structural calculation using the manual method and the computational method with the aid of Eberick software, of 3 beams of a single-family residence with a total area of 84.20 m², focusing on comparing the steel area (As) of the positive reinforcement of these beams, and analyzing whether there are major differences between them. The standard adopted for structural dimensioning was NBR 6118:2014. The analysis was performed with structural pre-dimensioning and data processing was performed both manually and computational with the same structural pre-disposition and input data such as specific weight of concrete, type of steel, minimum cover and accidental loads and equal coatings, so that such data would not significantly influence the analysis. The results achieved were similar, despite having presented small differences in the steel area, both methods met the structure's request, highlighting the computational method that is more practical and provides more analysis tools more easily.

Keywords: Eberick; structural calculation; manual; beams.

1 INTRODUÇÃO

Devido ao avanço dos meios tecnológicos, e aumento significativo de softwares com várias funções, e rapidez no processamento de dados, todas as áreas vem buscando se adaptar a essa atualidade. A engenharia não ficou para trás, se adequou e já há disponível no mercado softwares capazes de realizar cálculo estrutural de forma rápida e ágil (Souza; Silva Júnior, 2020).

Com o passar dos anos a análise estrutural vem se desenvolvendo a cada dia, buscando sempre novos e melhores métodos para auxiliar neste desenvolvimento. O projeto estrutural, que é fundamental para a segurança e definição de quantidade de materiais estruturais a serem utilizados, vem se tornando indispensável nas obras, pois determina cargas que possam ocorrer na estrutura e podendo assim evitar situações desagradáveis com soluções adequadas (Mccormac, 2019).

A utilização de softwares computacionais, mostra-se um importante instrumento para facilitar engenheiros civis com a tarefa do cálculo estrutural. Novos softwares surgem no mercado com frequência, o que destaca um vasto leque no mercado, estes programas fornecem o detalhamento da estrutura, a sua modelagem e diversas informações para a análise estrutural (Souza; Vargas, 2014).

Como as construções de edifícios altos e esbeltos está cada vez mais frequentes em várias partes do Brasil, o cálculo estrutural dessas edificações exige bastante atenção, se tornando um grande desafio para os engenheiros calculistas. Os softwares vieram para facilitar o cálculo estrutural, tornando viável a elaboração de grandes projetos estruturais em um período acessível (Oliveira, 2009).

De acordo com as informações apresentadas, o presente artigo por objetivo analisar o dimensionamento estrutural de três vigas bi apoiadas submetidas a flexão e esforços cortantes, para a obtenção da área de aço necessária nestes elementos estruturais. Para isso, foi realizado atividade com auxílio do cálculo manual e por meio do software computacional Eberick 2021, com a proposição em desenvolver essa pesquisa para analisar a diferença nos resultados do software e do cálculo manual.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 VIGAS: CONCEITOS INICIAIS

As estruturas denominadas vigas são definidas pela NBR 6118 (ABNT, 2014. p. 74) como sendo os “elementos lineares em que a flexão é preponderante”. Elas são retas, dispostas na posição horizontal e recebem esforços de outras vigas, lajes e em alguns casos, de pilares. A finalidade principal das vigas é vencer vãos e propagar os esforços até os pilares, que podem ocorrer de forma concentrada ou distribuída (Bastos, 2006).

As vigas podem ser também sistemas estruturais que sofrem reações perpendiculares ao eixo longitudinal, e são suscetíveis aos esforços de flexão pela distância do local de carregamento até o apoio, e o esforço de cisalhamento que ocorre pelo corte da seção transversal ocasionada pelos carregamentos (Parizotto, 2017).

Vale ressaltar que a NBR 6118 (ABNT, 2014), nos explica que todos os elementos estruturais devem ter valores limites relacionados as dimensões para poder executar suas funções com segurança, por exemplo, a parte transversal das vigas devem ter largura mínima de 12 centímetros e as vigas paredes com limite mínimo de 15 centímetros. Somente em alguns casos atípicos, utiliza a largura mínima necessária como 10 centímetros, devendo respeitar o espaçamento e cobrimento da armadura, lançamento e a vibração do concreto como orientado na norma.

Para o assertivo dimensionamento das vigas de um projeto é de suma importância a determinação e o conhecimento da linha neutra e dos estádios de deformação, presentes nesses elementos estruturais. Assim como a definição de agentes patológicos que podem influenciar atuando com agente retardador da vida útil das vigas e consequentemente da estrutura como um todo, como a fissuração e a corrosão que atinge o concreto armado.

2.1.1 LINHA NEUTRA E ESTÁDIOS DE DEFORMAÇÃO

A determinação da linha neutra é primordial para o cálculo de peças de concreto armado, mais precisamente em vigas e lajes. De acordo com a hipótese de Bernoulli, quando temos uma segmentação caracterizada como plana de uma peça, quando se aplica a flexão ocasionando a deformação da peça, está tende-se a girar ao redor de uma linha e mante-se plana. Como ponto de influência no elemento estrutural viga, a atuação da linha neutra é primordial para o seu dimensionamento pois destaca o local de transição entre a compressão e a tração atuante no elemento. Além de marcar os pontos de compressão e tração das vigas, onde tende a ocorrer um alongamento das fibras constatando-se a tração, e em contrapartida no oposto tende a ocorrer o encurtamento das fibras notabilizando a compressão. A localização da linha neutra influi também de forma direta na determinação dos estádios de deformação (Pilotto Neto, 2018).

Os estádios de deformação são conhecidos também como estágios de tensões internas, que são as fases em que uma viga de concreto armado sofre quando é sujeitada a esforços de tração. No momento em que a viga recebe essa força crescente aos poucos, ela passa por três estágios, sendo o primeiro dividido em dois, até a sua ruptura total. A primeira etapa do estágio I dá se quando o

carregamento está no início, e os materiais ainda estão no regime elástico, em outras palavras, o concreto ainda não foi fissurado. A segunda etapa deste estágio é denominada de estado limite de fissuração da viga, o concreto ainda não foi fissurado, mas atingiu o seu limite de resistência (Parizotto, 2017).

O estágio II também conhecido como estado limite de abertura das fissuras, são formadas fissuras na parte tracionada do concreto e a armadura absorve os esforços internos. A linha neutra é deslocada para uma parte mais alta que a sua posição inicial pois ocorre alongamentos mais extensos na zona tracionada do que na comprimida. Já no estágio III é quando ocorre a ruptura da seção, a força aplicada não é mais equivalente as deformações ocasionadas, o que leva ao colapso ou esmagamento da estrutura de concreto (Parizotto, 2017).

De acordo com Schneider (2019), o melhor estágio para se trabalhar é o III, pois, a relação de custo e benefício desse estágio é superior aos demais, considerando que nele é possível produzir peças menores e mais leves, mas é necessário trabalhar com a armadura dupla para poder suportar a força de cisalhamento. A linha neutra, que é conhecida como um plano da viga que separa a parte tracionada e comprimida uma da outra, possui uma relação de carga aplicada e resistência do concreto e do aço que gera a modificação da posição da linha neutra na viga. No estágio I ela está localizada abaixo do centro geométrico da peça, no II passa próximo ao centro da seção e no III ela desloca-se para a parte acima do centro geométrico.

2.1.2 DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS CAUSADAS PELA FISSURAÇÃO E CORROSÃO

Em todas as etapas construtivas de uma estrutura assim como em sua vida útil como um todo, é possível identificar a atuação de eventos patológicos, as estruturas de concreto armado apresentam vários sintomas e até danos físicos vinculados a deterioração, que reduzem de forma significativa a sua vida útil. A identificação destes eventos e as suas formas de atuação tornam viável a atuação com intervenções de processos fundamentais, para a determinação de um parecer real da estrutura e a aplicação de medidas corretivas para a mitigação ou solução dos problemas (Souza; Ripper, 1998).

Uma patologia muito importante a ser destacada, que está presente no concreto simples e armado, são as fissuras, que tem origens diversas, seja ainda em projeto, durante a execução ou apresentando ao logo do uso da edificação. Podendo apresentar ou não riscos a integridade física estrutural da edificação (Santos, 2019).

Uma causa muito comum que acarreta o aparecimento das fissuras, está diretamente ligada a fase de projeto. Quando o responsável técnico pelo cálculo estrutural não realiza o levantamento de cargas no elemento estrutural da forma correta, ou devido a materiais de qualidade que não atenda as normas, e também em condições de uso onde é aplicada uma carga maior do que a calculada. Flexas e trincas fora do normal são notadas em situações como as citadas (Marcelli, 2007).

Outro agente patológico presente nas estruturas de concreto armado é a corrosão nas armaduras. Marcelli (2007) destaca que uma das principais causas dos danos as estruturas são ocasionadas por esse agente, que podem ocasionar perdas financeiras e em casos mais graves perdas de vidas. O autor ainda relata que, para evitar esse problema a obra merece uma atenção especial assim como a concepção de projeto correta.

Buscando a redução dos ataques físicos Neville e Brooks (2013), relatam sobre a importância do cobrimento adequado da armadura das estruturas de concreto armado. Trata-se de um elemento normatizado, presente na NBR 6118:2014, que tem como a função de proteger a armadura de ataques químicos e físicos, inibindo a corrosão das armaduras. E de acordo com a classe de agressividade ambiental do local onde será realizada a edificação, a norma acima citada determina cobrimentos nominais mínimos para a armadura.

Como exemplo de cobrimento nominal, de acordo com a NBR 6118:2014, uma viga ou pilar de concreto armado com classe de agressividade II, deverá ter cobrimento mínimo de 30 mm.

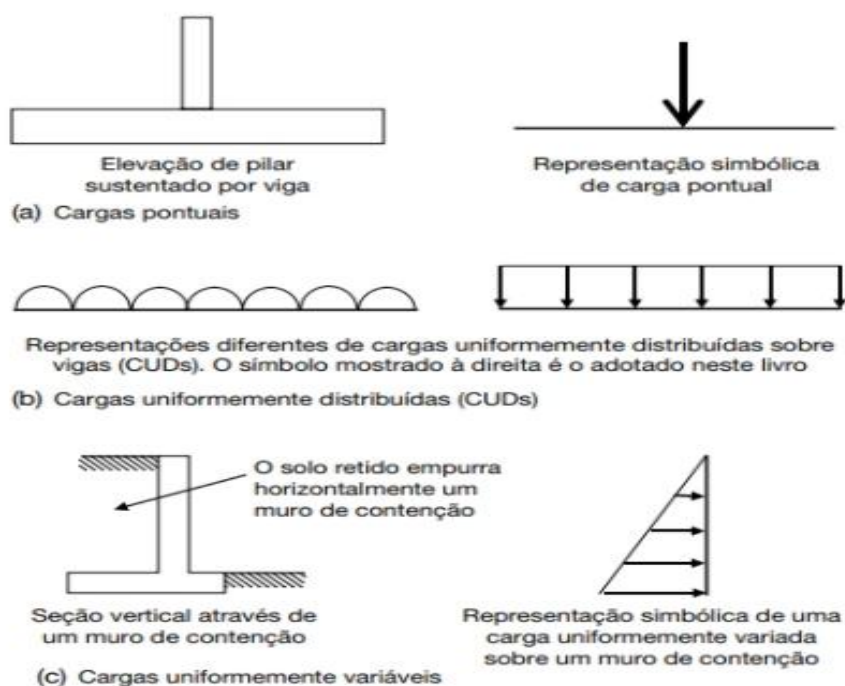
2.2 CARGAS E ESFORÇOS SOLICITADOS EM VIGAS

Na caracterização das cargas em estruturas, Garrison (2018) destaca que há possibilidade de trabalho com três tipos distintos de cargas, são elas: cargas mortas, cargas vivas e cargas de vento ou eólicas. Para este autor, o primeiro tipo de carga mencionado, pode ser também chamada de permanente, estas são as cargas vigentes a todo momento na estrutura como peso próprio da estrutura, elementos

construtivos, piso, coberturas, fechamentos e divisórias permanentes. Sobre o segundo tipo de carga, podem ser também conhecidas como cargas impostas ou acidentais, que são aquelas geradas pela ocupação, como pessoas, neve sobre telhado, carros nos estacionamentos, mobílias entre outras. Já o terceiro tipo de carga são as laterais.

Para mais Garrison (2018), ainda destaca que por mais que consideramos os tipos de cargas, devemos levar em consideração também a sua natureza, que é destacada por ele por três tipos, que são: carga pontual, cargas uniformemente distribuídas e a carga uniformemente variável. A primeira é aquela que atua em um ponto específico da estrutura, comumente denominada como carga permanente, como exemplo de um pilar suportado por uma viga. A carga uniformemente distribuída, é aquela que se dissemina de forma igualitária ao longo de um comprimento ou uma determinada área, como exemplo o peso próprio de um elemento estrutural. Já a carga uniformemente variável, é a que é disseminada ao longo de um comprimento de um elemento linear, mas desta vez seu valor varia de forma linear, como exemplo de um muro de contenção que sua carga é variável de acordo com a altura do muro. Na Imagem 1 a seguir, é possível identificar de forma clara como é a atuação dos três tipos de natureza de cargas acima citados.

Imagem 1 – Representação ilustrativa da natureza das cargas.



Fonte: Garrison (2018, p 35).

A NBR 6120 (ABNT, 2019) é a norma brasileira que tem como objetivo estabelecer os valores de carregamentos e ações mínimas a levar em conta nos projetos estruturais de edificações. É importante destacar que a norma pré-estabelece os pesos específicos a serem usados para o cálculo estrutural das cargas mortas ou permanentes como também para exemplos de cargas vivas ou acidentais.

Na Tabela 1, estão elucidados alguns tipos de pesos específicos de cargas mortas ou permanentes, comumente utilizadas para os cálculos estruturais.

Tabela 1 - Exemplos comuns de pesos específicos cargas mortas ou permanentes, usuais na construção

Materiais	Peso específico aparente (kN/m³)
Argamassa de cimento e areia	19 a 23 (21)
Concreto simples	24
Concreto armado	25
Porcelanato	23

Fonte: Adaptado de NBR 6120 (ABNT, 2019).

Para as cargas vivas ou acidentais, são destacados na Tabela 2 a seguir exemplos comuns destas, descritas por meio da NBR 6120 (ABNT, 2019), que é relacionado de acordo com sua aplicabilidade de local nas edificações e presentes de acordo com a natureza das cargas distribuída de forma uniforme.

Tabela 2 - Exemplos comuns de pesos específicos cargas mortas ou permanentes, usuais na construção.

Locais	Carga uniformemente distribuída (kN/m²)
Dormitórios	1,5
Sala, copa, cozinha	1,5
Sanitários	1,5
Despensa, área de serviço e lavanderia	2

Fonte: Adaptado de NBR 6120 (ABNT, 2019).

Conforme dito pelos autores Giambastiani e Adorna (2019) ressaltam que as estruturas têm como objetivo principal e final, resistir a todos os possíveis esforços que podem vir a ocorrer sobre a estrutura, sem sofrer nenhum tipo de deformação ou até mesmo ruptura. O desempenho da estrutura irá variar de acordo com o tipo de esforço que atuará sobre ela, alguns possíveis de ocorrer são: compressão, tração, flexão e cisalhamento.

Ainda de acordo com Giambastiani e Adorna (2019), afirmam que a compressão ocorre quando há tendência de esmagamento da peça, ou seja, ao sofrer esforço de uma carga a estrutura tem a predisposição de esmagamento. A tração é quando a estrutura é esticada, isto é, a força aplicada tende a afastar a base e o topo da estrutura um do outro. A flexão é a junção da compressão com a tração, a viga é flexionada e sua estrutura sofre um abaulamento. Já o cisalhamento dispõe de propensão para rompimento por corte, quando a viga é rompida no local de encontro com o apoio.

2.3 DIMENSIONAMENTO DE VIGAS

Para serem dimensionadas de forma exata, as vigas precisam ter a resistência e rigidez compatível com a sua estrutura (Leet; Uang; Gilbert, 2010).

Dando início ao dimensionamento das vigas, é necessário saber o momento máximo que ocorre na viga que será dimensionada, ele poder ser calculado através da Fórmula (1).

$$M_{max} = \frac{q \cdot l^2}{8} \quad (1)$$

Em que:

q é a carga aplicada na viga em [kN/m];

l o comprimento da viga em [m];

Mmax o momento máximo da viga em [kN.m];

Em seguida calcula-se a altura útil, como mostra a Fórmula (2).

$$h = d * enom + \varnothing \quad (2)$$

Onde:

h altura da viga em [m];

d altura útil da viga em [m];

$\varnothing$ diâmetro do aço possível a ser utilizado [m];

Deve encontrar através da Fórmula (3), o K6 que é o coeficiente em relação com a classe do concreto utilizado.

$$K6 = \frac{10^5 * bw * d^2}{Mmax} \quad (3)$$

No qual:

bw é a menor dimensão da viga em [m];

d altura útil da viga em [m];

Mmax o momento máximo da viga em [kN.m];

Em seguida deve ser calculado a área de aço da viga como mostra a Fórmula (4), que é utilizada somente quando for uma viga de armadura simples.

A viga simplesmente armada é definida quando apenas seção a tracionada precisa de armadura para resistir a força aplicada sobre ela. Na parte comprimida haverá apenas barras de aço por questões construtivas e para amarrar os estribos, somente o concreto resistirá a força de compressão (Bastos, 2015).

$$As = \frac{K3}{10} * \frac{M}{d} \quad (4)$$

Onde:

As é a área de aço em [cm²];

K3 coeficiente em relação ao tipo de aço;

M momento máximo da viga em [kN/m];

d altura útil da viga em [m];

Após descobrir a área de aço necessária para utilizar na viga, deve ser encontrada a quantidade de barras de aço que serão utilizados, que pode ser encontrada através da tabela mãe de aço, ela fornece o diâmetro e quantidade de aço que deverá ser utilizado de acordo com a área de aço determinada (Botelho; Marchetti, 2019).

2.3.1 SOFTWARE DE DIMENSIONAMENTO EBERICK

O software de dimensionamento Eberick foi criado pela empresa AltoQI, e é um meio computacional utilizado para a realização de projetos estruturais de edificações de vários tipos e tamanhos, o qual foi utilizado para a realização do dimensionamento computacional para ser utilizado no decorrer dessa pesquisa.

O software foi criado para obras com o sistema estrutural em concreto armado, os dados são inicialmente introduzidos no software por meio de um gráfico de entrada, e durante o processo de cálculo dimensional do aplicativo, ele considera a estrutura como um todo, englobando as reações de toda a estrutura (AUTOQI, 2019).

O sistema de dimensionamento e detalhamento do Eberick trabalha sempre de acordo com as normas brasileiras, considerando o estado limite último e o estado limite de serviço (ELU e ELS), tem também a capacidade de dimensionar vigas, pilares, sapatas, lajes, escadas e entre outras partes da estrutura de uma edificação de forma rápida e produtiva. Através do projeto em 3D fornecido pelo software, ele dimensiona, e os resultados são expressos através de planilhas detalhadas para cada parte da estrutura, podendo ser organizados e plotados em pranchas de outro aplicativo como o AutoCAD (AUTOQI, 2019).

3 METODOLOGIA

Este estudo apresenta uma análise comparativa entre os métodos de cálculo manual e computacional com auxílio do programa Eberick 2021 desenvolvido pela empresa AutoQI, para a determinação da área de aço da armadura positiva de 3 vigas de concreto armado com base em um projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar de 84,20 m² de um pavimento para estudo, composto por área de serviço, cozinha, sala, quarto, banheiro social, suíte, circulação e garagem, conforme planta

baixa apresentada na Imagem 1. A estrutura é composta por lajes treliçadas apoiadas em vigas, que por sua vez apoiam em pilares e que por fim direciona as cargas atuantes na estrutura para a fundação. Toda a parte estrutural é composta de concreto armado, e o fechamento é realizado em alvenaria de blocos cerâmicos furados e reboco tradicional. Busca-se por meio do comparativo dos cálculos elucidar as alterações identificadas.

Sendo assim, é possível classificar a pesquisa como básica, pois conforme Marconi e Lakatos (2021), as pesquisas desta natureza tem o objetivo de aumentar o conhecimento teórico de determinado assunto, não necessariamente colocando-os em prática.

Busca-se chegar a um valor relacionando a área de aço necessária nas vigas informadas e efetuar a comparação dos resultados entre os métodos de cálculo propostos, sendo assim define-se que a pesquisa de acordo com a coleta de dados se caracteriza como quantitativa, pois de acordo com Marconi e Lakatos (2021), nessa pesquisa:

Os dados devem ser, quanto possível, expressos em medidas numéricas. O pesquisador deve ser paciente e não ter pressa, pois as descobertas significativas resultam de procedimentos cuidadosos e não apressados. Isentando-se de fazer juízo de valor, deixa que os dados e a lógica levem à solução real, verdadeira. (Marconi; Lakatos, 2021, p. 17)

Essa pesquisa classifica-se quanto aos objetivos, como uma pesquisa descritiva, pois, segundo Gil (2018), ela tem por finalidade:

[...] a descrição das características de determinada população ou fenômeno. Podem ser elaboradas também com a finalidade de identificar possíveis relações entre variáveis. São em grande número as pesquisas que podem ser classificadas como descritivas e a maioria das que são realizadas com objetivos profissionais provavelmente se enquadra nesta categoria. (GIL, 2018, p. 26)

De acordo com os procedimentos para a coleta de dados, pesquisa bibliográfica foi o método adotado, que consistiu em uma revisão de bibliografia com o propósito de contribuir para o enriquecimento do conhecimento a respeito das vigas de concreto armado e seus métodos de cálculo. Confirmando tal afirmação Marconi e Lakatos (1999, p.27), conceituam pesquisa bibliográfica como sendo:

[...] um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema. O estudo da literatura pertinente pode ajudar a planificação do trabalho e evitar duplicações e certos erros, e representa uma fonte indispensável de informações podendo até orientar as indagações.

De acordo com a definição anterior, os dados da pesquisa foram representados em números, e através dos resultados numéricos é possível alcançar o objetivo deste artigo.

Para a realização do presente artigo se fez fundamental empregar características gerais da estrutura, para serem utilizadas e servirem como base para o decorrer dos cálculos, que atuará como dados de entrada para o cálculo manual e via software, sendo: classe de agressividade ambiental II; o peso específico do concreto utilizado será 25 kN/m^3 ; cobrimento 3,0 cm; alvenaria de vedação com 15 cm de largura e pé direito de 3 m; e o aço das armaduras será o CA-50 as cargas aplicadas em todas as lajes foram de: carga acidental 1 kN/m^2 e a carga de revestimento $1,8 \text{ kN/m}^2$.

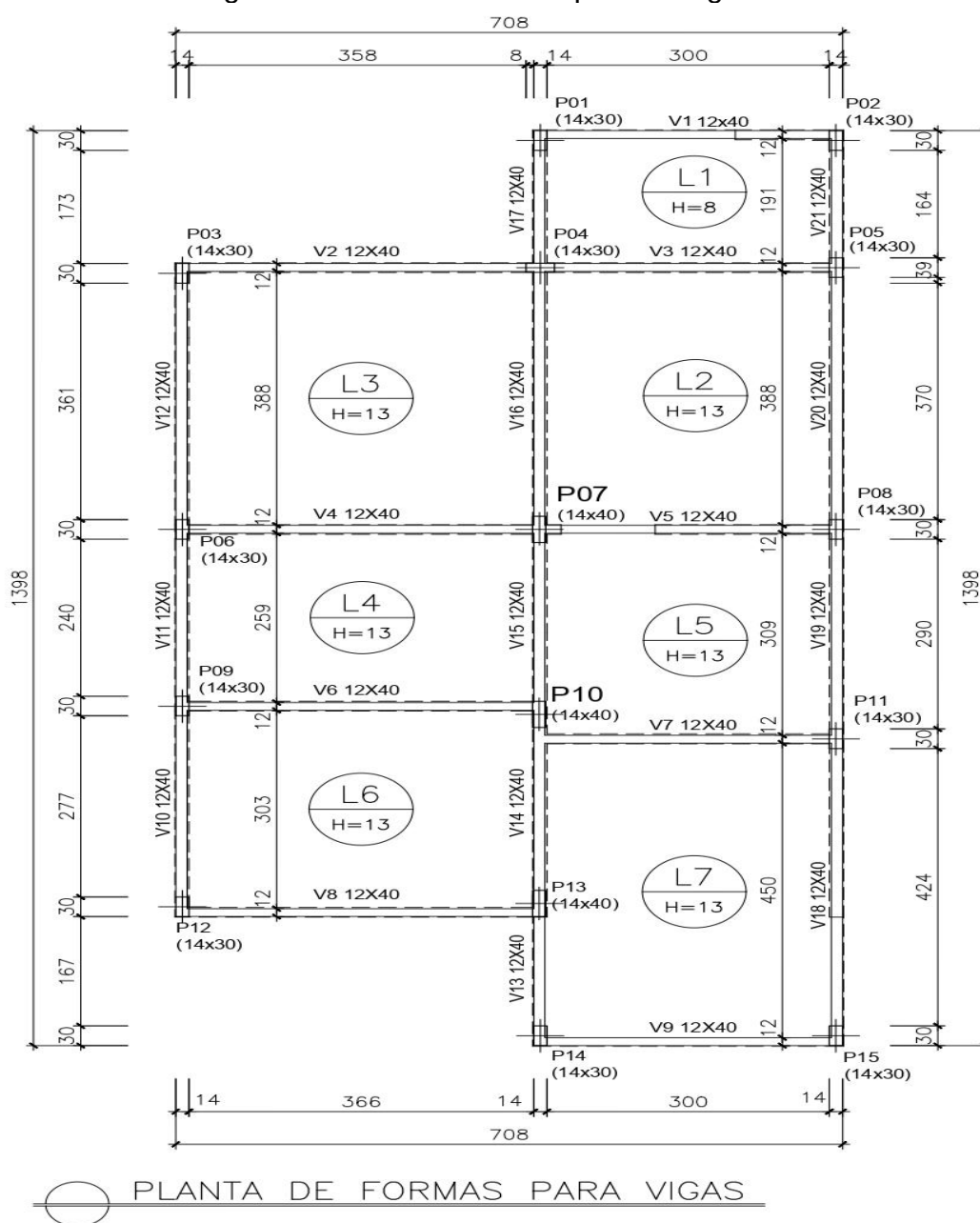
O ato de realização do cálculo manual tem início com a estimativa das dimensões da viga, analisando o vão gerado entre a distância dos pilares de apoio, logo é realizado o levantamento de carga que atuará sobre a viga e a determinação do momento fletor. Com posse dessas informações determina-se o coeficiente K_6 , que servirá como dado de entrada para determinação de outro coeficiente o K_3 este relacionado ao aço. Com posses dos coeficientes K_6 e K_3 além do momento fletor da viga e sua altura útil, é possível determinar a área de aço (A_s) solicitada pela viga (Pilotto Neto, 2018).

Todo o método de cálculo manual foi realizado de forma manuscrita, e as condições básicas das vigas do projeto e as analisadas foram observadas com base em orientações guarnecidas pela ABNT NBR 6118:2014. Em condições semelhantes, os elementos estruturais foram lançados no software responsável pelo cálculo computacional Eberick 2021, todos norteados pela norma regulamentadora acima citada, para o processamento dos cálculos e os relatórios de dimensionamento com o objetivo de identificação da área de aço (A_s) da armadura positiva das vigas selecionadas V8, V9 e V18.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para início do dimensionamento estrutural da edificação, estruturou-se a planta baixa de formas para as vigas contendo a disposição de vigas, pilares, lajes e outros elementos estruturais, em que foi realizado o pré-dimensionamento estrutural baseada em formas empíricas ou práticas para a definição dos formatos dos elementos e análise do lançamento estrutural.

Imagem 2 - Planta de formas para as vigas



Fonte: Elaborada pelos autores

Com base no pré-dimensionamento foi definido, que todas as vigas presentes no projeto iniciariam com dimensão retangular de 12x40cm que de modo global busca-se a padronização para uma economia futura com formas na execução da obra. Destaca-se que no ato do processamento do pré-dimensionamento, o mesmo não obteve falhas e passou sem falhas nas definições previas estabelecidas, podendo prosseguir com as análises subsequentes.

Após realizados os cálculos de dimensionamento manual e o lançamento da estrutura no software Eberick, foi possível identificar uma pequena diferença nos resultados das áreas de aço (As), como foi evidenciado na Tabela 3.

Tabela 3 - Comparação da área de aço (As) das vigas selecionadas por meio do cálculo manual e via software Eberick 2021.

Vigas	Cálculo Manual (cm²)	Cálculo via software Eberick 2021 (cm²)	Diferença (cm²)
V8	1,12	1,03	0,09
V9	0,75	0,72	0,03
V18	1,53	0,88	0,65

Fonte: Elaborado pelos autores

Portanto, pode-se analisar que há uma pequena divergência entre os valores finais da área de aço calculada manualmente e dimensionada pelo software, mas essa diferença vem da forma como são consideradas e trabalhadas as informações. No Eberick, a estrutura é considerada como um todo, calculada de forma global, já no dimensionamento manual as vigas são calculadas individualmente, uma por uma.

Nota-se que de acordo com a Tabela 4 os momentos fletores atuantes nas vigas selecionadas são diferentes, apresentando uma variação média 16,84%, valor este que não pode ser usado como dado conclusivo principalmente pela viga V9 apresentar um desvio considerável em relação as outras vigas selecionadas.

Tabela 4 - Momentos fletores vigas selecionadas por meio do cálculo manual e via Software Eberick 2021

Viga	Cálculo Manual (kN/m)	Cálculo via software Eberick 2021 (kN/m)	Variação (%)
V8	12,10	15,59	28,84
V9	8,20	8,54	4,14
V18	16,30	13,44	17,55

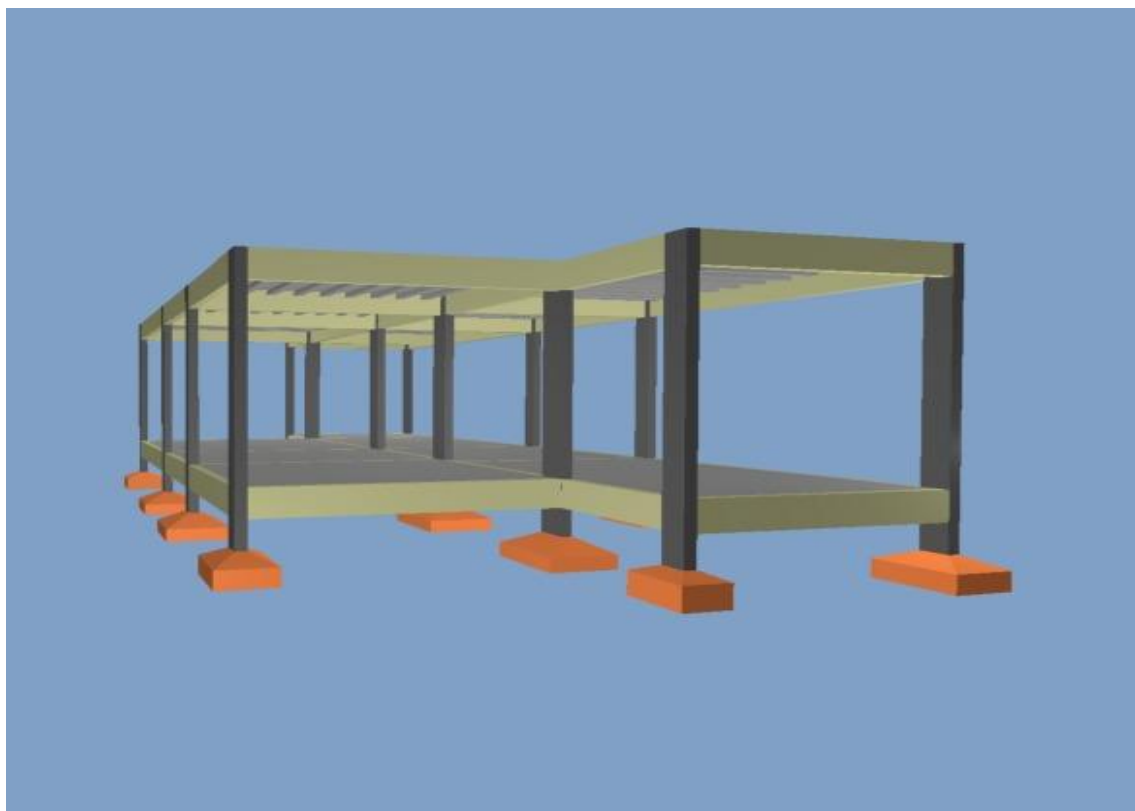
Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao efetuar a análise estrutural é possível destacar, que está grande diferença na variação das três vigas analisadas, pode ser embasada de acordo com o arranjo estrutural a que ela se enquadra, pois de acordo com a classificação dos pilares quanto a sua posição na estrutura as vigas podem apresentar variações na forma de cálculo, pois em cada situação os esforços solicitantes são calculados de forma diferente.

É possível evidenciar observando as vigas analisadas e os pilares que as servem de apoio, a viga V9 se apoia no pilar P14 e P15, ambos pilares denominados de canto, já a viga V8 está apoiada no pilar P12 e P13 onde classificados como pilar de canto e pilar de extremidade respectivamente assim como a viga V18. O que torna ainda mais notório a afirmação acima citada em que cálculo no Eberick analisa a estrutura como um todo através do pórtico espacial, o que não acontece no método de cálculo manual que analisa o elemento estrutural de forma isolada.

Na Imagem 3 é possível analisar a distribuição dos pilares, vigas e lajes realizado no Eberick.

Imagem 3 - Representação da distribuição estrutural



Fonte: Elaborado pelos autores

De acordo com as informações obtidas, o cálculo estrutural feito pelo software é mais seguro, pois cálculos de forma manual podem gerar erros que poderão passar despercebidos pelo engenheiro, assim prejudicando a estrutura ou realizando compra de material em quantidade maior que o necessário, obtendo um prejuízo financeiro. Independentemente que o cálculo computadorizado traga um certo conforto e rapidez em relação a entrega dos resultados, foi possível observar que o operador do software deve ter um conhecimento mínimo para lançar as informações iniciais de pré-dimensionamento da estrutura e saber identificar erros na mesma e está ciente para possíveis melhorias estruturais na edificação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme as informações obtidas através das pesquisas e cálculos realizados durante a elaboração do presente artigo, foi possível expandir o conhecimento sobre cálculo estrutural, vigas e suas características e outras noções sobre o tema abordado. No cálculo manual podemos constatar que ele requer muita atenção, pois uma informação errada adicionada no cálculo, prejudica toda a equação, havendo a necessidade de refazer todo o processo novamente com as informações corretas. Esse método realizado manualmente exige muito tempo disponível, o que na correria do dia a dia é uma coisa rara de acontecer.

Ao final do trabalho pode ser observado que umas das vantagens de utilizar dimensionamento pelo software, é que pelo Eberick os resultados são obtidos de forma mais rápida, detalhada e segura, auxiliando na agilidade de organização de pranchas e podendo também fornecer arquivos com todo o detalhamento das ferragens necessárias com medidas das bitolas e quantidade ideal.

Com a comparação dos resultados das áreas de aço (As) obtidas, podemos observar que houve uma pequena diferença, mas analisando as informações utilizadas para a elaboração do cálculo manual, ele apresentou os valores das áreas de aço das vigas calculadas, maior que o resultado do que foi elaborado pelo software Eberick. O Eberick trabalha com a estrutura de forma global e considera várias possíveis cargas que podem ocorrer sobre a estrutura, já o manual foi considerado apenas algumas cargas acidentais e é trabalhado cada elemento individualmente. Visto que o Eberick considera várias informações a mais quando comparado ao cálculo manual, houve uma discrepância no resultado, pois se utilizado a área de aço obtida manualmente, materiais seriam comprados em quantidade maior que o necessário.

Portanto, conclui-se que, o Eberick traz resultados aceitáveis, que irão fazer com que a estrutura não sofra deformações que comprometam a edificação, além de permitir uma fácil manipulação dos resultados alterando seções ou outras propriedades, buscando a economia da estrutura sem que perca da segurança. Outro ponto importante de se destacar em relação ao software é que com poucos cliques torna-se possível a obtenção dados relevantes para a análise estrutural,

assim como a quantidade adequada de material o que traz um ganho de praticidade muito grande.

REFERÊNCIAS

ADORNA, Diego da Luz; PARIZOTTO, Liana; LAZZARI, Bruna Manica; AL., et. **Concerto Armado: Vigas e Lajes**. Porto Alegre: Sagah, 2021. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9786556901930/>>. Acesso em: 20 out. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - procedimentos. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.

ALTOQI. Altoqi Eberick. Florianópolis. Disponível em: <http://help.altoqi.com.br/Eberick/default.aspx#pageid=altoqi_eberick>. Acesso em: 30 out. 2021.

BASTOS, Paulo Sérgio S. **Fundamentos do Concreto Armado**. 2006. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>>. Acesso em: 12 de set. 2021.

BASTOS, Paulo Sérgio S. **Pilares de Concreto Armado**. 2015. Disponível em: <<http://site.ufvjm.edu.br/icet/files/2016/08/apostila-pilares-unesp-prof-paulo-sergio.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2021.

BOTELHO, Manoel h. c.; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado eu te amo**. 5ª Edição. São Paulo: Blucher, 2019. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9788521214397/pageid/0>>. Acesso em: 19 set. 2021.

GARRISON, Philip. **Fundamentos de estruturas**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

GIAMBASTIANI, Gabriel Lima; ADORNA, Diego Luz. **Sistemas estruturais II**. Porto Alegre: SAGAH, 2019. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9788533500648>>. Acesso em: 04 out. 2021.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projeto de pesquisa**. 6ª Edição. São Paulo: Atlas, 2018. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#!/books/9788597012934/cfi/6/2!/4/2/4@0:23.5>>. Acesso em: 03 set. 2021.

LEET, K. M.; UANG, C. M.; GILBERT, A.M. **Fundamentos da análise estrutural**. 3ª Edição. Porto Alegre: AMGH, 2010. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788563308344/cfi/1!/4/4@0.00:30.7>>. Acesso em: 15 out. 2021.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de Pesquisa**. 9ª Edição. São Paulo: Atlas, 2021. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597026610/cfi/6/20!/4/64/2/2@0:0>> Acesso em: 04 out. 2021.

MARCELLI, Mauricio. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras**. São Paulo: Pini, 2007.

MCCORMAC, Jack C. **Análise Estrutural: Usando métodos clássicos e métodos matriciais**. 4ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2009. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/978-85-216-2496-7/cfi/0!/4/2@100:0.00>>. Acesso em: 27 out. 2021.

PILOTTO NETO, Egydio. **Caderno de Receitas de Concreto Armado – Vol. 1 - Vigas**. 1ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 2018. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521634690/>>. Acesso em: 20 out. 2021.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. Tradução de Ruy Alberto Cremonini. 2ª. Ed Porto Alegre: Bookman, 2013. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582600726/>>. Acesso em: 30 out. 2021

OLIVEIRA, Janes Cleiton Alves de. **Avaliação da rigidez de pórticos tridimensionais de concreto armado**. 2009. Tese – Universidade de Brasília. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9046/1/2009_JanesCleitonAlvesdeOliveira.pdf>. Acesso em: 08 out. 2021.

PARIZOTTO, Liana. **Concreto Armado**. Porto Alegre: Sagah, 2017. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595020917/cfi/1!/4/4@0.00:29.2>>. Acesso em: 12 out. 2021.

SCHNEIDER, Nelso. **O que são os Estádios do Concreto?** 08/2019. Disponível em: <<https://nelsoschneider.com.br/o-que-sao-os-estadios-do-concreto/>>. Acesso em: 19 out. 2021.

SANTOS, Mateus Dierings Tanus dos. **Manual básico para identificação de fissuras mais comuns em estruturas de concreto armado para engenheiros recém-formados**. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/206056>>. Acesso em: 30 out. 2021.

SOUZA, Dênis José Rodrigues de.; SILVA JÚNIOR, Jânio. **Análise comparativa entre o uso de um software computacional e do cálculo manual no dimensionamento de lajes maciças.** 2020. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/9409/1/9_2020_1%20DENIS-JANIO.pdf> Acesso em: 24 set. 2021.

SOUZA, Marcos Roberto de; VARGAS, Alexandre. **Análise comparativa entre dois softwares comerciais para dimensionamento de estruturas em concreto armado.** 2014. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/handle/1/2987> > Acesso em: 20 out. 2021.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: PINI, 1998. 262p

DESCOMISSIONAMENTO DE PLATAFORMAS *OFFSHORE* DE EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL: UM PANORAMA DO CENÁRIO BRASILEIRO

Jean Carlos Galini¹, Josete Pertel²

¹ Acadêmico de Engenharia Mecânica – Multivix São Mateus (ES)

² Doutora/Docente - Multivix São Mateus (ES)

RESUMO

O descomissionamento de Plataformas no Brasil refere-se ao processo de encerramento e remoção de unidades de exploração de petróleo e gás offshore que não são mais viáveis economicamente ou que atingiram o fim de sua vida útil. É um processo complexo que requer planejamento detalhado, envolvimento de especialistas e cumprimento rigoroso de regulamentações ambientais. O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar o panorama atual e as ópticas para as atividades de descomissionamento no Brasil e analisar os métodos de desinstalações das unidades Offshore e realizar um estudo sobre o cenário brasileiro e suas perspectivas, elucidando ao final um estudo de caso. Empregou-se nesse estudo as ferramentas da pesquisa bibliográfica e pesquisa descritiva e também foi utilizada a abordagem qualitativa. Observou-se que o país possui diretrizes específicas para o descomissionamento, estabelecidas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), garantindo a proteção ambiental e a segurança da indústria. O desafio está em equilibrar os interesses econômicos e ambientais, buscando soluções que minimizem os impactos negativos e maximizem os benefícios sociais. O descomissionamento de plataformas no Brasil representa uma oportunidade para o desenvolvimento de tecnologias e expertise local, além de impulsionar a economia e a sustentabilidade da indústria de petróleo e gás. Ficou evidente que o descomissionamento de plataformas offshore é um processo complexo e multifacetado e envolve uma série de etapas, desde o planejamento e a avaliação dos riscos até a remoção física das estruturas e a restauração do ambiente marinho. Além disso, questões financeiras, jurídicas e logísticas também precisam ser consideradas cuidadosamente. Apesar dos desafios, o Brasil tem avançado no desenvolvimento de regulamentações específicas para o descomissionamento offshore. A Agência Nacional do Petróleo,

Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) têm trabalhado na criação de normas e diretrizes que garantam a segurança, a transparência e a sustentabilidade dessas atividades.

Palavras-chaves: descomissionamento; estruturas Offshore; Indústria de Petróleo

ABSTRACT

Decommissioning of offshore oil and gas platforms in Brazil refers to the process of closing and removing offshore oil and gas exploration units that are no longer economically viable or have reached the end of their useful life. It is a complex process that requires detailed planning, involvement of experts and strict compliance with environmental regulations. The general objective of this study was to assess the current panorama and perspectives for decommissioning activities in Brazil and to analyze the methods of deinstalling offshore units and to conduct a study on the Brazilian scenario and its perspectives, elucidating at the end a case study. The tools of bibliographical research and descriptive research were used in this study, as well as a qualitative approach. It was observed that the country has specific guidelines for decommissioning, established by the National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP), ensuring environmental protection and the safety of the industry. The challenge lies in balancing economic and environmental interests, seeking solutions that minimize negative impacts and maximize social benefits. The decommissioning of platforms in Brazil represents an opportunity for the development of technologies and local expertise, in addition to boosting the economy and sustainability of the oil and gas industry. It has become clear that the decommissioning of offshore platforms is a complex and multifaceted process. It involves a series of steps, from planning and risk assessment to the physical removal of structures and restoration of the marine environment. In addition, financial, legal and logistical issues also need to be carefully considered. Despite the challenges, Brazil has made progress in developing specific regulations for offshore decommissioning. The National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels (ANP) has been working on creating standards and guidelines that ensure the safety, transparency and sustainability of these activities.

Keywords: decommissioning; offshore structures; oil Industry.

1 INTRODUÇÃO

A exploração do petróleo através de plataformas *offshore* iniciou-se em 1947 no Golfo do México, já no Brasil essa exploração se deu em 1968, no estado do Sergipe no conhecido Campo de Guaricema, onde houve a primeira descoberta de petróleo no mar, a 80 metros de profundidade. Essa conquista foi fundamental para que os esforços da Petrobrás – empresa estatal brasileira criada em 1953 - se voltassem para esta modalidade de exploração (Luczynski, 2002).

As plataformas offshore possuem início, meio e fim no que tange sua vida útil, que gira em torno de 20 a 25 anos de exploração. E ao final do ciclo produtivo dessas instalações, mantê-las possui um custo inviável, portanto, se dá início ao procedimento de descomissionamento do campo, o que engloba a remoção das estruturas submarinas, abandono dos poços, linhas de produção, entre outros. Entende-se por descomissionamento:

Por descomissionamento de sistemas de produção offshore, entende-se a destinação segura das estruturas de exploração e produção de plataformas de petróleo após o término de sua fase produtiva. O descomissionamento de instalações inservíveis de petróleo e gás constitui dever relacionado ao final da vida útil de um campo e, conseqüentemente, de suas instalações de produção (Delgado; Michalowski, 2021, p.9)

É correto afirmar que descomissionar uma plataforma *offshore* compreende na mais adequada decisão para extinguir a exploração e produção do poço, dado que enfraquece os impactos ambientais e assegura a segurança da operação de maneira mais eficaz (Ruivo, 2001). Segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) são várias as razões que levam ao descomissionamento, entre elas, são o preço do petróleo, fator que está intrinsicamente relacionado aos custos na manutenção das instalações; fim do contrato de concessão e de afretamento das unidades; além do já citado, fim da vida útil (ANP, 2018).

Trata-se de um projeto fundamentalmente multidisciplinar, visto que exige uma diretriz ponderada e detalhada, envolvendo as diversas facetas da engenharia, seja ela mecânica, segurança do trabalho, financeira e ambiental, e socioeconômico (Ruivo, 2001). Abandono era a nomenclatura utilizada anteriormente, mas após inúmeras discussões e congressos o termo foi alterado, uma vez que abandono significa descarte irregular/irresponsável de máquinas e objetos.

As atividades inerentes ao descomissionamento impactam a indústria de exploração petrolífera, sejam economicamente ou ambientalmente, todavia, o custo elevado de toda a operação estabelece novas oportunidades para que haja o desenvolvimento de tecnologias a fim de reduzir tais custos, garantindo ainda mais a segurança do meio. A prática no Brasil ainda é considerada imatura se comparado com outras regiões petrolíferas no mundo, portanto, fazendo a presente razão deste trabalho, que visa expor o descomissionamento no cenário brasileiro.

Os primeiros projetos de descomissionamento no Brasil teve início em meados de 2012, quando segundo Delgado et al. (2021), as cadeias locais de produção até então não tinham a estruturação necessária para projetos de maneira apropriada, todavia, a indústria brasileira vem aumentando os investimentos em projetos deste tipo.

Dados do Instituto de Estudos Estratégicos de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis Zé Eduardo Dutra (INEEP), no ano último ano foram contabilizadas 54 plataformas na lista para serem descomissionadas em toda costa brasileira, sendo um nicho com considerável potencialidade de criação de empregos para um cenário próximo. De acordo com a ANP até o ano de 2025, serão demandados 27 bilhões de reais para descomissionar plataformas (INEEP, 2022). Neste aspecto, o estudo colaborará na seguinte análise: Qual cenário o Brasil enfrentará ainda esta década, quanto as atividades de descomissionamento, visto que é um país imaturo em tal atividade?

Pesquisar e analisar o processo de descomissionamento de plataformas offshore no território nacional, abordando os desafios do projeto respeitando as Resoluções e Portarias da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, que regulam as fases do processo.

A problemática deste tema está relacionada a intenção de avaliar os obstáculos de um processo que tornar-se-á muito debatido em ao longo dos próximos anos no Brasil, com o amadurecimento de campos petrolíferos que já estão produzindo há duas décadas. O decurso do descomissionamento terá valor estimado em um futuro bem próximo na indústria de produção de petróleo brasileira, porém ainda é muito imaturo se comparado a regiões produtoras precursoras no assunto, como o caso do Golfo do México, portanto um estudo nesta área que aborda atualmente os desafios em torno desse processo podem ser de grande valia para trabalhos posteriores.

Todo o processo de descomissionamento apresenta uma cadeia de obstáculos a serem vencidos em unidades de produção de petróleo *offshore*.

Acredita-se que as atividades relacionadas ao descomissionamento influenciam na indústria petrolífera, seja no âmbito ambiental e no econômico. O custo alto dessa atividade pode gerar incentivos para o progresso das tecnologias, a fim de mitigar tais custos, e o Brasil ainda imaturo nesse quesito, possa ser beneficiário quanto as atividades do descomissionamento, pois possui algumas dezenas de plataformas a passaram pelo processo ainda nesta década.

O presente trabalho tem como objetivo geral estudar o panorama atual quanto as atividades de descomissionamento no Brasil. E como objetivos específicos o estudo se propõe: Apresentar o conceito e a caracterização de descomissionamento; Realizar a revisão bibliográfica acerca dos tipos de unidade de exploração de petróleo; Identificar os modelos de descomissionamento presentes; Apresentar o panorama das atividades no Brasil; analisar os métodos de desinstalações das unidades *offshore* e realizar um estudo de caso sobre o cenário brasileiro e suas perspectivas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DESCOMISSIONAMENTO DE PLATAFORMAS DE PETRÓLEO OFFSHORE

Descomissionar plataformas é uma prática difundida em vários países. Segundo Almeida et al. (2017) nos EUA, grande parte das plataformas localizadas no Golfo do México já passaram pelo processo. Nos dias que correm, existem 3.000 plataformas em pleno funcionamento e uma parcela significativa será descomissionada até o final da próxima década, com uma previsão de custo girando em torno de mais de US\$38 bilhões. As expectativas no Mar do Norte – região localizada no Oceano Atlântico, entre a costa da Noruega, Dinamarca e Reino Unido – também seguem o mesmo caminho, onde até 2016 existiam 1.357 plataformas operando, e outras 157 já passaram pelo processo de descomissionamento (Almeida et al., 2017).

O desafio maior para a indústria, é quando se trata do descomissionamento mais complexos, como o que ocorre em águas profundas. Neste quesito, o custo pode atingir a casa de milhões de dólares, além disso, os custos em projetos de tão alta complexidade não são de tão fácil estimativa, devido a regulamentação ainda em fase de maturação e instáveis. Há um quantitativo de organismos governamentais envolvidos no processo regulatório, o que acaba por ser um dos desafios deparar uma conduta regulatória que converge entre todas os órgãos envolvidos, no intuito de diminuir os riscos e custos pertinentes (França, 2021).

De acordo com Almeida et al. (2017), com base nas vivências de países como Reino Unido, o Brasil pode se deparar com grupos de estudo que investiam parâmetros oportunos ao cenário de descomissionamento, onde poderá notar-se uma propensão em adotar a chamada Análise Multicritério.

Segundo a ANP (2021), utilizar tal metodologia permite que o processo de avaliação para o descomissionamento se alinhe a inerentes conjunturas, dado que os parâmetros podem ser revistos as essas diversas realidades. A segurança operacional, a proteção ao meio ambiente, a exequibilidade técnica e econômica, e as predileções da sociedade são exemplos desses fatores que devem ser avaliados pelos organismos de regulação no estabelecimento do melhor caminho de descomissionamento a ser imposta das empresas operantes (Almeida et al., 2017).

É evidente que o processo de descomissionamento de plataformas de petróleo e gás natural envolve diversos fatores, e principalmente no Brasil, que envolve ainda mais particularidades, visto que os projetos possuem uma tendência a serem mais complexos, pois lidam com uma proporção significativa em campos de águas profundas e uma maior extensão de dutos ligando poços e as plataformas. Dito isso, ainda tem o entrave maior no que se diz respeito às questões econômicas, principalmente na estimativa dos custos envolvidos na atividade.

Conforme a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2021), por mais que essas previsões já façam parte aos novos moldes de contratação, eles ainda não estão presentes nos campos mais antigos, que são exatamente os quais o descomissionamento está próximo.

Para Martins (2018), no meio *offshore*, cada modelo de plataforma possui suas características, e há um uso pré-determinado por diferentes condições, como as sistemáticas industriais requisitadas para definir a produção, transporte e armazenamento. Essas singularidades que estarão ligadas diretamente ao processo de descomissionamento.

As plataformas do tipo fixas são empregadas em lâminas d'água de até 300 metros de profundidade, tanto para a própria produção do petróleo, quanto para a perfuração de poços, propriamente dita. Essas plataformas são cravadas no fundo do mar e criadas para operações de longo prazo (Petrobras, 2014).

Barreto (2019) elucida que esse tipo de construção foram as mais utilizadas no início da exploração do petróleo no Brasil, uma das vantagens que apresenta é por serem mais simples acabam por permitir que o controle dos poços seja realizado na superfície. A plataforma de Garoupa (Imagem 1), é um exemplo deste tipo.

Imagem 1 – Plataforma fixa de Garoupa, localizada na Bacia de Campos (RJ)



Fonte: Petrobras, 2014.

Outro modelo de plataforma é a semissubmersível, utilizada tanto na perfuração de poços quanto na produção. Trata-se de uma unidade flutuando que pode ser estruturada por um ou mais converses, sustentados por colunas em flutuadores submersidos (Petrobras, 2014).

Barreto (2019) ainda diz que, esse modelo pode operar em lâminas d'água de profundidade superior a 2000 metros, e poder ser aportado no solo oceânico ou possuir um sistema próprio de posicionamento dinâmico, que é preparado para manter a posição da plataforma de modo automático. São necessários de 8 a 12 âncoras além de cabos, para o sistema de ancoragem, produzindo força necessária para a reintegração da posição da unidade quando ela sofre ação externa, como correntes, ventos e ondas. Em contrapartida, no sistema de posicionamento dinâmico, são por sensores acústicos que é determinado a deriva, ao mesmo tempo que propulsores localizados no casco e operados por computadores compensam a posição da plataforma (Mello, 2016).

A Imagem 2 apresenta a Plataforma P-55, uma semissubmersível, localizada também na bacia de Campos, no campo de Roncador. É uma das maiores a serem construídas no mundo, e a maior no Brasil, com 10 mil metros quadrados de área e pesando 55 mil toneladas (Petrobras, 2014).

Imagem 2 – Plataforma semissubmersível P-55



Fonte: Petrobras, 2014.

Mais um tipo de plataforma, que se trata de um navio, é denominado pela sigla FPSO, do inglês *Floating Production, Storage and Offloading*, que significa Unidade Flutuante de Produção, Armazenamento e Transferência, que como o nome já elucida, é possível produzir, armazenar e transferir petróleo. Por ser um navio, o mesmo possui o fator mobilidade sendo utilizado principalmente em pontos com escassa estrutura para que seja instalada uma plataforma fixa convencional. E diferente das apresentadas anteriormente, as FPSO não possuem atividade de perfuração (Petrobras, 2014).

Conforme Barreto (2019), este tipo contém um mapa de separação e também de tratamento dos fluidos instalado no convés do navio, e também possui um sistema de ancoradouro semelhante ao das plataformas semissubmersíveis e por fim, o controle dos poços é realizado no fundo das águas. A vantagem do navio-plataforma frente as outras é a sua capacidade de atuar em águas ultraprofundas e a sua capacidade de armazenagem. A FPSO Cidade de Paraty, é exemplificada na Imagem 3, a qual opera no campo de Lula, na Bacia de Santos.

Imagem 3 – Navio-Plataforma, FPSO Cidade de Paraty



Fonte: Petrobras, 2014.

Similar a FPSO anterior, é a FPSO monocoluna, que possui o casco, no formato cilíndrico, gerando assim maior estabilidade, visto que possui uma abertura central que possibilita a entrada de água fazendo com que a movimentação causada pelas ondas é restringida (Petrobras, 2014). Nos demais aspectos segue

similar: com grande capacidade de armazenagem e atua em lâminas d'água superior a 2000 metros, e também não possui atividade de perfuração.

A Imagem 4 a FPSO monocoluna Piranema, que foi a primeira no cenário mundial.

Imagem 4 – FPSO Monocoluna Piranema



Fonte: Petrobras, 2014.

Utilizada para produção de petróleo, a Plataforma de Pernas Atirantadas ou também conhecida pela sigla TLWP, do inglês *Tension Leg Wellhead Platform*, possui a estrutura similar à do tipo semissubmersível. A principal diferença está no sistema de ancoragem, que neste tipo é realizado através de tendões fixos esticados por estacas no fundo do mar (Petrobras, 2014).

Conforme Mello (2006) elucida, os movimentos da plataforma são reduzidos em virtude de que os tendões são condicionados esticados pela demasiada flutuação da plataforma. Barreto (2019) complementa que plataformas TLWP podem além de perfurar poços, também produzem, porém, a produção precisa ser transferida para uma FPSO, que será incumbido de escoar a produção.

A Imagem 5 mostra a P-61, a primeira TLWP a ser operada no Brasil, localizada na Bacia de Campos (RJ).

Imagem 5 – Plataforma TLWP P-61



Fonte: Petrobras, 2014.

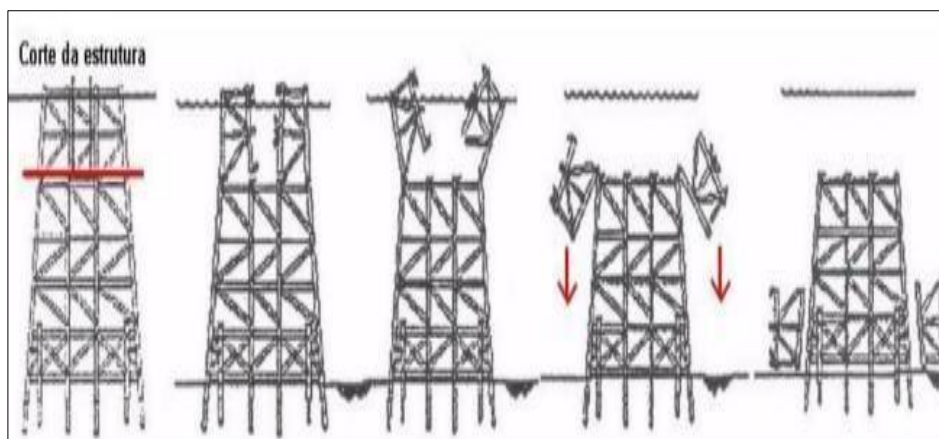
2.2 POSSIBILIDADES DE DESCOMISSIONAMENTO VIGENTES

De acordo com Raposo (2017) e Dornelas (2018) as vertentes existentes e mais utilizadas para descomissionar unidades fixas de produção offshore são: remoção completa, parcial e tombamento no local.

Raposo (2017) descreve que a remoção completa é o processo em que são retirados toda a instalação bem como os equipamentos. A depender da capacidade do navio empregado na execução da operação e também o tamanho da plataforma, as partes podem ser içadas de modo integral ou por partes. É a modalidade com maior custo, entretanto, é a preferência dos órgãos regulamentadores no que tange à recuperação do meio ambiente ante à instalação.

Neste processo, a remoção parcial, a estrutura e os equipamentos podem ser retirados de modo parcial, conta que não haja qualquer impedimento na atividade pesqueira e nem na navegação marítima. A estrutura pode ser removida e levada para que haja a destinação devida (reciclagem ou transformada em sucata), ser rebocada para outros fins, ou mesmo ser colocada próximo à estrutura permanente no local (Dornelas, 2018). Conforme Imagem 6 abaixo:

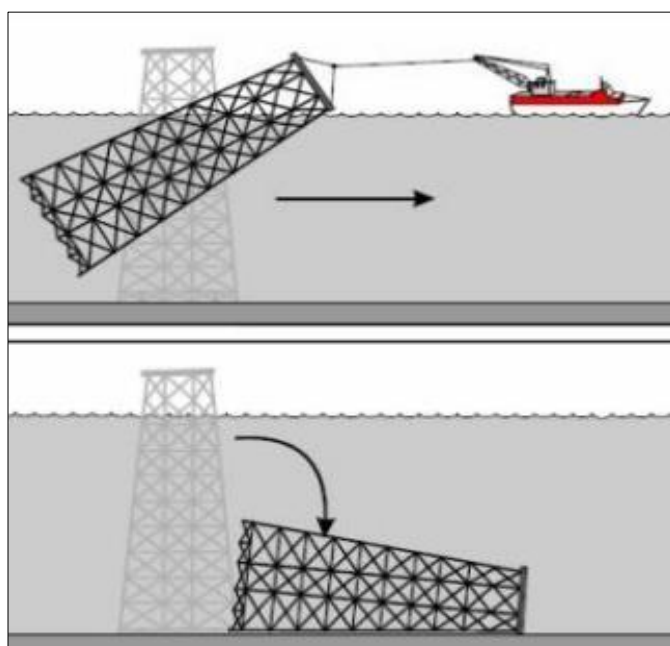
Imagem 6 – Remoção parcial



Fonte: Dornelas, 2018

Análogo à remoção parcial, o tombamento no local corresponde a remoção da estrutura que é passível de reutilização, e seguidamente, demanda o tombamento da subestrutura remanescente, permitindo a navegação marítima pois a coluna d'água deixada é satisfatória para tal fim. É uma manobra que exige precisão para que haja a devida segurança na operação, e pode ser utilizado tanto explosivos para separar as partes para que a estrutura tombe sobre o próprio peso, quanto embarcações para impulsionar o tombo. A Imagem 7 exemplifica este tipo de descomissionamento (Dornelas, 2018).

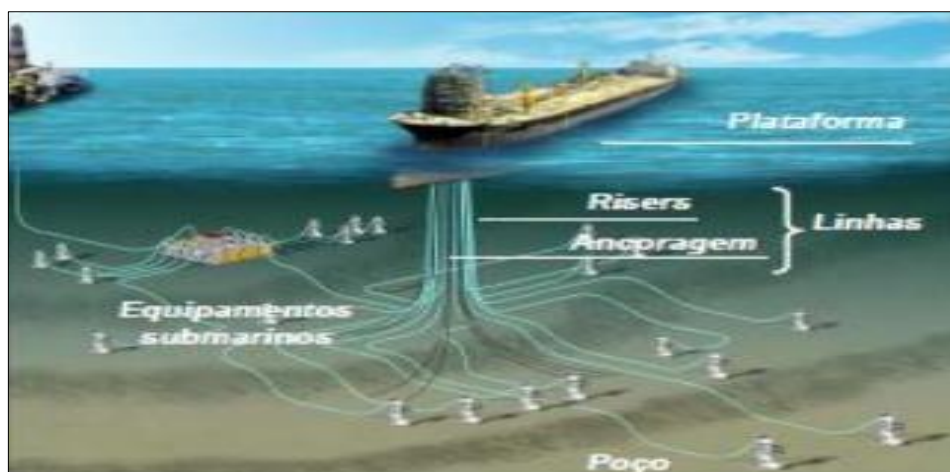
Imagem 7 – Tombamento no local



Fonte: Dornelas, 2018.

Os tipos de descomissionamento descrito anteriormente tratam-se basicamente para plataformas fixas, visto que as unidades do tipo semissubmersível e FPSO possuem uma mobilização de estrutura e equipamento mais descomplicado, justamente por se tratarem de unidades flutuantes móveis, com isso, suas dificuldades operacionais dizem respeito aos sistemas submarinos. Além da estrutura vista sobre a superfície, é necessário descomissionar os equipamentos que ficam sob a água. São estruturas como blocos, cabos e correntes de ancoragem, *risers*, árvores de natal (Imagem 8), etc (ANP, 2021).

Imagem 8 – Esquema de equipamentos submarinos de produção offshore



Fonte: Martins, 2011.

A retirada dessas estruturas submarinas pode ser realizada através de cortes sob a água e posterior o uso de embarcações com sistema para içar o material. Entretanto, em águas profundas onde não é possível o uso de mergulhadores e embarcações, a remoção é realizada através do Veículo de Operação Remota, conhecido pela sigla ROV (*Remotely Operated Vehicle*). Em situações como esta, a solução para descomissionar é justamente equilibrar entre a remoção completa e deixar no local (Amorim, 2010; Ruivo; Morooka, 2002).

2.3 O PANORAMA DO DESCOMISSIONAMENTO NO CENÁRIO BRASILEIRO E PERSPECTIVAS FUTURAS

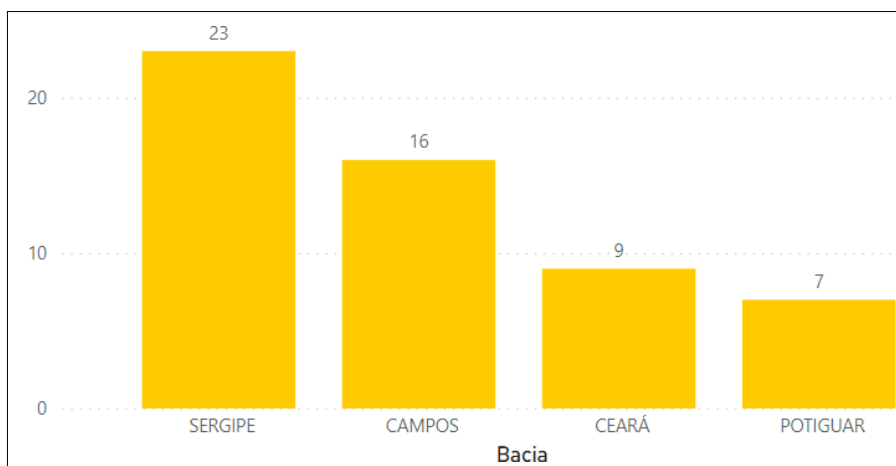
O Brasil é considerado um dos grandes produtores de petróleo mundial, ganha destaque no que se refere ao incentivo à pesquisa e principalmente à grande capacidade exploratória e produtiva. A produção offshore brasileira corresponde a 97% da produção nacional, girando em torno de 3 milhões de barris diariamente (ANP, 2022).

O ato de descomissionar uma plataforma simboliza o fim de todo um ciclo de produção de petróleo e gás dessas instalações. Ciclo este que inicia na exploração até a retirada da unidade, passando pelas fases produtivas e operacionais, e que carrega consigo um considerável investimento, e posteriormente um grande faturamento gerado da produção. À medida que aquele organismo se torna economicamente inviável de operar, o que acontece em torno de duas décadas, desativar a plataforma, e destinar da melhor maneira obedecendo as práticas das três esferas (ambiental, econômica e técnica), se faz necessária (Delgado et al., 2021).

No Brasil, os projetos de descomissionamento são considerados extremamente complexos por se tratar de uma atividade ainda muito nova no mercado nacional. Isso se deve principalmente ao fato de que primeiras plataformas offshore do país foram desativadas nos últimos 10 anos, e o conhecimento das melhores práticas para descomissionamento de plataformas brasileiras ainda é muito baixo (Delgado et al., 2021).

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2023) o Brasil possui 55 plataformas offshore de produção de petróleo e gás com mais de 25 anos de vida. Portanto, considerando que a vida útil média dessas unidades está entre 20 e 30 anos, elas estão susceptíveis ao descomissionamento. Na Imagem 9, é possível observar a distribuição das 55 plataformas por bacia.

Imagem 9 – Plataformas offshore aptas ao descomissionamento no Brasil por localidade

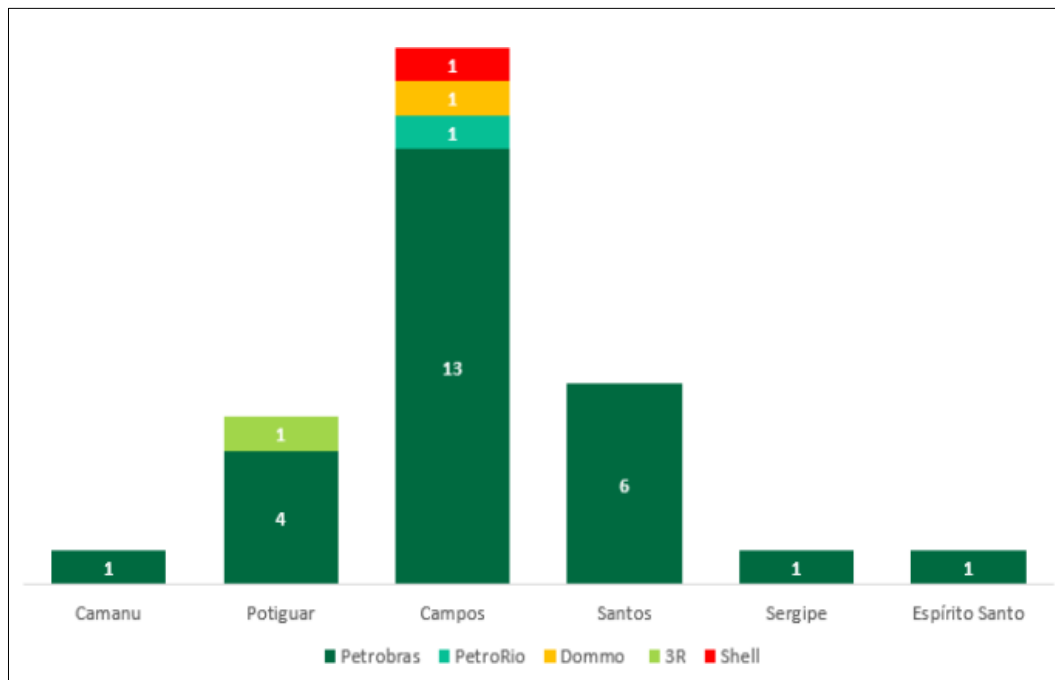


Fonte: ANP, 2023.

Em termos regulatórios, um passo importante no descomissionamento no Brasil foi a resolução nº 817/2020 (ANP, 2020), com a finalidade de regular o descomissionamento de ativos offshore diante os principais órgãos reguladores, a saber, ANP, IBAMA e Marinha. Outro ponto principal desta resolução é o estabelecimento do Programa de Descomissionamento de instalações (PDI), que consiste principalmente em um documento que narra o plano a ser adotado pela operadora para descomissionar uma plataforma. A partir desta resolução, os projetos de descomissionamento também terão incumbências de cumprir prazos e boas práticas de segurança e meio ambiente, bem como ampliar a capacitação técnica da indústria brasileira sobre o tema. Até o mês de outubro de 2022, o total de 78 PDIs haviam sido submetidos à Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, dos quais 42 eram relacionados a plataformas *offshore*. Já foram 30 projetos de descomissionamento aprovados no meio marítimo, sendo que a maior concentração está na Bacia de Campos, um total de 16 projetos nesta região.

Do total offshore, apenas quatro são operados por empresas privadas de petróleo, a saber: Bijupirá / Salema (Shell), Polvo (PetroRio), Tubarão Azul (Dommo Energia) e Aratum (3R Petroleum), enquanto todo o restante é de responsabilidade da Petrobrás. A Imagem 10 mostra esses dados em detalhes (ANP, 2022).

Imagem 10 – PDI's aprovados pela ANP, por bacia, até outubro de 2022



Fonte: ANP, 2022.

Quanto ao descomissionamento futuro, existem 40 plataformas que estão em operação há 15 a 25 anos e essas unidades já são elegíveis para descomissionamento ou podem estar em tal estado nos próximos anos (ANP, 2022).

Perante os cenários apresentados e dado que o descomissionamento é tão influente no equilíbrio econômico de um operador de campo e de uma unidade o projeto de descomissionamento de ativos *offshore* apresenta uma complexidade significativa, devendo ser muito bem planejada para ser executada com a máxima de eficiência econômica e operacional, de forma a minimizar os gastos relacionados aos serviços que compõem o projeto de descomissionamento.

Contribui também para os investimentos que visam clarificar e melhorar o processo de tomada de decisão destes projetos, reduzindo os encargos dos operadores de campos em fim de ciclo produtivo, contribuindo para a gestão do conhecimento de mercado existente nesta área e possíveis melhorias em futuros processos e projetos de descomissionamento (Delgado et al., 2021).

3 METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma pesquisa de natureza básica, pois vai de encontro com o conceito abordado por Fontenelles et al., (2009), que afirmam que, a pesquisa de natureza básica compreende em adquirir novos conhecimentos que venham a contribuir para o avanço da ciência, sem que necessariamente ocorra uma execução prática prevista.

Além disso, este estudo empregou as ferramentas da Pesquisa bibliográfica e da pesquisa descritiva. Também foi utilizada a abordagem qualitativa para aprofundar os estudos na literatura com foco nos princípios do descomissionamento envolvendo autores da área e fontes oficiais.

De acordo com Marconi (2005), esta abordagem descritiva resume-se a observar, apontar e narrar os aspectos de um fenômeno específico que ocorre em uma amostra ou população, e a qualitativa refere-se aquele que busca a compreensão do fenômeno enigmático específico da natureza, diante de narração, explicação e confrontações, sem atender as óticas numéricas. Oposto a pesquisa quantitativa, a pesquisa qualitativa possui tendência mais participativa (Fontenelles et al, 2009). Buscando ainda descrever o que é descomissionamento *offshore*, bem como suas classificações e seu contexto no cenário de produção de petróleo em ambiente marítimo brasileiro.

É abordada uma perspectiva de abordagem geral sobre descomissionamento, sobre os diferentes tipos de plataforma de exploração de petróleo e sobre as vertentes utilizadas no fim da vida útil das unidades. Ademais, discute-se ainda sobre o atual panorama do cenário brasileiro, e por fim, um estudo de caso para melhor compreensão da pesquisa realizada.

4 DISCUSSÃO

No cenário brasileiro, o descomissionamento é regulado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis e segue um determinado conjunto específico de diretrizes. As operadoras são responsáveis por apresentar planos de descomissionamento detalhados, incluindo a estimativa de custos e os métodos a serem empregados.

O estudo de caso que trouxe uma melhor compreensão da pesquisa elucidada anteriormente, foi o descomissionamento do navio-plataforma FPSO Polvo (Imagem 11).

Imagem 11 – FPSO Polvo, localizado na Bacia de Campos



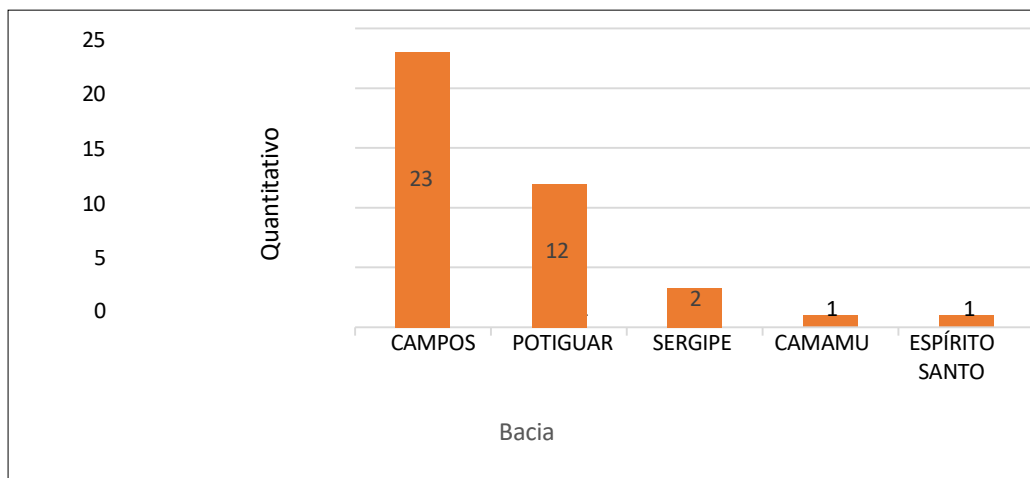
Fonte: Petrorio, 2020.

Em dezembro de 2020, foi anunciado o Programa de Descomissionamento para a plataforma FPSO Polvo. A plataforma está situada no campo de Polvo, na bacia de Campos, e é de propriedade da BW Offshore e operada pela Petrorio.

A Petrorio S.A, atualmente chamada de PRIO, trata-se da maior companhia independente de óleo e gás do Brasil, com atuação de operação em FPSO's na Bacia de Campos, entre elas, o FPSO Polvo, objeto deste artigo. A empresa é especialista na gestão eficiente de reservatórios e no redensolvimento de campos maduros.

Campos maduros, trata-se daqueles campos de exploração onde a plataforma que está localizada, está com o ciclo de vida entre 15 a 25 anos, ou seja, próximo ao seu fim. De acordo com a ANP (2023), até o encerramento deste artigo o Brasil possui 39 plataformas nesta idade, conforme mostra a Imagem 12.

Imagem 12 – Quantidade de plataformas entre 15 a 25 anos por Bacia

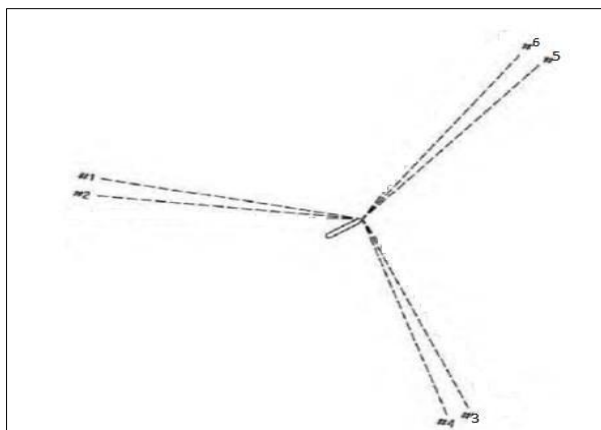


Fonte: ANP (2023), adaptado pelos autores.

O FPSO Polvo contém 3 conjuntos de linhas e cada uma com 2 linhas sendo uma de produção, uma de injeção e um umbilical, respectivamente, formando o sistema de produção. Posterior à desconexão, essas linhas serão dispostas ao fundo do leito aquático para uma reutilização futura, quando for realizada a ligação com a FPSO OSX-3.

O sistema de ancoragem do FPSO Polvo é realizado a partir de 3 grupos com 2 linhas cada (Imagem 13) e similar ao descomissionamento do FPSO Capixaba, o procedimento adotado foi a remoção parcial, visto que as linhas estão presas a estacas. O procedimento é comum e mais utilizado, pois remover as estacas pode aumentar o risco ambiental no leito marinho.

Imagem 13 – Representação do sistema de ancoragem da FPSO Polvo



Fonte: França, 2021.

Esta FPSO quando foi adquirida em 2013 estava próximo ao fim da sua vida útil, que ocorreria em 2017. Esse descomissionamento integra ao cenário de não renovação do contrato do FPSO Polvo, que optou por conectar o campo de Polvo ao FPSO OSX-3 localizado no campo de Tubarão Martelo, também na Bacia de Campos (PETRORIO, 2020). Portanto, nenhum poço foi abandonado ao decorrer da operação de desativação desta unidade. O caso desta FPSO é o descomissionamento para a não extinção da produção, no sentido de revitalizar, investir, e atuar em projetos de melhoria para a extensão da vida útil da plataforma. A PRIO em 2020 iniciou a terceira fase do plano de revitalização do campo, onde aumentou o tempo de vida útil da plataforma, estendo-o até o ano de 2035.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O descomissionamento de plataformas offshore no Brasil é uma operação de extrema importância para o setor de petróleo e gás. À medida que os campos de petróleo e gás offshore atingem o fim de sua vida útil, é crucial que essas estruturas sejam devidamente desativadas, removidas e descartadas de maneira segura e ambientalmente responsável.

Ao longo deste trabalho, foram expostos os desafios e as considerações envolvidas no processo de descomissionamento de plataformas offshore no Brasil. Analisamos as regulamentações existentes, as tecnologias disponíveis e os impactos ambientais relacionados a essa atividade.

Ficou evidente que o descomissionamento de plataformas offshore é um processo complexo e multifacetado. Envolve uma série de etapas, desde o planejamento e a avaliação dos riscos até a remoção física das estruturas e a restauração do ambiente marinho. Além disso, questões financeiras, jurídicas e logísticas também precisam ser consideradas cuidadosamente.

Apesar dos desafios, o Brasil tem avançado no desenvolvimento de regulamentações específicas para o descomissionamento offshore. A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) têm trabalhado na criação de normas e diretrizes que garantam a segurança, a transparência e a sustentabilidade dessas atividades.

No entanto, é fundamental que haja uma colaboração estreita entre a indústria, o governo, as comunidades locais e os especialistas ambientais para garantir que o descomissionamento seja conduzido de maneira adequada. É necessário investir em pesquisas e desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e sustentáveis, assim como promover ações de monitoramento e mitigação dos impactos ambientais decorrentes desse processo.

Além disso, é importante considerar a possibilidade de reutilização ou reciclagem de componentes das plataformas descomissionadas, promovendo a economia circular e reduzindo a demanda por novos materiais.

Em conclusão, o descomissionamento de plataformas offshore no Brasil é um desafio significativo, mas também uma oportunidade para promover práticas responsáveis e sustentáveis na indústria de petróleo e gás. Com a implementação adequada das regulamentações, o avanço tecnológico e o engajamento de todas as partes interessadas, é possível realizar o descomissionamento de forma segura, minimizando os impactos ambientais e deixando um legado positivo para as futuras gerações.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. et al. **Regulação do Descomissionamento e seus Impactos para a Competitividade do Upstream no Brasil**. Ciclo de Debates sobre Petróleo e Economia, Rio de Janeiro, 2017.

AMORIM, T. O. **Plataforma Offshore: Uma breve análise desde a construção até ao descomissionamento**. Rio de Janeiro. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Tecnologia em Construção Naval - Tecnólogo em Construção Naval. Centro Universitário Estadual da Zona Oeste. 2010.

ANP. **Descomissionamento de instalações de exploração e produção de petróleo e gás natural e procedimentos relacionados**. Rio de Janeiro. In: Webinar SPE/UFRJ-UFF: Impactos e Oportunidades do Descomissionamento no Brasil. 2020.

ANP. **Descomissionamento de instalações**, 2018. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/seguranca-operacional-e-meioambiente/descomissionamento-de-instalacoes>>. Acesso em: 01 jun. 2023.

ANP. **Painel Dinâmico de Produção de Petróleo e Gás Natural**. 2023. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/exploracao-e-producao-de-oleo-e-gas/painel-dinamico-de-producao-de-petroleo-e-gas-natural>>. Acesso em: 28 maio 2023.

BARRETO, B. d. F. S. S. M. **Avaliação das Alternativas de Descomissionamento de Estruturas Offshore com Aplicação de AHP Baseado em Aspectos de Sustentabilidade**. Tese (Doutorado), 2019.

DELGADO, Fernanda; MOURA, Raphael; FRANÇA, Mariana. **Descomissionamento offshore no Brasil**. 2021.

DORNELAS, L. R. **Descomissionamento de Instalações de Produção de Petróleo Offshore**. Tese (Doutorado em Engenharia de Petróleo). Departamento de Engenharia Química e de Petróleo. — Universidade Federal Fluminense, 2018.

ENERGIA, F. G. V. Descomissionamento offshore no Brasil: oportunidades, desafios & soluções. **Cadernos FGV Energia**, v. 8, n. 11, p. 9, 2021.

FONTELLES, Mauro José et al. Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Revista paraense de medicina**, v. 23, n. 3, p. 1-8, 2009.

FRANÇA, Morgana Lima et al. **Descomissionamento de plataformas de produção de petróleo**. 2021.

INEEP, **Descomissionamento offshore: desafios e oportunidades**. 2022. Disponível em: <<https://ineep.org.br/descomissionamento-offshore-desafios-e-oportunidades/>> Acessado em: 27 maio 2024.

LUCZYNSKI, E. **Os Condicionantes para o Abandono das Plataformas Offshore Após o Encerramento da Produção**. São Paulo: Universidade de São Paulo. 2002.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 2003.

MARTINS, L. d. A. **Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na Tomada de Decisões**. Tese (Doutorado em Engenharia de Petróleo) – Universidade Veiga de Almeida. Rio de Janeiro. 2018.

MELLO, Marcelo Oliveira et al. **O descomissionamento das plataformas e instalações marítimas para a produção de hidrocarbonetos e seus aspectos legais**. 2016.

PETROBRAS. Infográfico: Tipos de Plataformas | Petrobras. 2014. Disponível em: < <https://petrobras.com.br/infograficos/tipos-de-plataformas/desktop/index.html>>. Acesso em: 01 jun. 2023.

PETRORIO. **Programa de Descomissionamento de Instalação Marítima - FPSO Polvo**. 2020. Disponível em: < <https://www.prio3.com.br/a-prio#ativos-e-operacoes>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

RAPOSO, T. L. **Análise dos Desafios do Processo de Descomissionamento de Unidades de Produção de Petróleo Offshore**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal Fluminense, 2017.

RUIVO, F. d. **Descomissionamento de sistemas de produção offshore**. Campinas, SP: UNICAMP. 2001

RUIVO, Fabio M.; MOROOKA, Celso K. Decommissioning offshore oil and gas fields. In: **SPE Annual Technical Conference and Exhibition**. OnePetro, 2001.

SILVA, Edna Lucia; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. UFSC, Florianópolis, 4a. edição, v. 123, 2005.

INTERFERÊNCIA DA ÁGUA NA PRODUÇÃO DE CONCRETO NA REGIÃO LITORÂNEA DA CIDADE DE SÃO MATEUS (ES)

Deivison Souza Paixão¹, Morgana Gomes Chaves Lucas¹, Rita de Cassia Silva do Rosário¹, Lucas Fernandes da Silva Goltara²

¹ Acadêmicos de Engenharia Civil - Multivix São Mateus (ES)

² Engenheiro Civil/Especialista/Docente - Multivix São Mateus (ES)

RESUMO

O concreto é o material mais consumido no âmbito das construções, logo compreender os fatores que aumentam a sua qualidade tecnológica, é de extrema importância, evitando o surgimento de patologias ou colapsos em construções. A água é um dos componentes essenciais na elaboração de concretos, seja como seu constituinte ou como meio para facilitar as reações de cura, e suas características interferem diretamente no que tange a resistência à compressão, como por exemplo, águas com altas concentrações de sais minerais, ditas salobras, presentes em regiões litorâneas, exercem influência negativa sobre a resistência dos concretos elaborados a partir destas. Partindo deste pressuposto, o presente trabalho teve por objetivo analisar a influência da água da região litorânea da cidade de São Mateus, localizada no litoral norte do Espírito Santo, sobre os aspectos da resistência dos concretos, conforme procedimentos estabelecidos pela NBR 5738/2015 e 5739/2018. Foram produzidos o total de 54 corpos de prova utilizando-se água destilada e de quatro bairros da cidade, sendo um desses pertencente à região litorânea do município, com coletas de amostras no sistema de abastecimento urbano e de poço artesiano. Os ensaios mostraram que a água da região litorânea, bem como os demais bairros atenderam aos padrões estabelecidos pela norma NBR 15900/2009, apresentando no mínimo 90% da resistência à compressão de concretos produzidos tanto com a água do sistema de abastecimento SAAE, bem como aqueles produzidos com água destilada.

Palavras- Chave: resistência; água salobra; concreto; corpos de prova

ABSTRACT

Concrete is the most consumed material in construction, so understanding the factors that increase its technological quality is extremely important, avoiding the emergence of pathologies or collapses in constructions. Water is one of the essential components in the elaboration of concrete, either as a constituent or as a means to facilitate curing reactions, and its characteristics directly interfere with compressive strength, for example, waters with high concentrations of mineral salts, known as brackish, present in coastal regions, exert a negative influence on the strength of concretes made from them. Based on this assumption, the present study aimed to analyze the influence of water from the coastal region of the city of São Mateus, located on the northern coast of Espírito Santo, on the aspects of concrete strength, according to procedures established by NBR 5738/2015 and 5739/2018. A total of 54 test specimens were produced using distilled water from 4 neighborhoods in the city, one of which belongs to the coastal region of the municipality, with samples collected from the urban supply system and from an artesian well. The tests showed that the water from the coastal region, as well as from other neighborhoods, met the standards established by standard NBR 15900/2009, presenting at least 90% of the compressive strength of concrete produced with water from the SAAE supply system, as well as those produced with distilled water.

Keywords: resistance; brackish water; concrete; test specimens.

1 INTRODUÇÃO

Na construção civil, a água é um recurso amplamente utilizado em diversas etapas de construções residenciais, como em processos de curas, compactação de solos, limpezas, fabricação de materiais e em preparo de argamassas e concretos. A essa amplitude de utilizações, Fachim e Silva (2011, p. 97) atribuem ao fato da água ser um elemento que possui duas funções primordiais: de dissolver e de transportar materiais.

No que diz respeito ao preparo de concretos, a água é um fator de extrema importância, pois sua qualidade bem como sua relação frente aos demais materiais interferem diretamente nas propriedades finais e desejáveis do concreto, podendo estas resultarem em patologias futuras em obras residenciais.

Ribeiro Júnior (2015, p. 8) afirma que as impurezas presentes na água podem prejudicar tanto a pega do cimento quanto a resistência final deste, sendo recomendado a utilização de água potável. Além disso, Selegin (2013, p. 27) completa que “é tolerável apenas pequenas quantidades de impurezas, de modo que não apresentem efeitos danosos e aparentes ao concreto, sendo que estas prejudicam as reações de hidratação entre a água e os componentes do cimento”.

Apesar de o concreto ser o “material de construção mais consumido no planeta, o conhecimento e divulgação das práticas construtivas adequadas não acompanharam o crescimento da atividade de construção, ocasionando seguidos descuidos nas obras” (Lapa, 2008, p. 8). A preocupação com a qualidade de concretos, principalmente associadas à sua resistência tem sido cada vez mais frequente e de grande importância para evitar o aparecimento de patologias em construções.

Autores como Barboza e Bastos (2008), Rosa e Lopes (2016) e outros, tratam da importância de estudar e caracterizar as propriedades dos concretos elaborados em canteiros de obras de pequeno porte, principalmente relacionada à resistência à compressão. Além disso, ambos os autores ainda direcionaram seu objeto de estudo para obras existentes dentro de uma localidade trabalhada, a fim de apresentar resultados reais e factíveis, que possam ser utilizados para melhorias no processo construtivo dentro da região de estudo.

Em regiões litorâneas, como a cidade de São Mateus, localizada no norte do Estado do Espírito Santo, é comum a incidência de águas salobras, principalmente em épocas de estiagem, que a baixa vazão dos rios permite uma maior intrusão de volume de água do mar no rio, alterando as concentrações de sais na água, chegando estas aos pontos de captação das companhias de distribuição e tratamento de águas. Logo, a região está suscetível a qualidades de água com altos teores de sais minerais, que podem influenciar diretamente na resistência do concreto produzido a partir desta.

Além disso, a região por apresentar atrativos turísticos, em determinados períodos do ano, seus habitantes aumentam significativamente, demandando muito do sistema de abastecimento urbano, o que leva à população a fazer e utilizar a captação de água através de poços artesianos, que muitas vezes são perfurados ainda durante a construção das residências, sem regularização ou acompanhamento

de profissionais qualificados e fornecem água para as atividades no canteiro de obras.

Considerando que a água e seus componentes exercem influência sobre a resistência do concreto, pois a água utilizada no concreto “é responsável por ativar as reações químicas do aglomerante, e deve atender a certas qualidades, não podendo conter impurezas e ainda estar dentro dos parâmetros recomendados pelas normas técnicas a fim de que garantam a homogeneidade da mistura” (Paiva Filho, 2017, p. 22) e tendo o conhecimento da baixa qualidade da água da região litorânea da cidade de São Mateus, que pode apresenta-se uma grande concentração de sais, e da grande presença de poços artesianos irregulares, faz-se importante analisar e compreender os efeitos das águas existentes na cidade e sua influência sobre a resistência dos concretos.

Sendo assim, o presente estudo teve por objetivo geral compreender a influência da qualidade da água na resistência dos concretos, buscando responder a questão norteadora: A água da região litorânea da cidade de São Mateus exerce alguma influência sobre a resistência do concreto elaborada a partir desta? Além disso, como objetivos específicos buscou-se estabelecer um comparativo entre as resistências obtidas por águas captadas no sistema de tratamento de água da cidade e águas de poços artesianos para verificar se a mesma tem alguma influência a depender da procedência.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCRETO E SUAS CARACTERÍSTICAS

Amplamente utilizado nas construções civis, o concreto tem um papel de extrema importância em construções. Podemos encontrá-lo em nossas “casas de alvenaria, em rodovias, em pontes, nos edifícios mais altos do mundo, em torres de resfriamento, em usinas hidrelétricas e nucleares, em obras de saneamento, até em plataformas de extração petrolífera móveis” (Pedroso, 2009, p. 14).

Segundo Mehta e Monteiro (2014), o uso generalizado do concreto está associado a três fatores, sendo estes a sua resistência à água, a facilidade de poder gerar elementos de várias formas e tamanhos e o seu custo, apresentando-se um material barato e prontamente disponível.

O concreto é um material composto de água, cimento e agregados (Carvalho e Figueiredo Filho, 2016, p. 19), “podem ou não serem acrescidos de aditivos, que juntos formam uma massa, em que suas características, como por exemplo sua resistência, serão resultados da interação de seus constituintes”.

Para a NBR 12655 (ABNT, 2022), pode-se ainda aferir que concreto é aquele fabricado de cimento Portland e que o mesmo ainda pode ser classificado pelo seu estado, local de preparo, pela sua massa específica e pela sua resistência. Para Neville e Brooks (2013, p. 2), “podemos ainda compreender o concreto como um material constituído por duas fases, sendo a primeira a pasta de cimento hidratada e a segunda seus agregados, e que suas propriedades serão regidas pelas suas fases e o contato entre elas”.

Segundo Almeida (2002, p. 3), para obtermos características desejáveis do concreto como boa resistência mecânica, durabilidade e impermeabilidade é necessário o “conhecimento dos fatores que atuam sobre a sua qualidade, como as propriedades dos materiais e suas quantidades, bem como uma correta manipulação e cuidados de hidratação durante a cura”.

2.2 MATERIAIS QUE COMPÕEM O CONCRETO

- Cimento Portland

Material sólido, como um pó fino, que se transforma em uma pasta na presença de água. Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2022), o cimento Portland é um aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer e adicionado de uma ou mais formas de sulfato de cálcio, sendo permitido conforme normas específicas a adição de materiais pozzolânicos, escórias, granuladas de alto forno e materiais carbonáticos. “As diferentes matérias-primas adicionadas ao clínquer permitem a fabricação dos variados tipos de cimento Portland disponíveis no mercado, alguns contendo materiais reativos (pozolanas) e outros inertes (fíleres)” (Borges et al., 2014, p. 155), como os cimentos CP I, CP II, CP III, CP IV, CP V.

- Os Agregados

Segundo a norma NBR 9935 (ABNT, 2011), agregados são materiais sem forma e volume definidos, inertes e adequados a produção de argamassa, podem ser do tipo natural ou artificial, sendo também classificados como agregados miúdos ou graúdos.

O agregado natural, como o próprio nome já faz referência, é aquele que se apresenta conforme encontrado na natureza, passando apenas por etapas de limpeza, trituração e/ou peneiragem para classificação, e a sua obtenção é através de “rochas fragmentadas pela ação do vento, das chuvas, das variações de temperatura, etc,” (Ribeiro, Pinto e Starling, 2006, p. 16), que ainda segundo os autores, são exemplos as areias e pedregulhos. Já os agregados artificiais são aqueles obtidos por processos que alterem as propriedades originais da matéria, como por exemplo a argila expandida.

Já para a classificação em miúdos ou graúdos, podemos associar seu tamanho, que de acordo com a norma NBR 7211 (ABNT, 2022), são aqueles que passam na peneira com malha de 4,75 mm e os que são retidos pela mesma, respectivamente. Como agregados miúdos pode-se citar as areias, já para os graúdos temos os pedregulhos ou britas. Além disso, os agregados “não devem conter substâncias de natureza e em quantidade que possam afetar a hidratação e o endurecimento do cimento, a proteção da armadura contra a corrosão, a durabilidade ou, quando for requerido, o aspecto visual externo do concreto” (ABNT, 2022)

- A Água

No âmbito das propriedades dos materiais, a água é um material de grande contribuição às características finais desejáveis em um concreto. É responsável por hidratar o cimento Portland, criando uma massa que possa ser trabalhada e moldada de acordo com sua necessidade. A norma NBR 15900 (ABNT, 2009) especifica quais os padrões e requisitos necessários para a água ser utilizada no preparo do concreto, bem como descreve os métodos de suas análises e amostragem.

É importante ressaltar, que para a água na confecção do concreto faz-se necessário realizar um controle sobre sua proporção em relação ao cimento presente na mistura, a fim de garantir um material com boa resistência, consistência, trabalhabilidade e com menor quantidade de espaços vazios. “Concretos com pouca água ficam secos e com difícil trabalhabilidade, mas a água em demasia favorece a trabalhabilidade em detrimento da resistência.” (Alves; Oliveira, 2021, p. 2).

Segundo Maciel et al. (2020) a tentativa de melhorar a consistência do concreto através da adição de água causa falhas como a perda de resistência do concreto. Nessa perspectiva, é importante respeitar as medidas não só da adição de água, mas de todos os componentes do concreto para alcançar a resistência desejada.

Mas não só a sua relação em proporção, a água exerce atribuições ao concreto tendo como base a sua composição e propriedades. Segundo a NBR 15900 (ABNT, 2009), a água adequada para uso em concreto deve ser potável, mas pode-se utilizar também águas de fontes subterrâneas, pluviais e residuais, desde que seus ensaios atendam aos requisitos, e e na dúvida de seus parâmetros, Almeida (2012, p. 28) afirma que se deve realizar “ensaios principalmente relacionados à pega do concreto fresco e a resistência à compressão”.

- Os Aditivos

Os aditivos em geral são substâncias que têm a finalidade de melhoria de alguma qualidade no concreto. Podem ou não ser adicionados ao mesmo, a depender das características que desejam se estabelecer. “A proporção entre os diversos constituintes é buscada pela tecnologia do concreto, para atender simultaneamente as propriedades mecânicas, físicas e de durabilidade requeridas para o concreto” (Helene; Andrade, 2007, p. 920). Para sua utilização, devem estar em conformidade com a NBR 11768 (ABNT, 2019) e como exemplo de aditivos temos os retardadores de pega, os plastificantes, os aceleradores de cura, os impermeabilizantes, etc.

2.3 RESISTÊNCIA DO CONCRETO

As características mecânicas do concreto são objetos de estudo de diversos pesquisadores. “Tais características são as principais responsáveis pela durabilidade do concreto utilizado nas estruturas, por isso é válido afirmar que um concreto de qualidade evita manutenções feitas por desgaste ou deterioração precoce das estruturas” (Teixeira; Andrade; Bonifácio, 2015, p. 635). Entre as propriedades mecânicas do concreto podemos citar a resistência à tração e compressão e o módulo de elasticidade.

O concreto é um material de grande importância na construção civil, tendo em vista a sua versatilidade pela ampla utilização nos canteiros de obras, além de sua durabilidade. Segundo Almeida (2002, p. 3), para se obter um concreto resistente, durável e de bom aspecto, deve-se “compreender as propriedades de cada um dos materiais que o compõem, suas propriedades e os fatores que podem afetá-las, a proporção correta dos componentes e execução de suas misturas, bem como a forma de executar o controle do concreto durante e após o seu endurecimento”. “Para conseguir as condições ótimas de resistência e operacionalidade do concreto, o cimento, o agregado fino (areia) e o agregado grosso (brita) e a água devem ser acrescentados nas proporções corretas” (Almeida, 2012, p. 38).

O concreto é um material bastante heterogêneo, já que é composto da mistura de diversos outros materiais bastante diferentes entre si. Uma de suas características mais importante é a resistência a compressão (Pereira, 2008, p. 15), mas além desta temos também questões relacionadas a “consistência e trabalhabilidade, retração, deformações, módulo de elasticidades, sua durabilidade e permeabilidade”.

Segundo Neville (2016, p. 285), “a resistência nos fornece a ideia geral da qualidade do concreto, uma vez que está relacionada à estrutura da pasta de cimento hidratada e que é um elemento fundamental em projetos estruturais para fins de controle”. Nos concretos, a resistência à compressão simples é definida “como a tensão última aplicada ao corpo-de-prova que provoca a desagregação do material que o compõe, que se dá pela ruptura da matriz da pasta de cimento” (Almeida, 2012, p. 45). Ou seja, a resistência do concreto pode ser determinada através de ensaios em laboratórios, a partir do rompimento de corpos de prova, além

disso, os constituintes para elaboração destes e cuidados da produção serão fundamentais e estritamente relacionados aos resultados finais desejados.

“O ensaio de resistência à compressão para avaliação dos concretos é um dos mais utilizados devido à sua facilidade de realização, pelo seu custo relativamente baixo e pela possibilidade de correlação com outras propriedades do concreto” (Bezerra, 2007, p. 27). Além disso, acredita-se que muitas propriedades do concreto, como módulo de elasticidade, estanqueidade ou impermeabilidade, e resistência a intempéries, incluindo sulfatos, estão ligadas à resistência e, por isso, podem ser abatidas a partir de seus dados (Mehta; Monteiro, 2014)

Para verificar a resistência do concreto, existem várias formas, podendo ser através de ensaios ou *in loco*, que segundo Martins e Maia Filho (2015), para este, os clássicos são para a verificação do Fck através da extração de testemunhos da estrutura, a utilização do esclerômetro do tipo Schmidt ou de ondas ultrassônicas. Já para a determinação da resistência através dos ensaios, faz-se necessário a confecção de corpos de provas, cujo preparo, tempo de cura e condução para o rompimento são especificados por normas técnicas.

Segundo a norma NBR 5738 (ABNT, 2015), que prescreve o procedimento para moldagem dos corpos de prova de concreto, estabelece que para moldes cilíndricos existem diâmetros padronizados de 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, 30cm ou 45cm, e que a altura dos moldes deve ser o dobro do diâmetro, logo essas dimensões precisam ser respeitadas no momento de confecção dos corpos de provas.

Já para a cura do concreto, NBR 5738 (ABNT, 2015) especifica que os corpos de prova devem ser armazenados imersos em água saturada de cal ou em câmara úmida até o momento do ensaio. Além disso, para ensaios de compressão, o mesmo deve ser realizado aos 28 dias de cura, o que é considerado um tempo para um índice geral de sua resistência, sendo possível determinar se o concreto está ou não dentro dos parâmetros desejados segundo projetos.

2.4 RESISTÊNCIA DO CONCRETO À COMPRESSÃO E A ÁGUA DE AMASSAMENTO DA CIDADE DE SÃO MATEUS (ES)

Segundo Andolfato (2002, p. 7), “a mistura do cimento com a água produz ligações químicas que resultam em uma pasta que possui características ligantes e que promovem a junção dos agregados em uma massa sólida ao endurecer”. Esta por sua vez denominada de concreto tem sua resistência mecânica, para um mesmo cimento, “influenciada por vários fatores, tais como: granulometria, resistência dos agregados, tipo de cimento, relação água/cimento, tipo de sollicitação, velocidade do carregamento, idade do concreto, formas e dimensões do corpo de prova” (Almeida, 2002, p. 51), sendo que desta avaliação pode-se considerar que a relação água/cimento, é um dos fatores mais determinantes. A adição de água além do necessário pode aumentar a porosidade do concreto e consequentemente diminuir sua resistência. O fator água-cimento é dado pela relação em peso da água com o peso do cimento, que varia de 0,3 e 0,6, sendo que quanto menor for o teor de água, maior será a resistência do concreto.

Segundo a norma NBR 6118 (ABNT, 2014), existe uma forte correspondência entre a relação água/cimento e a resistência a compressão, permitindo que no intuito de melhor durabilidade das estruturas, as mesmas possam seguir suas recomendações e proporções apresentadas segundo as classes de agressividade ambiental e do tipo de concreto a ser confeccionado. Com relação à resistência, Lima *et al.* afirmam que:

Existem três classes básicas de classificação em relação ao concreto, obtidas por meio de dosagens da mistura, também, chamados de traços. Há o concreto de densidade normal, concreto leve, pesado. Os concretos podem ser, também, classificados em relação à sua resistência, são eles: Concreto de baixa resistência, que tem menos de 20 MPa (não adequado à finalidade estrutural), o concreto de resistência normal de resistência de 20 a 50 MPa e, também, o concreto de alta resistência de 50 MPa.

No que diz respeito à água, não só suas quantidades, mas a sua qualidade faz-se determinante na qualidade do concreto, esta precisa atender critérios, que segundo Senna *et al.* (2003, p. 170) “podem influenciar negativamente a durabilidade e resistência mecânica”.

Mehta e Monteiro (2014) ainda complementam que a presença de impurezas na água de amassamento pode afetar também o tempo de pega, favorecer a ocorrência de eflorescência e da corrosão da armadura quando presente. Existem parâmetros que devem ser respeitados com relação aos constituintes das águas que estão aptas a serem utilizadas na elaboração de concretos.

Atualmente, a norma em vigor é NBR 15900 (ABNT, 2009), que afirma que a água para o uso na elaboração de concretos necessita estar em conformidade com suas exigências, não ultrapassando seus limites estabelecidos com relação a suas propriedades químicas, como por exemplo, a constituição em cloretos, sulfatos, álcalis e outras contaminações que podem ser prejudiciais, mas também estar em conformidade com as exigências de tempo de pega e resistência à compressão.

Segundo Lapa (2008), desequilíbrios na água de amassamento com relação a quantidade de sulfatos podem causar tensões capazes de fissurar o concreto, bem como a concentração de íons cloreto além do permitido, podem auxiliar no processo de corrosão em armaduras em concreto armado.

O Rio São Mateus, responsável pelo abastecimento da cidade de São Mateus, fica localizado na região Norte do estado do Espírito Santo. Segundo a AGERH (2018), ele é formado pela junção de dois rios, que deságuam no oceano Atlântico no município de Conceição da Barra, sendo que sua bacia conta com uma precipitação anual de 1.150 mm/ano, possuindo uma baixa incidência de chuvas ocasionadas pelas características de semiárido na região.

Em períodos de seca, compreendido entre os meses de abril a setembro a sua vazão é significativamente reduzida. Isto permite “o avanço da intrusão salina (IS), de água marinha, pelo estuário ao ponto de comprometer a qualidade da água captada para abastecimento público” (Cotta et al., 2021 p. 55), localizada a 40 km de sua foz, tornando a mais salobra do que o convencional e com uma alta concentração de cloretos.

Tendo em vista a escassez de água nos períodos de seca e a contaminação do abastecimento público pela água marinha, na região é comum a exploração de aquíferos subterrâneos através de poços artesianos, que se torna uma solução viável aos períodos em que as águas locais ficam precárias para o consumo.

Segundo Fitts (2015), às águas subterrâneas sempre será um recurso hídrico indispensável e fundamental, haja vista que em algumas localidades é a única fonte de água doce disponível. Logo, os poços artesianos são um recurso muito utilizado em várias regiões da cidade de São Mateus, no estado do Espírito Santo.

3 METODOLOGIA

De forma a analisar os resultados obtidos com os concretos realizados com diferentes águas coletadas, o presente trabalho compreendeu uma pesquisa de natureza aplicada, tendo em vista que seu objetivo é produzir resultados que possam contribuir para o aprimoramento de tecnologias de fabricação de concreto na cidade de São Mateus, com o uso de procedimentos laboratoriais e bibliográficos, com base em estudos de diversos autores sobre a influência da água na resistência de concreto. Possui também objetivos exploratórios e abordagem do tipo quali-quantitativa, propondo a interpretação dos dados obtidos para melhor compreensão dos resultados.

Para análise da resistência do concreto com base na água utilizada, utilizou-se dos seguintes procedimentos: coleta das amostras de água, preparo dos corpos de prova e rompimento dos corpos de prova.

As coletas das amostras de água ocorreram em quatro Bairros da cidade de São Mateus, sendo o Bairro de Guriri representando a região litorânea e os demais Santo Antônio, Morada do Ribeirão e Litorâneo. Foram coletadas uma amostra de fonte subterrânea, sendo esta oriunda de poço artesiano, e uma amostra do sistema de tratamento de água SAAE, totalizando 20 litros em cada captação, que foram acondicionadas em recipientes plásticos retornáveis e levadas para o laboratório de Engenharia Civil da Faculdade Multivix São Mateus para as análises.

Com os componentes do concreto em laboratório, foram fabricados o total de 54 corpos de prova, sendo 12 corpos de prova para cada bairro amostrado, subdivididos em seis amostras para água de amassamento proveniente do abastecimento pelo SAAE e 6 amostras provenientes de poço artesiano, além de 6 amostras com utilização de água destilada.

O preparo dos moldes foram segundo as especificações da NBR 5738 (ABNT, 2015), em moldes cilíndricos, com 20 cm de altura e 10 cm de diâmetro, colocados por uma concha de seção U em 2 camadas e com adensamento através de 12 golpes com haste metálica em cada, seguida do rasamento.

A preparação das amostras de concreto foram realizadas de acordo com a NBR 16886 (ABNT, 2020), objetivando a obtenção de f_{ck} de 25 MPa, com traço de 1:2:2,5:0,5, sendo o cimento CP III da marca Nassau, areia branca fina, brita 01 e águas amostradas, respectivamente. Com exceção da água, demais materiais foram adquiridos em lojas de materiais de construção do próprio mercado local da cidade.

A mistura do concreto foi realizada em betoneira do próprio laboratório, até a completa homogeneização, seguindo a ordem de adição dos materiais: pedra, água, cimento e areia. Em seguida, o concreto foi colocado nos moldes, que foram identificados e armazenados em local protegido por 24h, quando ocorreu os desenformes. Após o desenforme, para cada tipo de amostra, três corpos de prova foram colocados em cura úmida, em baldes contendo solução saturada de cal virgem, conforme especificações técnicas, e as outras três amostras permaneceram em ambiente.

Para a realização do rompimento dos corpos de prova, aguardou-se 28 dias de cura, onde os mesmos foram submetidos ao teste de compressão segundo as especificações da NBR 5739 (ABNT, 2018) com exceção à prática de regularidade das superfícies dos corpos de prova antes da aplicação da carga, que não foi possível de ser realizada pela falta do equipamento necessário no laboratório. Para aqueles que estavam submersos, os mesmos foram retirados da água com uma hora de antecedência aos testes. Os 54 corpos de prova foram testados quanto à resistência à compressão através do equipamento de prensa hidráulica manual, que foram submetidos a uma carga manual continua até o seu rompimento, sendo identificado pelo aparelho a carga máxima recebida pela amostra em unidades de Toneladas Força (Tf). De posse dos picos máximos de força necessários para romper cada corpo de prova, os resultados foram quantificados, convertidos para Mega Pascal (MPa) e analisados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os ensaios de compressão realizados aos 28 dias de cura dos corpos de prova, as tabelas abaixo apresentam os resultados de resistência obtidos através do rompimento das amostras.

A Tabela 1 referente às amostras que ficaram submersas em solução saturada com hidróxido de cálcio e a Tabela 2 às amostras que ficaram expostas ao ambiente. Para cada bairro que teve sua água amostrada, as análises foram realizadas em triplicata, e suas médias estão indicadas na Tabela 3:

Tabela 1 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão dos corpos de prova submersos

CONDIÇÃO PADRÃO - SUBMERSO				
AMOSTRAS	SAAE		POÇO	
	ENSAIO (Tf)	RESISTÊNCIA (MPa)	ENSAIO (Tf)	RESISTÊNCIA (MPa)
Guriri 1	23,12	28,87	22,66	28,29
Guriri 2	22,71	28,36	23,13	28,88
Guriri 3	24,70	30,84	20,45	25,53
Santo Antônio 1	19,78	24,70	21,62	27,00
Santo Antônio 2	24,39	30,45	21,18	26,45
Santo Antônio 3	22,16	27,67	18,29	22,84
Morada do Ribeirão 1	20,34	25,40	21,75	27,16
Morada do Ribeirão 2	18,59	23,21	22,58	28,19
Morada do Ribeirão 3	20,39	25,46	22,21	27,73
Litorâneo 1	20,33	25,38	18,93	23,64
Litorâneo 2	22,52	28,12	19,74	24,65
Litorâneo 3	14,36	17,93	17,74	22,15

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 2 - Resultados dos ensaios de resistência à compressão dos corpos de prova em condições ambiente

CONDIÇÃO AMBIENTE				
AMOSTRAS	SAAE		POÇO	
	ENSAIO (Tf)	RESISTÊNCIA (MPa)	ENSAIO (Tf)	RESISTÊNCIA (MPa)
Guriri 1	17,5	21,85	14,62	18,25
Guriri 2	14,32	17,88	16,3	20,35
Guriri 3	14,34	17,91	14,62	18,25
Santo Antônio 1	13,73	17,14	10,68	13,34
Santo Antônio 2	14,32	17,88	10,68	13,34
Santo Antônio 3	9,81	12,25	16,02	20,00
Morada do Ribeirão 1	11,8	14,73	14,84	18,53
Morada do Ribeirão 2	15,12	18,88	15,90	19,85
Morada do Ribeirão 3	14,56	18,18	15,15	18,92
Litorâneo 1	16,19	20,22	10,12	12,64
Litorâneo 2	14,06	17,56	10,64	13,29
Litorâneo 3	15,89	19,84	13,30	16,61

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 3 - Médias dos resultados dos ensaios de resistência à compressão dos corpos de prova em condições ambiente e padrão.

AMOSTRAS	SAAE		POÇO	
	Condição Padrão	Condição Ambiente	Condição Padrão	Condição Ambiente
Guriri	29,35	19,21	27,57	18,95
Santo Antônio	27,61	19,20	25,43	15,56
Morada do Ribeirão	24,69	17,26	27,69	19,10
Litorâneo	23,81	15,76	23,48	14,18

Fonte: Elaborado pelos autores.

A partir dos resultados apresentados, tem-se que as resistências dos corpos de provas que ficaram submersos apresentaram maiores valores com relação aos corpos de provas que ficaram expostos ao ambiente, entretanto estes mantiveram suas relações de proporção em valores entre si. De fato, essa relação era esperada, tendo em vista que “os íons cálcio são os principais controladores da hidratação do cimento, gerando uma maior formação de C-S-H e que tal processo só acontece com a presença de cal hidratada em solução” (Nascimento; Silva, 2022, p.21).

Além disso, para alguns bairros, os valores de resistência à compressão ultrapassaram a resistência esperada de 25 MPA, que segundo Nascimento e Silva (2022, p.4), a cura por imersão garante até 30% mais resistência do concreto, diminuindo também as incidências de fissuras que comprometem a estrutura.

Com relação aos dados médios apresentados na Tabela 3 tem-se que as águas oriundas de poços artesianos, apresentaram valores abaixo dos encontrados de resistência comparado aos corpos de prova de controle, confeccionados com água de abastecimento da cidade, o SAAE, com exceção do bairro Morada do Ribeirão. A amostra coletada em poço neste bairro, trata-se de um poço regularizado e utilizado pela prefeitura municipal da cidade como um ponto de distribuição de água para a população, dessa forma, existe um cuidado e tratamento da água para torná-la potável. Para os demais poços captados, não existe esse mesmo tratamento.

Segundo Santos, Viana e Roriz (2021, p. 10), “vários fatores podem influenciar na qualidade das águas subterrâneas, pois a água infiltrada na terra, quando não filtrada o suficiente, chegam ao lençol freático, causando poluição da água”. Mazer e Xavier (2019, p. 2), ainda complementam que “a água pode agir como agente de deterioração, apresentando partículas capazes de promover a deterioração química de sólidos do concreto, tornando-se um potente inimigo”.

Entretanto, ainda que os valores de resistência apresentados pelos corpos de prova elaborados com água do poço sejam menores àqueles preparados pela água do SAAE, temos que as resistências obtidos com águas subterrâneas em sua maioria apresentaram-se maiores do que o valor esperado de resistência de 25 MPa, com exceção da água do bairro Litorâneo, que apresentou um valor de resistência 6% menor que o valor desejado.

Para os resultados obtidos para o bairro Guriri, região litorânea do município de São Mateus e objeto central deste estudo, tem-se que os concretos elaborados com a água de poço ultrapassou a resistência de referência, determinando assim, que a água da região litorânea dada a circunstância de período de coleta apresenta-se do ponto de vista da resistência à compressão do concreto adequada ao uso. Entretanto, como não foram realizadas análises físico-químicas para comparar os padrões das águas utilizadas não é possível afirmar tão precisamente sobre a qualidade da água da região, tendo em vista que segundo Romano (2004, p. 55), “experiências de concreto simples elaborados com água do mar tem apresentado resultados semelhantes àqueles elaborados com água doce padrão, divergindo-se levemente nas resistências finais destes”. No que tange a NBR 15900 (2009), a água salobra não é descartada para uso em elaboração de concretos, apenas existe a restrição para sua utilização em concreto não armado, mesmo assim devendo ser ensaiada previamente.

Tomando como parâmetro que a própria água de abastecimento público da cidade de São Mateus, em certos períodos e condições apresentam-se salobras por conta da intrusão da água salina nas áreas de captação da água do rio, o presente estudo também avaliou a resistência de corpos de prova elaborados a partir de água destilada ou deionizada, e os valores obtidos estão apresentados na Tabela 4:

Tabela 4: Resultado da resistência à compressão dos corpos de prova confeccionados com água destilada

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Média
Resistência Condição Padrão	20,27	24,14	24,90	23,10
Resistência em Ambiente	14,70	10,31	14,07	13,03

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tomando como base um comparativo entre os corpos de prova elaborados por água destilada (Tabela 4) e água do SAAE (Tabela 3), tem-se que a água do sistema de abastecimento, do ponto de vista da resistência do concreto apresenta-se dentro dos padrões desejados.

Segundo a NBR 15900 (ABNT, 2009), os corpos de prova preparados com a água de ensaios, devem alcançar pelo menos 90% da compressão média daqueles preparados com água destilada. Neste caso, os valores obtidos para a água do SAAE foram além da porcentagem estimada, ultrapassando seus valores. Estudos como Souza et al. (2018) e Borja (2017) também apresentaram tais resultados quando compararam resistência de concretos elaborados com água de poço e água destilada.

Costa (2017) em seu estudo de resistência também encontrou tal resultado e segundo o autor, a presença de íons na água exerce influência sobre a resistência dos corpos de prova, pois alguns compostos agem no processo de hidratação do cimento.

Ainda sobre a água do sistema de abastecimento público, SAAE, observa-se que existiu uma diferença significativa entre as médias dos corpos de prova elaborados com águas amostradas em diferentes bairros. A esse fator pode-se atribuir que durante o caminho percorrido pelas águas tratadas até os pontos de coleta pode haver algum tipo de contaminação.

Segundo Romano (2004, p. 57), “água contendo impurezas e que sejam utilizadas no amassamento do concreto podem vir a prejudicar sua reação com os compostos do cimento”. Além disso, também pode-se atribuir a presença de impurezas que sejam decorrentes de outros materiais como os agregados miúdos e graúdos utilizados para os experimentos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos no presente trabalho, conclui-se que a água da região litorânea da cidade de São Mateus-ES bem como dos demais bairros são viáveis do ponto de vista da resistência para a produção de concretos, apresentando valores adequados e aceitáveis. Entretanto, como as análises basearam-se apenas na determinação da resistência, não é possível afirmar se os seus parâmetros se encontram de fato adequados à utilização em qualquer natureza de concreto, uma vez que a presença de alguns sais minerais ou até mesmo de parâmetros de potabilidade de água, podem exercer influências significativas e/ou não serem adequadas ao uso.

Além disso, o desenvolvimento dos experimentos permitiu constatar a diferença existente entre as resistências dos corpos de prova elaborados com os mesmos constituintes, diferindo-se das águas utilizadas no amassamento dos 4 bairros amostrados, indicando que a qualidade da água exerce influência direta sobre a resistência. Vale ressaltar também que as análises de cura das amostras, sendo estas realizadas em solução saturada de hidróxido de sódio e em ambiente, exercem diferenças significativas entre as resistências obtidas, sendo maiores nos corpos de prova submersos, uma vez que a reação cura destes é mais uniforme e controlada.

Atribuindo-se um comparativo em relação às águas subterrâneas e do sistema de abastecimento urbano do município em geral, verifica-se a possibilidade de a qualidade da água tratada exercer influência sobre a resistência do concreto. Águas de poços apresentaram resistências menores do que os corpos de prova elaborados a partir das águas do SAAE, e a esse fator pode-se atribuir a presença de partículas, que embora não tenha sido o foco do presente trabalho a identificação e quantificação de parâmetros de qualidade das águas, sabe-se que impurezas ou

partículas como íons, exercem influência negativa na hidratação do cimento e consequentemente na sua resistência.

Sendo assim, com base nesta pesquisa, para melhores compreensões dos resultados obtidos e aprofundamento da temática, recomenda-se em estudos futuros, a análise das águas para verificação dos componentes contidos em cada uma, bem como a avaliação da curva de resistência dos concretos até chegar aos 28 dias cura, bem como a troca de agregados utilizados para constatar se exercem influências sobre os resultados.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - AGERH. **Diagnóstico e Prognóstico das Condições de Uso da Água na Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus.** Disponível em: http://agerh.es.gov.br/Media/agerh/Documentação%20CBHs/São%20Mateus/Plano%20de%20Bacia/REA_Diagnóstico%20Prognóstico_CBH%20SãoMateus.pdf. Acesso em: 17 jun. 2023.

ANDOLFATO, R. P. **Controle Tecnológico Básico do Concreto.** São Paulo: UNESP, 2002. Disponível em: <http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepae/controle-tecnologico-basico-do-concreto.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2023.

ALMEIDA, L. C. **Concreto:** Notas de aula da disciplina. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 2002. 24p. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2023.

ALMEIDA, S. M. **Análise do módulo de elasticidade estático e dinâmico do concreto de cimento Portland através de ensaios de compressão simples e de frequência ressonante.** Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. 213p. Disponível em: <http://repositorio.ufmg.br/handle/1843/ISMS-96DR6D>. Acesso em: 16 jun. 2023.

ALVES, H. R. S. R.; OLIVEIRA, M. P. Simulação de procedimentos de cura para avaliação da resistência à compressão de concreto de cimento Portland. **Ciência e Tecnologia**, Mossoró, 2021, 11 p. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/f841f09f-4764-496a-8769-ef1b9c18eb85/full>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738:** Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 9p., 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 9p., 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 238p., 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregado para concreto – requisitos. Rio de Janeiro, 10p., 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9935**: Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro, 12p., 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 9p., 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 22p., 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15900**: Água para amassamento do concreto. Rio de Janeiro, 11p. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16886**: Concreto - Amostragem de Concreto Fresco. Rio de Janeiro, 4p. 2020.

BARBOZA, M. R.; BASTOS, P. S. **Traços de Concreto para Obras de Pequeno Porte**. São Paulo, 2008. Disponível em: andrerodrigues.eng.br/wp-content/uploads/2020/07/Artigo-Tracos-Concreto-Paulo-Bastos.pdf. Acesso em: 18 jun. 2023

BEZERRA, A. C. S. **Influência das variáveis de ensaio nos resultados de resistência à compressão de concretos**: Uma análise experimental e computacional. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. 151p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/ISMS-74UPHH>. Acesso em: 17 jun. 2023

BORGES, P. H. R.; LOURENÇO, T. M. F.; FOUREAUX, A. F. S.; PACHECO, L. S. Estudo comparativo da análise de ciclo de vida de concretos geopoliméricos e de concretos à base de cimento Portland composto (CP II). **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 153-168, abr/jun. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000200011>

BORJA, R. T. F. **Análise da viabilidade de produção de concreto com água de poço em região de escassez hídrica no curimataú oriental paraibano**. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Estadual da Paraíba, Araruna, 2017. 24p. Disponível em: dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/14993/1/PDF-%20Rômulo%20Thomaz%20de%20Figueiredo%20Borja.pdf. Acesso em: 06 nov. 2023.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas de Concreto Armado segundo a NBR 6118:2014**, 4ª ed. São Carlos: Edufscar, 2016. 415p.

COTTA, A. J. B.; ANDRADE, R. P.; JESUS, H. C.; ALMEIDA, P. F. P. Dimensionamento de Barragem para o Abastecimento de São Mateus-ES. **Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Sanitária: Engenharia Sanitária 2**, Editora Atena, 2021. p. 55-65. Disponível em: <https://www.gazetaonline.com.br/noticias/norte/2017/04/aumento-de-salinizacao-de-a-gua-compromete-abastecimento-em-sao-mateus-1014049120.html>. Acesso em: 16 jun. 2023.

COSTA, J. O. **Viabilidade técnica de água de chuva coletada de telhados para uso nos processos de preparo do concreto**. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Tecnológica do Paraná, Campo Mourão, 2017. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6410/1/aguachuvapreparoconcreto.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2023.

FITTS, C. **Águas Subterrâneas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595154421/>. Acesso em: 04 nov. 2023.

FACHIM, Z.; SILVA, D. M. da S. **Acesso à água potável: Direito fundamental de sexta dimensão**. Campinas: Millennium, 2011. 97p.

HELENE, P.; ANDRADE, T. Concreto de cimento Portland. In. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo, 2007. p.905-944.

LAPA, S. J. **Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto**. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008. 56p. Disponível em: <http://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/patologia-e-rec-de-estrutura/patologia-e-recuperacao-de-estrutura-monografia>. Acesso em: 17 jun. 2023.

MAZER, W.; XAVIER, M. Impactos da utilização de água contaminada por matéria orgânica na produção de concreto. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, Paraná, nº 19, p. 1-18, jul/2019. Disponível em: <https://revistatecie.crea-pr.org.br/index.php/revista/article/view/577/367>. Acesso em: 06 nov. 2023.

MACIEL, L.D.; COELHO, A.R.; PEREIRA, H.R.S. Estudo das propriedades do concreto convencional com aditivo ou adição de água para correção de consistência. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v.25, n.4, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620200004.1211>. Acesso em: 01 dez. 2023

MARTINS, A. S. F. S.; MAIA FILHO, H. M. Verificação da resistência do concreto in loco: métodos de ensaio mais usuais. **Vetor**, Rio Grande, v. 25, n. 2, p. 25-40, 2015. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/103903699/4205-libre.pdf?1688133474=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DVerificacao_da_resistencia_do_concreto_i.pdf&Expires=1701618031&Signature=KseRGLdF08lkzBhtasJ1O3qXANCQsTIMUjn~oKQPgfbOxXnLSj0U7CZiSm3~AWzhpSwwhX9UjCpmjyqjOmnqVIDr7GJdys99STq6ZUKZ9AtG5Gc66-0OMmW-idQuC7AHXFbAzO1iqPSx0MOtnzQeJh1s8g9otqUCNsDulF0Hkgj-c2MS96ImRq6Oacp9HlrU-FEKYNzpC-mf-OApBiTnUOU~SvzdcIjmSXA5fy-x3gAvPmq2TXYXhRnOI5yHm4Synh1HE5IEkWB98cvCKFknnnHSbfPlaXJZFhe4uW2vyxyE4RI9HzMbduuky2H0OFT-VCgCr1JOMBSvlpeNFSDOfA____&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 03 dez. 2023.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2014. 782p.

NASCIMENTO, E. R. S.; SILVA, W. C. A ação da cal hidratada na cura por imersão e a sua influência no ganho de resistência à compressão em um concreto convencional. **Revista FATEC de Tecnologia e Ciências**, v. 7, n. 1, p.1-23, fev/2023. Disponível em: <https://www.fatecba.edu.br/revista-eletronica/index.php/rftc/issue/view/9/13>. Acesso em: 06 nov. 2023.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. **Tecnologia do Concreto**. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2013. 468p.

NEVILLE, A. M.; **Propriedades do concreto**. 5ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2016. 841p.

PAIVA FILHO, J. C. **Análise da resistência à compressão e consistência de concreto produzido com brita calcária e aditivo plastificante**. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal Rural do Semi- Árido, Mossoró, 2017. 66p.

PEDROSO, F. L. Concreto: o material mais utilizado no mundo. **Revista Concreto e Construções IBRACON Versão Online**, São Paulo, n.53, p.14-19, mar./2009. Disponível em: http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_53.pdf. Acesso em: 17 jun. 2023.

PEREIRA, M. S. **Controle da resistência do concreto: paradigmas e variabilidades: Estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008. 248p.

RIBEIRO, C. C.; PINTO, J. D. S.; STARLING, T. **Materiais de Construção Civil**. 2ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

RIBEIRO JUNIOR, E. Propriedades dos materiais constituintes do concreto. **Revista On-line IPOG Especialize**, Goiânia, v. 1, n. 10, dez./2015.

ROMANO, C. **Apostila de tecnologia do concreto**. Paraná, 2004. 102p. Disponível em: site.ufvjm.edu.br/icet/files/2013/04/Concreto-02.pdf. Acesso em: 06 nov. 2023.

ROSA, F. A.; LOPES, A. A. Análise de resistência a compressão e características do concreto produzido em obras de pequeno porte na região norte da cidade de Maringá-PR. **Revista UNINGÁ Review**. Maringá, v. 28, n. 3, p.69-77, out-dez/2016. Disponível em: <http://revista.uninga.br/uningareviews/article/view/1892/1490>. Acesso em: 16 jun. 2023.

SANTOS, D. M; VIANA, W. J. R.; RORIZ, P. J. M. **Estudo de caso: utilização de poços artesianos como fonte de abastecimento, para construção de casas unifamiliares de alto padrão, em condomínios horizontais**. Trabalho de conclusão de curso - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia 2021. 19p. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/handle/123456789/3498>. Acesso em: 06 nov. 2023.

SELEGIN, C. H. **Análise quantitativa e qualitativa da conformidade do concreto estrutural**: Um estudo de caso em obras de Caruaru-PE. Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2013, 143p. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/39323>. Acesso em: 17 jun. 2023

SENNA, D.O.; SOUZA, L.R.M.V.; SILVA, F. G. S.; COSTA, E. A. L. **Análise da influência das diferentes águas de amassamento utilizadas na produção de argamassas inorgânicas de revestimento de paredes e tetos produzidas na cidade de Feira de Santana-BA**. IN: Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 5º, 2003, São Paulo. Anais... São Paulo, 2003. p.169-180. Disponível em: <http://www.gtargamassas.org.br/eventos/category/5-v-sbta-2003>. Acesso em: 17 jun. 2023.

SOUZA, J. G.; ALVES, R. P.; SILVA, D. C.; CAMPOS, D. B. C. C. **Análise das condições das águas de poços freáticos, de cidade no semiárido brasileiro, utilizadas como água de amassamento na produção local de concreto e argamassa**. Anais CONADIS - Congresso nacional da Diversidade do Semiárido. Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/50522>>. Acesso em: 06 nov. 2023.

TEIXEIRA, R. F.; ANDRADE, P. C. R.; BONIFÁCIO, E. D. Análise estatística da resistência a compressão do concreto. **Revista da Universidade Vale do Rio verde**. Três Corações, v. 13, n. 1, p. 635-643, 2015. Disponível em: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5168593>

TECNOLOGIAS E ESTRATÉGIAS PARA REDUZIR EMISSÕES DE POLUENTES EM VEÍCULOS A GASOLINA E DIESEL

Ezequiel Barreto de Matos Nascimento¹, Pedro Henrique Almeida da Silva¹,
Arthur Farias Silva², Josete Pertel³

¹Acadêmicos de Engenharia Mecânica - Mutivix São Mateus (ES)

²Engenheiro Mecânico/ Docente - Mutivix São Mateus (ES)

³Doutora/Docente - Mutivix São Mateus (ES)

RESUMO

Este trabalho investiga as principais tecnologias e estratégias para reduzir as emissões de poluentes em veículos movidos a gasolina e diesel, destacando as alternativas tecnológicas e normas que orientam o setor automotivo para uma operação mais sustentável. O objetivo é identificar métodos eficazes de controle de emissões e analisar a relevância das regulamentações, como o PROCONVE no Brasil e o CAFE nos Estados Unidos, que estabelecem limites e incentivam o uso de tecnologias menos poluentes. A metodologia baseia-se em revisão bibliográfica e análise de dados, explorando tecnologias como ARLA 32, catalisadores, filtros de partículas e sistemas de recirculação de gases (EGR). Os resultados indicam que essas tecnologias são eficazes na redução de emissões. Conclui-se que a adoção dessas soluções, aliada a regulamentações rigorosas, contribuem para amenizar os impactos ambientais dos veículos e aponta para a necessidade de inovação contínua e adaptação às exigências regulatórias.

Palavras-chave: veículos; emissões de poluentes; normas ambientais; PROCONVE; ARLA 32.

ABSTRACT

This paper investigates the main technologies and strategies for reducing pollutant emissions in gasoline and diesel-powered vehicles, highlighting the technological alternatives and standards that guide the automotive sector towards more sustainable operations. The objective is to identify effective methods for controlling emissions and analyze the relevance of regulations, such as PROCONVE in Brazil

and CAFE in the United States, which establish limits and encourage the use of less polluting technologies. The methodology is based on a literature review and data analysis, exploring technologies such as ARLA 32, catalysts, particle filters and exhaust gas recirculation (EGR) systems. The results indicate that these technologies are effective in reducing emissions. It is concluded that the adoption of these solutions, combined with strict regulations, contributes to mitigating the environmental impacts of vehicles and highlights the need for continuous innovation and adaptation to regulatory requirements.

Keywords: emissions; technologies; environmental standards; PROCONVE; ARLA 32.

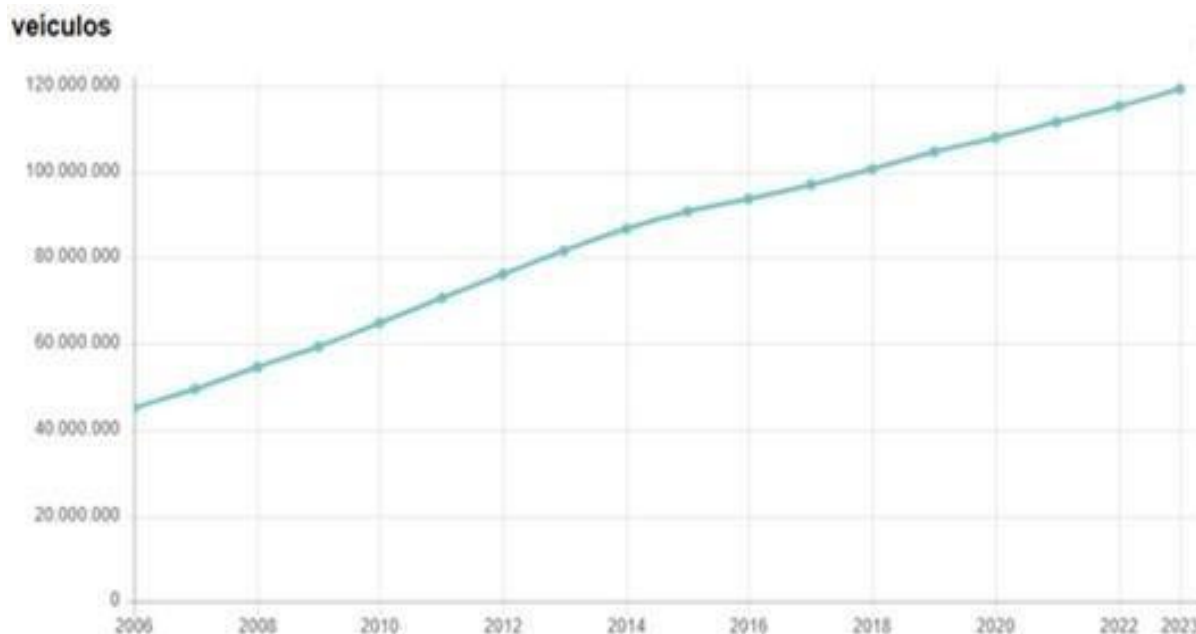
1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento de motores de combustão interna, sempre foi priorizado a potência e o torque do motor, deixando de lado o ponto crucial a eficiência e sustentabilidade que são importantes para o meio ambiente, onde as emissões de gases poluentes tornaram-se uma grande preocupação. À medida que os motores de combustão interna evoluíram para oferecer maior potência e eficiência, a crescente poluição do ar e o aquecimento global passaram a ser questões a serem questionadas pelo governo.

Segundo Brunetti (2012), os motores de combustão interna expõem produtos nocivos para o homem e o meio ambiente. Entre os principais poluentes se destacam: Monóxido de carbono (CO), Óxidos de nitrogênio (NOx), Hidrocarbonetos (HC), Compostos de enxofre (SO_2 H_2S). Esses gases podem ser letais causando: dores de cabeça, náuseas e câncer. Se for respirado em um ambiente concentrado, pode levar à morte. Já ao ambiente, várias catástrofes como chuva ácida, aumento da temperatura, condições de clima adversas e o aquecimento global.

Segundo o IBGE (2023), o Brasil já tem uma frota de 120 milhões de veículos conforme a Imagem 1, sendo a maioria deles movido a combustão proveniente de combustíveis fósseis, que são essenciais para a logística como os caminhões para a produção de alimentos e meio de transportes, mas a dependência dessas máquinas traz uma grande consequência.

Imagem 1 – Quantidade de veículos no Brasil



Fonte: IBGE, 2023.

As mudanças climáticas são uma questão ambiental da atualidade, com impactos consideráveis para a biodiversidade e vida. A principal evidência dessa mudança atual do clima é o aquecimento global, que foi detectado no aumento da temperatura média global do ar e dos oceanos, no derretimento generalizado da neve e do gelo, e na elevação do nível do mar, não podendo mais ser negada. (Ministério Do Meio Ambiente, 2024). Com esses sinais evidenciam a necessidade de intervenções para mitigar as emissões dos gases de efeito estufa e sinais adversos que já estão sendo observados ao redor do mundo.

O Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA), cria um Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores - PROCONVE, a fim de reduzir as emissões de monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, fuligem e aldeídos, presentes na exaustão nos escapamentos de veículos movidos a diesel e gasolina. Considerando a emissão desses poluentes uma forte contribuição para a degradação da qualidade do ar, particularmente nas principais capitais dos estados. Com isso, o PROCONVE tem como objetivo regularizar as tecnologias de forma adequada, com uso comprovado, para atender

às necessidades de controle de poluição, em contrapartida, economia de combustíveis de fonte não renovável.

Diante dessa realidade, os governos por meio de leis obrigam a indústria automotiva a buscar alternativas para mitigar o impacto desses veículos. Tecnologias como ARLA 32, catalisadores, entre outras surgem como soluções promissoras. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo geral apresentar as tecnologias empregadas para a redução de emissões de poluentes e normas regulamentares.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TECNOLOGIAS DE CONTROLE DE EMISSÕES

O controle de emissões em veículos a combustão envolve tanto a melhoria dos motores quanto a implementação de dispositivos de controle de emissões em sistemas de combustão.

O ARLA 32 é uma solução transparente de ureia em água desmineralizada, não tóxica e de segurança específica. Ele não é explosivo, inflamável ou prejudicial ao meio ambiente, sendo classificado como produto de categoria de risco mínimo no transporte de fluidos. O número 32 consulte-se ao nível de concentração da solução de uréia (32,5%) em água desmineralizada" (AEA, 2015, p. 7)(cartilha-arla-32).

Agente Redutor Líquido de Óxidos de Nitrogênio Automotivo conhecido como ARLA é uma solução úmida composta por 32,5% de ureia de alta pureza e 67,5% de água desmineralizada. É tecnologia utilizada em sistemas de controle de emissões de veículos a diesel equipados com a SCR (Redução Catalítica Seletiva), uma das principais estratégias para a redução de emissões.

O ARLA 32 é armazenado em um tanque específico no veículo movido a Diesel, separado do tanque de combustível. Este tanque geralmente possui sensores que monitoram o nível e a qualidade do ARLA 32 conforme a Imagem 2, alertando o motorista caso seja necessário reabastecer.

Imagem 2 – Princípio de funcionamento do ARLA 32



Fonte: Emiteco, 2021.

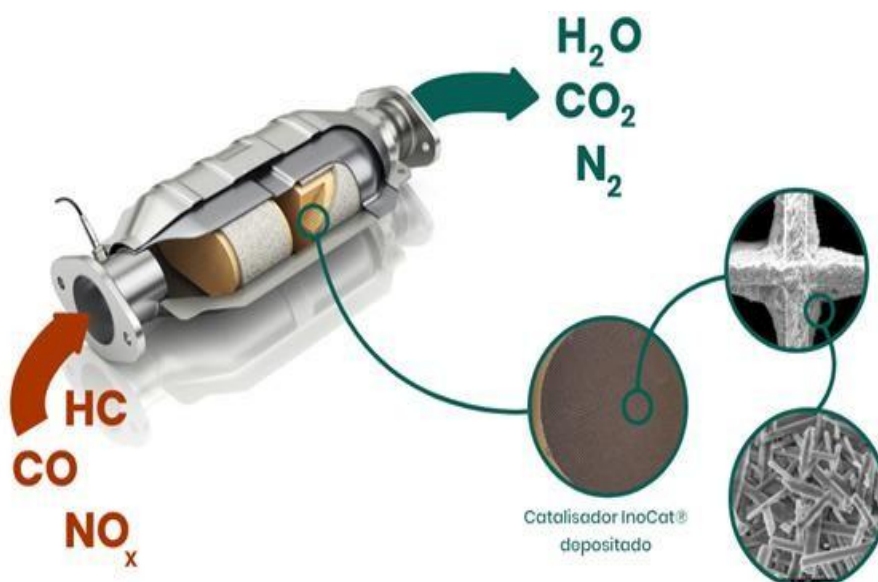
Durante a operação normal do motor, o sistema SCR detecta quanto de emissão de NOx é gerada pela combustão, uma bomba puxa o ARLA 32 do tanque sendo injetado diretamente no sistema de escape do caminhão, quando o líquido entra no sistema de escape, ele fica exposto às altas temperaturas dos gases de combustão. Nessas condições, o ARLA 32 se decompõe em amônia (NH_3) e dióxido de carbono (CO_2). Essa colocação ocorre antes dos gases de escape passarem pelo SCR. A amônia (NH_3) gerada pela degradação é o agente responsável por reagir com os óxidos de nitrogênio (NOx) presentes nos gases de exaustão, convertendo-os em nitrogênio (N_2) e vapor de água (H_2O), que são liberados de maneira segura pelo escape.

2.2 CATALISADORES

Projetado para reduzir a emissão de gases poluentes gerados pela queima de combustível. Ele atua promovendo reações químicas que convertem gases tóxicos em substâncias menos químicas ao meio ambiente. É uma tecnologia essencial para atender às normas ambientais de controle de emissões. “As indústrias de desenvolvimento se desenvolveram ao longo dos anos, novas tecnologias de catálise, aumentando consideravelmente a eficiência de conversão bem como a temperatura máxima de trabalho” (Paixão, 2013, p.36).

O funcionamento do catalisador é baseado em reações químicas que transformam os gases tóxicos em substâncias menos nocivas ao meio ambiente, conforme a Imagem 3. Dentro dele, há uma estrutura em formato de colmeia feita de material cerâmico ou metálico, que é revestida com metais nobres, como platina, paládio e ródio. Esses metais são responsáveis por catalisar (acelerar) as reações químicas.

Imagem 3 – Catalisador InoCat® e processo de redução de emissões



Fonte: InoCat, 2024.

As reações que ocorrem dentro dos acontecimentos são:

- Oxidação de monóxido de carbono (CO): O monóxido de carbono, um gás tóxico, é transformado em dióxido de carbono (CO₂), um gás inofensivo.
- Oxidação de hidrocarbonetos (HC): Os hidrocarbonetos, que são resíduos de combustível não queimados, são convertidos em dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O).
- Redução de óxidos de nitrogênio (NOx): Os óxidos de nitrogênio, que são importantes para a poluição atmosférica e chuva ácida, são decompostos em nitrogênio (N₂) e oxigênio (O₂).

2.3 FILTROS DE PARTÍCULAS (DPF)

Os Filtros de Partículas Diesel (DPF) são dispositivos essenciais usados em veículos movidos a diesel para reduzir a emissão de partículas sólidas (fuligem e outras partículas finas) que resultam da combustão incompleta do combustível. Esses filtros desempenham um papel crucial na diminuição da poluição atmosférica, especialmente na redução de material particulado (MP), que é prejudicial à saúde humana e ao meio ambiente.

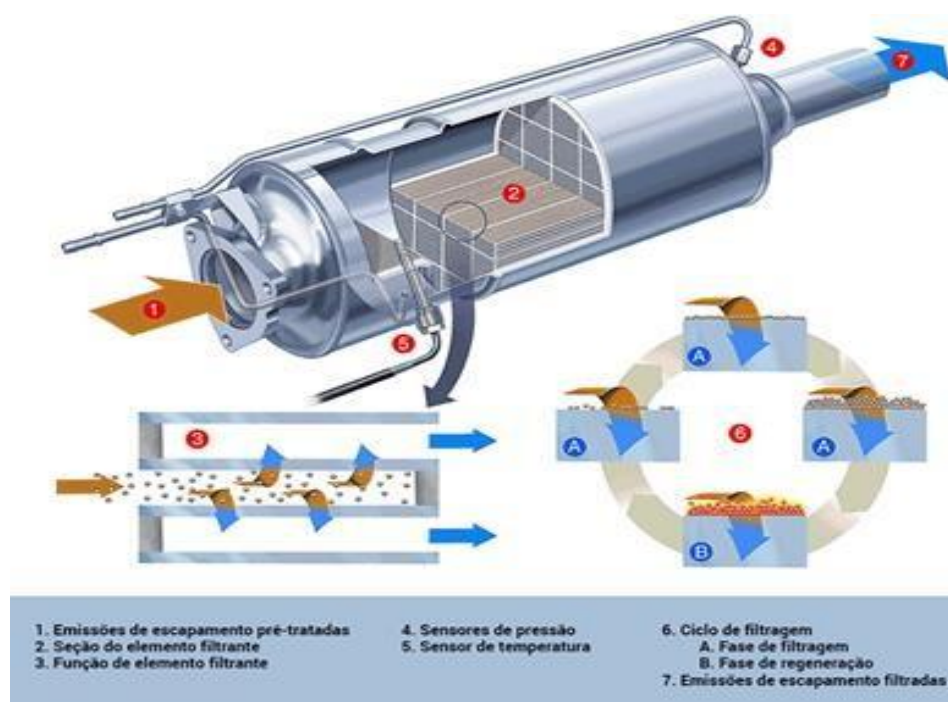
Os DPFs são projetados para capturar e armazenar partículas de fuligem e outras impurezas presentes nos gases de escape do motor diesel. O filtro é composto por uma estrutura porosa (geralmente feita de cerâmica ou metais especiais) que retém as partículas. “O filtro de partículas é um elemento filtrante que se encontra dentro da carcaça do sistema catalítico” (Mecânico, 2023, p.19).

Periodicamente, o DPF passa por um processo de regeneração, que queima essas partículas acumuladas, convertendo-as em dióxido de carbono (CO₂) e eliminando o acúmulo de fuligem. Existem dois tipos principais de regeneração:

Regeneração Passiva: Ocorre naturalmente durante a condução em condições de alta temperatura, como rodovias. A temperatura dos gases de escape é suficiente para queimar a fuligem sem intervenção do motor.

Regeneração Ativa: Ocorre quando o sistema detecta que o DPF está saturado, mas as condições de condução não permitem a queima natural das partículas. Nesse caso, o motor aumenta temporariamente a temperatura dos gases de escape injetando combustível adicional, o que promove a queima da fuligem conforme a Imagem 4.

Imagem 4 – Princípio de Funcionamento do Filtro de Partícula



Fonte: Tudauto, 2019.

2.4 SISTEMAS DE RECIRCULAÇÃO DE GASES DE ESCAPE (EGR)

O Sistema de Recirculação de Gases de Escape (EGR) é uma tecnologia essencial para reduzir as emissões de óxidos de nitrogênio (NOx) em motores de combustão interna, particularmente em veículos movidos a diesel e gasolina. Os NOx são formados em altas temperaturas de combustão, que ocorrem principalmente quando há excesso de oxigênio na câmara de combustão.

Os sistemas de EGR reduzem a formação de NOx (óxidos de nitrogênio) entre 25% e 40%, por meio da reintrodução de parte dos gases da exaustão do motor na câmara de combustão. No entanto, tal estratégia faz com que os índices de MP se elevem acima do tolerado. Para reduzir o MP, os gases de escape passam pelo filtro de partículas de motores diesel (DPF) e são então filtrados antes de serem lançados à atmosfera.

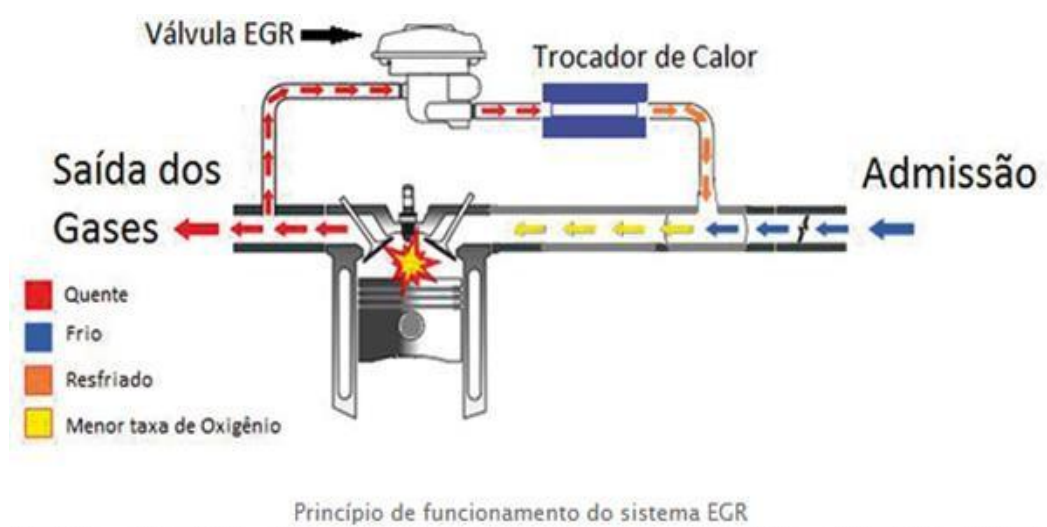
Conforme o tipo de motor, os gases podem ser tratados por um catalisador de oxidação (DOC) reduzindo o tamanho das partículas, atingindo, assim, padrões de emissão aceitáveis pela fase P7. Os motores fase P7 equipados somente com sistema EGR não utilizam o ARLA 32. (Associação Brasileira de Engenharia Automotiva, 2015, p.5).

O EGR atua reintroduzindo uma parte dos gases de escape de volta para o motor, diluindo a mistura ar-combustível. Isso reduz a temperatura de combustão e, consequentemente, a formação de NOx.

Os principais componentes do sistema de EGR são a válvula de controle de fluxo dos gases, o resfriador, o turbo compressor, a válvula de restrição (throttle) e o misturador de EGR, dimensionados em função do fluxo dos gases recirculados e a aplicação para que se Por exemplo, as aplicações industriais utilizam um sistema mais simples que os veiculares, pois normalmente trabalham em regimes constantes com poucas variações de rotação e carga" (Squaiella, 2010, p 55).

O sistema é composto por uma válvula que regula a quantidade de gases de escape, ajustando a proporção de acordo com as condições de operação do motor, como carga e rotação, conforme a Imagem 5. Nos motores diesel, o EGR é muitas vezes combinado com outras tecnologias de controle de emissões, como o sistema de Redução Catalítica Seletiva (SCR), que reduz ainda mais as emissões emitidas. O sistema não apenas reduz as emissões de NOx, como também melhora a eficiência do motor ao evitar a pré-ignição, que pode causar danos e diminuir o rendimento.

Imagem 5 – Princípio de funcionamento do sistema EGR



Fonte: Sindicato da Indústria, 2017.

Uma evolução importante do EGR é o uso de sistemas de recirculação refrigerados, onde os gases de escape passam por um trocador de calor antes de serem reintroduzidos no motor. Isso permite um controle mais eficaz da temperatura da combustão, ampliando a eficiência do sistema e mantendo o motor operando nas condições ideais. Além disso, as versões mais modernas do EGR utilizam válvulas eletrônicas que fornecem um controle mais preciso e adaptativo, minimizando os impactos negativos como o acúmulo de carbonização em componentes do motor, que ocasiona a perda de desempenho podendo também comprometer a durabilidade. No entanto, esse problema tem sido mitigado com melhorias nas tecnologias e nas manutenções preventivas. Sendo desempenhado um papel crucial na redução de emissões poluentes, contribuindo para que os motores atendam às normas ambientais cada vez mais rigorosas, sem comprometer significativamente o desempenho.

2.5 NORMAS

2.5.1 CAFE - Corporate Average Fuel Economy

O CAFE define metas de eficiência para diferentes categorias de veículos, como carros de passeio, caminhonetes e Veículo Utilitário Esportivo conhecidos como SUV. Essas metas variam de acordo com o tipo e tamanho dos veículos, sendo calculadas com base no consumo de combustível expresso pelo país de origem como MPG milhas por galão.

Em meados da década de 80, a maior parte dos veículos comercializados nos Estados Unidos era dotada de carburadores que levavam a gasolina até os motores. Atualmente, os veículos são equipados com sistemas de injeção eletrônica de combustível e quase um quarto dos veículos ano-modelo 2012 já são equipados com sistemas de injeção direta ainda mais sofisticados. Como os veículos à gasolina ainda são maioria nas vendas nos mercados dos EUA, tais tecnologias respondem pela maior parte da economia de combustível e das reduções de emissões de gases de efeito estufa já obtidas, sendo ainda pequena a contribuição das tecnologias alternativas. (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2013, p. 4)

O programa exige que a média de consumo de combustível de todos os veículos fabricados pelas montadoras esteja dentro dos limites estabelecidos pelo governo. Caso a média da frota de uma empresa não atinja o padrão exigido, o fabricante está sujeito a multas.

De fato, a maior força motriz para a redução do consumo de derivados de petróleo (notadamente óleo diesel e gasolina), assim como das emissões veiculares de gases de efeito estufa verificados nos últimos anos, foram os avanços tecnológicos. Não apenas em termos da introdução de motorizações alternativas, mas especialmente em função de inovações como injeção eletrônica, injeção eletrônica multiválvulas, injeção direta de combustível, turbochargers, entre outras." (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2013, p. 9)

Sendo o principal objetivo do CAFE é incentivar a produção de veículos mais eficientes, que consumam menos combustível inevitavelmente emitindo menos poluentes. Para cumprir os objetivos, os fabricantes de automóveis têm investido em tecnologias avançadas, como motores mais eficientes, materiais leves e, cada vez mais, em veículos híbridos e elétricos. Essa pressão regulatória tem impulsionado inovações no setor automotivo, contribuindo para o desenvolvimento de soluções tecnológicas que equilibram eficiência e desempenho.

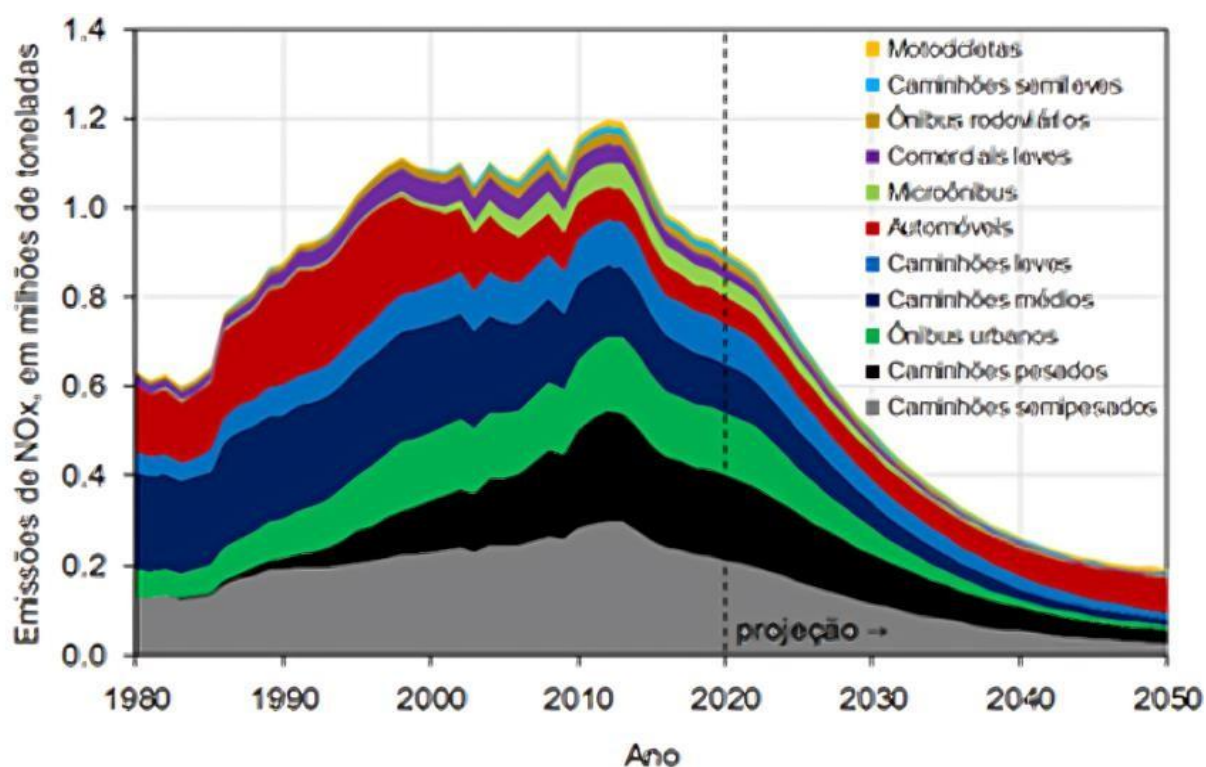
Além de promover medidas de redução de gases do efeito estufa, o CAFE desempenha um papel crucial na economia de combustível, alinhando-se aos esforços globais de combate às mudanças climáticas. A cada nova atualização das normas CAFE, as metas de economia de combustível se tornam mais rigorosas, assim como a EURO e o PROCONVE, sendo uma política vista como essencial para reduzir a dependência do petróleo, proteger os consumidores dos altos custos dos combustíveis e, ao mesmo tempo, garantir um futuro mais sustentável para a próxima geração. Portanto, o CAFE não apenas influencia o mercado automotivo dos Estados Unidos, mas também estabelece um padrão que impacta as políticas globais de sustentabilidade e inovação no setor, promovendo veículos que atendam às demandas ambientais e econômicas de um mundo.

2.5.2 PROCONVE - Programa de Controle da Poluição do ar por Veículos Automotores

Segundo Miller e Posada (2019, p. 3), "o Brasil tem controlado as emissões de veículos pesados por meio do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE) desde 1990". Inspirado em programas internacionais como o CAFE, o PROCONVE foi criado para controlar a poluição causada por veículos leves e pesados, tanto movidos a gasolina quanto a diesel.

O programa é dividido em fases, cada uma sendo mais rígidas em relação às emissões de gases, como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx). Para cumprir com as exigências do PROCONVE, as montadoras adotaram diversas soluções tecnológicas, como o uso de estudos nos escapamentos dos veículos, que ajudam a converter gases tóxicos em substâncias menos nocivas, além de sistemas de controle de injeção de combustível que melhoram a eficiência da queima do combustível. No caso dos motores a diesel, o programa incentivou o uso de tecnologias como filtros de partículas e sistemas de redução catalítica seletiva. Com base na Imagem 6 pode-se observar a evolução do programa e o que implica pelo atraso da fase P8 nas emissões anuais, entre 2025 e 2037, que serão próximas a 20% maiores em comparação com a implementação no prazo.

Imagem 6 - Evolução histórica e projeção das emissões de NOx no cenário Conama 490/2018



Fonte: IEMA, 2020.

O PROCONVE é composto por diferentes fases, que abrangem tantos veículos leves quanto pesados. Para veículos leves, o programa começou com a fase L-1 e já alcançou a fase L-7, que entrou em vigor nos últimos anos e exige limites ainda mais baixos de emissões de poluentes. Para veículos pesados, as fases do PROCONVE são denominadas P, sendo a fase P-8 a mais recente, com padrões mais rigorosos para motores de caminhões e ônibus.

Além de reduzir a poluição atmosférica, o PROCONVE também impacta positivamente a saúde pública, pois a exposição prolongada às toxinas emitidas por veículos está associada a problemas de infecções, doenças cardiovasculares e até ao aumento da mortalidade. Ao longo dos anos, o programa tem contribuído para a redução significativa das emissões de gases poluentes conforme a Imagem 7, principalmente nos grandes centros urbanos, onde o trânsito intenso de veículos é uma das principais fontes de poluição.

Imagem 7 - Limite máximo de emissões para veículos pesados de uso rodoviário nas normas do PROCONVE P-8

Ciclo	CO (mg/kWh)	THC ¹ (mg/kWh)	NMHC ² (mg/kWh)	CH ₄ ² (mg/kWh)	NO _x (mg/kWh)	NH ₃ ³ (ppm)	MP (mg/kWh)	NP (#/kWh)
WHSC ¹	1.500	130	-	-	400	10	10	8,0 × 10 ¹¹
WHTC ¹	4.000	160	-	-	460	10	10	6,0 × 10 ¹¹
WHTC ¹	4.000	-	160	500	460	10	10	-
OCE (WNTÉ)	2.000	220	-	-	600	-	16	-
ISC	6.000	240	240	750	690	-	-	-

¹ Aplicável apenas a motores de ignição por compressão (diesel)

² Aplicável apenas a motores de ignição por centelha (gasolina e gás)

³ Aplicável a veículos equipados com sistemas de pós-tratamento com agentes redutores (SCR) ou veículos abastecidos a gás

Fonte: ICCT, 2019.

3 METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica abrangente sobre as principais tecnologias de controle de emissões em veículos de combustão interna. Para isso, foram consultadas fontes acadêmicas, como livros, artigos científicos e publicações de órgãos reguladores. Essa etapa foi essencial para a fundamentação teórica do trabalho, permitindo identificar as tecnologias disponíveis, como o uso de ARLA 32, catalisadores, filtros de partículas e sistemas de recirculação de gases de escape (EGR), e compreender o impacto dessas tecnologias na redução de emissões poluentes.

Souza e Kerbaux (2017, p. 34) discutem que “o debate entre as abordagens quantitativa e qualitativa visa esclarecer os contextos apropriados para cada uma, com a primeira envolvendo análise estatística dos dados e a segunda focada na interpretação das realidades sociais”. Este trabalho utilizou uma abordagem qualitativa e quantitativa para analisar e comparar as tecnologias e estratégias disponíveis para a redução das emissões em motores de combustão interna, com foco em veículos a gasolina e diesel. A metodologia é composta por três etapas principais: revisão bibliográfica, coleta de dados e análise dos resultados.

Barbosa (1998, p. 1) destaca que

o estudo de métodos e técnicas de coleta de dados qualitativos nas disciplinas de avaliação e gerência de projetos abrange uma ampla gama de aspectos, incluindo o desenvolvimento de instrumentos de coleta, estimativas de custo, controle de qualidade, confiabilidade, validação, seleção de amostras, além de métodos de processamento, análise e apresentação de relatórios.

Em seguida, foi realizada a coleta de dados, com base em relatórios técnicos de instituições como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Esses dados possibilitaram uma análise quantitativa das emissões veiculares no Brasil, considerando a frota de veículos e as políticas públicas implementadas para a redução das emissões, como o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (PROCONVE).

A terceira etapa da metodologia consistiu na análise das tecnologias mencionadas. Essa análise teve como base tanto a literatura técnica quanto estudos de caso sobre a aplicação dessas tecnologias, foram realizadas uma avaliação dos resultados obtidos, com foco em discutir cada estratégia de controle de emissões. Essa etapa envolveu a interpretação dos dados coletados e a correlação com os objetivos de sustentabilidade e redução de impactos ambientais. As conclusões foram baseadas na eficiência energética proporcionada pelas tecnologias analisadas e na sua viabilidade para atender às regulamentações ambientais em vigor.

Com essa metodologia, o trabalho buscou fornecer uma visão detalhada e fundamentada sobre o estado atual das tecnologias de controle de emissões, além de contribuir para a discussão sobre o futuro das políticas ambientais no setor automotivo, considerando a transição para veículos mais sustentáveis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ARLA 32, uma solução de ureia em água desmineralizada, é utilizado em veículos a diesel com o objetivo de reduzir as emissões de óxidos de nitrogênio (NOx) por meio do sistema de Redução Catalítica Seletiva (SCR). O ARLA funciona convertendo o NOx em nitrogênio e água, elementos inofensivos para o meio ambiente, pois é um fluido não tóxico, não inflamável e de baixo risco ambiental, o que facilita seu transporte e armazenamento sem comprometer a segurança.

O uso do ARLA 32 permite que os veículos estejam de acordo com as regulamentações ambientais rigorosas, como o PROCONVE no Brasil. Essas normas exigem que os veículos a diesel adotem tecnologias de controle de emissões, e o ARLA 32, em combinação com filtros de partículas, reduzindo as emissões consideravelmente.

No entanto, o uso do ARLA 32 traz desafios. Em primeiro lugar, seu sistema exige a instalação de um tanque dedicado e a integração de um sistema SCR nos veículos, onde caminhões e ônibus sem esse sistema encontra dificuldades, pois o custo para implementação é caro tornando um desafio para os donos andar de acordo com as normas do PROCONVE.

É necessário um monitoramento constante do nível e da qualidade do fluido, que depende de sensores específicos para garantir a eficiência do sistema. Esse monitoramento constante requer mais manutenção, o que eleva os custos operacionais ao longo do tempo. A dependência do reabastecimento frequente do ARLA 32 também pode ser inconveniente, especialmente em viagens longas, onde a disponibilidade do fluido pode ser pouca.

Para Galdino (2021) quando o sistema SCR que é responsável por injetar o ARLA 32 está apresentando falhas ao módulo de comando do motor, quando notificado ao motorista e nenhum reparo for feito no período de 48 horas o veículo mesmo tendo ou não passado dos valores estipulados de emissão, o limitador de torque ativado, reduzindo a potência do motor em até 60%. Essa limitação pode ser inconveniente ao motorista em momentos em que o desempenho total do veículo é necessário, como subir uma serra carregado.

Segundo Simon (2017) o ARLA representa um aumento nos custos dos transportes de carga, ocasionado um aumento no frete ao destinatário final, onde muitas vezes para representar esse acréscimo pedem aos caminhoneiros que viagem com excesso de peso.

De acordo com Simon (2017) existe meios para burlar, onde empresas compram o ARLA certificado de outras indústrias, trocam a embalagem para conseguir o certificado pelo INMETRO. Quando essas empresas conseguem ser homologadas pelo INMETRO, compram ureia agrícola com um preço inferior, adiciona água e vendem o produto adulterado. Outro tipo de adulteração comum é que alguns postos comprem a embalagem do ARLA utilizados pelos motoristas, sendo essa com o nome da empresa e dados certificados, encaminha para fábricas clandestinas, que encher a embalagem com ARLA adulterado, voltando para os postos lacrados e pronto para vender como se fossem a empresa fabricante.

Os catalisadores são fundamentais para o controle de emissões, onde eles transformam gases tóxicos em substâncias menos agressivas ao meio ambiente. No processo, eles desempenham reações químicas que convertem monóxido de carbono em dióxido de carbono, hidrocarbonetos em dióxido de carbono e água, e óxidos de nitrogênio em nitrogênio e oxigênio, reduz a liberação de substâncias tóxicas, especialmente em áreas urbanas.

De acordo Gomes (2022), sem a presença do catalisador a fuligem inicia a sua combustão a 600°C, com o catalisador a fuligem se decompõe entre 370°C à 460°C. Reduzindo drasticamente o ponto de combustão, com isso a maioria dos caminhões não irá apresentar aquela fumaça preta.

Segundo Paixão (2013), os catalisadores fabricados a partir de cerâmica têm seu custo baixo, facilitando a produção. Porém, tem uma contrapressão maior ao sistema de exaustão do veículo, possuindo uma menor resistência a choques mecânicos. O catalisador metálico tem um custo elevado, pois é utilizado metais nobres de alta qualidade, esse tipo de catalisador tem como prioridade o desempenho do veículo, onde a contrapressão é minimizada no sistema de exaustão, devido a maior vazão do sistema.

Para Packs (2023) o catalisador metálico pode ser encontrado a partir de R\$ 500,00, dependendo do veículo pode ter aumento e chegar até R\$ 5000,00.

O catalisador tem a necessidade de atingir temperaturas altas para que as ocorrências funcionem de forma eficiente. Em trajetórias curtas ou em climas frios, a eficiência do fato pode ser reduzida, e as emissões não são convertidas de forma ideal. Com o tempo, o acúmulo de partículas no interior do catalisador pode reduzir sua eficiência, exigindo substituições ou manutenção periódica para garantir seu desempenho. Isso implica um custo adicional e pode gerar problemas para veículos de alta quilometragem.

Quirino (2020) afirma que o sistema DPF e o EGR são sistemas que trabalham em conjunto quando o DPF é focado em reduzir o material particulado e hidrocarbonetos, o EGR se concentra nos óxidos de nitrogênio. Essa operação combinada gera melhoria na redução de um poluente e piora a redução de outro por estarem realizando operações simultâneas, como isso o aumento ou diminuição da temperatura é responsável pela recirculação de gases, onde leva a queima precipitada do combustível ou uma queima incompleta que acarreta o excesso de poluição atmosférica, dificultando a calibração correta do funcionamento dos dispositivos.

Segundo Porto *et al.* (2023), os fabricantes de veículos culpam a pandemia por não atender as mudanças necessárias para se encaixar nas Fases L7 e P8 do PROCONVE. Com o início dessa nova fase e as montadoras sendo pressionadas a produzirem seus veículos atendendo os novos padrões das fases, as fabricantes optaram em retirar de linha vários modelos, sendo os carros com recordes de vendas no Brasil, sendo comercializado apenas no exterior.

Para Domingues e Reis (2022), para as emissões de nitrogênio e material particulado pela PROCONVE P7, o EGR em conjunto com o DOC é o suficiente para o veículo consiga ficar dentro da legalidade, permanecendo as emissões do necessário em um ciclo estacionário.

O aumento da produção de veículos no Brasil é um reflexo de vários fatores econômicos, sociais e de políticas públicas que estimularam a expansão da indústria automotiva nacional.

Dados recentes revelam que comparado a 2023 houve um crescimento na produção de veículos, sendo no comércio de automóveis leves, conforme a Imagem 8, de quase 5% na produção de caminhões e ônibus comparado a julho de 2023, especialmente em resposta à crescente procura doméstica e à melhoria das condições econômicas, como o aumento da renda da população e a disponibilidade de crédito.

Segundo a Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA), houve um crescimento significativo no número de veículos fabricados, mesmo após as dificuldades enfrentadas pela indústria nos anos de crise econômica e durante a pandemia de COVID-19 (Imagem 9). Além disso, a introdução de novas tecnologias e modelos, incluindo veículos elétricos e híbridos, têm sido uma resposta às mudanças nas demandas globais e às políticas ambientais que buscam reduzir as emissões de carbono.

Imagem 8 – Produção de Veículos Leves

Unidades Units/Unidades		JAN JAN/ENE	FEV FEB/FEB	MAR MAR/MAR	ABR APR/ABR	MAI MAY/MAY	JUN JUN/JUN	JUL JUL/JUL	AGO AUG/AGO	SET SEP/SET	OUT OCT/OCT	NOV NOV/NOV	DEZ DEC/DIC	TOTAL
2023	Gasolina / Gasoline / Gasolina	2.848	3.056	4.928	3.858	5.052	4.711	4.671	5.113	4.975	6.473	6.648	8.236	60.569
	Elétrico / Electric / Eléctrico	754	638	584	558	610	618	946	1.167	1.827	2.370	3.196	6.009	19.277
	Híbrido / Hybrid / Híbrido	2.129	2.448	3.365	3.115	3.423	3.229	3.974	4.579	3.728	3.865	3.505	5.080	42.440
	Híbrido Plugin / Hybrid Plugin / Híbrido Plugin	1.610	1.214	2.037	1.113	2.396	2.377	2.538	3.605	2.905	3.317	3.899	5.180	32.191
	Flex fuel	108.447	99.362	155.004	126.298	136.099	151.901	186.803	163.365	156.962	170.742	165.439	189.442	1.809.864
	Diesel / Diesel / Diesel	14.893	13.188	20.435	16.555	18.801	17.034	16.790	19.139	17.067	20.052	19.147	22.788	215.889
2024	Gasolina / Gasoline / Gasolina	6.687	7.099	7.776	7.581	7.816	8.334							45.293
	Elétrico / Electric / Eléctrico	4.354	3.632	6.132	6.699	5.170	5.182							31.169
	Híbrido / Hybrid / Híbrido	3.879	3.304	4.454	4.893	4.717	4.396							25.642
	Híbrido Plugin / Hybrid Plugin / Híbrido Plugin	3.789	3.509	3.022	3.608	3.720	4.809							22.458
	Flex fuel	117.776	121.596	138.786	165.610	144.744	160.682							849.194
	Diesel / Diesel / Diesel	15.762	16.371	16.060	19.957	17.259	19.181							104.590

Fonte: Anfavea, 2024.

Imagem 9 – Produção de caminhões e ônibus

Unidades Units/Unidades		JAN JAN/ENE	FEV FEB/FEB	MAR MAR/MAR	ABR APR/ABR	MAI MAY/MAY	JUN JUN/JUN	JUL JUL/JUL	AGO AUG/AGO	SET SEP/SET	OUT OCT/OCT	NOV NOV/NOV	DEZ DEC/DIC	TOTAL
2023	Elétrico / Electric / Eléctrico	19	67	41	56	22	14	15	21	76	37	64	33	465
	Gás / Gas / Gas	16	23	3	0	2	6	4	7	7	11	46	24	149
	Diesel / Diesel / Diesel	12.136	9.953	12.577	9.177	10.119	9.638	9.853	10.747	10.192	10.981	10.705	11.767	127.845
2024	Elétrico / Electric / Eléctrico	68	31	74	102	43	96							414
	Gás / Gas / Gas	6	6	8	14	17	18							69
	Diesel / Diesel / Diesel	9.294	9.677	11.419	12.378	10.770	11.606							65.144

Fonte: Anfavea, 2024.

Com base nas análises realizadas sobre as tecnologias de controle de emissões e nas regulamentações discutidas, o estudo conclui que a redução de poluentes emitidos por veículos a combustão, está sendo tratado de forma severa pelas autoridades responsáveis como o PROCONVE e o CAFÉ, assumindo a responsabilidade de cobrança para as empresas se regularizarem as novas normas

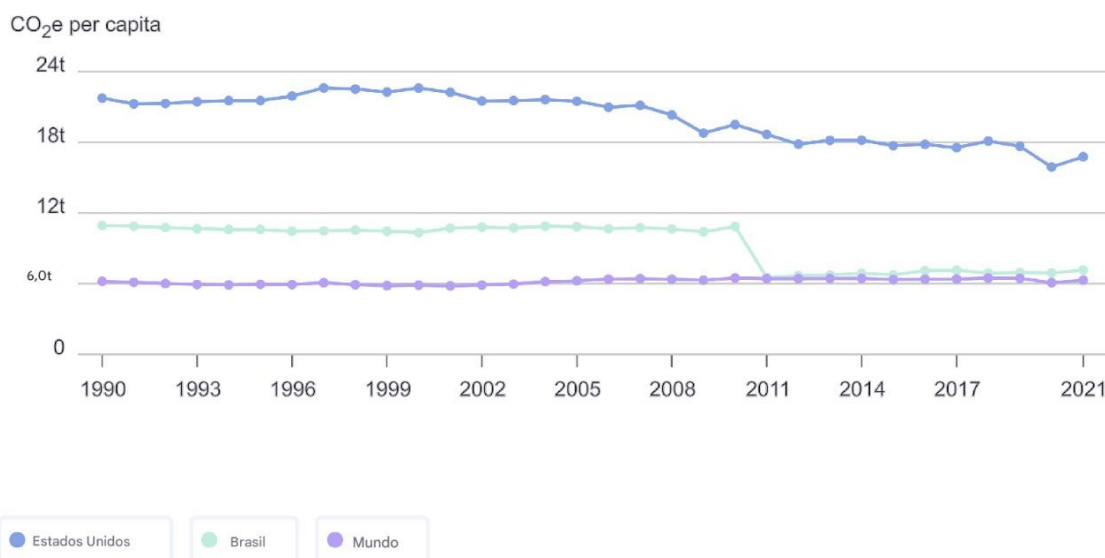
de emissão de poluição, conforme a Imagem 10, mostrando os resultados da redução de emissões nos últimos 31 anos no Brasil comparado com o Estados Unidos em toneladas por ano dos gases.

Imagem 10 - Redução de poluentes

Emissões históricas de GEE

RELÓGIO CLIMÁTICO

Fonte de dados: Climate Watch; Localização: Mundo, Brasil, Estados Unidos; Setores/Subsetores: Total incluindo LUCF; Gases: Todos os GEE;
Cálculo: per capita; Mostrar dados por regiões.



Fonte: WRI BRASIL, 2020.

A implementação de tecnologias como ARLA 32, catalisadores, filtros de partículas diesel (DPF) e sistemas de recirculação de gases de escape (EGR) tem se mostrado eficaz para mitigar as emissões, porém é uma tecnologia nova e apresentam falhas, onde existem poucas empresas com profissionais qualificados para a manutenção preventiva, além dos custos elevados das peças para substituição caso venha a fraturar.

Além disso, a importância da conscientização do consumidor e do investimento contínuo em inovação, uma vez que a evolução constante das regulamentações exigirá tecnologias mais eficientes. A tendência futura aponta para uma transição gradual para veículos híbridos e elétricos, que oferecem uma alternativa ainda mais sustentável e de baixa emissão de poluentes, alinhada com os compromissos globais de sustentabilidade.

A necessidade de uma abordagem integrada e colaborativa entre o setor automotivo, órgãos reguladores e a sociedade para alcançar um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental. As tecnologias de controle de emissões, embora já avançadas, devem continuar evoluindo para atender às demandas ambientais emergentes e contribuir para um futuro mais saudável e sustentável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou uma análise sobre as principais tecnologias e estratégias para a redução de emissões poluentes em veículos movidos a combustíveis fósseis, com foco nas regulamentações vigentes e nas inovações tecnológicas implementadas no setor automotivo. Constatou-se que a aplicação de sistemas como ARLA 32, catalisadores, filtros de partículas e a recirculação de gases de escape (EGR) tem contribuído significativamente para minimizar o impacto ambiental dos veículos de combustão interna, especialmente nas áreas urbanas onde a poluição atmosférica é uma preocupação crescente.

As políticas regulatórias, como o PROCONVE no Brasil e o CAFE nos Estados Unidos, desempenham papel fundamental na promoção de veículos mais eficientes e menos poluentes. Essas regulamentações não apenas estimulam a inovação tecnológica, mas também impõem desafios à indústria automotiva, que precisa equilibrar eficiência, custo e sustentabilidade. A tendência futura aponta para a crescente adoção de veículos híbridos e elétricos, em linha com os compromissos globais de redução de emissões e de combate às mudanças climáticas.

Diante dos resultados, é evidente a importância de uma abordagem integrada entre governo, indústria e consumidores para atingir as metas ambientais. Além disso, o investimento contínuo em pesquisa e desenvolvimento é essencial para a criação de soluções ainda mais eficazes e sustentáveis. Conclui-se, portanto, que, apesar dos avanços alcançados, ainda há um longo caminho a ser percorrido para que o setor automotivo atinja um modelo completamente sustentável. O compromisso coletivo será determinante para promover um futuro mais saudável, com ar limpo e menor impacto ambiental para as próximas gerações.

REFERÊNCIAS

AEA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA AUTOMOTIVA. **Cartilha de conscientização pública do uso do ARLA 32**. São Paulo: AEA, 2015. Disponível em: https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes_e_residuos/emissoes/arquivos/cartilha-arla-32.pdf. Acesso em: 20 set. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Penetração de novas tecnologias automotivas nos Estados Unidos**. Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico. Estudo Temático 07/2013/SPD. Rio de Janeiro: ANP, 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/notas-e-estudos-tecnicos/estudos-tecnicos/arquivos/2013/estudo-tematico-7-2013-spd.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2024.

ALIANÇA PELA MOBILIDADE SUSTENTÁVEL: CONHEÇA A INICIATIVA. Disponível em: <https://99app.com/blog/motorista/ali-sustentavel-pele-mobilidade-co-a-iniciativa/>. Acesso em: 08 out. 2024

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2024/07/carta-anfavea-julho-2024.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2024

BARBOSA, Eduardo F. **Instrumentos de coleta de dados em pesquisas educacionais**. Educativa, out, 1998.

BRUNETTI, Franco. **Motores de combustão interna**. São Paulo: Editora Blucher, 2012. E-book. Pág.138. ISBN 9788521218142. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521218142/>. Acesso em: 08 out. 2024.

DESPACHANTE DOK. **Catalisador**. Disponível em: <https://www.despachantedok.c.br/blog/veiculo/catalisador/>. Acesso em: 08 nov. 2024.

DOMINGUES, Alan Martins; REIS, Haila Cândido dos. **Engenharia mecânica aliada à sustentabilidade**: estudo de caso comparativo das atualizações em um sistema de exaustão de um veículo pesado devido à transição da Norma PROCONVE P-7 para P-8. 2022. Disponível em: <https://repositorio.aedb.br/jspui/bitstream/123456789/97/1/Engenharia%20mecânica%20aliada%20à%20sustentabilidade.pdf> Acesso em: 06 nov. 2024.

GALDINO, Tevenilson Gustavo de Medeiros. **Tecnologias para controle das emissões de NOx em motores Diesel–PROCONVE P7. 2021**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/38076/3/TecnologiasParaControle_Galdino_2021.pdf. Acesso em: 06 nov. 2024.

GOMES, Viviane de Carvalho. **Redução de fuligem por ceria obtida na decomposição térmica de polímeros inorgânicos**. 2022. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/59/59138/tde-01032023-074513/publico/Dissertacaocorrigida_VivianedeCarvalhoGomes.pdf .Acesso em: 06 nov. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Frotas de veículos**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/22/0>. Acesso em: 25 out. 2024.

INOCAT. **Catalisador InoCat® e processo de redução de emissões**. Disponível em: <https://inocat.com.br> . Acesso em: 16 out. 2024.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE (IEMA). **Adiamento do Proconve pode lançar na atmosfera até 20% a mais de poluentes**. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/adiamento-do-proconve-pode-lancar-na-atmosfera-ate-20-a-mais-de-poluente-20201005>. Acesso em: 28 out. 2024.

KOHL-SANTOS, Pricila; MOROSINI, Marília Costa. O revisitar da metodologia do estado do conhecimento para além de uma revisão bibliográfica. **Revista Panorâmica**, ISSN 2238-9210, v.33, maio/Ago, 2021. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/revistapanoramica/index.php/revistapanoramica/article/view/1318>. Acesso em: 06 nov. 2024.

MILLER, Josh; POSADA, Francisco. **Norma PROCONVE P-8 de emissões no Brasil**. ICCT-The International Council on Clean Transportation, p. 1-8, 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Efeito estufa e aquecimento global**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global.html>. Acesso em: 2 nov. 2024.

PAIXÃO, Edson Vieira. **Inspeção Veicular: Contribuição do Catalisador**. 2013. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Estadual de Campinas. Campinas. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/Busca/Download?codigoArquivo=474201> Acesso em: 06 nov. 2024.

PORTO, Leandro Luiz; SANTOS, Thales Fernandes Ferreira dos; PEREIRA NETO, Hamilton dos Santos. **Proconve. O que muda?** 2023. Disponível em: https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/21427/1/tecnologiaemlogistica_2024_1%20_%20leandro%20luiz%20porto_%20proconve.pdf Acesso em :06 nov. 2024.

QUIRINO, Felipe Pereira. **Modelagem das emissões de poluentes atmosféricos oriundos da atividade de transporte coletivo por ônibus: Estudo de caso**. São Paulo, SP. 2020. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/218388/TCC_Felipe_Quirino_2020.pdf?sequence=3&isAllowed=y Acesso em: 06 nov. 2024.

SIMON, Melina Nunes. **O agente redutor líquido de óxido de nitrogênio (ARLA 32) sob a ótica da análise econômica do direito ambiental**. 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/179107/001065818.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 06 nov. 2024.

SISTEMA ARLA. Disponível em: <https://www.emiteco.pentear/si-ar>. Acesso em: 02 nov. 2024.

SOUZA, Kellcia Rezende; KERBAUY, Maria Teresa Miceli. Abordagem quanti-qualitativa: superação da dicotomia quantitativa-qualitativa na pesquisa em educação. **Educação e Filosofia**, v. 31, n. 61, p. 21-44, 2017.

SQUAIELLA, Lucas L. F., **Efeitos do sistema de recirculação dos gases de escape no controle de emissões de NOx em motores a Diesel**. Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas; 2010. 159p. Dissertação de Mestrado Profissional em Engenharia Automobilística. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1612560>. <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2010.771845>. Acesso em: 06 nov. 2024.

TUDAUTO. **O que é um filtro de partículas (DPF)**. Disponível em: <https://www.tudauto.pt/pos/o-qu-e-hum--filtro-de--par-dpf> . Acesso em: 02 nov. 2024.

UBER. **Nossa jornada até o fim das emissões de carbono**. Disponível em: <https://www.uber.com/br/pt-br/sobre/sustentabilidade/> . Acesso em: 08 out. 2024.

WRI Brasil. **4 gráficos para entender as emissões de gases de efeito estufa por país e por setor**. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/4-graficos-para-entender-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-por-pais-e-por-setor>. Acesso em: 11 nov. 2024.

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EM REGIÕES LITORÂNEAS

Enéas Pinto Neto¹, Leonardo Fanticelli Crespo¹, Otávio Gava Giuriato¹, Pedro Junior Zucatelli²

¹Acadêmicos de Engenharia Civil – Multivix São Mateus (ES)

²Doutor/Engenheiro de Petróleo/ Docente - Multivix São Mateus (ES)

RESUMO

Entende-se por construção em concreto armado a utilização conjunta de concreto e aço, apesar do surgimento de novos métodos construtivos, este, ainda domina as edificações do Brasil. Apesar da evolução do setor da construção civil, ainda é muito comum a realização de obras sem o devido cumprimento das normas e sem o mínimo de acompanhamento técnico, seja por questões econômicas ou desconhecimento do que tal escolha pode gerar. As manifestações patológicas se encontram presentes em edificações de diversos portes e regiões, gerando desconforto aos usuários e comprometendo o desempenho da estrutura, isto se torna mais frequente e intenso em ambientes agressivos, como o marinho. O presente trabalho buscou estudar uma edificação que se encontra demasiadamente próxima a costa marítima apresentando anomalias em suas estruturas com o objetivo de encontrar a origem e as causas dos processos e compreender de que modo ocorrem na estrutura, a partir disto encontrar o melhor método para deter as reações, recuperando a estrutura e garantindo que não ocorra novamente, bem como apresentar medidas a serem tomadas para novas construções expostas em ambientes semelhantes.

Palavras-chave: manifestações patológicas; estruturas de concreto armado; ambientes agressivos.

ABSTRACT

Reinforced concrete construction is understood as the combined use of concrete and steel. Despite the emergence of new construction methods, the latter still dominates buildings in Brazil. Despite the evolution of the construction sector, it is still very

common to carry out works without due compliance with standards and without the minimum technical monitoring, whether for economic reasons or lack of knowledge of what such a choice can generate. Pathological manifestations are present in buildings of various sizes and regions, causing discomfort to users and compromising the performance of the structure. This becomes more frequent and intense in aggressive environments, such as the sea. That said, this study sought to study a building that is located too close to the coast and presents anomalies in its structures with the objective of finding the origin and causes of the processes and understanding how they occur in the structure. From there, find the best method to stop the reactions, recovering the structure and ensuring that it does not occur again, as well as present measures to be taken for new buildings exposed to similar environments.

Keywords: Pathological manifestations, reinforced concrete structures, aggressive environments.

1 INTRODUÇÃO

O concreto armado foi um imenso avanço na construção civil, divisor de águas para a sofisticação de estruturas e avanços de estudos que proporcionam métodos inovadores, tornando possível realizações de obras de artes, tais como as do brasileiro e mundialmente famoso arquiteto, Oscar Niemayer.

Segundo Botelho e Marchetti (2018) a pedra era o principal material dos antigos, usada para a construção de moradia, vencer vão de rios ou construção de templos para adoração de deuses. Ficou nítido a eficácia de seu uso: a pedra era durável e resistia bem aos esforços de compressão (quando usada como pilar). Entretanto no caso de ser usada para vencer vãos de médio porte (pontes, como exemplo), surgiam forças superiores ao qual o material mostrava-se resistir, no caso, a tração.

Com a limitação dada a necessidade de encontrar pedras naturais para seus empreendimentos o homem inventou o concreto (que pela mistura feita com cimento, pedra, areia e água, resulta em uma pedra artificial), todavia, as propriedades mecânicas eram semelhantes: boa resistência à compressão e ruim à tração. Com o novo obstáculo surgiu um conceito: usar um material resistente à

compressão na parte comprimida (concreto) e um resistente a tração na parte tracionada (aço), surgindo assim o concreto armado.

De acordo com Rocha (2015) durante sua vida útil as construções ficam expostas às intempéries, agentes que agredem a estrutura alterando suas propriedades, por conseguinte reduzindo o desempenho no qual fora projetada.

Dada a necessidade de esclarecer o que ocorre na vida útil da estrutura, surgiu um novo campo de estudos no qual busca entender os motivos das manifestações patológicas, chamado de patologias do concreto armado (Silva, 2018).

Designa-se, genericamente por Patologia das estruturas esse novo campo da engenharia das construções que se ocupa das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas (Souza; Ripper, 1998, p.14).

Análogo a medicina, o termo patologia significa doença, porém, com o estudo voltado a análise das alterações que ela provoca. Partindo de tal perspectiva o engenheiro passou a estudar as origens das manifestações patológicas (diagnosticar o problema). Estudando os mecanismos e consequências de tais manifestações, buscando prever como o problema evoluiria e quais seriam as consequências (elaborar os prognósticos). Em seguida buscou tratamento para as causas do problema de modo a corrigi-lo definitivamente (indicar terapias), ainda, desenvolveu sistemas de proteção que impedissem sua ocorrência (profilaxia das edificações), como cita Rocha (2015).

Apesar da evolução dos materiais e das técnicas de construção, as manifestações patológicas estão se tornando cada vez mais presentes nas construções. Segundo Lottermann (2014) as patologias são grandes responsáveis por comprometer a vida útil das edificações, principalmente as estruturais.

Em questões financeiras, vários estudos têm demonstrado a importância de considerar a durabilidade da estrutura de modo a gerar economia nos gastos do setor. Em países da Europa tais gastos podem chegar à metade do valor destinado à construção, como demonstrando na Tabela 1.

Tabela 1 – Detalhamento dos gastos com construções nos países.

País	Gastos com novas construções	Gastos com manutenção e reparo	Gastos totais com construções
França	€ 85,6 Bilhões (52%)	€ 79,6 Bilhões (48%)	€ 165,2 Bilhões (100%)
Alemanha	€ 99,7 Bilhões (50%)	€ 99,0 Bilhões (50%)	€ 198,7 Bilhões (100%)
Itália	€ 58,6 Bilhões (43%)	€ 76,8 Bilhões (57%)	€ 135,4 Bilhões (100%)
Reino Unido	€ 60,7 Bilhões (50%)	€ 61,2 Bilhões (50%)	€ 121,9 Bilhões (100%)

Nota: Todos os dados se referem ao ano de 2004, exceto no caso da Itália que se referem a 2002

Fonte: Ueda e Takewaka (2007 *apud* Medeiros; Andrade; Helene, 2011, p.3)

De acordo com Helene et al. (1992) geralmente as manifestações patológicas dispõem de um caráter evolutivo, ou seja, uma vez iniciado tendem a se agravar continuamente. Portanto, tendo em vista que o custo aumenta no decorrer do tempo, quanto antes for detectado e iniciado as medidas de correção na estrutura, maior será a facilidade e eficiência da recuperação e conseqüentemente menor será o custo, como é citado por Sitter (1984 *apud* Anselmo et al., 2016).

Segundo Andrade e Silva (2005), é importante salientar que a deterioração da estrutura sempre ocorrerá devido a ação do tempo e agentes agressivos presentes no ambiente, porém a rapidez no qual estão surgindo é preocupante.

A deterioração precoce está ligada a diversos fatores, entre eles estão: a classe de agressividade do ambiente, projeto mal elaborado, materiais de baixa qualidade, execução incorreta e falta de manutenção. Segundo Souza e Ripper (1998) o “ambiente influencia demasiadamente sobre a estrutura e as regiões litorâneas são extremamente nocivas à estrutura, estão dentre uma das classes de agressividade mais fortes”, como traz a NBR 6118 da ABNT (2014, p. 221.).

Devido à alta ocorrência da problemática em tal regiões, é de suma importância realizar estudos nas edificações que apresentam anomalias, tendo em vista que a situação pode gerar adversidades além do desconforto visual, no qual expõe a saúde e o risco de vida das pessoas.

Ao executar uma estrutura de concreto tem como expectativa que a mesma seja duradoura, de modo que resista as condições ambientais da região previstas na fase de projeto, garantindo a segurança, estabilidade e desempenho durante sua vida útil, como cita a NBR 6118 da ABNT (2014).

A NBR 8681 da ABNT (2003) diz que as estruturas devem ser projetadas para que possuam uma vida útil de no mínimo 50 anos. Entretanto, nem todas atendem as expectativas da norma, portanto, dar-se-á necessidade estudá-las de modo a compreender as causas e seus mecanismos, com finalidade de corrigir, impedir o avanço e prevenir para que não ocorra novamente.

A abordagem do tema tem como objetivo geral expor o agravante de tal situação através de uma pesquisa bibliográfica e análise em campo, explorando as possíveis causas e propondo estratégias de intervenção. Supõe-se que a causa da deterioração precoce advém predominantemente da proximidade à costa marítima, consequentemente, a edificação sofre ataques intensos e contínuos de cloretos, os quais causam a despassivação do aço e propiciam o processo de corrosão, como cita Nadalini e Bispo (2017). A intervenção vem em consequência à identificação da causa e a severidade das manifestações, a partir da confirmação da suposição pretende-se apresentar um método corretivo de tal forma a deter o processo, bem como impedi-lo que ocorra novamente.

O estudo foi realizado nas estruturas de uma Empresa em Guriri localizada na cidade de São Mateus – ES (Imagem 1).

Imagem 1 - Empresa em Guriri localizada na cidade de São Mateus



Fonte: Google Earth Pro, 2020.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

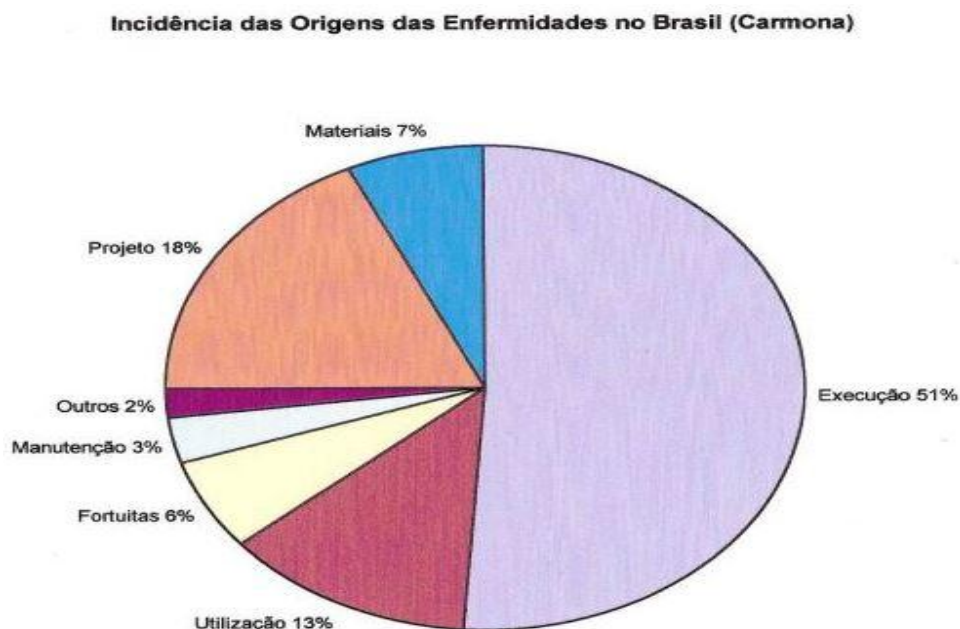
2.1 PATOLOGIA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

As manifestações patológicas, como cita Rocha (2015), podem surgir devido a diversas causas na estrutura de concreto armado, estes motivos são inicialmente diagnosticados pela aparência que é gerada, entretanto, normalmente as estruturas apresentam sintomas muito semelhantes ainda que a origem seja distinta. Esta variável diante dos sinais torna o estudo patológico uma área complexa dentro da engenharia, tornando necessário na maioria dos casos uma avaliação mais aprofundada.

Ainda segundo Rocha (2015), mesmo com o avanço da tecnologia e dos processos construtivos, a construção é feita substancialmente da mão de obra humana, onde os materiais são manipulados por funcionários as vezes não tão capacitados quanto necessário. Junto a isto inclui-se o aumento da complexidade dos projetos arquitetônicos, cuja visando o design aumenta, na maioria das vezes, a dificuldade de execução. O conjunto destes fatores é responsável pela maioria dos motivos causadores de enfermidades (manifestações patológicas) encontradas nas construções no Brasil.

O Gráfico 1 a seguir demonstra os motivos das patologias nas obras, a execução se destaca, porém, comumente aparece aliada a outros motivos diretores, como falha na elaboração do projeto ou a utilização para fins não mensurados.

Gráfico 1 - Principais origens de patologias no Brasil



Fonte: Silva e Jonov (2011 *apud* Andrade, 2018).

Segundo análise de Rocha (2015) diversos estudos fomentam a grande variabilidade nas causas dos problemas em estruturas, responsabilizando-se por isto os diferentes climas entre regiões, métodos construtivos, qualificação da mão de obra, qualidade dos materiais, falhas de projeto e a utilização. Ainda que as causas sejam diversas, na maioria dos casos poderiam ser evitadas, como um investimento maior na contratação de mão de obra qualificada e execução de um bom projeto, bem como um responsável técnico competente para averiguação das normas a serem seguidas e certificação de execução correta no canteiro de obras.

Como cita Brito (2017) apenas mediante a apuração dos dados obtidos através de uma análise bem executada é possível compreender os motivos que causaram as adversidades, possibilitando a aplicação da correta solução do problema, seja recuperação, proteção ou prevenção.

Helene (1992) explica que as manifestações patológicas se originam a partir de um mecanismo, e que o avanço para situações graves engloba dois ou mais fatores que se juntam e agem em paralelo, deteriorando a estrutura a ponto de tornar-se necessário uma intervenção

2.2 DETERIORAÇÃO DAS ESTRUTURAS

As estruturas de concreto suportam e garantem a segurança da construção, funcionam análogo ao esqueleto do corpo humano, no qual oferece estabilidade e apoio aos demais órgãos para que possam trabalhar em conjunto formando um único elemento geral, portanto, é de extrema importância o seu correto dimensionamento e execução.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) nos traz diretrizes que devem ser seguidas para que se garanta o ideal comportamento da estrutura. Dentre elas a NBR 6118 da ABNT (2014, p.221) explica que o desempenho em serviço da estrutura e a durabilidade são requisitos de qualidade para a estrutura de concreto, cuja o desempenho “consiste na capacidade de a estrutura manter-se em condições plenas de utilização, não devendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada”. E a durabilidade “na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.”

Existem classificações de agressividade de acordo com o meio, estruturas expostas a ambientes considerados agressivos requerem cuidados especiais desde o projeto à manutenção.

Dentre as situações em que a estrutura está sujeita a agressividade mais acentuada, está a localização próxima ao litoral. A NBR 6118 (2014) apresenta um as classes de agressividade de acordo com o ambiente em que a construção está localizada (Quadro 1).

Quadro 1 - Quadro com as classes de agressividade ambiental.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana	Pequeno
III	Forte	Marinha	Grande
		Industrial	
IV	Muito forte	Industrial	Elevado
		Respingos de maré	

Fonte: NBR 6118/2014 adaptado pelo autor.

Diante avaliação do ambiente é de responsabilidade do projetista estrutural aplicar as precauções de modo a garantir a integridade da estrutura.

É importante salientar que embora a exposição em qualquer ambiente seja capaz de deteriorar o concreto, há importantes diferenças de acordo com a classificação dos agentes agressivos, tendo em vista onde maior for a agressividade do meio, mais rápido e intenso será o processo de deterioração, como cita Corsini (2013).

Nascimento (2015) fomenta a ideia de que a vida útil do concreto armado está ligada diretamente à sua capacidade de resistir ao ambiente em que se encontra, onde, variam de não agressivo a altamente agressivos.

A estrutura se encontra em região de baixa agressividade quando está inserida em ambiente seco, visto que há a necessidade de água para desencadear o processo. De mesmo modo, ambiente demasiadamente saturados são insignificativamente hostis ao concreto armado, em virtude da necessidade de oxigênio para que o processo de corrosão ocorra. Também se inclui estruturas submersas, em ambientes fechados e região rural devido ao baixo teor de poluentes, como citado por Nascimento (2015)

Ainda segundo Nascimento (2015), o ambiente se torna mais agressivo em regiões urbanas, em decorrência do índice de umidade elevado, bem como a alta variação de temperatura, considerando-se na classe intermediária, ainda, se agrava em grandes centros urbanos devido a alta concentração de impurezas, como a fuligem ácida e o óxido de enxofre.

Entre os ambientes mais agressivos estão regiões sob a atmosfera marítima e zonas industriais, estes locais podem ser expostos a ciclos de molhagem e secagem, podendo haver ingresso de água carregada de elementos químicos agressivos para estrutura, bem como gases e cinzas derivados de processos industriais, como dito por Corsini (2013).

2.3 DIAGNÓSTICO E PROGNÓSTICO DAS PATOLOGIAS

Segundo Cremonini (2018) o diagnóstico das patologias caracteriza-se pela identificação e descrição das causas, mecanismos, natureza e origem dos defeitos. Entretanto descobrir as principais causas não é simples, Tutikian e Pacheco (2013) citam que para a realização desta etapa não deve ser realizada de maneira imediata, e sim resultado da consideração de todo processo evolutivo do caso.

Construções classificadas em ambientes de alto grau de agressividade como em regiões litorâneas, apresentam características semelhantes. Segundo Andrade (2018) a patologia mais custosa e danosa na construção civil é a corrosão do aço nas estruturas.

Segundo Rocha (2015) além da função de resistir à compressão, devido à alta alcalinidade o concreto protege o aço contra a corrosão, pois passiva a armação na sua superfície impedindo a dissolução do ferro. Souza e Ripper (1998) concluem que um concreto de boa qualidade a corrosão ocorre muito lentamente, e sempre que o pH se encontrar superior a nove, é garantido a proteção do aço.

Entretanto, de acordo com Silva (2018), além da variação da qualidade e defeitos na execução devido a mão de obra, o próprio processo de solidificação da massa de concreto pode deixar meios de ligação externo-interno. Como cita Silva (2018), o concreto possui vazios internos devido à evaporação da água durante o processo de cura e a presença de bolhas de ar. Estes poros podem formar uma ligação com o meio externo permitindo a entrada de água, gases e substâncias agressivas ao aço. Portanto, os mecanismos que agredem a estrutura encontram através destes vazios o espaço que necessitam para atuarem.

Dentre os principais agressores às estruturas diante ambientes altamente agressivos estão a carbonatação e o ataque de íons cloretos, como cita Reis (2001).

Segundo Nadalini e Bispo (2017) o ataque por íons cloreto age causando uma ruptura local da camada passivadora devido à alta concentração da substância presente na atmosfera marítima, os íons são transportados através do vento e impregnam na superfície da estrutura. Com a presença da água (pela precipitação, por exemplo) ocorre o processo de transporte para o interior da estrutura através dos poros e fissuras, e ao atingir a armadura inicia-se o processo de corrosão.

Silva (2018) salienta que a corrosão da armadura em razão ao ataque de cloretos é um dos mecanismos mais sérios e intensos que podem ocorrer nas estruturas de concreto armado, refletindo na diminuição da vida útil da construção. Explica ainda que o processo causa diminuição da seção do aço, reduzindo a aderência aço/concreto e consecutivamente a capacidade resistiva do elemento.

A confirmação do fenômeno pode ser inicialmente percebível pelo surgimento de manchas marrom alaranjadas. Pelo fato de a corrosão causar reações internas expansivas, pode ocorrer a desagregação do concreto e destacamento da camada de cobrimento, entretanto, caso haja bastante umidade e as reações sejam constantes, os óxidos podem se esvaír através dos poros na massa de concreto, apresentando somente as manchas.

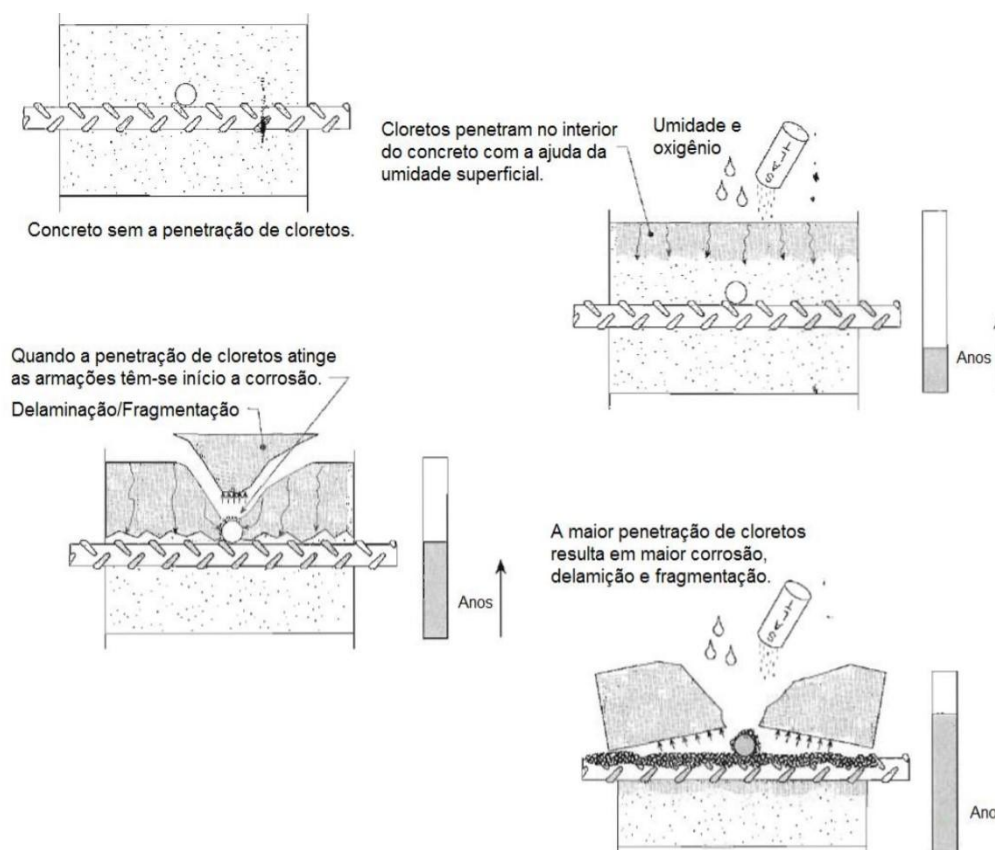
Portanto, embasado substancialmente na norma do DNIT 084/2006 – ES que limita a perda de resistência da barra em 10%, cria-se critérios em relação ao aço:

Se a perda de seção da barra for de até 10%, inicialmente deve-se efetuar uma limpeza correta em toda base, criando uma superfície aderente e marcando as áreas não deterioradas ou não aderidas. Em seguida, retira-se todo o concreto, para que se possa fazer a limpeza da barra e revesti-la com tintas anticorrosivas, e por fim preencher novamente a seção com um novo concreto. Entretanto, se a perda for maior que 10%, corta-se a parte da barra danificada, repõem-se com uma nova e amarra-a a um trecho íntegro da barra antiga (Nascimento, 2015, p.186).

É importante expor, em concordância com Silva (2018), que as fissuras ocasionadas devido à corrosão da armadura, além de afetarem visualmente a estrutura gerando insegurança aos usuários, favorecem o próprio processo de corrosão, intensificando e dando velocidade à reação devido ao aumento da exposição da armadura.

Em sequência a Imagem 2 representa o avanço do ataque de íons cloretos desde a penetração à corrosão da armadura.

Imagem 2 - Processo de ataque por íons cloretos no concreto armado



Fonte: Emmons, 1998 – adaptado por Rocha, 2015.

Outro processo responsável por permitir a corrosão do aço é a despassivação por carbonatação do concreto, mais intenso em atmosferas localizadas nos centros urbanos e industriais, como ressalta Reis (2001).

A carbonatação é um processo que ocorre no concreto. Silva e Cabral (2011) revelam que entre as principais substâncias danosas ao concreto armado está o dióxido de carbono. Anselmo et al. (2016) citam que tal processo age lentamente intensificando-se com o tempo, penetrando da superfície para o interior progressivamente, tendo sua velocidade variando pelo ambiente em que está exposto.

Somente após o entendimento dos processos é possível realizar uma análise precisa e fundamentada. Souza e Ripper (1998) salientam que a última etapa do diagnóstico é dependente do sucesso das outras fases, podendo levar a diversas conclusões. Além do diagnóstico, Tutikian e Pacheco (2013), relatam que se deve apresentar um prognóstico, relatando as consequências futuras caso as medidas corretivas não sejam realizadas além de informar quais são, contemplando a etapa de terapia a ser executada.

2.4 MEDIDAS PARA GARANTIA DA DURABILIDADE DA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

Diante dos processos responsáveis pela deterioração proveniente da corrosão em estruturas expostas às atmosferas marinhas, é necessário aplicar medidas que busquem afastar o precoce fim da vida útil do concreto armado.

À frente do detalhamento sobre a reação eletroquímica que ocorre no processo de carbonatação e no ataque de íons cloretos, Costa (2013) resume que para que ocorra tais reações, é necessário a presença simultânea de umidade e oxigênio, sendo que, a ausência de um dos componentes incapacita o processo completamente. Ressalvando que a umidade ideal para que ocorra o processo se encontra entre 70% a 80%, portanto, um ambiente saturado também detém a reação.

Costa (2013) ainda destaca que para a corrosão ser danosa à estrutura a velocidade em que ocorre é tão importante quanto o processo em si, tendo em vista que é um processo natural no qual o elemento busca a neutralidade.

Apesar dos processos eletroquímicos serem de fato os responsáveis pela reação, outros mecanismos agravam sua ocorrência.

As falhas humanas, como cita Trindade (2013) estão muito presentes nas obras, desde defeitos construtivos em projetos à execução, seja por baixa qualidade da mão de obra, falta de acompanhamento por um responsável habilitado, ou até mesmo o desprezar das normas.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) disponibiliza diretrizes a serem seguidas para o adequado comportamento da estrutura. A NBR 6118 (2014)

apresenta “a classificação de agressividade do ambiente requisitos mínimos de cada classe, de modo a garantir a vida útil do concreto armado”, conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Requisitos de composição do concreto diante as classes de agressividades.

Concreto	Tipo	Classe de agressividade (tabela 4.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CA	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\leq C20$	$\leq C25$	$\leq C30$	$\leq C40$
	CP	$\leq C25$	$\leq C30$	$\leq C35$	$\leq C40$

Fonte: NBR 6118/2014 adaptado pelo autor.

Helene (1998) avalia que o simples fato de utilizar um fck de 40 Mpa em relação a um de 20 Mpa pode multiplicar a vida útil da estrutura por 4. Exemplificando a dependência da durabilidade em relação à escolha dos materiais e ao cumprimento da norma.

Helene (1998) ainda discorre que a garantia da durabilidade da estrutura de concreto armado, em concordância com vários autores, depende essencialmente da camada de cobrimento da armadura, ainda, ressalva que reduzindo a espessura da camada pela metade, implica reduzir quatro vezes a vida útil da estrutura.

Diante da importância de tal camada, a NBR 6118 (2014) fornece as espessuras necessárias para cada classe de agressividade, a respeito da região em que a construção está inserida, conforme Quadro 3.

Quadro 3 - Cobrimento mínimo diante às classes de agressividades.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje ²	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹	Todos	30	35	45	55

Fonte: NBR 6118/2014 adaptado pelo autor.

É importante salientar a importância do estudo estrutural a fim de garantir que a edificação se encontre nas conformidades, bem como frisar que as patologias em sua maioria ocorrem em consequência a falhas de execução e a falta de controle de qualidade, implicando na diminuição da segurança e durabilidade, como cita Santos (2014). Além da estrutura em si tais irregularidades colocam em risco as vidas dos usuários da edificação, pois segundo Pina (2013) há possibilidade que a estrutura entre em colapso sem aviso prévio.

Diante disto ressalta-se que as patologias podem ocorrer na fase da etapa de construção ou após a entrega da edificação. Rocha (2015) salienta que as condições que a estrutura apresenta que favoreçam o aparecimento de tais manifestações são de responsabilidade do projetista (cobrimento insuficiente, como exemplo), enquanto o construtor é responsável pelas falhas construtivas, seja pela escolha de materiais inadequados, inconformidade com as normas de execução ou em relação ao projeto.

Tendo em vista o perigo que estruturas danificadas podem trazer, há demasiada vantagem de solucionar o problema em sua matriz, seja na fase construtiva (métodos preventivos) ou em problemas apresentados durante sua vida útil (ações corretivas). Para que seja aplicado os adequados métodos enfatiza-se a importância de um projeto estrutural executado com qualidade, bem como a execução por meio de mão de obra qualificada, acompanhada de um engenheiro responsável munido do conhecimento necessário.

3 METODOLOGIA

O presente artigo é de caráter exploratório e qualitativo, utilizando o estudo de caso e empregou a pesquisa explicativa como objetivo de identificar o problema, elaborar o diagnóstico e buscar soluções através do aprendizado obtido nas fontes de pesquisas bibliográfica e informações coletadas em campo.

Desse modo, a pesquisa sobre as adversidades presentes no objeto estudado pode fornecer conhecimento suficiente para intervenção prática imediata, como cita Fleury e Werlang (2017).

O estudo é baseado na pesquisa bibliográfica a partir de livros específicos da área, artigos científicos, revistas técnicas, consultas e discussões com profissionais da área de modo a alcançar o domínio do tema e realizar visitas no local onde a estrutura se encontra, realizando inspeções visuais e coleta de imagens através de

fotografias, a fim de verificar em qual grau de agressão patológicas as estruturas se encontram, bem como a causa, para elaboração de uma intervenção.

Utilizou-se fontes de diversos níveis, a fim de produzir um estudo com embasamento teórico e prático, compilando ideias e fatos produzidos por diversos autores referências no tema, bem como imagens coletadas e discutidas entre profissionais, em concordância com artigos e normas, buscando a confiabilidade do que se disserta no presente artigo.

O estudo foca em estruturas expostas em ambiente demasiadamente agressivo devido a localização próxima do litoral, logo, estudos de estruturas em localidades semelhantes apresentarão resultados análogos, se tratando de uma amostragem intencional. Portanto, se caracteriza por uma amostragem não probabilística, onde seleciona-se os elementos estudados.

Para o levantamento de informações, realizou-se entrevista com os proprietários de modo a auxiliar no estudo, buscando quais métodos construtivos foram utilizados, quais normas foram seguidas e quando se percebeu as manifestações. Indispensável a observação em campo do objeto em estudo, bem como recolhimento de dados a fim de possibilitar posteriores análises e discussões.

O estudo empregou a base da pesquisa qualitativa, pois abordou o tema aplicando uma inspeção nos elementos deteriorados com finalidade de revelar os motivos, como evoluem e esclarecê-los, baseando-se na observação e fontes bibliográficas, dar significado aos dados coletados com objetivo de criar conhecimento com aplicação teórica e prática.

A união da pesquisa bibliográfica e o estudo qualitativo é capaz de fomentar excelência acerca do tema abordado, dado que há a junção dos estudos já realizados e um estudo específico. A pesquisa bibliográfica tem como objetivo a investigação do material teórico acerca do assunto de interesse e antecede a pesquisa de campo (Alyrio, 2009). Já no estudo qualitativo os pesquisadores buscam compreender e explicar o porquê das coisas, como cita Gerhardt et al. (2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do estudo realizado pôde-se obter informações suficientes para diagnosticar as patologias encontradas nas estruturas. Foi relatado suas possíveis

causas e formas de correção, bem como o que deve ser feito para evitar tais anomalias. É válido ressaltar que o estudo em questão se trata de uma edificação com mais de 20 anos que se encontra em uma região pouco desenvolvida, portanto, na época da construção havia certa dificuldade ao acesso à informação e à mão de obra qualificada, ainda, muitas vezes executadas sem elaboração de projeto, como o estrutural.

Entretanto, apesar de tal idade ser considerada elevada em relação a situação socioeconômica da época, é considerada precoce para o comprometimento da estrutura, visto que, a NBR 6118 da ABNT (1980, p.30) já informava as espessuras mínimas de cobrimento, no qual, para concreto em ambientes fortemente agressivos tal camada deveria ter 4 cm.

A Imagem 4 trata-se de uma estrutura (pilar x viga) que se encontram na face externa (em contato direto com intempéries), onde é perceptível que há manifestações patológicas, nas quais se caracterizam pela corrosão da armadura e desagregação do concreto. Sua possível causa envolve insuficiência da camada de cobrimento da armadura e concreto demasiadamente poroso, tendo como agravantes a exposição ao ambiente marinho e a exposição às intempéries.

Imagem 4 - Corrosão das barras de aço e desagregação do concreto na estrutura do pilar x viga



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ainda, percebe-se a existência de uma camada de reboco aplicada no corpo do pilar com o objetivo de deter a corrosão e disfarçar a aparência.

É importante salientar que medidas paliativas como esta surtem efeitos contrários ao esperado, além de impossibilitar a contínua análise de evolução do caso pode acelerar ainda mais o processo (Reis, 2001).

A Imagem 5 trata-se de duas vigas em balanço que também se encontram no lado externo, com aspecto visual desagradável devido às anomalias patológicas presentes, sendo, as mesmas citadas na estrutura avaliada acima, ou seja, corrosão da armadura e desagregação do concreto. Além da viga pode-se observar anormalidade na laje pela exposição da ferragem já corroída, salientando que a situação se agrava em outros pontos. Na possível causa além da insuficiência de cobertura e alta porosidade no concreto acrescenta-se excesso de umidade e percolação da água, como percebe-se a infiltração advinda da não impermeabilização da laje exposta na face superior, tendo os mesmos agravantes, ou seja, a exposição ao ambiente agressivo e a exposição às intempéries.

Imagem 5 - Corrosão das barras de aço e desagregação do concreto na estrutura da viga e laje



Fonte: Elaborado pelos autores.

As imagens apresentadas demonstram a intensidade das patologias encontradas no objeto estudado, salienta-se que as anomalias vão além das apresentadas, mostrando-se presentes nas estruturas de demais edificações da empresa. As manifestações detectadas resumem-se em corrosão da armadura, inclusive com rompimento de estribos devido à ferrugem e em decorrência a desagregação do concreto. A intensidade da deterioração varia de acordo com os ambientes devido à exposição direta (ou não) às intempéries, ambientes sobre a piscina e demasiadamente úmidos, no quais produtos químicos utilizados para tratamento da água agredem a estrutura e a umidade acelera o processo.

A corrosão é um processo que ocorre nas barras de aço que estão inseridas no concreto, portanto, para deter tal fenômeno deve-se proteger a armadura e a melhor proteção é a do próprio concreto (Nascimento, 2015). As manifestações encontram-se em sua maioria em estado avançado, sendo assim, a solução apresentada pode ser aplicada em todas as estruturas com tais anomalias.

O processo corretivo inicia-se com uma limpeza ao redor da armação com a remoção do concreto degradado com objetivo de eliminar o material comprometido e possibilitar o acesso e a limpeza das barras de aço, em seguida, aplica-se uma pintura com tinta anticorrosiva na armação de modo a cessar o processo de corrosão, por fim realiza-se novamente o preenchimento da seção com um novo concreto (Santos, 2014). Entretanto, há casos em que se torna necessário acrescentar um processo no método, como citado por Nascimento (2015), se a seção da barra teve uma perda maior do que 10% se faz necessário a substituição da mesma, repondo com uma nova e amarrando-a em um trecho não comprometido,

Para obter êxito na recuperação da estrutura todas as etapas devem ser realizadas com excelência. Sendo assim, é fundamental salientar a descrição dos processos apresentados por Santos (2014) em que para realizar a remoção do concreto utiliza-se marteletes ou uma talhadeira com marreta, retirando o material segregado e ao redor da barra, a limpeza é feita com auxílio de escova de aço ou lixamento manual de modo a remover a ferrugem existente na armadura.

Caso seja necessário a substituição da barra devido sua perda de seção, é retirado através de corte a parte comprometida existente e adiciona-se a nova barra certificando-se o transpasse mínimo entre as mesmas. Caso não seja necessário a substituição é realizada o tratamento da armadura com aplicação de pintura

anticorrosiva. Para garantir a durabilidade da estrutura recuperada enforma-se todo elemento no qual houve pontos de anomalias e realiza-se a concretagem garantindo o cobrimento mínimo de acordo com a norma, bem como a qualidade da massa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresenta dados obtidos através da realização de um estudo de caso e pesquisas bibliográficas acerca de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, especificamente em uma edificação demasiadamente próxima à orla marítima.

Através do estudo foi possível evidenciar os fatores que mais influenciaram no processo de deterioração das estruturas, constatou-se que a falta de cobrimento dos elementos foi a principal causa, ocorreu devido à ausência do projeto estrutural e erro na execução, a falta de acompanhamento de um profissional foi um fator determinante onde possibilitou que o erro ocorresse. É inevitável mencionar o ambiente em que a estrutura está exposta como agravante e acelerador do processo: devido à proximidade com a orla marítima foi demonstrado o quão danoso o ataque de íons-cloretos pode ser.

Mais importante que conhecer o ambiente no qual será erguido uma edificação é conhecer as normas que o norteiam (o ambiente e a construção em si), ainda mais importante é exercê-las de fato. Apesar do ambiente estudado ser extremamente agressivo às estruturas há métodos e processos na construção civil que impedem a deterioração precoce da estrutura.

Medidas preventivas são ideais para evitar tais anomalias e as complicações subsequentes, se tornou evidente o quão fundamental é a presença de um profissional capacitado nas etapas da construção, desde a elaboração do projeto à execução. Entretanto, para o caso estudado as manifestações se encontram em estado avançado, fazendo-se necessário aplicar ações corretivas nos quais buscam deter o processo de deterioração e evitar o ressurgimento das anomalias.

A eficácia dos métodos corretivos nas estruturas é de alto índice, porém, deve-se evitar ao máximo que seja necessário aplicá-los. O melhor caminho é focar na correta elaboração de projetos, no caso, especialmente o estrutural e na correta execução da obra sendo realizada com acompanhamento técnico e com mão de

obra qualificada. Tais medidas trazem segurança, economia e durabilidade para a construção tornando o processo prazeroso e gratificante.

Em concordância com a importância da construção civil para a sociedade, aprimorando os processos produtivos se torna essencial. Realizar estudos a fim de obter informações sobre as causas das edificações executadas de forma errônea possibilita aprender com situações ocorridas e impedi-las de ocorrer novamente. Sendo assim, estudos para futuros trabalhos em torno do desenvolvimento de um sistema eficaz de controle que fiscalize edificações existentes de modo a guiar os proprietários caso haja intervenções necessárias é de essencial existência, como também a criação de um programa de conscientização à sociedade sobre a importância da contratação de profissionais capacitados para construções e as possíveis consequências da contratação de mão de obra não capacitada

REFERÊNCIAS

ALYRIO, Rovigati Danilo. **Métodos e técnicas de pesquisa em administração**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, p. 58-60, 2009.

ANDRADE, Erika Bressan Botelho de. **Principais manifestações patológicas encontradas em edificação**. Emepro. 2018.

ANDRADE, T.; COSTA E SILVA, A. J. Considerações sobre durabilidade, patologia e manutenções das estruturas. 2008. Artigo científico.

ANSELMO, Mauruzan et al. **Patologias na construção civil**. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 6118. **Projeto de estruturas de concreto**: Procedimento. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 6118: **Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado**. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR. 8681: 2003. **Ações e segurança nas estruturas**: Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

BOTELHO, Manoel Henrique Campo; MARCHETTI, Osvaldemar. **Concreto armado**: Eu te amo. Editora Blucher, 2018.

BRITO, Thaís Farias De. **Análise de Manifestações Patológicas na Construção Civil pelo Método GUT**: estudo de caso em uma instituição pública de ensino superior. João Pessoa, 2017.

CORSINI, Rodnei. **Ambientes agressivos**. Projetos de estruturas de concreto expostas a ambientes quimicamente agressivos exigem atenção especial para assegurar desempenho e vida útil à edificação, 2013.

COSTA, Guilherme Mendes. **Manifestação Patológica do Concreto Armado com foco na oxidação da Ferragem**. 2013.

CREMONINI, Ruy Alberto. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares na região de Porto Alegre**: recomendações para projeto, execução e manutenção. 1988.

FLEURY, Maria Tereza Leme; DA COSTA WERLANG, Sergio Ribeiro. Pesquisa aplicada: conceitos e abordagens. **Anuário de Pesquisa GV Pesquisa**, 2017.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009.

GOOGLE EARTH. <https://earth.google.com/web/>. Consulta realizada em: 10/06/2020.

HELENE, Paulo RL et al. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. Pini, 1992.

LOTTERMANN, André Fonseca. **Patologias em estruturas de concreto**: estudo de caso. 2014.

MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de; ANDRADE, Jairo José de Oliveira; HELENE, Paulo. Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto. **Concreto: ciência e tecnologia**, v. 1, p. 773-808, 2011.

NADALINI, Ana Carolina Valerio; BISPO, Adrielle de Oliveira. **Patologia em estruturas de concreto armado em ambiente marítimo**. XIX Cobreap, Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, 2017.

NASCIMENTO, Felipe Bomfim Cavalcante. Corrosão em armaduras de concreto. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 3, n. 1, p. 177-188, 2015.

PINA, G. L. **Patologia nas habitações populares**. 2013. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006577.pdf>

POSSAN, E. **Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano**. 2010. 265 f. 2010. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

REIS, Lília Siqueira N. **Sobre a recuperação e reforço de estruturas de concreto armado**. 2001. 114 f. 2001. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)–Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

ROCHA, Bruno dos Santos. **Manifestações patológicas e avaliação de estruturas de concreto armado**. 2015. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Ênfase: Gestão e Tecnologia na Construção Civil. https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-9WWGLB/1/manifesta__es_patol_gicas_e_avalia__o_de_estruturas_de_concreto_armado.pdf

SANTOS, Camila Freitas. **Patologia de estruturas de Concreto Armado**. Santa Maria, RS, Brasil. [publicação online], 2014.

SILVA, Amanda Fernandes Pereira. **Patologias em estruturas de concreto armado**: estudo de caso. 2018.

SILVA, Enrique Douglas Casado da. **Patologia em estruturas de concreto armado**: estudo de caso em edificações do campus i da universidade federal da paraíba. 2018.

SILVA, K. L.; CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra. **Levantamento de manifestações patológicas em estruturas de concreto armado no estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 2011.

SILVA, Matheus Monteiro da. **Estudo de caso acerca das manifestações patológicas presentes em edificações situadas em ambiente marítimo no município de Aracati**. Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 2018. <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/82f6aafd-2b32-4536-9a07-acd34aeac404/content>

SILVA, Paulo Fernando A. **Durabilidade das estruturas de concreto aparente em atmosfera urbana**. Pini, 1995.

SOUZA, Vicente Custodio Moreira; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. Pini, 1998.

TRINDADE, D. dos S. Patologia em estruturas de concreto armado. **Trabalho de conclusão de curso** (Monografia) apresentada a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) Santa Maria–RS, 2015.

TUTIKIAN, Bernardo; PACHECO, Marcelo. Inspección, diagnóstico y pronóstico em la construcción civil. **Boletín Técnico**. ALCONPAT Internacional, Mérida, 2013.

VENTURA, Magda Maria. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. **Revista SoCERJ**, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007. http://sociedades.cardiol.br/socerj/revista/2007_05/a2007_v20_n05_art10.pdf

INVESTIGAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS VISÍVEIS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO

João Victor Marcelino Bitilher¹, Giovanni Santos Novaes Júnior¹, Lucas Fernandes da Silva Goltara², Josete Pertel³

¹Acadêmicos de Engenharia Civil – Multivix São Mateus (ES)

²Engenheiro Civil/Especialista/Docente - Multivix São Mateus (ES)

³Doutora/Docente - Multivix São Mateus (ES)

RESUMO

Este estudo tem como objetivo geral estudar as manifestações patológicas, utilizando-se dos conhecimentos do ramo de patologia na construção civil para realizar a análise e caracterização do problema identificado nas pontes do Rio Cricaré e Rio Mariricu em São Mateus (ES). O Estudo realizado envolveu a análise quanto as manifestações patológicas em duas pontes localizadas em São Mateus /ES. Foram selecionadas para o estudo de caso a Ponte Rio Cricaré e a Ponte Rio Mariricu. Quanto aos recursos metodológicos, foram utilizadas as ferramentas da pesquisa bibliográfica, estudo de caso e as pesquisas exploratória e descritiva. Com relação a análise das manifestações patológicas foi empregado o registro de fotos *in loco*, para a identificação das patologias e avaliação quanto ao grau e nível envolvendo as possíveis causas e origens. Diante dos resultados do estudo verificou-se que a Ponte sobre o rio Cricaré ou Ponte Régis Bittencourt, localizada sob as coordenadas 18°42'28"S 39°52'36"W, apresentou as seguintes patologias: Corrosão da armadura e carbonatação. Já na Ponte sobre o rio Mariricu conhecida como Ponte Roberto Arnizaut Silves, situada nas coordenadas 18°43'43"S 39°46'30"W, foram identificadas patologias como carbonatação, corrosão da armadura, manchas e rachaduras. As duas pontes analisadas apresentaram nitidamente pelas patologias observadas comprometimento de sua estrutura.

Palavras-chave: São Mateus (ES); estudo de caso; concreto armado; manifestações patológicas; pontes.

ABSTRACT

The general objective of this study the pathological manifestations, using knowledge from the field of pathology in civil construction to carry out the analysis and characterization of the problem identified in the bridges of the Cricaré and Mariricu Rivers in São Mateus (ES). The study involved the analysis of the pathological manifestations in two bridges located in São Mateus / ES. The Cricaré River Bridge and the Mariricu River Bridge were selected for the case study. Regarding the methodological resources, the tools of bibliographic research, case study and exploratory and descriptive research were used. Regarding the analysis of the pathological manifestations, the registration of photos in loco was used to identify the pathologies and evaluate the degree and level involving the possible causes and origins. Given the results of the study, it was found that the Bridge over the Cricaré River or Régis Bittencourt Bridge, located under the coordinates 18°42'28"S 39°52'36"W, presented the following pathologies: Corrosion of the reinforcement and carbonation. On the bridge over the Mariricu River, known as the Roberto Arnizaut Silveiras Bridge, located at coordinates 18°43'43"S 39°46'30"W, pathologies such as carbonation, reinforcement corrosion, stains and cracks were identified. The two bridges analyzed clearly showed compromised structure due to the pathologies observed.

Keywords: São Mateus (ES), case study, reinforced concrete, pathological manifestations, bridges.

1 INTRODUÇÃO

A Engenharia Civil desempenha um papel fundamental no crescimento e desenvolvimento sustentável da sociedade. Nesta proposta de projeto, será abordado um dos principais assuntos deste curso: as Patologias em construções, dando ênfase a uma análise de caso realizada para eludir e solucionar os problemas causados por tais manifestações patológicas apresentadas em tese, como resultado da má utilização e falta de manutenção das estruturas. Conforme Felix *et al.* (2018), “para o crescimento econômico da sociedade atual e o desenvolvimento sustentável, é necessário fazer uso de fatores como confiabilidade e durabilidade das estruturas”.

Helene (2003), destaca a relação entre as formações patológicas das edificações e os erros cometidos durante o processo de concepção da construção. De fato, as manifestações patológicas não ocorrem aleatoriamente ou de forma comportamental, geralmente estão relacionadas a falhas que ocorreram em uma ou mais fases do processo de construção. É fundamental entender as causas e o histórico do problema patológico para identificar em qual fase e processo ocorreu a inconformidade que deu origem à patologia. Dessa forma, é possível direcionar as ações corretivas e preventivas de maneira mais eficiente.

As manifestações patológicas estruturais são um dos principais problemas da falta de manutenção e má utilização da estrutura, resultando em desconforto e risco aos seus usuários, além da redução da vida útil de projeto. Doravante a proposta de estudo, será realizado um estudo de caso referente às manifestações patológicas existentes nas pontes Rio Cricaré e Rio Mariricu no município de São Mateus-ES, dando ênfase aos problemas causados nestas estruturas.

Mediante a este problema, pergunta-se: Quais as manifestações patológicas existentes nas pontes do Rio Cricaré e Rio Mariricu no município de São Mateus-ES, dando ênfase aos problemas causados nas estruturas de concreto?

O trabalho tem por objetivo geral estudar as manifestações patológicas, utilizando-se dos conhecimentos do ramo de patologia na construção civil para realizar a análise e caracterização do problema identificado nas pontes do Rio Cricaré e Rio Mariricu. Para tanto, como objetivos específicos, foram realizadas inspeções nas pontes sobre o Rio Cricaré e Mariricu a fim de identificar as manifestações patológicas; identificar por meio de observações superficiais as possíveis causas e origem das anomalias registradas e identificar a intensidade e manifestações de ocorrência que levaram à esta degradação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 DEFINIÇÃO DE PATOLOGIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Desde os tempos antigos o homem vem evoluindo e, juntamente com ele, as técnicas de sobrevivência e as necessidades do mesmo de se ajustar ao espaço em

que vive. A prática dessas ações levou-o a conhecer e entrar em uma nova era, a era das civilizações.

Nas palavras de Herani (2012), o rápido e acelerado desenvolvimento da construção civil para atender uma vasta demanda de obras na construção de edificações, sejam elas industriais, laborais ou habitacionais que foi alavancado pela própria modernização da sociedade, promoveu um grande salto tecnológico e científico.

Trindade (2015, p. 17) afirma que:

Com o surgimento do concreto armado e com as vantagens que o mesmo trazia sobre as demais técnicas e materiais empregados na época, logo foi vista uma brusca “aceleração” no uso deste material. Com este panorama, vieram também as manifestações patológicas que o mesmo pode causar devido ao desleixo, má utilização, mão de obra desqualificada ou até mesmo falta de conhecimento de como empregá-lo corretamente.

Para Zuchetti (2015), o processo de construção de uma edificação ocorre da seguinte forma: obtém-se a ideia inicial, em seguida o planejamento prévio, o projeto em si, a fabricação dos materiais que serão utilizados no canteiro de obras e a execução de todas as partes que compõe a edificação e seu devido uso. Ainda afirma que durante esse processo, podem ocorrer falhas e descuidos de diversos tipos que podem acarretar vícios e problemas construtivos em todas as etapas citadas acima. Gerenciar estes processos e melhorar a qualidade e o desenvolvimento de novas técnicas é o desafio constante da Engenharia Civil.

Problemas como carbonatação, oxidação de armadura de ferro e até mesmo fissuras podem ser reparados com a adoção dos requisitos mais abrangentes sobre as técnicas de construção apresentados em Normas que estabelecem coerência entre a teoria e a prática.

Mediante as falhas de elaboração e incorporação do projeto, há a necessidade de entender a origem, exibição, forma de manifestação, consequência e como ocorre esse processo de degradação das estruturas. Este estudo dá-se o nome de Estudo de Patologias nas Estruturas.

Zuchetti (2015) afirma que:

Patologia, de acordo com os dicionários, é a parte da medicina que estuda as doenças. A palavra patologia tem origem grega de “phatos” que significa sofrimento, doença, e de “logia” que é ciência, estudo. Então, conforme os dicionários existentes pode-se definir a palavra patologia como a ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças (Zuchetti, 2015, p. 7).

Segundo Costa (2009) a patologia é o estudo da manifestação defeituosa em peças, equipamentos ou acabamentos que constituem um edifício, ou também a ciência da engenharia que estuda as origens, causas e a natureza dessas manifestações patológicas que surgem na edificação.

Para Silva (2011) o maior equívoco empregado entre técnicos e leigos se dá ao fato da palavra patologia ser utilizada, repetidas vezes, para definir uma manifestação patológica. Empregando palavras apropriadas, a manifestação patológica é resultante de um mecanismo de degradação enquanto a patologia se trata de uma ciência embasada em um conjunto de teorias que explica os fatores que influenciaram na ocorrência e os mecanismos de certa manifestação patológica. Sabendo disto, fica evidente que a patologia é um termo que possui mais abrangência que a manifestação patológica, sendo ela uma ciência que visa explicar os fatos ocorrentes da degradação de uma estrutura de edificação e tudo o que está ligado a este.

É válido ressaltar que conhecer o problema para saber como tratá-lo e resolvê-lo é fundamental para o processo construtivo do projeto apresentado, além de restabelecer conforto e segurança para a população afetada. Problemas como carbonatação, oxidação de armadura de ferro e até mesmo fissuras podem ser reparados com a adoção dos requisitos mais abrangentes sobre as técnicas de construção apresentados em Normas que estabelecem coerência entre a teoria e a prática.

2.2 CAUSAS PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

Conforme Souza e Ripper (1998), o surgimento de manifestações patológicas em uma estrutura indica, ao final do processo de maneira geral, a existência de falhas identificadas na execução de uma das etapas do processo de construção da obra ou até mesmo falhas no controle de qualidade e nas atividades realizadas nesse processo.

Sobre os erros na concepção de projeto Oliveira (2013) diz que, muitas falhas acontecem na etapa de concepção do projeto ou do empreendimento. Podem ter origem nas etapas de lançamento do projeto estrutural (estudo preliminar), na etapa utilizada para executar o anteprojeto e, até mesmo, na execução do projeto, também chamada de projeto final de engenharia.

Segundo Silva e Jonov (2019), os erros de concepção do projeto de uma edificação estão ligados à má definição de cargas atuantes; deficiência no cálculo das estruturas; pouca ou nenhuma suficiência no detalhamento dos dados; Falhas e erros de dimensionamento; ausência de vergas e contravergas nas esquadrias e aberturas de alvenaria para resistir às cargas atuantes sem provocar fissuras na parede e a ausência de “sentimento estrutural” que permitirá maior sensibilidade mediante os erros de projeto em todas as etapas de elaboração e execução da obra.

As irregularidades presentes na execução de projetos estão ligadas às fases antecedentes de produção má elaborada dos envolvidos. Sendo assim, o surgimento de problemas patológicos pode ocasionar danos à estrutura da obra, além de reduzir sua vida útil de projeto (VUP).

Dando continuação, segundo Silva e Jonov (2019), alguns dos erros ocorridos na execução do projeto são mão de obra desqualificada e incapacitação profissional; falta de alinhamento e enquadro em estruturas ou alvenarias e flechas excessivas em lajes.

Entre os erros na execução da obra para Souza e Ripper (1998) citam, as causas patológicas que são manifestadas por manutenção irregular ou nenhuma da estrutura, têm sua origem do desconhecimento técnico, utilização de forma errônea ou até mesmo em problemas econômicos. A falta de verbas destinadas à manutenção das mesmas tem sido um agravante responsável pelo surgimento destas anomalias estruturais.

Para Herani (2012) é correto afirmar que, deseja-se, em amplitude moderna, estabelecer definições para as obras que serão executadas. Ainda afirma que, os envolvidos precisam estar cientes que os materiais não são perpétuos, porém envelhecem e precisam de tratamento e manutenção adequados para prosseguirem em suas devidas funções.

2.3 DESEMPENHO, VIDA ÚTIL E ESTADOS LIMITES DAS ESTRUTURAS

De acordo com a ABNT NBR 6118 de 2014 (item 6.1), as estruturas de concreto devem ser construídas e projetadas de acordo com as condições do ambiente

previstas para a época de projeto e, utilizadas de modo que preserve a segurança, aptidão e estabilidade durante o período de vida útil.

Ainda segundo a ABNT NBR 6118 de 2014 (item 6.2.1), vida útil de projeto é o período de tempo na qual as características das estruturas de concreto são mantidas, desde que sejam atendidos os requisitos de manutenção e uso descritos pelo construtor e pelo projetista assim como executar a reparação de danos acidentais caso se faça necessário.

De acordo com Souza e Ripper (1998), o desempenho é o comportamento que cada produto exerce durante sua vida útil na qual se espelhará, sempre, do resultado desenvolvido nas etapas de projeção, construção e manutenção.

Para que uma estrutura de concreto atenda as condições de uso para a qual foi designada, é necessário que a mesma desempenhe papéis importantes, como: funcionalidade, durabilidade, conforto e segurança para os usuários. Se estes fatores não são atendidos, logo, diz-se que a estrutura atingiu um Estado Limite funcional ou estrutural.

Todo elemento estrutural de uma edificação está sujeito ao surgimento de problemas causados por patologias que se manifestam como agentes causadores de danos na estrutura; cargas de ações variáveis, permanentes, excepcionais, má utilização dos recursos disponíveis para agregar segurança e durabilidade, comprometendo então, a vida útil de projeto já que as especificações estabelecidas em norma não foram cumpridas.

Para Jâcome e Martins (2005) vale atentar-se para a origem do problema que permite a identificação de quem cometeu a falha se a origem do problema se deu na fase de projeto, o projetista falhou; se a origem está na qualidade do material utilizado, o fabricante errou; se o problema manifestado estiver na etapa de execução da obra, trata-se de falha de mão de obra/empreiteiro ou até mesmo de fiscalização e se o problema se estabeleceu na etapa de uso, a falha é da operação e manutenção responsável.

Ainda para Jâcome e Martins (2005), a grande porcentagem das manifestações patológicas surge nas etapas de planejamento e projeto, sendo assim, mais graves do que as falhas empregadas na qualidade dos materiais utilizados ou má execução.

Para os autores Scheidegger e Calenzani (2019, p.76):

Toda obra depois de concluída possui um período de vida útil estimado baseado em análises e observações sobre ela. Porém, muitas vezes antes mesmo do prazo atribuído a referente obra estar próximo, a mesma já apresenta um quadro de desempenho abaixo do esperado proveniente da falta de manutenção periódica que fazem com que manifestações iniciais de patologia se evoluam gerando até mesmo uma insegurança estrutural para o proprietário.

2.4 PRINCIPAIS DOENÇAS PATOLÓGICAS DECORRENTES DA UMIDADE DO AMBIENTE

De acordo com Scheidegger e Calanzani (2019) é possível encontrar no concreto diversas formas de manifestações patológicas. Algumas muito comuns, abordadas como: Infiltração, manchas, bolor ou (mofo) e eflorescência, são facilmente reconhecidas e servem como alerta para evitar a propagação destas anomalias às demais regiões da estrutura.

Para Silva e Jonov (2019) as manifestações de manchas no concreto seguirão acompanhadas ou não pelo surgimento de eflorescências ou vesículas exposta na origem do problema. Ainda segundo este autor, quando se utiliza uma tinta impermeável, os depósitos de eflorescência surgem entre as camadas de tinta e de reboco, o que comprometerá a aderência entre ambas, além de provocar o surgimento de bolhas, permitindo assim, a percolação da água entre o revestimento e a tinta de tal alvenaria comprometendo a estrutura.

As Trincas, fissuras e rachaduras, conforme Oliveira (2013) são um dos tipos mais comuns de manifestações patológicas que podem ser encontradas em elementos estruturais de uma edificação (lajes, vigas, pisos, pilares, entre outros) causadas, geralmente, pela ação de tensão de tração dos materiais. Ainda segundo o autor, se houver um esforço solicitado maior que a resistência do material, este estará sujeito a falhas provocadas pela abertura, variando conforme sua espessura, como mostrado abaixo na Tabela 1:

Tabela 1 – Anomalias causadas por manifestações patológicas aparentes.

Anomalias	Aberturas (mm)
Fissura	até 0,5
Trinca	de 0,5 a 1,5
Rachadura	de 1,5 a 5,0
Fenda	de 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

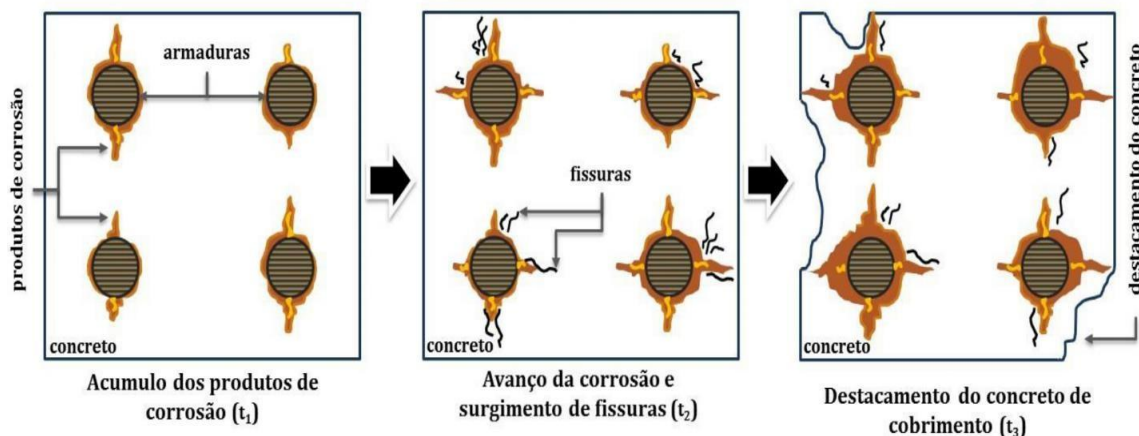
Fonte: Oliveira, 2013.

Segundo Silva e Jonov (2019) outro tipo de fissura aparente caracterizada pela ação da umidade é aquela encontrada em muros por meio da absorção de água através da chuva regional ou até mesmo do orvalho, ocasionada pela movimentação diferencial da argamassa do topo que acaba por destacar-se do corpo do muro.

Soares et al. (2015) mencionam que, a deterioração do concreto pode ter sua origem em fatores mecânicos, físicos ou químicos já que armaduras de aço-carbono sofrem o processo de corrosão em tempo recorde e precisam de uma rápida e eficiente atenção na avaliação e manutenção nas falhas expostas. Para amenizar os efeitos que este problema patológico causa nas estruturas, é necessário que a busca por materiais mais resistentes às propriedades de corrosão do concreto seja mais eficiente mesmo que apresente um custo inicial muito elevado.

Segundo estes autores abordados no texto acima (item 3.4.3), a corrosão é definida pelo processo de interação entre o material e o meio ambiente provocando reações que estão ligadas aos agentes naturais de deterioração do material utilizado em pauta. No caso do concreto armado, essas anomalias podem se apresentar como fissuras, manchas aparentes, perda de massa do concreto, destacamento do cobrimento da ferragem e, conseqüentemente, na redução da seção da estrutura (Imagem 1).

Imagem 1 – Estágio dos danos causados no concreto através da corrosão das armaduras.



Fonte: Felix et al., 2018.

Conforme, ainda, Soares et al. (2015), a manifestação da corrosão não ocorre no concreto, mas nas armaduras (barras de aço) presentes dentro dele. Sendo assim, como prevenção, faz-se necessário a proteção destas barras com a própria utilização do concreto, respeitando o seu cobrimento e suas respectivas funcionalidades a fim de evitar danos causados por corrosão e oxidação da estrutura.

De acordo com Scheidegger e Calanzani (2019) para que não haja uma manifestação prematura das doenças patológicas citadas no decorrer do trabalho, faz-se necessário a exigência de medidas preventivas para evitar o acelerado desenvolvimento de tais anomalias que possam dificultar a restauração das estruturas afetadas. Assim, o presente trabalho tem por finalidade o levantamento de estudos de patologias além de identificar como estas se manifestam em uma estrutura de concreto armado, proporcionando aos leitores um maior entendimento do assunto proposto.

Acerca da corrosão através de íons de cloreto, “a penetração de íons cloreto pode ocorrer mediante a estrutura porosa ou como componente dos elementos constituintes do concreto, sendo no processo de dosagem recomendado a sua utilização até 0,4% do peso do cimento” (Souza; Ripper, 1998, p.12).

O processo de despassivação da armadura consiste na ruptura local da camada de passivação, causada pelo elevado teor de íon-cloro, podendo ocorrer mesmo com o pH elevado por causa dos íons. O recomendável para uma medida preventiva com finalidade de dificultar a penetração dos agentes agressivos no interior do concreto, de acordo com a NBR 6118 (2014), seria a utilização de concreto de pequena porosidade. O uso de cimento composto de aditivos de escória ou material pozzolânico também é bem aceitável.

A carbonatação ocorre quando o gás anidrido carbônico (CO_2) presente na atmosfera, pode adentrar-se nos poros do concreto e obter uma reação com o hidróxido de cálcio existente na água do concreto, formando então o carbonato de cálcio. Com isso, acontecerá a carbonatação, onde ocorre a redução do pH para outros valores abaixo de nove, no qual valores inferiores a sete se tornam uma solução ácida.

O concreto, após sofrer a hidratação dos silicatos da pasta do cimento, libera Ca(OH)_2 , passando a ter uma alta alcalinidade, obtendo um pH da mistura entre 12 e 13 e se tornando assim um meio alcalino que promove a formação de um filme de óxido no aço, protegendo contra a corrosão. Porém de acordo com Silva (2008), em condições normais, o CO_2 atmosférico penetra no concreto e reage com o Ca(OH)_2 , diminuindo o pH para valores menores que 10, dando início as reações químicas da carbonatação, que se inicia na parte externa a partir do transporte de dióxido de carbono para dentro da peça através da difusão.

3 METODOLOGIA

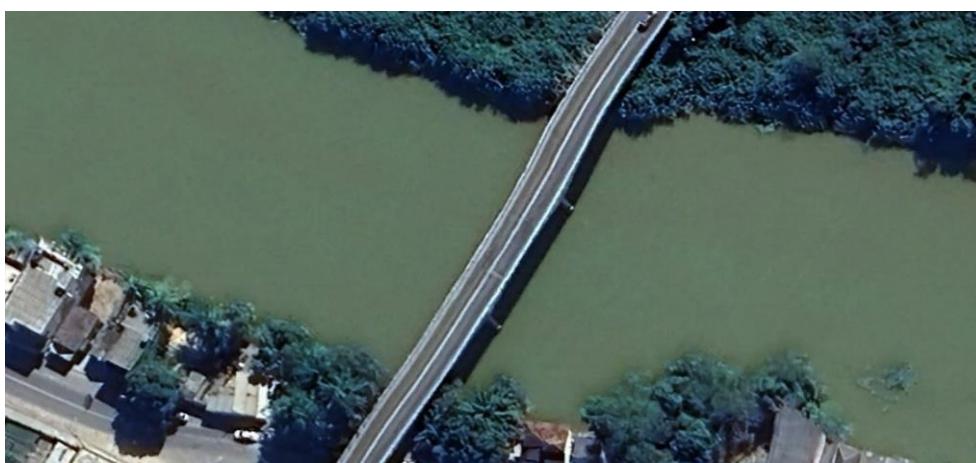
Segundo a Yin (2001, p. 21) “em resumo, o estudo de caso permite uma investigação para se preservar as características holísticas e significativas dos eventos da vida real”. Ainda segundo o autor, destacam-se os objetivos principais do Estudo de Caso que são compreender os fenômenos que estão sendo estudados para a elaboração de teorias específicas a respeito do que está sendo observado; além de descrever os respectivos fatos e situações em estudo, visa-se, também, conhecer o fenômeno estudado para comprovar ou contrastar evidências apresentadas ao caso; o estudo de caso tem por objetivo explicar, explorar, descrever, transformar e/ou avaliar evidências para a coleta de dados pertinentes da pesquisa realizada para apresentar soluções para o problema descrito.

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa aplicada de caráter exploratório. Mediante um levantamento de dados qualitativos nas pontes sobre os rios Cricaré e Mariricu, na cidade de São Mateus – ES. O estudo propõe uma análise técnica dos problemas a serem encontrados nessas estruturas, buscando explicar as inconformidades referentes às variadas manifestações patológicas.

Esta proposta de projeto é de caráter exploratório com enfoque em um estudo de caso descrito na delimitação do tema deste trabalho, visando abordar e caracterizar manifestações patológicas que possam prejudicar a vida útil de projeto de uma construção, bem como colocar em risco a segurança da população que faz uso dessas vias.

Dentre as construções a serem analisadas, a principal delas trata-se da Ponte Edmundo Regis Bittencourt localizada na BR 101 no município de São Mateus-ES. A estrutura interliga as margens do Rio Cricaré e desempenha um importantíssimo papel no tráfego interestadual entre o Espírito Santo e o sul da Bahia (Imagem 2 e 3).

Imagem 2 – Ponte sobre o Rio Cricaré - São Mateus (ES)



Fonte: Google Maps – satélite, 2023.

Com sua construção iniciada em 1953, a obra já apresenta aproximados 70 anos em funcionamento, tendo sido considerada na data de sua inauguração uma das maiores pontes do Brasil e a terceira maior do Espírito Santo (IBGE, 2023). Apesar da idade, a estrutura diariamente suporta um alto fluxo de veículos, dentre eles carretas e caminhões transportando elevadas cargas.

Imagem 3 - Ponte sobre o Rio Cricaré - São Mateus (ES)



Fonte: IBGE, 2023.

A segunda estrutura trata-se da ponte sobre o rio Mariricu (Imagem 4). Segundo a população local esta obra foi concluída no final da década de 90, dando sequência a um projeto de crescimento e urbanização da Ilha de Guriri. A ponte é hoje a única via de acesso direto à ilha de Guriri, que por sua vez compreende atualmente uma grande faixa litorânea urbanizada. Os fatores citados, junto ao crescimento urbano, fazem com que a estrutura se torne passagem de um fluxo cada vez maior de veículos, sendo esses dos mais variados tamanhos e pesos (Imagem 4).

Imagem 4 –Ponte sobre o Rio Mariricu - São Mateus (ES)



Fonte: Google Maps – satélite, 2023.

Como descrito, o papel exercido por essas estruturas considerando o fluxo de veículos que transitam sobre elas, traz à tona questionamentos sobre os possíveis desgastes estruturais aflorados com o tempo. Diante da importância das duas pontes e as características do ambiente no qual estão inseridas, torna-se ainda mais necessárias tais indagações. Identificados os problemas, pode-se planejar as medidas tratativas de manutenção, garantindo a segurança da construção.

Sendo assim, em visita a campo foram identificadas algumas manifestações patológicas aparentes, registrada em fotografias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE LOCALIZAÇÃO DAS PONTES

Um importante fator a ser considerado ao analisar construções em locais litorâneas é a maresia, sendo essa um agravante para o desenvolvimento de manifestações patológicas em tais estruturas. A maresia se caracteriza pela umidade acompanhada de gotículas de água salgada vindas do mar. Ao entrar em contato com os metais, essa “umidade acaba acelerando o processo de oxidação que por sua vez acarreta vários prejuízos para a estrutura” (Carvalho et al., 2023, p. 5). Ambas as pontes, objetos desse estudo, encontram-se próximas ao litoral, estando a Ponte Rio Mariricu a 3,1 Km do mar e a Ponte Rio Cricaré a 13,8 Km do mar.

Quanto ao solo, segundo o Incaper (2014), a ponte Rio Mariricu está construída sob um Neossolo Quartzarênico hidromórfico + Espodossolo Humilúvico órtico espessoarênico. Este solo está presente em boa parte do litoral norte do estado e apresenta uma textura arenosa. Por sua vez, na região de localização da Ponte Rio Cricaré predomina-se o Argissolo Amarelo Distrocoeso abráptico (e não abráptico). Solo mais comum, com predominância a leste do estado, possuindo uma textura variando entre argilosa e areno-argilosa.

Tratando-se da pluviosidade, segundo o Incaper (2014), entre os anos de 1984 e 2021 a precipitação média anual no município esteve entre 1051 mm e 1100 mm. Assim, como nas demais regiões, os maiores índices pluviométricos são registrados durante o verão, no final e nos meses iniciais de cada ano.

Essa variação sazonal implica diretamente no nível da água dos rios que acompanham a intensidade da precipitação na bacia. Tal ocorrência também deve ser considerada, pois gera ainda mais desgaste na estrutura devido à variação da temperatura, umidade e força mecânica das correntes d'água.

4.2 ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS VISÍVEIS

4.2.1 Ponte Rio Cricaré

- Carbonatação e corrosão da armadura

Na estrutura da Ponte do Rio Cricaré observa-se visível danos da estrutura do concreto, conforme Imagem 5 abaixo.

Imagem 5 – Armadura exposta na ponte Rio Cricaré



Fonte: Elaborada pelos autores.

Conforme Quadro 1 abaixo estão elencadas as possíveis origens, causas e consequências das patologias identificadas na Ponte do Rio Cricaré em São Mateus (ES).

Quadro 1 - Possíveis origens, causas e consequências das patologias identificadas na Ponte do Rio Cricaré em São Mateus quanto a carbonatação e corrosão da armadura

Estudo de Caso - Ponte do Rio Cricaré	
Possíveis origens	Camada de cobrimento muito fina, material inadequado, falta de manutenção.
Causas	O CO ₂ penetra no concreto e reage com os compostos alcalinos do cimento, formando carbonato de cálcio. Esse processo de carbonatação diminui o pH do concreto, tornando-o menos alcalino.
Consequências	Pilares de concreto armado contêm barras de aço que oferecem resistência à tração. Quando o concreto carbonata, o aço fica mais suscetível à corrosão. Isso enfraquece a estrutura e pode levar a rachaduras e danos. Como resultado tem-se perda de resistência. O concreto carbonatado pode perder parte de sua resistência devido à corrosão do aço de reforço e à redução da alcalinidade. Isso pode comprometer a capacidade da estrutura de suportar cargas.

4.2.2 Ponte Rio Mariricu

a) Corrosão da armadura e desgaste do cobrimento do concreto

Na estrutura da Ponte do Rio Mariricu observa-se danos da estrutura do concreto com perda de cobrimento e armadura exposta, conforme Imagem 6.

Imagem 6 – Perda de cobrimento e armadura exposta na ponte Rio Mariricu



Fonte: Elaborada pelos autores.

Quadro 2 - Possíveis origens, causas e consequências das patologias identificadas na Ponte do Rio Mariricu em São Mateus quanto a Corrosão da armadura e desgaste do cobrimento do concreto

Estudo de Caso - Ponte do Rio Mariricu	
Possíveis origens	Má execução da obra, utilização de materiais inadequados e/ou falta de manutenção. Visivelmente a camada de revestimento encontra-se violada e por isso o aço está em contato direto com o ar e com a maresia.
Causas	Especialmente os íons de cloreto, sulfato, dióxido de carbono, além da ação de outros líquidos e gases.
Consequências	Diminuição da seção transversal do aço por meio da destruição da camada passivadora que protege o aço e a despassivação da armadura que acarretará corrosão da mesma, menor aderência aço-concreto, menor resistência mecânica da estrutura.

b) Manchas e bolores

Observa-se na Ponte do Rio Mariricu a presença de várias manchas grandes e bolores principalmente na parte inferior (Imagem 7).

Imagem 7 – Manchas e mofos no concreto na Ponte Rio Mariricu



Fonte: Elaborada pelos autores.

Quadro 3 - Possíveis origens, causas e consequências das patologias identificadas na Ponte do Rio Mariricu em São Mateus quanto a presença de manchas e bolores

Estudo de Caso - Ponte do Rio Mariricu	
Possíveis origens	Má execução da instalação hidráulica acoplada à ponte e/ou falta de manutenção do encanamento. Negligência na execução da obra especialmente na fase de impermeabilização. Ausência de pingadeiras.
Causas	Umidade excessiva e constante, que contribui para proliferação de fungos.
Consequências	Prejuízos estéticos, manutenção da alta umidade, diminuição da vida útil da estrutura podendo resultar em pequenas fissuras no concreto e exposição da armadura a longo prazo a depender da evolução do problema..

c) Rachaduras próximo ao encontro da ponte

Analisando a ponte Rio Mariricu in loco verificou-se a presença de rachaduras visíveis e em estágio avançado na estrutura próxima ao ponto de contato com a ponte (Imagem 8).

Imagem 8 – Brecha no encontro da ponte Rio Mariricu



Fonte: Elaborada pelos autores

Quadro 4 - Possíveis origens, causas e consequências das patologias identificadas na Ponte do Rio Mariricu em São Mateus quanto Rachaduras próximo ao encontro da ponte

Estudo de Caso - Ponte do Rio Mariricu	
Possíveis origens	Má execução da obra, falta de manutenção, utilização e escolha errada dos materiais, erro na etapa de projeto acarretando subdimensionamento do aço na seção. Erros na construção, como má compactação do concreto, falta de aderência entre camadas de concreto ou excesso de água na mistura do concreto.
Causas	As brechas e rachaduras em pontes podem ter várias causas, muitas das quais estão relacionadas ao envelhecimento, desgaste e outros fatores.
Consequências	Diminuição considerável da resistência da estrutura pondo em risco a segurança dos usuários da via

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao término da análise observou-se que, dentre as duas pontes, a Ponte do Rio Mariricu apresenta um estado de conservação muito inferior. A única patologia considerável registrada na ponte Rio Cricaré não apresenta parâmetros necessários para se concluir sobre a segurança e o estado da construção.

A Ponte Rio Cricaré, foi observado um estado de conservação superior ao esperado. Em conversa com a população local, verificou-se que a ponte passou recentemente por reformas superficiais, o que consequentemente impediu a identificação de possíveis manifestações patológicas encobertas. Esse fato também pode ser justificado pela localização da estrutura que se encontra mais distante do litoral, recebendo um efeito ameno da maresia. Mesmo diante da possibilidade de haver problemas não identificados nas fotografias, pode-se considerar que a ponte está em um bom estado tendo em vista o seu tempo de vida. Para constatar esta afirmação, seria necessária uma análise mais detalhada baseada em outros parâmetros além da visualização.

A Ponte Rio Mariricu, mediante as várias manifestações patológicas identificadas, constatou-se que existem negligência quanto à manutenção desta obra. Como um agravante aos problemas encontrados nessa ponte está a ação da maresia, que acelera o processo de deterioração. Foi possível observar que algumas

das áreas de pouca cobertura de concreto foram afetadas de forma intensa, especialmente os guarda-corpos.

As rachaduras presentes na estrutura das pontes, além de trazerem um alerta, possivelmente já ocasionaram perda substancial de resistência em pontos importantes. Sendo assim, considerando o estado de conservação da estrutura, o grande fluxo de veículos que trafegam sobre a ponte e sua importância para a região é essencial que haja uma intervenção. Para evitar o aparecimento de outras rachaduras graves e garantir a segurança da ponte, é fundamental realizar inspeções regulares e implementar medidas de manutenção e reparo adequadas. Rachaduras pequenas podem ser reparadas para prevenir problemas mais sérios no futuro, enquanto rachaduras maiores podem exigir reparos mais extensos ou até mesmo a substituição de partes da estrutura. A manutenção adequada é crucial para garantir a integridade e a durabilidade de construções como essas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – procedimento. 2 Ed., Rio de Janeiro, 2014. 221p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas – procedimento. 2Ed., Rio de Janeiro, 2004. 18p.

CARVALHO, B. W. S, *et al.* **Manifestações patológicas em edificações com estruturas de concreto armado causadas pela maresia**: um estudo de caso em uma edificação no litoral de fortaleza. Fortaleza 2023;

COSTA, VC de C. **Patologia em edificações**: Ênfase em estruturas de concreto. Monografia (Engenharia Civil) - Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2009.

FELIX, E.F. “Análise da vida útil de estruturas de concreto armado sob corrosão uniforme por meio de um modelo com RNA acoplado ao MEF”. **REVISTA ALCONPAT**, São Paulo, 31 jan. 2018. Disponível em: <<https://revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/256>>. Acesso em: 10 jun. 2018.

FRANÇA, A.A.V et al. Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil. <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2011/07/Artigo-Techne-174-set-2011-Prof.pdf> Acesso em: 3 set. 2023.

HELENE, Paulo R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 2003.

HERANI, Thais da Silva A.G. **Patologias e tratamentos estruturais no metrô de São Paulo**. Monografia, especialista em Construção Civil – Escola de Engenharia. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo. 2012. 73p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Ponte sobre o Rio São Mateus: São Mateus, ES**. Biblioteca-catálogo. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=438900> Acesso em: 10 set. 2023.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA - INCAPER; ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL; **Precipitação Média Anual no Espírito Santo (1984-2014)**. Vitória, 2014. Disponível em: <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/mapas-de-chuva-normal-climatologica-album>. Acesso em: 3 set. 2023.

JÂCOME, C.C.; MARTINS, J.G. **Identificação e tratamento de patologias em edifícios**. Monografia (pós graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado do Amazonas. 1Ed., 2005. 119p.

NAZÁRIO, D.; ZANCAN, E.C. apud ZUCHETTI, P.A.B. **Patologias da construção civil: investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no vale do taquari/rs**. Trabalho de Conclusão de Curso, bacharel em Engenharia Civil – Univates. Centro Universitário. Lajeado (RS). 2015. p. 7.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso, graduação em Engenharia Civil – Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2013. 107f.

POZZEBON, M; FREITAS, H.M.R. **Pela Aplicabilidade – com um maior Rigor Científico – dos Estudos de Caso em Sistemas de Informação**. Trabalho acadêmico, aplicabilidade do Estudo de Caso. *Sine loco* [S.l]. 1998. p. 143 – 170.

SCHEIDERGGER, G.M.; CALENZANI, C.L. Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo. Março 2019. 3 Ed. Vol. 5, p. 68 – 92. <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/recuperacao-e-reparo> Acesso em: 3 set. 2023.

SILVA, Aguinaldo Salomão. **A prática pedagógica da educação ambiental: um estudo de caso sobre o Colégio Militar de Brasília**. Orientador: Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti. 2008. 112 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SILVA, F.B. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil**.

SILVA, P.A.P; JONOV, C.M.P. **Patologia das construções, erros na concepção de projeto**. Curso de especialização em Construção Civil, UFMG – Área: Sustentabilidade e gestão do ambiente construído. Agosto, 2019. Disponível em: <<http://www.demc.ufmg.br/adriano/Patologia%20das%20Construcoes.pdf>>. Acesso em: março, 2020.

SOARES, A.P.F. Corrosão em armaduras de concreto. **Cadernos de graduação ciências exatas e tecnológicas**. Maceió. Novembro 2015. p. 178 – 188.

SOMA URBANISMO. Buritis Residencial. **Soma Urbanismo Loteamentos**. São Mateus, fev. 2012 – fev. 2014. Disponível em: <<https://www.somaurbanismo.com.br/buritis/>>. Acesso em: 07 de jun. 2020.

SOUZA, V.C.M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1.ed. São Paulo. Editora Pini Ltda. 1998. 262p.

TRINDADE, Diego dos Santos. **Patologia em estruturas de concreto armado**. Trabalho acadêmico, bacharel em Engenharia Civil – Centro de Tecnologia. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, RS. 2015. p. 18.

YIN, Robert K. **Estudo de Casos: Planejamento e métodos**. 3Ed. *Sine Loco* [S.l]: Grupo A – Bookman. 2012.

ZUCHETTI, P.A.B. **Patologias da construção civil: investigação patológica em edifício corporativo de administração pública no vale do taquari/rs**. Trabalho de Conclusão de Curso, bacharel em Engenharia Civil – Univates. Centro Universitário. Lajeado (RS). 2015. p. 1 – 2.

VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS EM PROPRIEDADE RURAL

Adriano Vignatti¹, Igor Barcellos da Costa¹, Letícia Maria Rocha dos Santos¹, Nathan Ben Hur Gomes Ferreira¹, Thales Batista Souza¹, Willian Zucolotto Giacomini¹, Pedro Junior Zucatelli²

¹Acadêmicos de Engenharia Mecânica – Multivix São Mateus (ES)

²Doutor/Engenheiro de Petróleo/ Docente - Multivix São Mateus (ES)

RESUMO

Diante do atual cenário mundial em buscar alternativas econômicas e não poluentes para o consumo de energia elétrica, o presente trabalho objetivou demonstrar a viabilidade econômica da implantação de painéis fotovoltaicos em uma fazenda no estado de Minas Gerais. Tem ainda, que o objetivo geral do estudo foi analisar o investimento, calcular as variáveis e valores do projeto, identificar o melhor local para instalação, conforme incidência solar, e quantificar o tempo para o PayBack. O trabalho empregou a pesquisa aplicada, pesquisa exploratória e bibliográfica pois além de estar voltada à aquisição de conhecimento, tem a finalidade de solucionar problema. Os resultados demonstraram que o estudo da implantação de energia solar como opção para redução de custo é viável, considerando as informações projetadas.

Palavras-chaves: sistema solar fotovoltaico; energia renovável; viabilidade econômica.

ABSTRACT

Given the current global scenario of seeking economic and non-polluting alternatives for the consumption of electrical energy, this study aimed to demonstrate the economic viability of installing photovoltaic panels on a farm in the state of Minas Gerais. It also aims to analyze the investment, calculate the project variables and values, identify the best location for installation, according to solar incidence, and quantify the time for PayBack. The study covered applied research, since in addition to being focused on the acquisition of knowledge, it aims to solve problems. The

results demonstrated that the study of the implementation of solar energy as an option for cost reduction is viable, considering the projected information.

Keywords: photovoltaic solar system; renewable energy; economic viability.

1 INTRODUÇÃO

Como grande responsável pela sobrevivência da vida na terra, o astro sol é visto como fonte de energia inesgotável. Sabe-se assim a existência de diferentes tipos de energias renováveis, que vem sendo utilizadas pelos países desenvolvidos e em desenvolvimento, são eles: energia geotérmica, energia hidráulica, energia solar, energia eólica, energia maremotriz e a energia fotovoltaica a qual será o foco desta pesquisa (Silva, 2016).

A energia Fotovoltaica atua através da obtenção da luz solar. De acordo com o Ministério de Minas e Energia, em 2016 a participação de fontes renováveis na matriz energética brasileira foi de 43,5%. Considerando apenas a geração de energia elétrica, a participação de renováveis no Brasil totalizou 81,7%, enquanto o índice mundial é de pouco mais de 20%.

Sendo uma tecnologia que produz eletricidade limpa, com recurso apenas à energia do sol, que é uma fonte de energia contínua e limpa, os painéis solares têm mais vantagens do que desvantagens. (...) representa um bom investimento para o futuro, pois o mesmo tem uma garantia a longo prazo (Reis, 2019, s/p).

Desta forma, a utilização dos painéis Fotovoltaicos para o consumo de energia em um lugar, representará uma garantia com longa durabilidade sem afetar o meio ambiente, mas, utilizando dele seus recursos naturais.

O conhecimento dos painéis fotovoltaicos e sua aplicabilidade é fundamental para o homem do campo, visto que suas técnicas podem ser usadas como estratégias para fortalecer um ambiente mais sustentável, e, principalmente, ajudar a diminuir os custos com a energia elétrica.

Além disso, dependendo do local, como em algumas comunidades isoladas, as energias renováveis podem ser consideradas como alternativa para geração de energia, devido à falta de disponibilidade de combustíveis fósseis. No entanto, todas as fontes de energia devem ser utilizadas de maneira sustentável e econômica para que possam garantir sua utilização de forma contínua e segura (Guardabassi, 2006 *apud* Borges et al, 2016, p.25).

As novas tecnologias relacionadas a energias renováveis vêm se tornando cada vez mais possíveis para utilização do homem, que sempre está buscando melhorias e maior viabilidade econômica.

O projeto de implantação de painéis fotovoltaicos foi desenvolvido para ser aplicado em uma determinada fazenda produtora de leite no nordeste de Minas Gerais. Para tal implantação é necessário fazer estudos para saber ao certo se é viável tal investimento, levando em conta que o capital inicial a ser investido é elevado.

Também deve-se levar em conta a quantidade de energia que é consumida, o valor que é pago mensalmente com todas as despesas cobradas pela empresa fornecedora de energia elétrica de tal região, o valor total de investimentos e quanto, economicamente, será reduzido após a instalação do projeto, assim tornando visível se há viabilidade econômica na implantação do projeto.

A energia solar é um aliado aos painéis fotovoltaicos e para que possa haver maior exploração desses recursos naturais foram diagnosticados alguns problemas que podem ser superados como a falta de investimentos, falta de informações de quanto tempo essa energia duraria, localizações no território brasileiro e de tecnologias altamente qualificadas.

A orientação solar de um edifício é muito importante para que se possa fazer um aproveitamento da energia solar, contribuindo assim para o bom desempenho energético de um edifício. De maneira geral, para quem vive no hemisfério sul o lado norte é aquele que recebe maior radiação solar ao longo do dia. Este será, portanto, a orientação privilegiada para fazer o aproveitamento dos ganhos solares (Vettorazzi, 2015, p.1).

Assim, a pesquisa visa responder o seguinte questionamento: Quais são as vantagens para propriedades rurais utilizar os painéis fotovoltaicos?

Como objetivo geral busca-se analisar a viabilidade econômica da implantação de painéis fotovoltaicos em uma determinada fazenda, buscando alcançar um projeto que além de sustentável, seja viável seu investimento. E como objetivos específicos pretende-se: projetar um sistema de placas fotovoltaicas, que seja viável em uma determinada fazenda no estado de Minas Gerais, assim analisando o investimento com cálculos das variáveis VAL, TIR e *PayBack* descontado; calcular o valor do projeto total, levando em conta o mercado brasileiro, tais como, mão de obra, frete e impostos, analisando, também, a depreciação durante a vida útil do sistema; e analisar o melhor local na propriedade, para que

haja um maior rendimento da coleta dos raios solares, avaliando fatores como, clima e geografia do lugar.

O projeto justifica o comprometimento de todos com as energias renováveis e conscientização de preservação do meio ambiente, haja vista que trará benefícios tanto para o homem como para a natureza. Com os resultados obtidos será possível alcançar um marco inicial para novas aplicações de energia renovável nas demais propriedades rurais. E assim oferecer incentivos à agricultura familiar, principalmente nas atividades leiteiras entre outras, com a inserção da nova tecnologia.

No presente artigo, descreve-se detalhadamente como foi projetado e realizada a medição de custos na implantação do sistema fotovoltaico na fazenda, sobretudo, explicando sobre o consumo de energia, cálculo de quantidade de placas fotovoltaicas, seleção de inversor, como funciona um sistema *on grid*, dimensionamento do projeto, além de frisar os principais fatores que compõem a efetivação do projeto, para saber se o que está em questão tem uma boa viabilidade econômica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO MUNDO

A energia é um recurso natural de grande importância para a população mundial, vez que os seres humanos são totalmente dependentes das fontes de produção de energia. Os países industrializados sobrevivem 66% das fontes de energias não renováveis, ou seja, dependem de fontes que um dia estarão extintas. Atualmente, os principais combustíveis utilizados na geração de energia são: petróleo, carvão mineral e o gás natural.

A seguir, a Tabela 1 apresenta uma base de dados mostrando as diversificadas fontes de energia utilizadas e a evolução da matriz energética mundial de 1973 a 2010.

Tabela 1 – Apresentação da evolução da matriz energética entre os anos 1973 à 2010

	FONTES DE ENERGIA						
	Derivados de petróleo	Eletricidade	Gás natural	Carvão	Biomassa	Outras**	Total (em Mtep) *
1973	48,1%	9,4%	14,0%	13,70%	13,20%	1,60%	4674
2010	41,2%	17,7%	15,2%	9,80%	12,70%	3,40%	8677

Fonte: Adaptado de Brasil, 2010.

Já a Tabela 2 divide as fontes de energia entre renováveis e não renováveis, e demonstra a variação de como estão sendo consumidas no mundo (Brasil, 2010).

Tabela 2 – Consumo de Energia Elétrica por Tipo no mundo

TIPOS	1973	2010
Renováveis	24,20%	33,80%
Não Renováveis	75,80%	66,20%

Fonte: Adaptado de Brasil, 2010.

Nos países emergentes a maratona pelas energias renováveis já começou. No ano passado, pela primeira vez, o volume total de energia eólica instalada nos países desenvolvidos superou o dos Estados Unidos e da Europa juntos. Só a China colocou de pé 16.000 megawatts em 2010, pouco mais de uma Itaipu. Hoje o continente asiático responde por 30% do consumo mundial de energia, sendo provável que até 2030 a fatia suba para 38% (Exame, 2011).

Juntamente com o desenvolvimento econômico, outra viável que determina o consumo de energia é a população, indicador obtido tanto pela comparação entre taxas de natalidade e mortalidade, quanto pela mediação de fluxos migratórios. No Brasil, entre 2000 e 2005, essa taxa teve uma tendência de queda relativa registrando variação anual de 1,46%, segundo relata estudo denominado Análise Retrospectiva constante do Plano Nacional de Energia 2030, produzido pela empresa de pesquisa energética (IPEA, 2016).

Conforme dados do IPEA (2016) a tendência do consumo de energia no período foi de 13,93%, caminhando de acordo com o desempenho mundial da economia. O produto interno bruto do país no mesmo período registrou um acréscimo acumulado de 14,72%. A série constante do balanço energético nacional de 2008, do Ministério de Minas de Energia, mostra que em todo o período, que vai de 1970 a 2007, de uma maneira geral, a tendência tem sido de expansão do consumo global de energia, o que abrange derivados de petróleo, gás natural, energia elétrica entre outros. De 1990 a 2007 o crescimento acumulado foi de 69%, com o consumo total maior que 127,596 milhões de tep.

Um marco na história do setor elétrico brasileiro também foi a publicação da lei nº 8631 editada em março de 1993, que põe fim a todas as tarifas que vigoraram por vinte anos e não contemplavam as diferentes características e custos de concessão de cada área. Segundo o relatório da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), no ano de 2001 o país sofreu com uma grave crise de energia, com corte no consumo em 20% nas regiões Sul e Sudeste e 10% nas regiões norte e nordeste, sendo a principal causa desse racionamento a escassez de investimento nesse setor.

2.2 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS VERSUS FAZENDA DE PRODUÇÃO LEITEIRA

A produção de leite é uma atividade muito antiga no Brasil, praticada desde o período da colonização portuguesa. A agropecuária passou por períodos diferentes, até que o leite passou a ter forte representatividade no país. Um estudo divulgado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2018) revelou que o Brasil é o país responsável por cerca de 7% do leite produzido no mundo, posicionando-se como quinto maior produtor mundial. E tem suas produções concentradas nas regiões sul e sudeste, apesar da crescente expansão em todo Brasil, nos últimos anos essas regiões respondem ainda por quase 70%, obrigando os produtores a se utilizarem tecnologicamente para melhoria do processo produtivo em suas propriedades.

Sendo assim, visando tais melhorias, será desenvolvido um projeto de implantação de painéis fotovoltaicos na fazenda que possui como atividade econômica principal a produção de leite bovino, produzindo em média aproximadamente 140 litros de leite por dia, atualmente contando com 20 vacas da

raça mestiça produzindo leite. Vale ressaltar que essa ordenha é feita manualmente, o que acaba muitas das vezes trazendo transtornos e prejuízos para o produtor, cuja forma envolve maior tempo com o animal, grandes riscos de contaminação e prejuízos consideráveis, além dos altos custos com eletricidade (CONAB, 2018).

A eficiência dos módulos fotovoltaicos (MF) é definida através da tecnologia de fabricação das células que compõem, ou seja, a tecnologia utilizada definirá o quanto o módulo irá aproveitar da irradiação solar incidida sobre ele para transformá-la em energia elétrica. Para um módulo que apresenta eficiência de 13%, consegue-se transformar esse percentual de irradiação solar incidida sobre ele em energia elétrica (PROCEL, 2014).

Foram utilizados os painéis solares fotovoltaicos de silício poli cristalinos, em razão do material trazer maior economia durante as instalações e possuir durabilidade de, em média, 15 a 20 anos. “São considerados com eficiência significativa na conversão da radiação solar em energia elétrica, bem difundida e consolidada no mercado” (Pinho; Galdino, 2014, p. 26).

Os painéis solares de silício policristalino representam cerca de 85% do mercado de Módulos, são fabricados com diversos cristais menores de silício e são comumente encontrados nas aplicações de sistemas fotovoltaicos ao redor do mundo. Há outros componentes que fazem parte do sistema como o inversor que é um componente fundamental, o controlador de carga, bateria entre outros. “O silício é o material mais utilizado na fabricação de células solares, não somente pelo fato de ser o material mais abundante na terra, mas pela larga experiência alcançada pela indústria microeletrônica, por seu baixo índice de contaminação e por sua alta durabilidade” (Niedzialkoski, 2013, p. 6).

Os Sistemas fotovoltaicos podem ser conectados à rede elétrica, que é o caso desse projeto, ou isolados. Os sistemas fotovoltaicos ligados à rede elétrica são aqueles nos quais a potência gerada é fornecida diretamente à rede, onde pode-se substituir ou complementar a energia disponível nela. Nesse tipo de sistema, é necessário um inversor de qualidade que atenda aos requisitos de segurança. Esse modelo não requer baterias, já que permite o uso de energia da companhia elétrica (Besso, 2017).

Módulos solares fotovoltaicos são geradores de energia em corrente contínua (CC), dessa forma faz-se necessário o uso de inversor, que é um equipamento eletrônico que transforma a corrente contínua em corrente alternada com as características (conteúdo de harmônicos, frequência, forma de onda) que satisfaçam às necessidades cruciais da rede elétrica pública, assim possibilitando interconexão com a rede (Camargo, 2017).

Estudos feitos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em 2019 revelam que o retorno de investimento referente à geração de energia distribuída contínua ainda se torna muito atrativa. O sistema (*on grid*), aquele conectado à rede de distribuição elétrica, fica em torno de 9 vezes mais barato que o uso de baterias, levando em conta a vida útil das baterias e custos de reparo. O sistema *on grid* também possui como vantagem os créditos de energia que são regulamentados pela ANEEL.

2.3 VIABILIDADE ECONÔMICA DE PROJETOS: PAYBACK, VALOR PRESENTE LÍQUIDO E VALOR PRESENTE LÍQUIDO

Para qualquer investimento é considerável obter seu retorno para fins de se verificar a atratividade do seu emprego. Indicadores como Valor Presente Líquido (VPL), *payback* (simples ou descontado) e Taxa Interna de Retorno (TIR) são utilizados em balanços econômicos por caracterizar a comparação e quantização dos valores cruciais para o investimento (Sousa; Franco, 2018).

O *payback* é definido como tempo necessário de recuperação do investimento inicial do projeto e é calculado a partir das entradas de caixa. Muito usado devido ao fato de não considerar lucro contábil e sim o fluxo de caixa. Quanto mais tempo levar para a recuperação do capital investido, também será maior a probabilidade de haver imprevistos, assim, quanto menor o tempo do *payback*, menor a exibição do risco (Gitman, 2010 *apud* Bueno. 2018).

O *payback* pode ser simples ou descontado. O *payback* simples é definido pela quantidade de períodos necessários para que se tenha retorno do investimento. Pode ser calculado a partir da soma dos valores de fluxos de caixas de cada período até a soma se igualar ao investimento inicial. O *payback* descontado (PD) é um método de cálculo de engenharia econômica muito semelhante ao *payback* simples,

difere por ter um adicional de taxa de desconto adicionado antes da soma dos fluxos de caixa. Este desconto geralmente se torna a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) (Prates, 2017).

Prates (2017) define matematicamente o *payback* descontado na Equação 1.

$$VP = \frac{FC_t}{(1 + TMA)^n} \quad (1)$$

De acordo com a equação, VP equivale ao Valor Presente, FC_t o desconto de cada período em R\$, TMA corresponde à taxa de atratividade e por último o n que é o período estimado de tempo para realização do projeto.

Segundo Andrade et al. (2014) o *payback* tem como principal vantagem levar em conta o tempo total em que haverá a recuperação do dinheiro investido, avaliando sua necessidade financeira, assim mantendo o investimento até o momento que os caixas gerem fluxos positivos.

O uso do método Valor Presente Líquido (VPL) permite ver as necessidades de caixa ou ganhos de projeto, em maneiras de ganho de dinheiro ao longo do tempo. Acontece isso por essa técnica levar em conta a somatória da data zero (0) efetivos no fluxo de caixa sendo seu atual valor a uma TMA (Pilão; Hummeal, 2003 *apud* Bueno, 2018). Segundo Sousa e Franco (2018) esse valor tem que ser positivo, e quanto maior, melhor o investimento.

De acordo com Andrade et al. (2014), o valor presente líquido representa o valor do caixa projetado, que pode diminuir o custo, onde se encontra o resultado financeiro do investimento.

Brom e Balian (2007 *apud* Budel, 2017) descrevem matematicamente o VPL na equação 2.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + i)^t} - FC_0 \quad (2)$$

Onde FC_t é o fluxo de caixa, n o período estimado de tempo para análise da viabilidade econômica de projeto, t o tempo, i a taxa mínima de atratividade, FC_0 é o investimento inicial em R\$.

Essa especificação leva em consideração o tempo de investimento, investimento inicial, retorno no período e fluxo de caixa (Carvalho, 2017).

De acordo com Campos 2007 *apud* Santos e Vasan (2014), a Taxa Interna de Retorno (TIR) de qualquer investimento é nada mais que a taxa de juros no qual o presente valor do fluxo de caixa se iguala a zero (0), tendo como característica uma remuneração do capital que tenha investido. Sendo esse método importante na identificação de risco de investimento do projeto, se for considerado em que o determinado projeto sua TIR for maior do que a taxa de aplicação, será aceitável o projeto.

A fórmula da TIR é expressa na Equação 3, deduzida por Camargos (2013, *apud* Budel, 2017).

$$\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+k)^t} - FC_0 = 0 \quad (3)$$

Onde n é o período estimado de tempo para análise da viabilidade econômica de projeto, t o tempo, FC_t é o fluxo de caixa, k a Taxa Interna de Retorno, e FC_0 o investimento inicial em reais.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi realizada em uma fazenda situada na cidade de Santa Helena no Estado de Minas Gerais, através da exposição de uma situação em que é feita uma investigação, formulando hipóteses, teorias e explorando situações reais, em pontos estratégicos com os seguintes propósitos: diminuir o impacto ambiental e gerar maior economia e rentabilidade para o proprietário, ou seja, realizou-se uma pesquisa aplicada.

Segundo Gil (2010, p. 26) pesquisas aplicadas, além de serem voltadas à “aquisição de conhecimentos para serem utilizadas em uma situação específica, têm a finalidade de solucionar problemas que são identificados pelos pesquisadores”.

Neste contexto, a pesquisa foi realizada através de coleta de dados, assim sendo possível analisar o valor total do investimento, levando em conta o mercado atual, buscando valores exatos que mostrem a rentabilidade do projeto, caracterizando-se, desta forma, como uma pesquisa quantitativa.

No método quantitativo, os pesquisadores se valem de amostras amplas e de informações numéricas, enquanto no qualitativo as amostras são reduzidas, os dados são analisados em seu conteúdo psicossocial e os instrumentos de coleta não são estruturados (Lakatos, 2011, p. 269).

A seleção da metodologia aplicada em uma pesquisa vai variar de acordo com os objetivos que o pesquisador pretende alcançar para responder à questão central do trabalho.

Segundo Gil (1994) em relação aos seus objetivos gerais, as pesquisas são classificadas como exploratórias, descritivas e explicativas. Para a construção deste trabalho será utilizada a pesquisa exploratória, que, para Gil:

[...] têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições (Gil, 1994, p.41).

A pesquisa ainda se classifica como um estudo de caso. “Os estudos de casos normalmente são pesquisas descritivas, cuja finalidade é compreender intensivamente um fenômeno típico, presumindo-se que, posteriormente, a partir desse estudo, novas pesquisas possam ser realizadas” (Appolinário, 2016, p. 41).

Foi realizada uma breve visita a propriedade, que possibilitou a análise de fatos direcionados ao projeto de instalação dos painéis fotovoltaico em sua propriedade, logo, a pesquisa pode ser classificada como fonte primária, sobre a qual, Marconi e Lakatos afirmam se tratar de:

Dados históricos, bibliográficos e estatísticos; informações, pesquisas e material cartográfico; arquivos oficiais e particulares; registros em geral; documentação pessoal (diários, memórias, autobiografias); correspondência pública ou privada etc (Marconi; Lakatos, 2019, p. 159).

Para o êxito total da pesquisa, também foi necessária a análise de outros projetos que englobam instalações de painéis fotovoltaicos, obtidos através de fontes como livros, artigos científicos, entre outros.

Realizou-se uma caracterização da fazenda a ser projetada que fica localizada no córrego São Sebastião, em Santa Helena de Minas/MG, cuja extensão é de 40 hectares, com aproximadamente 20 vacas leiteiras, contando, ainda, com uma sala de ordenha. Foi possível constatar, através de avaliações, que o melhor lugar para instalar as placas fotovoltaicas será no telhado da casa com aproximadamente 60 m².

Foi utilizado o método de observação direta intensiva, cujas técnicas são descritas por Marconi e Lakatos (2019, p. 222) como “utiliza os sentidos na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não consiste apenas em ver e ouvir, mas também em examinar fatos ou fenômenos que se deseja estudar”.

Foi supervisionado minuciosamente cada detalhe da fazenda e, principalmente, os locais onde serão feitas as instalações. Assim, após serem feitas as análises de preço, mão de obra, manutenção, também foi feito um estudo acerca da durabilidade da vida útil dos equipamentos, para que possa, através de cálculos financeiros, obter o valor de investimento total, assim, consequentemente, constatar se tal projeto é viável e se atenderá a todos os serviços energéticos dessa fazenda.

O programa *SunData* fornece a média mensal de insolação de pontos do Brasil, facilitando o dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos e as coordenadas geográficas aproximadas do local de estudo.

Utilizando talões de energia fornecidos pela empresa CEMIG Distribuidora S.A de Minas Gerais pode-se obter o consumo em kwh da fazenda. A média desse consumo é dada pela Equação 4, de acordo com Feijoo (2010, p. 15):

$$X_i = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_n}{N} \quad (4)$$

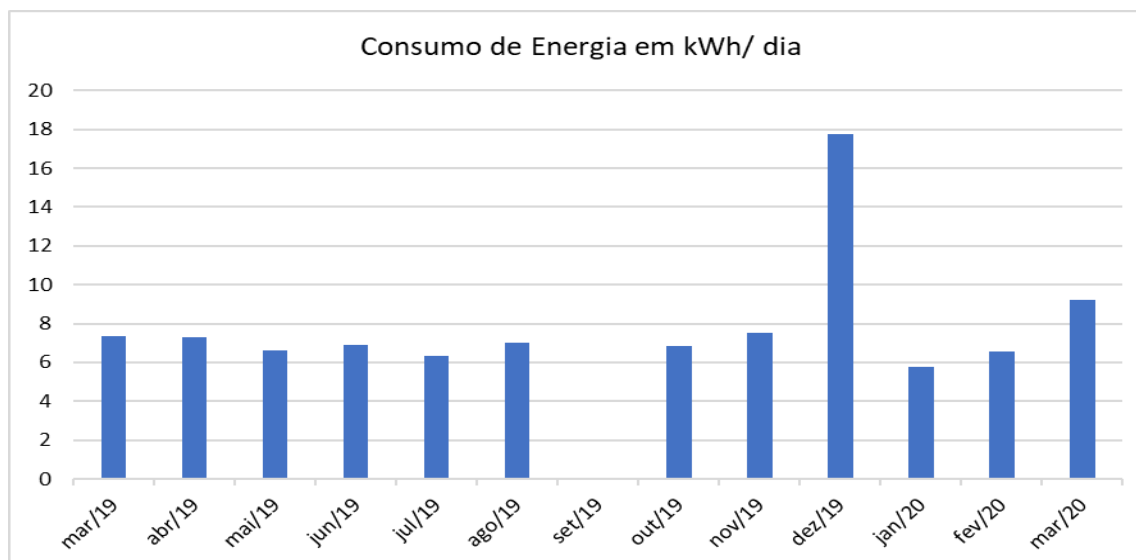
Onde, X_1, X_2 e X_n são os valores das variáveis em uma determinada série.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CÁLCULOS INICIAIS

Assim como o consumo médio mensal o consumo médio diário também é fornecido na conta de luz pela CEMIG, como pode ser observado na Imagem 1.

Imagem 1 – Consumo de Energia em kWh/dia



Fonte: Elaborado pelos autores.

A próxima etapa foi a obtenção de dados da incidência solar na fazenda através do site da CRESESB e do Programa SunData.

Aplicando-se os valores de latitude ($16,931339^{\circ}$ S) e longitude ($40,660218^{\circ}$ O), obteve-se os valores da incidência solar média na região da fazenda exposta na Tabela 3.

Tabela 3 – Irradiação Média Mensal em KWh/ m². dia

Mês	Horizontal (0°)	Latitude (17°)
Janeiro	5,94	5,46
Fevereiro	6,17	5,9
Março	5,29	5,35
Abril	4,57	4,93
Maio	3,77	4,3
Junho	3,45	4,05
Julho	3,68	4,27
Agosto	4,34	4,81
Setembro	5,06	5,26
Outubro	5,28	5,15
Novembro	5,09	4,75
Dezembro	6,03	5,47
Média	4,89	4,98

Fonte: Adaptado CRESESB, 2020.

As equações expostas a seguir foram extraídas dos autores Serrão (2010), Siqueira (2015) e Oliveira (2018). Com os dados da irradiação média e do consumo médio diário é possível calcular a potência necessária para atender a fazenda na Equação 5.

$$P = C_m / M_i \quad (5)$$

Onde, P equivale a potência em kWh, C_m o Consumo médio diário e M_i a média anual de irradiação solar por dia dada em kWh/m². dia.

O seguinte passo é determinar a quantidade de placas solares necessárias para que seja atendido o consumo elétrico da fazenda, conforme Equação (6). Para isso, também é necessário determinar o tipo de placa que será usada no projeto determinada de acordo com a potência requerida.

$$Q = P / P_p \quad (6)$$

Onde, Q é a quantidade de placas, P a potência e P_p a potência de cada uma das placas em kWh.

O passo seguinte é determinar o inversor adequado para a implantação desejada que pode ser selecionada a partir da potência total do sistema definido na Equação 7. O inversor de frequências é um dos componentes principais do sistema fotovoltaico. “Sua função é transformar a corrente contínua que é gerada pelas placas solares em corrente alternada, que pode ser usada pelos aparelhos elétricos convencionais”. (Dantas; Pompermayer, 2018, p.10).

$$P_t = P_p \times Q \quad (7)$$

Onde, P_t a potência total dada em kWh.

No site da Solar Livre é possível, tendo em mãos o valor da potência total, escolher o inversor que melhor se adeque à instalação conectada à rede elétrica, que é o presente caso.

Por último, mas não menos importante, foi obtido o custo de energia gerada com a implantação do sistema fotovoltaico. São calculados os valores de fluxos de caixa referentes às receitas e todas as despesas de investimento/ operacional

ocorrido durante a vida útil de instalação para estimar o valor da energia (R\$/ kWh) (Pinho; Galdino, 2014).

Pode ser calculado empregando a fórmula 8.

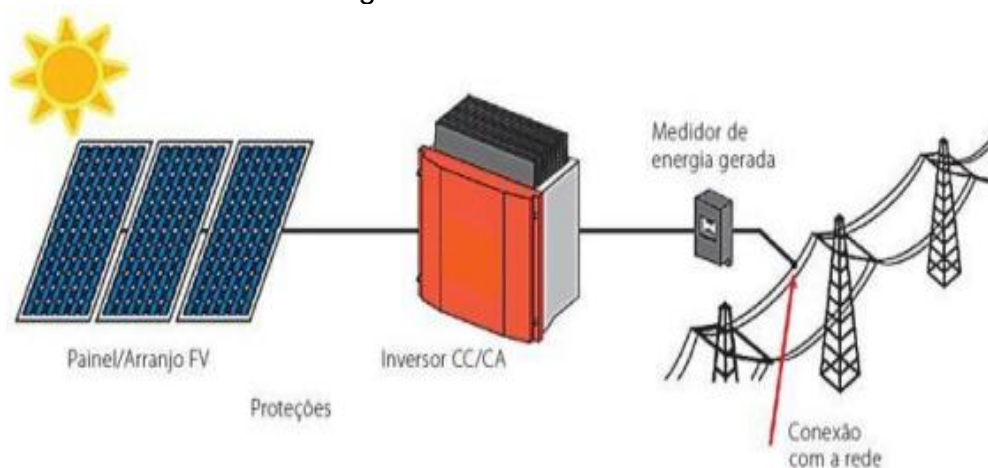
$$CE = [CAPEX + VP(OPEX)]/VP (EP) \quad (8)$$

Onde *CE* é o Custo de Geração (R\$/kWh), *CAPEX* é o Custo de Investimento (R\$), *VP(OPEX)* o Valor Presente de Custos ao longo da vida útil da instalação (R\$) e *VP (EP)* o Valor Presente da Energia Produzida no decorrer da vida útil da instalação (kWh).

Pinho e Galdino (2014, p. 230) dizem a respeito do custo de geração de energia, que a geração do custo pelo sistema deve ser levada em conta, ao avaliar, qual tecnologia atende melhor ao projeto e também suas vantagens elétricas e arquitetônicas.

As gerações de energias fotovoltaicas podem ser classificadas por meio de duas categorias: os sistemas conectados à rede (*ON-Grid*) e os sistemas que permanecem isolados da rede, ou autossuficiente (*OFF-Grid*). O sistema em questão é *on-grid* como se pode observar na Imagem 2, onde é ilustrada a geração de energia, conversão da tensão em alternada pelo inversor e frequência e tensão conectadas na rede. (Silva, 2015).

Imagem 2- Sistema Conectado à Rede



Fonte: Silva, 2015.

Os estudos viáveis e desenvolvimento desse projeto dão-se em sistemas conectados à rede. Foi analisada a viabilidade econômico-financeira do uso de energia solar fotovoltaica e, em seguida, foi feita a análise do *payback* descontado, valor presente líquido e taxa interna de retorno.

Dentro deste tópico foi realizado o dimensionamento para o sistema fotovoltaico que será ligado à rede para o suprimento elétrico total da propriedade rural de uma fazenda leiteira, na cidade de Santa Helena de Minas/MG, levando em consideração uma média da potência gasta na propriedade.

4.2 DIMENSIONAMENTO DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Para iniciar o cálculo necessário para o dimensionamento de painéis fotovoltaicos é preciso conhecer os gastos em kWh da propriedade da fazenda que é alvo do estudo do projeto.

Para que o dimensionamento fosse realizado, foi feito um levantamento do quanto é consumido de energia na propriedade, nos meses de abril/2019 a março/2020 por meio da conta de luz fornecida pela empresa distribuidora Cemig distribuição S.A do estado de Minas Gerais – Belo Horizonte, inscrita no CNPJ 06.981.180/0001-16, de acordo com o que foi apresentado na Tabela 4. Para a montagem da média de consumo, utilizou-se a Equação 4 para que fosse feito o cálculo da média mensal do consumo, que tem o valor de 216,96 kWh.

Com isso é possível dizer, através da Equação 4 e pela Imagem 1, que o consumo médio diário de energia elétrica (C_{md}), é de 7,93 kWh.

Tabela 4 – Dados de consumo e custo com energia elétrica da residência

Mês/Ano	Consumo kWh/mês	Valor kWh (com imposto)	Valor Pago na conta de energia (R\$)
mar/20	221	0,6593	145,71
fev/20	219	0,6405	140,26
jan/20	219	0,6308	138,15
dez/19	200	0,6384	127,68
nov/19	203	0,6382	129,56
out/19	204	0,6425	131,06
set/19	0	0	0
ago/19	219	0,6388	139,89
jul/19	218	0,5906	128,74
jun/19	532	0,6019	320,19
mai/19	184	0,6492	119,45
abr/19	184	0,6561	120,73
Média	216,96 kWh/mês	0,6306 kWh	R\$ 136,79

Fonte: Adaptado CEMIG - Dados da conta de Luz do consumidor

Como o estudo tem como base um consumidor residencial de uma fazenda de produção leiteira, desta forma foi adotada uma taxa que é aplicada a esse tipo de cenário e com este perfil de consumidor, e que possa suprir as necessidades do mesmo em um mínimo de requisitos.

Macedo (2014, p.63) afirma isso mostrando que “a taxa de juros auferida no novo projeto deve ser no mínimo a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes, seguras e de baixo risco”. Mediante o que foi descrito pelo autor, a taxa a ser aplicada deve ser de 5,36% e essa taxa corresponde a um emprego de caderneta em uma poupança referente aos últimos 12 meses entre os anos de 2019 e 2020, período em que o cálculo foi efetuado (março/2020 à abril/19).

Na obtenção do valor da potência necessária (P) foi imprescindível saber a irradiação solar mensal média que é de 4,98 KWh/ m² dia, como visto na Tabela 4 e aplicar junto ao valor do consumo médio diário na aplicação da Equação 5. Obtém-se, assim, o valor de P=1,98KW. Logo, as placas solares suprirão essa potência.

Cada placa possui 360 W de potência. Aplicando a Equação 6, tem-se a certeza de que serão necessárias seis placas solares na implantação do projeto.

Para a seleção do inversor adequado, calcula-se a Potência total do sistema pela Equação 7. Obtém-se que a potência total será de 2160 W, portanto é necessário um inversor que supra essa potência.

4.3 CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

O valor total dos equipamentos fundamentais para a instalação do sistema fotovoltaico completo (materiais, instalação, adequação à rede), foi estimado em R\$ 12.302,25 (doze mil e trezentos e dois reais e vinte e cinco centavos). O cálculo para implementação do sistema foi realizado pela empresa Solar Livre através de um simulador, cuja venda só é efetivada com os itens completos.

O dimensionamento do sistema fotovoltaico necessário para o atendimento da demanda desse projeto foi feito pela empresa Solar Livre (2020), cuja conclusão foi que, de acordo com o orçamento resumido, a demanda mensal estimada é de 217 kWh; produção anual de energia de 2.833 kwh/ ano e área necessária para os painéis de 12,60 m².

Conforme proposta comercial disponível na Tabela 5, demonstrando um custo total de implantação do sistema no valor Total de R\$ 12.302,25.

Tabela 5 - Orçamento dos materiais

Itens	Quantidades
POLICRISTALINO CANADIAN 360W HALF-CELL	6
FRONIUS PRIMO 3.0-1 3000W	1
PAR CONECTOR MACHO / FEMEA - MC4	2
STRINGBOX SOLAR LIVRE SB01 - 1E/1S	1
CABO SOLAR 6MM-1800V PRETO	12
CABO SOLAR 6MM-1800V VERMELHO	12
PERFIL DE ALUMÍNIO 3,15M	4
KIT DE EMENDAS E PARAFUSOS INOX 8X12	4
KIT TERMINAL FINAL 39/44MM – BAIXO	6
KIT TERMINAL INTERMEDIARIO 39/44MM	14
KIT SUPORTE PARA TELHADO DE FIBROCIMENTO	10
Total	R\$ 12.302,25

Fonte: Adaptado Solar Livre, 2020.

4.4 VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO

Para obter a viabilidade econômica do projeto foi feito um levantamento dos valores de VPL, *payback* Descontado e TIR.

O período de 24 anos do projeto será referente à garantia dada pelo fabricante às placas fotovoltaicas. O fluxo de caixa de cada ano será o valor da média dos últimos meses gastos com o fornecimento de energia elétrica pela CEMIG em 2020, multiplicada pelos 12 meses.

Aplicando as Equações 1, 2 e 3 juntamente com os dados de custo, tempo e inflação obtém-se os seguintes resultados demonstrados nas Tabela 6 e Tabela 7.

Tabela 6 – Tabela de Fluxo de Caixa Para Investimento

Período (Ano)	Fluxo de Caixa	Valor Presente	VP Acumulado
0	12302,25	-12302,25	-12302,25
1	1641,48	1557,972665	-10744,27733
2	1641,48	1478,713615	-9265,563719
3	1641,48	1403,486727	-7862,076993
4	1641,48	1332,086871	-6529,990122
5	1641,48	1264,319353	-5265,670769
6	1641,48	1199,999386	-4065,671383
7	1641,48	1138,951581	-2926,719801
8	1641,48	1081,009474	-1845,710328
9	1641,48	1026,015066	-819,6952618
10	1641,48	973,8183998	154,123138
11	1641,48	924,2771448	1078,400283
12	1641,48	877,2562119	1955,656495
13	1641,48	832,6273841	2788,283879
14	1641,48	790,2689674	3578,552846
15	1641,48	750,0654588	4328,618305
16	1641,48	711,9072313	5040,525536
17	1641,48	675,6902347	5716,215771
18	1641,48	641,3157125	6357,531483
19	1641,48	608,6899321	6966,221416
20	1641,48	577,7239295	7543,945345
21	1641,48	548,3332664	8092,278612
22	1641,48	520,4378003	8612,716412
23	1641,48	493,9614658	9106,677878
24	1641,48	468,832067	9575,509945

Fonte: Elaborada pelos autores, 2020.

Tabela 7 - Valores do Dimensionamento das placas fotovoltaicas

VPL do Projeto	Taxa Interna de Retorno (TIR)	Tempo de Payback Descontado
R\$ 9.575,51	12,56%	9,84 anos

Fonte: Elaborada pelos autores, 2020.

Mediante o que foi apresentado nas Tabela 6 e Tabela 7, é possível verificar que o *payback* no projeto para a instalação das placas fotovoltaicas é apresentado no ano 9, sendo assim, o retorno do investimento para implantação das placas só começará a partir do 10º ano.

Abreu Filho (2007) afirma que na maioria dos projetos de investimento em fontes renováveis tem um *payback* mais prolongado. Depois do 10º ano, todos os seguintes serão de lucratividade do investimento, tendo seu saldo positivo.

Macedo (2014) afirma que o cálculo obrigatório para a aplicação do VPL e da TIR (taxa interna de retorno) informará as condições necessárias para sustentar a definição de aceitação do projeto.

Segundo o que foi descrito anteriormente, Macedo (2014) afirma que o fluxo de caixa inicial mostra o valor do investimento aplicado no início para a realização do projeto e, por isso, ele se apresenta negativo. Em seguida, é feita a somatória dos fluxos de caixa que são esperados, deduzido pela quantidade de períodos do próprio investimento do início até o período zero.

Uma vez que o VPL, ao final dos 24 anos, atinge saldo positivo de R\$9.575,51 (nove mil e quinhentos e setenta e cinco reais e cinquenta e um centavos), analisando junto ao *payback* de 9,84 anos, concluiu-se que a implantação de painéis fotovoltaicos na fazenda é viável, visto que acaba sendo um curto prazo o tempo de *payback* já que a vida útil do sistema pode ultrapassar a garantia de 24 anos e ainda não excede o tempo máximo de retorno de 10 anos estabelecido por (Coelho; Oliveira, 2016).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao realizar análise acerca da viabilidade econômica do projeto, em que se obteve como retorno de investimento um VPL de R\$9.575,51 (nove mil e quinhentos e setenta e cinco reais e cinquenta e um centavos), um *payback* de 9,84 anos e um TIR de 12,56%, pôde-se concluir que é viável implantar um sistema de energia solar na fazenda de Santa Helena de Minas. Todavia, vale ressaltar que essa viabilidade foi analisada segundo o fluxo de caixa, apresentado na Tabela 6, e está interligada a um investimento a longo prazo.

Assim, para o que foi proposto no projeto, a implementação é compensatória, sobretudo por se tratar de uma propriedade com o foco na agropecuária, ou seja, um local onde a energia é consumida durante todo o período. Embora haja um tempo extenso do retorno, o investimento continua sendo uma opção acessível, uma vez que, após sua implementação, o proprietário não terá qualquer custo relacionado à energia utilizada na fazenda.

De acordo com o que foi demonstrado no estudo em questão, ponderou-se primeiramente os aspectos ligados à economia do projeto. Considerando todos os benefícios relacionados ao desenvolvimento sustentável produzido pela fonte de energia natural, o risco a residência ficar desabastecida de energia por algum imprevisto é drasticamente minimizado, o que torna o projeto em questão mais lucrativo, e o seu retorno ainda que um pouco tardio, não se torna um problema.

Diante dos dados e considerações expostas, a energia solar fotovoltaica destaca-se como fonte de energia renovável comparada a fontes de energia geradas através de recursos hídricos, o que diminui gradativamente o risco de escassez desse recurso tão importante para o meio ambiente.

Para um entendimento melhor do que foi proposto, o estudo é viável para o projeto, tendo em vista que se trata de uma propriedade em que o consumo é intermitente, mesmo que seja levado em consideração o fato de ser uma propriedade de pequeno porte, somente utilizada para suprir as necessidades de produção. Para trabalhos futuros, recomenda-se analisar a maior viabilidade e o retorno financeiro mais rápido com o consumo de energia elevado em propriedades com tamanhos similares.

Em conformidade ao que foi explanado anteriormente, esse estudo serve como base para futuros dimensionamentos, tendo em vista que o investimento em

fontes de energias renováveis está se elevando, porquanto contribui diretamente para o meio ambiente e, proporcionalmente uma bem feitoria à sociedade, já que é de conhecimento que os sistemas fotovoltaicos não geram resíduos, gases ou qualquer outra forma de poluição, e mesmo em sistemas e estabelecimentos mais simples há redução no consumo e gastos financeiros com energia.

REFERÊNCIAS

ABREU FILHO, José Carlos de. **Finanças corporativas**. Reimpressão – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.

ANDRADE, Debora Anderson de; SILVA, Francini; PEREIRA, Rafael da Silva. **Análise de Investimentos: um Estudo Aplicado em uma Empresa do Ramo Alimentício**, 2014. 20 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Univale, Governador Valadares, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Revisão das Regras de Geração Distribuída Entra em Consulta**. Site. 2019. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/revisao-das-regras-de-geracao-distribuida-entra-em-consulta-publica/656877> Acesso em: 10 abr. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. **Relatório Brasil**. Novembro de 2008. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/RELATORIO%20BRASIL_com%20Anexos_IASC%202008.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2020.

APPOLINÁRIO, Fábio. **Metodologia Científica** [recurso eletrônico] / Fábio Appolinário; [editora de conteúdo: Sirlene M. Sales]. – São Paulo, SP: Cengage, 2016.

BESSO, Raquel. **Sistema Solar Fotovoltaico Conectado à Rede_ Estudo de Caso no Centro de Tecnologia da UFRJ**. Universidade Federal do Rio de Janeiro Escola Politécnica. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) Rio de Janeiro. 2017.

BORGES, Ane Caroline, SILVA, Marcelo, ALVES, Carine, TORRES, Ednildo. Energias Renováveis: Uma Contextualização da Biomassa Como Fonte de Energia. **Revista Eletrônica do Prodepa Fortaleza**, Brasil 23-36, Jul/ Dez de 2016.

BRASIL. **Ministério de Minas e Energia**. Agência Internacional de Energia lança a Edição 2010 do World Energy Outlook. Publicado em 13 de dezembro de 2010. Disponível em: http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/manchete/-/asset_publisher/neRB8QmDsbU0/content/agencia-internacional-de-energia-lanca-a-edicao-2010-do-world-energy-outlook;jsessionid=8F6EA36972F21348ECF60EE58F9E02AE.srv155. Acesso em: 10 abr. 2020.

BUDEL, Deives Antônio. **Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos em Residências**. Universidade Federal de Santa Maria. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção). RS, 2017.

BUENO, Ana Paula Mendes. **Viabilidade de Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica para Irrigação com Pivô Central**. Universidade Federal de Uberlândia. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental). Minas Gerais, 2018.

CAMARGO, Lucas Tamanini. **Projeto de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Universidade Estadual de Londrina- Centro de Tecnologia e Urbanismo_ Departamento de Engenharia Elétrica. Londrina, 2017.

CARVALHO, Henrique. Valor Presente Líquido: **O que é o VPL e por que isso é importante para seus Investimentos?**. Site. HC Investimentos. Publicado em 2017. Disponível em: <https://hcinvestimentos.com/2017/01/17/valor-presente-liquido/> Acesso em: 20 abr. 2020.

Companhia Energética de Minas Gerais. CEMIG. **Segunda Via**. Disponível em: https://www.cemig.com.br/pt-br/Paginas/segunda_via_Cemig.aspx Acesso em: 12 maio. 2020.

COELHO, Guilherme Aguiar, OLIVEIRA, Ricardo Cardoso. Viabilidade Econômica do Uso de Painéis Solares no Condomínio Horizontal Bela Vista: Estudo de caso. **Revista Uningá Review**, Paraná, Vol 28, n.3, p 101-107, outubro de 2016.

Companhia Nacional de Abastecimento. CONAB. **Brasil é responsável por cerca de 7% do leite produzido no mundo**. Publicado: Quinta, 20 de dezembro de 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/2634-brasil-e-responsavel-por-cerca-de-7-do-leite-produzido-no-mundo>. Acesso em: 18 nov. 2019.

CRESESB. Centro de Referência para Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. **Energia Solar Fotovoltaica**. Site. 2008. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data> Acesso em: 10 abr. 2020.

CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito: **Energia Solar Princípios e Aplicações**, 2006. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf. Acesso em: out. 2019.

DANTAS, Stefano Giacomazzi; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. **Viabilidade Econômica de Sistemas Fotovoltaicos no Brasil e Possíveis Efeitos no Setor Elétrico**. IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada). Rio de Janeiro, maio de 2018.

EXAME. **Guia Exame 2011**. Sustentabilidade. Disponível em: <<https://issuu.com/exame/docs/guia-exame-sustentabilidade-2016>>. Acesso em: 18 nov. 2019.

FEIJOO, AMLC. **Medidas de tendência central**. In: A pesquisa e a estatística na psicologia e na educação [online]. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2010, pp. 14-22. ISBN: 978-85-7982-048-9. Available from SciELO Books .

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. [S.L.]: Atlas, 2010.

GITMAN, L. J. **Princípios de administração Financeira/ Lawrence J. Gitman**; tradução Allan Vidigal Hastings; revisão técnica Jean Jacques Salim. – 12. Ed. – São Paulo: Person Prentice Hall, 2010.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. IPEA. **Consumo de energia elétrica**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7495?mode=full>>. Acesso em: 10 out. 2019.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Metodologia científica**. 6 ed. [S.L.]: Atlas, 2011.

MACEDO, J. de J. **Análise de projeto e orçamento empresarial** [livro eletrônico]/Joel de Jesus Macedo, Ely Celia Corbari. – Curitiba: InterSaberes, 2014. (Série Gestão Financeira). 2Mb; PDF

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 6 ed. [S.L.]: Atlas, 2007.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

NIEDZIALKOSKI, Rosana Krauss. **Desempenho de Painéis Solares e Policristalinos em um sistema de bombeamento de água**. Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre Cascavel – Paraná, 2013.

OLIVEIRA, Luiz Henrique. **Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico Residencial Conectado à Rede de Energia Elétrica**. Universidade Federal de Uberlândia. Monografia (Engenharia Elétrica). Uberlândia, MG, 2018.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. CEPEL- CRESESB Edição Revisada e Atualizada. Rio de Janeiro. Março de 2014.

PRATES, Wladimir Ribeiro. **Engenharia Econômica: Payback, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR)**. Site. Publicação de 1 de janeiro de 2017. Disponível em: <https://www.wrprates.com/engenharia-economica-payback-valor-presente-liquido-vpl-e-taxa-interna-de-retorno-tir/#Metodo_1_Payback_Simples> Acesso em: 16 maio 2020.

PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia). **Resultados do PROCEL 2015**. Ano base 2014.

REIS, P. **Energia geotérmica o seu funcionamento e tecnologia**. Portal Energia, São Paulo. Publicado em 17 de maio de 2017. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/energia-geotermica-seu-funcionamento-tecnologia/>>. Acesso em: 10 out. 2019.

ROSS. **Princípios de administração financeira: administração financeira**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000. 326 p. (Atlas). Bradford D.

SANTOS, Edilaine; VASAN Alexandre Hungaro. **A Importância dos Investimentos: uma análise por meio do Payback. VPL e TIR CEAD e CIESTEC (Ciclo de Estudos em Administração e Ciclo de Estudos Tecnológicos)**. 2014. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/23682117-A-importancia-dos-investimentos-uma-analise-por-meio-do-payback-vpl-e-tir-resumo.html>> Acesso em: 20 abr. 2020.

SEGET. **Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**. Energia Solar: Um Estudo Sobre a Viabilidade Econômica de Instalação do Sistema Fotovoltaico em uma Residência em Ipatinga- MG. XIII evento. 2016.

SERRÃO, Marcos Antonio dos Santos. **Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico para uma casa de veraneio em Ponso da Cajaíba- Paraty**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Rio de Janeiro, agosto de 2010.

SILVA, Leandro Mendes. **Potencial de Utilização das Energias Eólica e Solar em Goiânia**. Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás. Goiás, 2016.

SIQUEIRA, Lucas Matias. **Estudo do Dimensionamento e da Viabilidade Econômica de Microgerador Solar Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica**. Universidade Federal de Juiz de Fora. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Juiz de Fora, 2015.

SOLAR LIVRE. **Simulador para projetos de energia solar fotovoltaica**. Disponível em: <<https://www.solarlivre.com.br/simulador-solar>>. Acesso em: 30 mar. 2020.

SOUSA, Cleberton Pereira; FRANCO, Tiago Aparecido Silveira. **Projeto e Instalação de um Sistema Fotovoltaico Residencial Conectado à Rede de Distribuição**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

VETTORAZZI, Egon. **Orientação Solar Residencial**: Conforto Térmico. São Paulo, 2015.

VIEIRA, Ailton Baltazar Silva. **Avaliação da Localização dos Painéis Fotovoltaicos**. Minas Gerais. Santa Helena de Minas, 04 de abr de 2020.

PLANO DE MANUTENÇÃO PARA COMPRESSORES PARAFUSOS

Henrick Lopes¹, Wanderson Almeida Silva¹; Arthur Farias Silva², Josete Pertel³

¹Acadêmicos de Engenharia Mecânica - Multivix São Mateus (ES)

²Engenheiro Mecânico – Docente - Multivix São Mateus (ES)

³Engenheira Agrônoma – Doutora/Docente - Multivix São Mateus (ES)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi abordar a importância de elaborar um plano de manutenção eficaz para compressores, seja preventiva, preditiva ou corretiva. Além disso, explorou-se o funcionamento dos diversos tipos de compressores, bem como os diferentes tipos de manutenção aplicáveis a cada um deles. A metodologia usada foi o estudo de caso com aprofundamento na pesquisa bibliográfica. Tendo como estudo de caso, uma manutenção preventiva de um compressor do tipo parafuso seguindo os parâmetros bibliográficos já estabelecidos. Utilizou-se como referencial teórico, trabalhos de autores de artigos científicos e livros de autores renomados que tiveram enorme contribuição para o desenvolvimento do tema. Após o estudo realizado, se observou através dos estudos das fontes bibliográficas estudadas as práticas de manutenção, que quando bem gerida pelos seus responsáveis, se tem ganhos inestimáveis para a empresa e seus colaboradores, evitando as falhas indesejadas e não programadas, gerando confiabilidade e benefícios em segurança, qualidade, produtividade e custo. Com isso, conclui-se que a manutenção preventiva, com atividades de inspeção regular, checagem de ruídos, troca de filtros e rolamentos, é essencial para se evitar falhas graves e consequentemente reduzir os custos com manutenções corretivas. A literatura destaca que quando se segue um plano de manutenção adequado, é possível minimizar os custos de operação e evitar paradas indesejadas, aumentando assim a confiabilidade do sistema e a segurança nas operações industriais. Assim, essa pesquisa fornece uma base sólida para a implementação e evolução dos planos de manutenção para serem mais eficazes, visando prolongar a vida útil dos equipamentos e otimizar seu desempenho, impactando diretamente na produtividade e na competitividade entre as empresas.

Palavras-chave: plano de manutenção; compressores tipo parafuso; gestão de manutenção.

ABSTRACT

The objective of this work was to address the importance of developing an effective maintenance plan for compressors, whether preventive, predictive or corrective. In addition, the operation of the various types of compressors was explored, as well as the different types of maintenance applicable to each of them. The methodology used was the case study with in-depth bibliographic research. Taking as a case study, preventive maintenance of a screw compressor following the bibliographic parameters already established. The theoretical reference used was works by authors of scientific articles and books by renowned authors who made an enormous contribution to the development of the theme. After the study carried out, it was observed through the studies of the bibliographic sources studied the maintenance practices, which, when well managed by those responsible, have invaluable gains for the company and its employees, avoiding unwanted and unplanned failures, generating reliability and benefits in safety, quality, productivity and cost. Therefore, it can be concluded that preventive maintenance, with regular inspection activities, noise checks, filter and bearing replacement, is essential to avoid serious failures and consequently reduce costs with corrective maintenance. The literature highlights that when an adequate maintenance plan is followed, it is possible to minimize operating costs and avoid unwanted downtime, thus increasing system reliability and safety in industrial operations. Thus, this research provides a solid basis for the implementation and evolution of maintenance plans to be more effective, aiming to extend the useful life of equipment and optimize its performance, directly impacting productivity and competitiveness among companies.

Keyword: maintenance plan; screw compressors; maintenance management.

1 INTRODUÇÃO

Vasos de pressão são recipientes que servem para armazenar fluidos sob alta ou baixa pressão de acordo com a exigência do processo. Esses vasos armazenam fluidos para diversas aplicações nos processos industriais e demandam uma enorme responsabilidade técnica e especializada para o seu projeto, fabricação, manutenção e inspeção, sendo o quesito segurança e confiabilidade o mais importante (Oliveira, 2022).

Os compressores são equipamentos de extrema importância nas indústrias e são utilizados para aumentar a pressão dos gases ou ar. O não cumprimento do planejamento de manutenção desses equipamentos, podem ser um dos fatores cruciais para a ocorrência de falhas, visto que sua estrutura está constantemente exposta a altas pressões e variações de temperaturas.

Para garantir o pleno funcionamento desses equipamentos tem-se a NR-13 que seu objetivo, segundo a Portaria do MTB de 2022, é estabelecer os requisitos mínimos para que esses equipamentos operem com total segurança, garantindo a integridade estrutural do mesmo abordando ainda os aspectos relacionados à instalação, inspeção, operação e manutenção, para garantir a segurança do equipamento e dos trabalhadores.

Os compressores se dividem em diferentes tipos, sendo os mais usuais os de parafuso, de pistão e os centrífugos. Cada modelo tem sua particularidade e desenvolvimento para atender a uma necessidade específica, como pressão, volume e tipo de uso. A eficiência e confiabilidade desses equipamentos são fatores primordiais nas indústrias, pois o ar comprimido é muitas das vezes indispensáveis nos processos fabris, entre outras utilidades. Com uma manutenção adequada eles não só garantem o funcionamento de outros equipamentos, como também reduzem o consumo de energia e aumentam a produtividade.

Nesta pesquisa buscou-se explorar a importância dos compressores nas indústrias, destacando o seu funcionamento e suas principais falhas, dentre elas, um agravante que é a erosão e a corrosão devido ao acúmulo de impurezas no sistema. Também explorando a importância das inspeções e manutenções preventivas que

garantem as condições básicas para que este equipamento opere com total segurança.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 COMPRESSORES

Após Jhon Smeaton em 1762, ter inventado um cilindro de sopro acionado por uma roda d'água, se teve um dos maiores avanços técnicos dos compressores com John Wilkinson que construiu uma máquina furadeira para canhões, que podia produzir grandes cilindros de ferro fundido, sendo usados em máquinas a vapor e máquinas sopradoras. Considerado um dos pioneiros na construção do primeiro compressor, em 1776, Wilkinson produziu o primeiro protótipo de um compressor mecânico, que seria usado em sua própria oficina. Devido a alguns componentes como as válvulas fabricadas em madeira e as juntas feitas em couro, o protótipo de Wilkinson só podia produzir até 1 bar de pressão, que era o que esses componentes suportavam (Veloso, 2014).

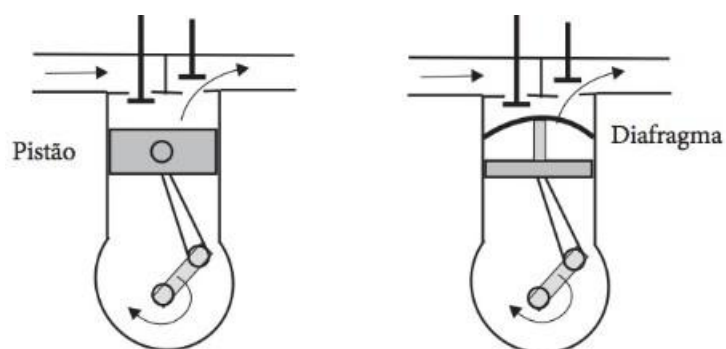
Em 1870, foi comprovada a primeira grande transmissão de ar comprimido, ocorrendo na construção do túnel Mont Cenis, nos Alpes suíços, quando se utilizou perfuratrizes pneumáticas de rocha, que operam com 6 bar de pressão. Na década de 30 do século XX, apareceram os primeiros compressores do tipo parafuso, que foi patenteada em 1878 por Heinrich Krigar, na Alemanha (Veloso, 2014).

Nos dias de hoje, esses equipamentos apresentam uma tecnologia em constante evolução, com uma grande diversidade de modelos com inovações voltadas para eficiência energética, controles de ruídos e sustentabilidade, sem que agredam o meio ambiente.

Os compressores são divididos em duas classes, compressores dinâmicos ou turbocompressores e compressores de deslocamento. Os compressores dinâmicos, ou turbocompressores, aproveitam o trabalho mecânico do motor de acionamento acoplado a eles para dar velocidade ao fluido de trabalho, transformando energia mecânica em energia cinética, que passa pelo difusor e é convertida em energia de pressão. Esses compressores têm fluxo de massa contínuo tanto no sentido radial quanto no axial. São constituídos por duas partes básicas: o impelidor rotativo, que é composto por pás, e o difusor, localizado em sua carcaça (Filippo, 2015).

Já os compressores de deslocamento transformam o trabalho mecânico diretamente em energia de pressão. Nesse caso o fluido é empurrado da admissão para a descarga pelo movimento de um elemento ao pressionar esse fluido dentro de uma câmara, esse tipo de compressor se subdivide em duas classes, alternativos e rotativos. Os alternativos podem ser de pistão ou de diafragma. Esses compressores transformam o movimento do motor em movimento alternativo geralmente comandado por um conjunto de bielas (Filippo, 2015), como mostra a Imagem 1.

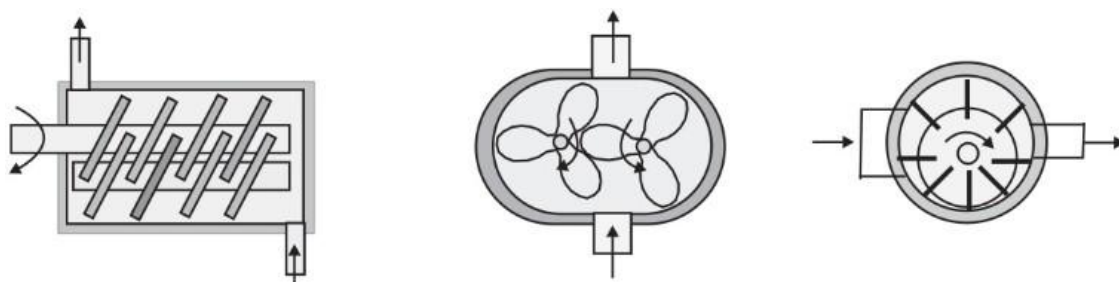
Imagem 1: Compressor alternativo: pistão e diafragma



Fonte: Filippo, 2015.

Nos compressores de deslocamento rotativo, os elementos de compressão são constituídos por pares de parafusos ou lóbulos, já o de palhetas é constituído por apenas um rotor, a sua câmara de compressão fica nos espaços vagos entre o rotor e a carcaça, tendo vazão contínua em sua descarga (Filippo, 2015), como mostra a Imagem 2.

Imagem 2: Compressores rotativos: Parafuso, Lóbulo e Palheta



Fonte: Filippo, 2015.

Independente da geometria dos elementos de compressão, seja de parafuso, lóbulo ou palheta, o volume da câmara que é indicado em cm^3 será constante, tendo também uma denominação de cilindrada. Em proporções iguais como por exemplo 1000 cilindradas equivalem a 1000 cm^3 , ou 1000 cc, sendo esse o volume deslocado V_d a cada giro do eixo do compressor, medida em $[\text{cm}^3/\text{rot}]$.

A vazão volumétrica do compressor é indicada pela equação

$$Q = V_d \cdot N$$

Onde:

Q: Vazão volumétrica

V_d : Volume de deslocamento N: Rotação ou velocidade angular

2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO EM COMPRESSORES

A manutenção em compressores é fundamental para garantir sua eficiência e sua durabilidade, mesmo com o avanço da tecnologia tanto os equipamentos quanto suas ferramentas de produção têm uma duração limitada contudo irão falhar em algum momento de sua vida útil daí a importância da manutenção para manter ou ajustar sua funcionalidade segundo (Santos; Colosimo; Motta, 2007).

A manutenção pode ser dividida em três principais partes, o primeiro a ser tratado e a manutenção preditiva tem como base garantir a qualidade do equipamento utilizando parâmetros específicos de cada parte do componente sendo elas qualidade de óleo, vibrações, temperatura entre outros requisitos. A partir dessas análises tem uma base de quando deverá ser feita a manutenção diminuindo então o tempo e gastos não planejados.

Já a manutenção preventiva tem como finalidade reduzir ou evitar falhas no sistema ou no equipamento com planos de diagnósticos determinados de tempos em tempos. Segundo Gregório, Santos e Prata (2018) o planejamento de aplicação deste tipo de manutenção pode ser feito em etapas para que se torne mais simples e que tenha o devido resultado com êxito.

Manutenção corretiva trata basicamente com a correção de peças e equipamentos que estão defeituosos, sendo ela a forma primária e com maior custo e tornando então impossível eliminá-las sendo que não tem possibilidade de previsões futuras. Sendo dividida em duas partes a manutenção corretiva não planejada que é a correção de falhas de forma não planejada, após o problema ocorrer. Envolve altos custos devido a quebras inesperadas, perdas de produção, impactos na qualidade e despesas indiretas. E também a manutenção corretiva planejada que corrige falhas ou desempenhos abaixo do esperado com base em decisões gerenciais, considerando monitoramentos preditivos ou a opção de operar até a falha. Sua eficácia depende da qualidade das informações obtidas no acompanhamento do equipamento.

Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) que combina técnicas como árvores de decisão e análise de falhas para apoiar decisões de manutenção de forma eficaz. Sua aplicação ideal ocorre desde as primeiras etapas do projeto de equipamentos, evoluindo conforme o desenvolvimento. A MCC visa preservar a função do equipamento, identificar modos de falha, priorizar requisitos funcionais e selecionar tarefas de manutenção eficazes, melhorando a disponibilidade, confiabilidade e segurança do sistema.

Manutenção produtiva total (MPT) envolve os operadores na manutenção dos equipamentos, promovendo melhoria contínua e gestão da qualidade total. A ideia é que os próprios operadores, por conhecerem bem os equipamentos, sejam responsáveis por sua manutenção.

2.3 MANUTENÇÃO EM COMPRESSORES

As manutenções dos compressores são essenciais para garantir o pleno funcionamento do equipamento e também prolongar a sua vida útil. Estes equipamentos têm uma vasta aplicação nas indústrias, comércios, na área hospitalar, alimentícia, entre outras. O seu bom desempenho depende diretamente dos cuidados que se deve ter com sua manutenção, sendo ela regular e preventiva.

Uma das falhas mais comuns em compressores é a dos rolamentos. Segundo Defendi (2020) para se fazer a checagem do seu nível da falha, deve-se fazer uma análise de vibração, pois os rolamentos quando avariados apresentam aceleração com variações, ele também ressalta que no início do desgaste os picos de aceleração são em média de 4 m/s^2 e quando o desgaste está mais avançado os picos são em média de 10 m/s^2 .

Para detectar esse tipo de avaria é necessário se fazer uma manutenção preditiva. Almeida (2016), acrescenta que, em uma manutenção preditiva é possível indicar as reais condições de funcionamento do equipamento, em outras palavras o agente de manutenção deve ouvir a máquina.

Essas manutenções se dividem em três principais tipos, sendo elas: preventiva, preditiva e corretiva. A manutenção preventiva é aquela programada em intervalos pré-determinados sem que o equipamento esteja em falha, obedecendo a critérios específicos, principalmente as recomendações do fabricante. A manutenção corretiva é aquela que é realizada após a pane ou falha do equipamento sendo ela de maior custo, visto que a falha do equipamento pode danificar outros componentes. A preditiva consiste em realizar a manutenção do item só quando necessário, aproveitando ao máximo a vida útil dos componentes. Esse tipo de manutenção se aplica com técnicas de análise de dados e monitoramento, detectando distúrbios como vibrações anormais, óleo contaminado, oscilação de pressão, trincas, entre outros. (Gregório; Silveira, 2018).

Segundo Almeida (2016) o desenvolvimento desses tipos de manutenções fizeram com que os seus procedimentos práticos como, montagem, desmontagem, substituição de peças e alinhamento, também evoluíssem.

Dentre os variados tipos de compressores usados na indústria, se destacam os de pistão e os de parafusos. Para Filippo (2015) manter a lubrificação desses equipamentos de forma adequada garantem o prolongamento da sua vida útil. Os seus elementos móveis estão sempre em contato uns com os outros, por tanto, a suas superfícies devem estar sempre bem lubrificadas, da mesma forma, outros elementos como os rolamentos e engrenagens devem receber a mesma atenção.

Nos compressores de pistão a lubrificação é necessária no conjunto biela-manivela e nas partes em contato do pistão e cilindro, somente na parte inferior, a parte superior é onde fica localizada a câmara de compressão que é vedada pelos anéis de vedação do pistão, ressaltou Filippo (2015).

Nos compressores do tipo parafusos, a lubrificação é essencial para diminuir o atrito e consequentemente o desgaste entre a rosca dos parafusos e da carcaça do equipamento, a lubrificação desses elementos é feita em forma de gotículas que são injetadas junto com o ar comprimido. Algumas gotas de lubrificante ficam dispersas no ar, e devem ser removidas por um filtro e depois utilizadas novamente, explicou Filippo (2015).

Para Rodrigues, Miranda e Kurowsky (2021), com a lubrificação observaram-se o aumento do desempenho do equipamento, na qualidade, na confiabilidade e um aumento de produção, além de diminuir consideravelmente as falhas indesejadas.

O ar, que é o fluido de trabalho, é capturado no próprio ambiente. Filippo (2015), ainda ressalta que esse ar capturado vem carregado de impurezas, como poeira e micropartículas sólidas, além da umidade presente na atmosfera. Quando o fluido entra em processo de compressão, pode também arrastar fragmentos de lubrificante que quando todos esses elementos se juntam podem causar sérios danos ao equipamento. A poeira e as partículas sólidas causam desgaste por erosão, e associado ao lubrificante pode causar entupimento nas tubulações, e por último a água derivada da umidade do ar pode causar oxidação e corrosão por toda a instalação. O processo de separação dessas impurezas é feito por filtros apropriados, que demandam rigorosos planos de manutenção para que eles não percam as suas propriedades filtrantes.

Segundo Reis (2021), um plano de manutenção bem elaborado e adequado para cada situação com parâmetros e frequências bem definidas, gera um grau de confiabilidade bem positiva no processo de manutenção, reduzindo drasticamente as paradas indesejadas para uma manutenção corretiva não programada.

Para Gregório e Silveira (2018), para se elaborar um plano de manutenção eficiente, um dos primeiros passos é a coleta e análise de dados que irá alimentar uma matriz de indicadores de manutenção, que por sua vez, irá constar informações do histórico de intervenções no equipamento, sendo por exemplo, tempo total de funcionamento, tempo médio entre falhas e de anormalidades em seus componentes. Um tipo de checklist é usado para fazer essa coleta de dados, atestando as condições de funcionamento do equipamento. Depois de alimentar a matriz de indicadores de manutenção com esses dados, o gestor responsável terá informações necessárias e confiáveis sobre o histórico de funcionamento do

equipamento para tomar as melhores decisões e melhorar cada vez mais o plano de manutenção visando sempre a segurança, meio ambiente, qualidade, produção e custo em sua execução.

A Imagem 3 abaixo, mostra um exemplo de checklist para a coleta de dados.

Figura 3: Exemplo de checklist

VERIFICAÇÃO OPERACIONAL - TPM														P11 cc 2240 ver. 1 - Fev/13
ITENS A SEREM VERIFICADOS PELO OPERADOR DIARIAMENTE														
MAQUINA PARADA A- Nível de Óleo - Unidade Hidráulica B- Nível de Óleo - Unidade de Lubrificação C- Verificar Unidade de Conversação D- Limpeza do Reservatório da Refrigeração* E- Limpeza da Máquina F- Cones das Ferramentas G- Filtro do Painel Elétrico H- Proteções e Coberturas Articulas					MAQUINA EM FUNCIONAMENTO I- Pressão da Unidade Hidráulica J- Pressão da Bomba de Refrigeração L- Verificar Vazamentos: Ar/Óleo M- Verificar Ruído N- Verificar Vibração					Equip: C.U. ROMI D600 Patrimônio: C.C.: 3165 Relativo ao mês:				
*Conforme manual do equipamento, a limpeza do reservatório deve ser realizada semestralmente, ou antes deste período se necessário.														
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.	M.P.
A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -	A -
B -	B -	B -	B -	B -	B -	B -	B -	B -	B -	B -	B -	B -	B -	B -
C -	C -	C -	C -	C -	C -	C -	C -	C -	C -	C -	C -	C -	C -	C -
D -	D -	D -	D -	D -	D -	D -	D -	D -	D -	D -	D -	D -	D -	D -
E -	E -	E -	E -	E -	E -	E -	E -	E -	E -	E -	E -	E -	E -	E -
F -	F -	F -	F -	F -	F -	F -	F -	F -	F -	F -	F -	F -	F -	F -
G -	G -	G -	G -	G -	G -	G -	G -	G -	G -	G -	G -	G -	G -	G -
H -	H -	H -	H -	H -	H -	H -	H -	H -	H -	H -	H -	H -	H -	H -
M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.	M.F.
I -	I -	I -	I -	I -	I -	I -	I -	I -	I -	I -	I -	I -	I -	I -
J -	J -	J -	J -	J -	J -	J -	J -	J -	J -	J -	J -	J -	J -	J -
L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -	L -
M -	M -	M -	M -	M -	M -	M -	M -	M -	M -	M -	M -	M -	M -	M -
N -	N -	N -	N -	N -	N -	N -	N -	N -	N -	N -	N -	N -	N -	N -
op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:	op:
TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:	TUR:
Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.	Visto L.

*A verificação desta deve ser firmada pelo líder do setor/turno **Cada coluna é referente ao dia verificado ***Op: n° da chapa.

Fonte: Biehl; Sellitto, 2015.

Após o plano de manutenção ser concluído, deve-se seguir as etapas de execução e colocar o plano em prática, fazendo as manutenções preventivas nos intervalos conforme foi definido. Essa aderência dos intervalos de manutenção será o fator primordial para o plano ser bem-sucedido e atingir os resultados esperados.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada no trabalho foi um estudo de caso e a pesquisa bibliográfica com aprofundamento sobre manutenção em compressores do tipo parafuso, sendo ele um TECNOMATICS SUPREME SDI 100 HP, que garante uma compreensão abrangente e fundamentada do tema. Este processo não só fornece

uma base teórica sólida para trabalhos acadêmicos e projetos de pesquisa, mas também contribui para o desenvolvimento de práticas mais seguras e eficientes na gestão de manutenções preventivas, que garantem o prolongamento da vida útil do equipamento.

A estratégia para o desenvolvimento do trabalho foi definida de forma a explanar os conhecimentos nos principais modelos de compressores usados nas indústrias, desde o seu surgimento até aos dias atuais, bem como a evolução dos processos de manutenção, que cada vez mais, vem proporcionando uma grande confiabilidade nos processos industriais, aumentando a capacidade produtiva, na redução de custos e também fazendo com que seja cumprido os requisitos básicos de segurança para a operação do equipamento.

Segundo Gregório e Silveira (2018) a manutenção está em constante evolução, visto que as necessidades das empresas mudam e novas tecnologias passam a ser aplicadas.

Para que se tenha o resultado proposto foi utilizado diversos meios de consulta como artigos científicos, livros, revistas científicas e trabalhos de conclusão de cursos de graduação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADO DA MANUTENÇÃO PREDITIVA E ETAPAS DA MANUTENÇÃO

Após o monitoramento e coleta de dados abordados nas manutenções preditivas, conseqüentemente se tem a necessidade de se executar a manutenção preventiva do equipamento, podendo ser a substituição de óleo lubrificante, filtros, válvulas, ou até mesmo maiores reparos nos componentes internos, sendo eles substituídos ou reparados de forma que retorne o mais próximo possível a sua forma original de acordo como fabricante.

Nas Imagens abaixo, se tem um compressor do tipo parafusos que após inspeções de monitoramento detectou-se ruídos anormais que ocasionaram a perda de rendimento do equipamento, tendo como causa provável o mau funcionamento ou a falha dos rolamentos. Manter o equipamento em operação aceleraria de forma exponencial os danos internos do equipamento, tornando o reparo inviável.

Após a fase de coleta de dados e de planejamento da manutenção, se inicia a desmontagem do equipamento que está acoplado a um motor elétrico, como mostra a Imagem 4(B).

Imagem 4 - Desacoplamento do compressor



(A)

(B)

Fonte: Elaborado pelos autores.

O desacoplamento do compressor em relação ao motor elétrico deve ser feito de forma segura com o motor elétrico totalmente desligado de sua alimentação, para que evite os riscos de acidentes. Em uma bancada é feito o processo de desmontagem das tampas e outros componentes do compressor, como é mostrado na Imagem 5(A).

Imagem 5 - Desmontagem da tampa e outros componentes



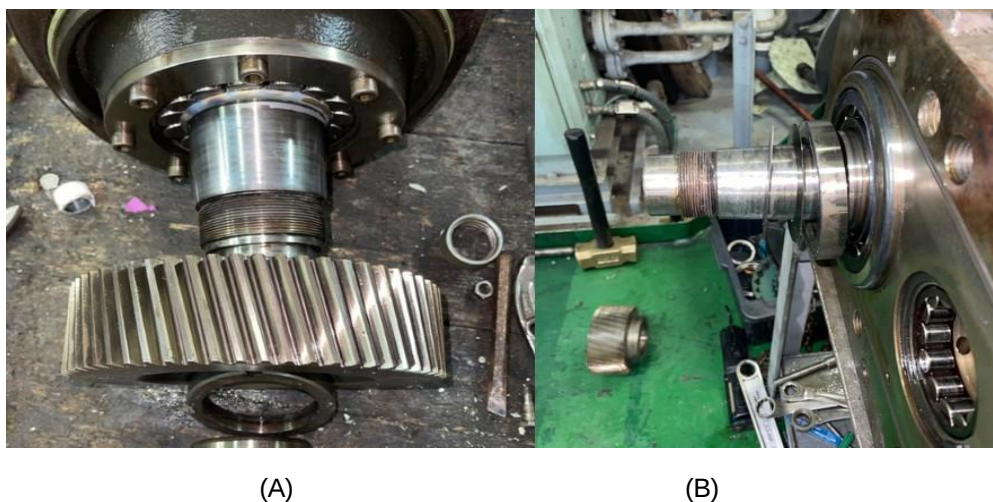
(A)

(B)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após o processo de desmontagem e limpeza dos componentes internos, é feita uma inspeção visual em todos os elementos que compõem o compressor. Nessa inspeção foi detectado que os rolamentos do eixo de acoplamento compressor/motor apresentavam sinais de aquecimento da pista interna e o rolamento dos fusos da tampa traseira também apresentava sinais de desgaste e danos na aranha dos roletes, mostrado na Imagem 6(B).

Imagem 6 - Inspeção nos rolamentos



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a inspeção dos rolamentos, foi feita a separação dos fusos da carcaça para a limpeza e em seguida a inspeção mostrados na Imagem 7(B). Todos os elementos internos foram limpos e inspecionados, verificando a integridade e o nível de desgaste desses componentes.

Imagem 7 - Limpeza e inspeção dos componentes internos



Fonte: Elaborado pelos autores.

Verificando que somente os rolamentos apresentavam sinais de dano, os demais componentes se encontravam íntegros, sem o indício de perda severa de material ou aquecimento. Confirmando assim o que diz Defendi (2020) pois os rolamentos quando avariados apresentam aceleração com variações onde o desgaste desses rolamentos é maior podendo afetar outras peças internas. Foi adquirido novos rolamentos seguindo todos os requisitos do fabricante para a montagem do compressor, como mostra as Imagens 8A e 8B.

Imagem 8 - Montagem dos rolamentos



(A)

(B)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a montagem dos rolamentos, foram montados os fusos na carcaça e a instalação da tampa com os rolamentos novos mostrados na Imagem 9(B).

Imagem 9 - Montagem dos fusos na carcaça



(A)

(B)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em seguida, foi feito o ajuste de pré-carga com porcas de trava e a montagem final da tampa para ser feita a fase de testes e em seguida o acoplamento do compressor no motor elétrico. A Imagem 10 (A) a qual mostra o ajuste de folga dos rolamentos em relação aos fusos e o fechamento com a tampa.

Imagem 10 - Ajuste de folga e fechamento da tampa



(A)

(B)

Fonte: Elaborado pelos autores

Após a montagem completa do compressor, o equipamento foi instalado no motor elétrico para a execução dos testes operacionais. Na partida foi observado que o compressor operou normalmente sem apresentar ruídos e sem anormalidades aparentes.

O plano estratégico de manutenção preventiva que foi adotado foi de enorme contribuição para o sucesso da atividade. O compressor que por sua vez é de alto valor, teve a sua vida útil prolongada, fazendo com que o equipamento opere com segurança, qualidade, eficiência e com a redução de custos. É relevante mencionar que um equipamento operando com avarias, compromete todos esses quesitos citados anteriormente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Compressores do tipo parafuso são amplamente utilizados em ambientes industriais devido a sua eficiência, robustez e capacidade de operação contínua, porém o problema em seus rolamentos é bastantes comuns seja ele devido a desgaste natural ou até mesmo impureza em seu sistema de lubrificação que é causado pela falta da devida manutenção.

A revisão de fontes bibliográficas nos mostra que a manutenção preventiva, com atividades de inspeção regular, checagem de ruídos, troca de filtros e rolamentos, é essencial para se evitar falhas graves e consequentemente reduzir os custos com manutenções corretivas. A literatura destaca que quando se segue um plano de manutenção adequado, é possível minimizar os custos de operação e evitar paradas indesejadas, aumentando assim a confiabilidade do sistema e a segurança nas operações industriais.

Assim, essa pesquisa fornece uma base sólida para a implementação e evolução dos planos de manutenção para serem mais eficazes, visando prolongar a vida útil dos equipamentos e otimizar seu desempenho, impactando diretamente na produtividade e na competitividade entre as empresas.

REFERÊNCIA

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial: Princípios Técnicos e Operações**. Rio de Janeiro: Érica, 2016. E-book. p.26. ISBN 9788536519807. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536519807/> Acesso em: 12 nov. 2024.

BIEHL, N. C.; SELLITO, M. A. TPM e manutenção autônoma: estudo de caso em uma empresa da indústria metal-mecânica. **Produção Online**, v.15, n. 4, p. 1123-1147, out. /dez. 2015. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/1632> Acesso em: 07 nov. 2024.

DEFENDI, Vanderlei. **Sistema de manutenção preditiva aplicado a compressores radiais industriais utilizando análise de vibração**. Universidade de Caxias do Sul. Bento Gonçalves, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/8849/TCC%20Vanderlei%20Defendi.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 11 nov. 2024.

FILIPPO, Guilherme Eugênio Filho F. **Bombas, Ventiladores e Compressores - Fundamentos**. Rio de Janeiro: Érica, 2015. E-book. Pág. 282. ISBN 9788536519630. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536519630/> Acesso em: 04 nov. 2024.

GREGÓRIO, Gabriela F P.; SILVEIRA, Aline M. **Manutenção industrial**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. E-book. p. Capa. ISBN 9788595026971. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595026971/> Acesso em: 21 out. 2024.

GREGÓRIO, Gabriela F P.; SANTOS, Danielle F.; PRATA, Auricélio B. **Engenharia de manutenção**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. E-book. p.63. ISBN 9788595025493. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595025493/>. Acesso em: 11 nov. 2024.

OLIVEIRA, Fernando da Silva. **Análise Comparativa entre dois Vasos de Pressão Cilíndricos: Aço x PRFV-Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2022-Doi (<https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/48596>). Disponível em: FINAL - TCC Fernando ESTUDO COMPARATIVO AÇO X PRFV.pdf (ufrn.br). Acesso em: 5 out. 2024.

PORTARIA MTP. NR13. **Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-13-atualizada-2022-retificada.pdf>. Acesso em: 5 out. 2024.

REIS, Igor Augusto Alves. **Revisão de um plano de manutenção preventiva para minimização de intervenções corretivas emergenciais no setor de utilidade de uma siderúrgica de grande porte**. Universidade Federal de Ouro Preto - João Monlevarde, MG, 2021 - Trabalho de conclusão de curso – Disponível em: https://monografias.ufop.br/bitstream/35400000/3090/6/MONOGRAFIA_Revis%c3%a3oPlanoManuten%c3%a7%c3%a3o.pdf Acesso em: 05 nov. 2024.

RODRIGUES, Jonathan; MIRANDA, Diego Alves; KUROWSKY, Edilson José - **Aplicação de um plano de manutenção em máquinas de conversão de papel Tissue** - Universidade da Região de Joinville, São Bento do Sul - SC, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Diego-Miranda-7/publication/354385089_APLICACAO_DE_UM_PLANO_DE_LUBRIFICACAO_EM_MAQUINAS_DE_CONVERSAO_DE_PAPEL_TISSUE/links/6136089a2b40ec7d8beae69f/APLICACAO-DE-UM-PLANO-DE-LUBRIFICACAO-EM-MAQUINAS-DE-CONVERSAO-DE-PAPEL-TISSUE.pdf Acesso em: 12 nov. 2024.

SANTOS, Wagner Baracho.; COLOSIMO, Enrico Antonio.; MOTTA, Sergio Brandão. Tempo ótimo entre manutenções preventivas para sistemas sujeitos a mais de um tipo de evento aleatório. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 14, n. 1, p. 193-202, jan.-abr. 2007 Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/gxHHQMgHYBxC7j3yMvDnwjD/?format=pdf> Acesso em: 31 out. 2024.

VELOSO, Norwil. **O advento do ar comprimido**. Revista M&T, São Paulo, Ed-180, junho 2014. Disponível em: <https://revistamt.com.br/Materias/Exibir/o-advento-do-ar-comprimido> Acesso em: 09 nov. 2024

Mundo Tecnológico

Apresentação

A revista científica Mundo Tecnológico publica trabalhos técnicos culturais, científicos e/ou acadêmicos, nas áreas ligadas aos cursos oferecidos de graduação, desde que atenda aos objetivos da Instituição. Admite-se, de preferência, autor pertencente à Faculdade, sem limitar, contudo, as contribuições e intercâmbios externos, julgados pelo Conselho Editorial, de valor para a Revista e, sobretudo, para a sociedade brasileira.

Normas de Publicação

Os originais entregues para publicação deverão ser assinados pelo autor e seguir as seguintes normas:

1 Texto

- 1.1 Os trabalhos devem ser inéditos e submetidos ao Conselho Editorial, para a avaliação e revista de pelo menos, dois de seus membros, cabendo-lhe o direito de publicá-lo ou não;
- 1.2 O texto deve ser apresentado em formato A4 (210x297mm);
- 1.3 Os trabalhos e artigos não devem ultrapassar o total de vinte laudas, em espaçamento normal; resumos de dissertação e monografia, duas laudas e resenhas e/ou relatos, não devem ultrapassar quatro laudas;
- 1.4 O texto deve ser entregue em CD e impresso, sendo composto no editor de texto Word for Windows, com fonte Time New Roman 12;
- 1.5 O trabalho deve apresentar obrigatoriamente:
 - Título;
 - Nome(s) do(s) autor(es)
 - Breve currículo do(s) autor(es), enfocando as atividades mais condizentes com o tema trabalhado;
 - Introdução;
 - Corpo do trabalho;
 - Resultado e/ou Considerações finais;
 - Referências.

2 Referências

As referências deverão ser listadas imediatamente após texto, em ordem alfabética, obedecendo Normas Técnicas.

3 Citações

Qualquer citação no texto deverá ter obrigatoriamente identificação completa da fonte, acrescida da (s) página (s) de onde foi retirada a citação.

Pede-se aos autores

- Seguir rigorosamente o Manual de Normatização da Multivix, que se encontra a disposição de todos na Biblioteca e na intranet do site da Instituição;
- Linguagem condizente como produção científica, evitando abreviações, jargões e neologismos desnecessários;
- Objetividade quanto à construção do título do artigo;
- Apresentação do significado de cada sigla que conta do texto na primeira vez em que ocorre.

Considerações Finais

Os artigos são de inteira responsabilidade de seus autores e o Conselho de Editoração não se responsabilizará pelas opiniões expressadas nos artigos assinados.