

**MARINHA DO BRASIL  
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA  
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE ALEXANDRINO**

**CURSO DE APERFEIÇOAMENTO AVANÇADO EM  
SISTEMAS DE CONTROLE E ELETRICIDADE DE NAVIOS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE EMBARCAÇÕES: Análise da  
Eficiência Energética em lâmpadas do Navio Patrulha Guarujá P-49**



**1T RENAN PEREIRA BENTO**

Rio de Janeiro  
2023

1T RENAN PEREIRA BENTO

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE EMBARCAÇÕES: Análise da Eficiência  
Energética em lâmpadas do Navio Patrulha Guarujá P-49

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Alexandrino como requisito parcial à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Sistema de Controle e Eletricidade de Navios.

Orientadores:

Orientador Acadêmico: Prof. Dr. Murilo Eduardo  
Casteroba Bento

Orientador Técnico: 1T Hiram Abdala Tose Ticianelli

CIAA  
Rio de Janeiro  
2023

1T RENAN PEREIRA BENTO

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE EMBARCAÇÕES: Análise da Eficiência Energética em lâmpadas do Navio Patrulha Guarujá P-49

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Alexandrino como requisito parcial à conclusão do Curso de Aperfeiçoamento Avançado em Sistema de Controle e Eletricidade de Navios.

Aprovada em \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

Murilo Eduardo Casteroba Bento, PhD – UFRJ \_\_\_\_\_

Hiram Abdala Tose Ticianelli, 1ºTen (EN) – DEN \_\_\_\_\_

Darlan de Souza Terra, CT – ComForSup \_\_\_\_\_

CIAA  
Rio de Janeiro  
2023

A Deus, meus pais, Avaneide e Roberval,  
familiares e caros amigos por todo esforço e amor  
despendido.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus por me conceder força, sabedoria e perseverança ao longo desta jornada desafiadora. Sua graça e orientação foram minha luz nas horas mais escuras.

Também expresso minha gratidão, aos meus queridos pais, Avaneide e Roberval, que me ensinaram desde cedo os valores da perseverança e da determinação. Mesmo com a distância que nos separa por tanto tempo, vocês continuam sendo minha fonte de inspiração e força. Nos momentos em que duvidei da minha capacidade, nunca deixaram de acreditar em mim e é isso que me impulsiona até aqui. Vocês são meu maior tesouro.

Aos meus queridos familiares que me apoiaram em minha ausência, sua compreensão e encorajamento foram inestimáveis. Neste momento tão desafiador, como a difícil jornada que a nossa tia Inês enfrenta, creio que a nossa união será mais um testemunho de superação em meio as adversidades.

Aos amigos que caminharam comigo ao longo dessa jornada, Rodrigo Grünewald, Matheus Rodrigues, Yuri Ligório, Alex Lyra, Igor Lima, Victor Magno e Nilson Borges. A presença de vocês sempre trouxe alegria e conforto, mesmo no momento mais desafiadores. Estendo esses votos de agradecimento ao Felipe Bittencourt, Gabriel Saraiva, Antônio Carlos, Felipe dos Anjos, Jonas Ferreira, Matheus Patuelli, Thales Bittencourt, Bráulio Augusto, vocês são como irmãos de outra mãe.

Ao professor Murilo, orientador acadêmico, e instrutor de duas disciplinas ministradas no decorrer desse curso. Agradeço por compartilhar seu conhecimento e orientação durante todo esse período. Seu compromisso com a educação é inspirador. Primeiro-Tenente (EN) Hiran, orientador técnico, obrigado pelo apoio quando solicitado e camaradagem, desejo sucessos na carreira. Por último, mas não menos importante, Professor César Lampe, coordenador do curso, sou extremamente grato pela dedicação ao nosso crescimento acadêmico.

Em síntese, minha jornada até esse ponto foi enriquecida pelas bênçãos que Deus me proporcionou, pelo apoio da minha família, pelos ensinamentos dos meus professores e pela amizade inabalável dos meus amigos. A todos vocês, minha eterna gratidão.

“Quando tudo parecer dar errado em sua vida, lembre-se que o avião decola contra o vento, e não a favor”

Henry Ford

# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE EMBARCAÇÕES: Análise da Eficiência Energética em lâmpadas do Navio Patrulha Guarujá P-49

## Resumo

Neste estudo, foi realizado um aprofundado levantamento da eficiência energética das lâmpadas a bordo do Navio Patrulha Guarujá P-49, buscando conhecimentos significativos para melhorar seu desempenho energético e, conseqüentemente, contribuir para operações navais mais eficientes e sustentáveis. A metodologia envolveu uma análise quantitativa dos consumos, custos e impactos ambientais das lâmpadas utilizadas, seguida pela aplicação de métricas econômicas, como *Payback* e Valor Líquido Presente, com uma Taxa Mínima de Atratividade de 20%. Os resultados revelaram a viabilidade financeira da substituição das lâmpadas por alternativas mais eficientes, gerando economia de energia e custos operacionais, ao mesmo tempo em que reduzem os impactos ambientais. A conclusão ressalta a importância de considerar não apenas a eficiência energética, mas também os aspectos financeiros e ambientais ao tomar decisões sobre melhorias no sistema de iluminação da embarcação, com potencial de aplicação em outras embarcações da frota naval brasileira e internacional.

**Palavras- chave:** Navios; Iluminação; Eficiência energética; Lâmpadas.

## ENERGY EFFICIENCY IN VESSEL SYSTEMS: Analysis of Energy Efficiency in lamps on the Guarujá P-49 Patrol Ship

### **Abstract**

In this study, an in-depth survey of the energy efficiency of lamps on board the Patrulha Guarujá P-49 was carried out, seeking significant knowledge to improve its energy performance and, consequently, contribute to more efficient and sustainable naval operations. The methodology involved a quantitative analysis of the consumption, costs and environmental impacts of the lamps used, followed by the application of economic metrics, such as Payback and Net Present Value, with a Minimum Attractiveness Rate of 20%. The results revealed the financial viability of replacing lamps with more efficient alternatives, generating energy savings and operational costs, while reducing environmental impacts. The conclusion highlights the importance of considering not only energy efficiency, but also financial and environmental aspects when making decisions about improvements to the vessel's lighting system, with potential for application on other vessels in the Brazilian and international naval fleet.

**Keywords:** Ships; Lighting; Energy efficiency; Lamps.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Iluminação externa do Navio Guarujá .....	12
Figura 2 - Comparação entre lâmpadas fluorescentes convencionais e lâmpadas LED .....	25
Figura 3 - Navio P-49 .....	28

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Inventário de Lâmpadas analisadas no Navio Guarujá.....	29
Tabela 2 - Valores das tarifas de energia elétrica e da taxa portuária.....	30
Tabela 3 - Tempo de uso diário específico para cada tipo de lâmpada a bordo do Navio P49	30
Tabela 4 - Quantidade e custos anuais sem a relação das trocas por queimas.....	31
Tabela 5 - Quantidade, potência e custos anuais com as lâmpadas LED propostas como medida de eficiência energética .....	31
Tabela 6 - Vida útil de cada lâmpada analisada.....	32
Tabela 7 - Investimento por lâmpada proposta, apontando também o preço das lâmpadas localizadas no P-49 e a economia O&MIncremental anual por luminária .....	33
Tabela 8 - Tempo de retorno referente a economia de combustível.....	33
Tabela 9 - Principais parâmetros de valores .....	34

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1 Apresentação do Problema</b> .....	<b>11</b>
<b>1.2 Justificativa e Relevância</b> .....	<b>12</b>
<b>1.3 Objetivos</b> .....	<b>13</b>
1.3.1 Objetivo geral.....	14
1.3.2 Objetivos específicos .....	14
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1 A Eficiência Energética: Estado da Arte, Origem e Evolução</b> .....	<b>15</b>
<b>2.2 Importância da Eficiência Energética</b> .....	<b>19</b>
2.2.1 Eficiência Energética e Sustentabilidade .....	21
<b>2.3 Tecnologia de Lâmpadas e Eficiência Energética</b> .....	<b>22</b>
<b>2.4 Sistemas de Iluminação em Embarcações</b> .....	<b>23</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>26</b>
<b>3.1 Classificação da Pesquisa</b> .....	<b>26</b>
3.1.1 Classificação Quanto aos Fins .....	26
3.1.2 Classificação Quanto aos Meios .....	26
<b>3.2 Limitações do Método</b> .....	<b>27</b>
<b>3.3 Coleta e Tratamento dos Dados</b> .....	<b>27</b>
<b>4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>28</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>36</b>
<b>5.1 Considerações Finais</b> .....	<b>36</b>
<b>5.2 Sugestões de Pesquisas Futuras</b> .....	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A iluminação desempenha um papel fundamental em todas as esferas da sociedade, seja em residências, espaços públicos ou no contexto deste estudo, em embarcações. A eficiência energética e sustentabilidade são preocupações crescentes em todo mundo e a busca por soluções que reduzem consumo de energia e minimizem o impacto ambiental tem ganhado destaque. A modernização das tecnologias de iluminação é um passo crucial nesse processo de otimização e como uma das soluções promissoras podemos citar o uso de lâmpadas LED.

Nos últimos anos, os avanços tecnológicos na indústria de iluminação têm permitido a produção de lâmpadas LED altamente eficientes, com vida útil mais longa e consumo de energia substancialmente menor em comparação com as lâmpadas convencionais. Essas características fazem das lâmpadas LED uma escolha atraente, com benefícios que vão desde a economia de energia até a redução de emissões de gases de efeito estufa.

Entretanto, a aplicação dessa tecnologia aos meios navais, na Marinha do Brasil, apresenta desafios e complexidades únicas. As demandas específicas de iluminação, requisitos de segurança e condições rigorosas tornam fundamental a avaliação cuidadosa dos benefícios e das implicações dessa transição.

### 1.1 Apresentação do Problema

A eficiência energética é um tema de crescente relevância em todo o mundo, à medida que as sociedades buscam formas de reduzir o consumo de energia, minimizar os impactos ambientais e otimizar os recursos disponíveis. Nesse contexto, a eficiência energética em embarcações torna-se um campo de estudo crucial, especialmente considerando a importância estratégica das atividades marítimas e a crescente conscientização sobre a necessidade de operações mais sustentáveis em ambientes marinhos (Dias, 2020; Martin, 2010).

As embarcações, sejam elas navios de guerra, navios de carga ou embarcações de passageiros, são consumidoras significativas de energia para diversas finalidades, incluindo propulsão, iluminação, sistemas de comunicação e operações diversas. Tem-se o exemplo do caso do Navio Patrulha Guarujá P-49, subordinado ao Comando do 4º Distrito Naval, situado na cidade de Belém. A eficiência energética desempenha um papel crucial na capacidade de cumprir suas missões de forma eficaz e econômica (Aquino, 2016). A Figura 1 exibe a iluminação externa do Navio Guarujá, em comemoração ao dia da Independência em 7 de setembro.

Figura 1 - Iluminação externa do Navio Guarujá



Fonte: figura de autoria do Segundo-Tenente Rios (2023).

Além disso, a eficiência energética está intimamente ligada à sustentabilidade, uma vez que a redução do consumo de combustíveis fósseis não apenas resulta em economias financeiras, mas também contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e outros poluentes. Isso é particularmente relevante em um momento em que o mundo está focado em enfrentar as mudanças climáticas e buscar alternativas mais limpas e renováveis para atender às demandas energéticas (Queiroz, 2016; Santos, 2018).

Dentro deste contexto, o presente trabalho buscará responder como a eficiência energética das lâmpadas a bordo do Navio Patrulha Guarujá P-49 pode ser aprimorada para promover mais eficiência e sustentabilidade nas operações navais, visando não apenas a economia de energia, mas também a redução de custos operacionais e dos impactos ambientais, com potencial de aplicação em outras embarcações da Marinha do Brasil.

## 1.2 Justificativa e Relevância

A escolha do tema "Eficiência Energética em Sistemas de Embarcações: Análise da Eficiência Energética em lâmpadas do Navio Patrulha Guarujá P-49" é motivada por diversas razões fundamentais que destacam a importância e a relevância deste estudo.

Em primeiro lugar, a eficiência energética é uma preocupação global que transcende setores e indústrias. A crescente demanda por energia, juntamente com as preocupações ambientais e as mudanças climáticas, tornam essencial otimizar o consumo de energia em todas as áreas da sociedade (Dias, 2020; Martin, 2010). Embarcações militares, como o Navio Patrulha Guarujá P-49, um dos responsáveis pelo patrulhamento do litoral norte do Brasil, representam uma parte do consumo de energia atinentes a Marinha do Brasil, tornando crucial a análise e melhoria da eficiência energética nesse contexto.

A Marinha do Brasil, como uma instituição responsável pela segurança e defesa marítima, está sujeita a desafios únicos, abrangendo restrições tanto operacionais quanto financeiras, que requerem soluções específicas. Assim, a análise da eficiência energética nesse trabalho pode ser mais um subsídio para garantir não só a redução de custos e a minimização do impacto ambiental, mas também maior disponibilidade operacional do meio. A escolha do Navio Patrulha Guarujá P-49, que faz parte do Grupamento de Patrulha Naval do Norte, como objeto de estudo se justifica pelo seu papel estratégico na vigilância e proteção do litoral norte do Brasil, tornando-o um exemplo relevante das questões relacionadas à eficiência energética na Marinha.

Além disso, a escolha das lâmpadas a bordo como foco de análise é relevante, uma vez que a iluminação é uma parte essencial das operações navais. Lâmpadas ineficientes não apenas aumentam os custos operacionais, mas também podem impactar negativamente a capacidade de um navio em operar de forma discreta e segura, especialmente durante a navegação noturna.

Outro aspecto importante é a consideração ambiental. A Marinha do Brasil, assim como outras marinhas ao redor do mundo, está cada vez mais consciente da necessidade de adotar práticas sustentáveis para reduzir as emissões de carbono e minimizar o impacto ambiental de suas operações. A análise da eficiência energética das lâmpadas a bordo não apenas contribui para a economia de recursos financeiros, mas também para a preservação do ambiente (Queiroz, 2016; Santos, 2018).

### **1.3 Objetivos**

Este referido estudo visa incentivar o aumento de pesquisas e medidas no que diz respeito à necessidade de promover o uso mais eficiente de energia em nossos meios navais. Tendo em vista a importância desse tema para a Marinha do Brasil, considerando não apenas a otimização de recursos energéticos, mas também a maximização da disponibilidade do meio, redução de custos e a minimização do impacto ambiental.

### 1.3.1 Objetivo geral

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo geral analisar a eficiência energética das lâmpadas a bordo do Navio Patrulha Guarujá P-49, uma análise que pode fornecer ideias valiosas sobre como melhorar o desempenho energético dessa embarcação e, por extensão, servir como um subsídio para outros meios navais da Marinha do Brasil. Através da análise de consumo, custos e impactos ambientais das lâmpadas utilizadas a bordo, este estudo busca contribuir para a promoção de operações mais eficientes e sustentáveis, alinhando-se com as tendências globais de conservação de recursos e proteção ambiental.

### 1.3.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos este trabalho buscará:

- Apresentar e conceituar o que é a eficiência energética;
- Destacar a importância da eficiência energética;
- Abordar a questão da eficiência energética relacionada com a sustentabilidade;
- Apresentar e citar a importância e usos da tecnologia de lâmpadas e eficiência energética;
- Abordar sobre os sistemas de iluminação em embarcações.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo visa anunciar os conceitos mais importantes para o correto entendimento das seções subsequentes. O processo de pesquisa teve início com um abrangente levantamento bibliográfico (Gil, 2002), que permitiu uma compreensão profunda das melhores práticas e desafios relacionados à eficiência energética em sistemas de embarcações, com foco especial no sistema de iluminação.

### 2.1 A Eficiência Energética: Estado da Arte, Origem e Evolução

Desde o início da Revolução Industrial no século XVIII, as discussões têm sido constantes sobre a economia de energia, especialmente devido ao fato de que, aumentar a eficiência diminui o consumo instantâneo, mas aumenta o uso do modelo, o que provoca um aumento no consumo. Isso é conhecido como o paradoxo de Jevons, que continua até hoje (Martine; Alves, 2015).

A eficiência energética tem historicamente recebido pouca atenção, exceto em tempos de crise energéticas, momentos em que a população se obriga a repensar sobre os níveis de gastos; e por outro lado porque a energia é ainda um recurso economicamente barato em relação ao seu valor real (Barros; Borelli; Gedra, 2015).

Conforme Goldemberg (1998), o consumo mundial de energia tem aumentado desproporcionalmente em relação ao crescimento populacional, principalmente como consequência do desenvolvimento econômico e da falta de consciência social nos países mais desenvolvidos, onde a energia está aumentando. Consumida por habitante, uma maior quantidade de energia disponível está relacionada a um maior bem-estar (Barros; Borelli; Gedra, 2015).

As preocupações com a disseminação de políticas de eficiência energética surgiram mais ativamente na década de 1970, incentivando a expansão da política com foco no meio ambiente, desgaste ambiental e conservação de energia familiar (Dagnino, 2014). Além disso o constante alerta com relação ao tema da economia de energia começa a tomar forma a partir de 1973, quando ocorreu a subida elevada no preço do petróleo, trazendo consequências importantes em escala global (Gerschman; Vianna, 1997).

Naquele tempo, poucas organizações tinham algum tipo de monitoramento de energia e, quando o fizeram, não havia uma abordagem comum. A maioria dos sistemas era manual e não levava em consideração variações decorrentes de fatores como clima, produção ou mix de

produtos. Esta fase foi caracterizada pela mentalidade do poupar energia, e encontrar uma resposta à crise, face aos aumentos bruscos dos preços e aos problemas de abastecimento de energia causados pela falta de petróleo, fruto de fatores geopolíticos e manipulações econômicas (Dowbor, 2017).

Na frente técnica, surgiram novas tecnologias que muitas vezes eram adotadas antes de serem totalmente desenvolvidas, como bombas de calor industriais com altos custos e muitas falhas e, no nível governamental, as medidas tendiam a exortar a economia incitando os consumidores a conservarem os gastos de energia abaixo da média anterior à crise (Dowbor, 2017).

Neste período a população viu o desenvolvimento da gestão de energia e o termo foi substituindo lentamente o conceito de mera conservação de energia. Timidamente, iniciou-se o desenvolvimento e aplicação do que hoje se conhece como gestão de energia. Graças à implementação de computadores, o monitoramento e o direcionamento também surgiram. Os sistemas computadorizados podem levar em consideração fatores relevantes, como aquecimento com base na temperatura ambiente e/ou níveis de produção (Bermann, 2019).

Nessa fase, surgiu o mercado de consultoria em gestão de energia e, com ele, algumas empresas que ajudaram outras a realizar auditorias, executar projetos e oferecer programas de comunicação e conscientização. A partir disso, a gestão energética como disciplina começou a declinar graças a dois fatores: a redução dos preços reais devido à privatização de empresas públicas e a diminuição do tamanho geral das empresas (Bermann, 2019).

Com a liberalização do mercado, maiores economias poderiam ser alcançadas com menos risco, fazendo compras mais eficazes do que implementando projetos de eficiência energética. Muitas organizações que foram pioneiras no gerenciamento de energia começaram a perder terreno. Além disso, o mercado de consultoria em energia diminuiu drasticamente (Rodrigues, 2019).

O meio ambiente começou a surgir como um problema neste período e muitas empresas incorporaram a gestão de energia aplicando-a em iniciativas ambientais mais amplas, mas sem tanto aprofundamento. Surge a necessidade de reduzir o uso de Carbono. Termos como aquecimento global, pegada de carbono, mudança climática, ecologicamente correto etc., surgiram, e se tornaram comuns (Marques, 2019).

A partir do ano 2000, o Protocolo de Kyoto<sup>1</sup> ganhou destaque e a agenda de mudanças climáticas passou a ser o foco principal de indivíduos, governos e organizações; isso fez com que a energia voltasse a ser uma questão de alto nível e, à medida que os preços subiam, muitas empresas se comprometeram a reduzir o consumo, enfrentando penalidades por não fazê-lo (Moreira; Giometti, 2008). Em 2008, antes que todos os efeitos da crise financeira se tornassem claros e em meio a uma erupção de preocupação com o preço do petróleo e as pressões sobre os recursos, o barril atingiu a alta recorde de US\$147 (Silva, 2009).

A partir de 2010, a política de eficiência energética passou a crescer globalmente. Nos últimos anos, o interesse no financiamento da eficiência energética tem aumentado e, em particular, no uso de energia privada. O mercado ainda é incipiente na maioria dos países, mas os sinais são positivos (Barros; Borelli; Gedra, 2015).

A previsão atual é que a eficiência energética seja cada vez mais vista como um recurso confiável que pode ser acessado, valorizado e comercializado por todos. Isso será baseado em uma maior aceitação da ideia de eficiência energética medida. No nível político, haverá uma nova mudança em direção ao foco na produtividade energética, que é a base para uma narrativa política muito mais positiva. Este período pode ser um período de abundância global de energia, com petróleo, gás, energias renováveis e eficiências disponíveis (Barros; Borelli; Gedra, 2015).

Dos tempos passados até a atualidade, a eficiência energética continua a ser a opção de custo mais baixo para cumprir os compromissos nacionais de mudança climática. Por este motivo, a eficiência energética é muitas vezes referida como o recurso que deve ser utilizado antes de qualquer outra alternativa energética. Além de reduzir as emissões, a eficiência energética traz outros benefícios para o desenvolvimento: maior segurança energética, menos pressão sobre os orçamentos nacionais e domésticos, maior confiabilidade dos sistemas de energia elétrica, maior competitividade e melhores operações em setores fundamentais como educação e saúde (Costa, 2018).

No entanto, apesar de seu grande potencial, a eficiência energética continua subutilizada devido a barreiras políticas, técnicas e financeiras. A implementação bem-sucedida de programas de eficiência energética em escala requer um compromisso de longo prazo. O financiamento deve ser adaptado aos mercados locais e apoiado por políticas, regulamentos e, em alguns casos, incentivos apropriados (Sola; Mota, 2015).

---

<sup>1</sup> Acordo internacional que fixa metas para limitar a poluição pela queima de combustíveis fósseis causadoras do efeito estufa. Durante a Conferência Rio92 da ONU sobre Meio Ambiente, mais de 200 países adotaram a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, que entrou em vigor em 1994 (Silva, 2009)

Atualmente, os países estão desenvolvendo a próxima geração de programas para aproveitar esse enorme potencial, aqueles que incluem a compra agregada de aparelhos e equipamentos com eficiência energética; a criação de fundos rotativos e o aperfeiçoamento da regulamentação dos países. Há um maior interesse pelo crescimento sustentável e o desenvolvimento do setor privado, investindo em projetos de infraestrutura industrial e comercial que são extremamente importantes e garantem o uso eficiente dos recursos (Silva, 2019).

O uso eficiente de energia diz respeito ao objetivo de reduzir a quantidade de energia necessária para fornecer produtos e serviços. Por exemplo, o isolamento correto de um apartamento permite que um edifício use menos energia para aquecimento e resfriamento para atingir e manter uma temperatura confortável. Instalar iluminação LED, iluminação fluorescente ou claraboias naturais reduzirá a quantidade de energia necessária para atingir o mesmo nível de iluminação em comparação com o uso de lâmpadas incandescentes tradicionais (Silva, 2019).

As melhorias na eficiência energética são geralmente alcançadas pela adoção de um processo ou tecnologia de produção mais eficiente ou pela aplicação de métodos comumente aceitos para reduzir as perdas de energia. A redução do uso de energia minimiza os custos de energia e pode levar à economia de custos financeiros para os consumidores se a economia de energia compensar quaisquer custos adicionais de implementação de uma tecnologia de eficiência energética (Giomo, 2017).

A redução do consumo de energia também é vista como uma solução para o problema de redução das emissões de gases de efeito estufa. De acordo com Giomo (2017), melhorar a eficiência energética em edifícios, processos industriais e transporte poderia reduzir as necessidades mundiais de energia em um terço até 2050 e ajudar a controlar as emissões globais de gases de efeito estufa.

Ao tomarmos como exemplo uma empresa, os maquinários mais modernos consomem muito menos energia do que os aparelhos mais antigos. Os modernos sistemas de gerenciamento de energia também reduzem o uso de energia por aparelhos inativos, desligando-os ou colocando-os em um modo de baixa energia após um determinado período de tempo (Marques, 2019).

Sendo assim, a eficiência energética e as energias renováveis são consideradas os dois pilares da política de energia sustentável, e uma prioridade para a hierarquia da energia sustentável. Em muitos países, a eficiência energética também é considerada um benefício para a segurança nacional porque pode ser usada para reduzir o nível de importação de energia de

países estrangeiros e pode diminuir a taxa de esgotamento dos recursos energéticos (Marques, 2019). A eficiência energética tem se mostrado uma estratégia lucrativa para construir economias sem necessariamente aumentar o consumo de energia.

## **2.2 Importância da Eficiência Energética**

A energia é um importante motor de desenvolvimento, a partir do qual eleva-se a produtividade dos setores econômicos e a competitividade dos países; porém, crescimento rápido não é necessariamente sinônimo de desenvolvimento, principalmente se não configurar um plano sustentável no tempo e de acordo com os recursos disponíveis para o país. Por isso, são necessárias a execução consciente, a maximização das capacidades de produção de forma sustentável e a consideração da eficiência como principal pilar desta transformação (Marques, 2019).

Nas últimas décadas, o interesse global na implementação da eficiência energética nas empresas tem aumentado com o objetivo de consolidar o fornecimento de energia de forma sustentável, aumentar a competitividade através da eficiência da sua implementação e reduzir o impacto das alterações climáticas. Nesse sentido, a visão de energia sustentável começa a ganhar maior destaque no século XXI (Giomo, 2017).

Como mencionam Gerschman e Vianna (1997), a noção de eficiência energética começou a ser discutida na década de 70, devido às consequências devastadoras que a crise do petróleo trouxe consigo; porém, atualmente, o maior destaque que vem ganhando lugar mundialmente responde ao forte impacto que teria na redução das emissões de gases de efeito estufa, visto que é considerada a única tecnologia que poderia reduzi-las. Paralelamente à discussão sobre os efeitos das mudanças climáticas é que a eficiência energética renasce como alternativa sustentável (Giomo, 2017).

A eficiência energética raramente é considerada o recurso menos caro para responder à maior demanda de energia que existe no mundo, apesar de ser a melhor alternativa nesse sentido. Os países que implementam planos sustentáveis que garantem a implementação de programas e políticas que favoreçam a eficiência energética não só gastam menos, mas também reduzem a dependência de importações e minimizam o seu impacto negativo no ambiente (Sola; Mota, 2015)

A eficiência energética ainda permanece subutilizada globalmente, apesar dos benefícios e dados que a suportam, bem como do potencial que tem para atender a demanda de energia projetada para os próximos anos. Por isso, a consideração da sua importância é decisiva

no contexto atual, onde a sua execução garantirá a poupança econômica, a produtividade bem como a competitividade no mercado, e a sustentabilidade do planeta a longo prazo (Costa, 2018).

As mudanças climáticas são um dos maiores desafios mundiais, principalmente pelas consequências que acarretam: das mudanças meteorológicas aos desastres naturais. Embora existam muitos componentes que determinam as mudanças climáticas atuais, os mais nocivos são conhecidos como Gases de Efeito Estufa (GEE). Os GEEs são produzidos naturalmente, cumprem a função de cobrir o planeta para que parte do calor do sol seja mantida em seu interior, o que torna a Terra habitável e permite a vida de milhões de outros seres vivos, inclusive humanos (Lenza; Rodrigues, 2021).

No entanto, a transformação pela qual o planeta vem passando há mais de um século, desde a Era Industrial, começa a mostrar seu impacto: o crescente desmatamento para favorecer a agricultura e a pecuária e a expansão da industrialização têm feito com que os GEEs atinjam seus extremos e causem um fenômeno denominado aquecimento global (Lenza; Rodrigues, 2021). Em outras palavras, o processo natural de GEE foi distorcido e seu impacto atual no planeta está ocorrendo a partir de um corte negativo.

É extremamente importante alcançar e sustentar um crescimento econômico superior ao atual, para o qual deve ser assegurada uma política energética que garanta uma produção ambiental e socialmente sustentável. Embora hoje possa haver um excesso de oferta de energia, deve-se lembrar que, no início da década, quando o crescimento econômico era maior, algumas regiões foram afetadas por cortes de energia devido a uma demanda excessiva pelo recurso (Dowbor, 2017).

A eficiência energética contribui para a melhoria da saúde e do bem-estar por meio de níveis menores de poluição do ar através de recursos mais eficientes de transporte e redução de gases da produção de energia. Além de maior conforto, aquecimento e resfriamento mais eficientes de edifícios (Costa, 2018). A eficiência energética traz também como benefícios a redução da pobreza e o acesso global à eletricidade. Quando o consumo final diminuir, as distribuidoras de energia poderão atender a mais empresas, e melhores serviços de consumo de eletricidade estarão disponíveis (Costa, 2018).

Com a redução da conta de luz em função da redução do consumo, parte da receita é liberada, podendo ser utilizada para outras finalidades com potencial de gerar efeitos macroeconômicos positivos. Outro benefício que faz jus à importância que a eficiência energética tem para as empresas é o alargamento da capacidade de produção no mercado, posto

que o baixo uso de recursos diminui a poluição, favorece a vida mais saudável, e consequentemente, uma maior produção e competitividade (Barros; Borelli; Gedra, 2015).

A eficiência energética é considerada a forma mais econômica de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, uma das metas declaradas da comunidade internacional. As possibilidades de usar a energia com mais sabedoria são inúmeras. Mas o potencial dessas possibilidades ainda está amplamente inexplorado devido a restrições como distorções nos preços da energia, subsídios, problemas de financiamento, falta de regulamentação e capacidade institucional, ou simplesmente porque há outras prioridades a serem perseguidas (Barros; Borelli; Gedra, 2015).

### 2.2.1 Eficiência Energética e Sustentabilidade

A eficiência energética e a sustentabilidade estão intrinsecamente ligadas, desempenhando um papel fundamental na busca por um futuro mais equilibrado e responsável em termos de recursos. A eficiência energética refere-se à capacidade de se obter o máximo benefício de uma determinada quantidade de energia, minimizando o desperdício e as perdas durante a conversão e o uso. Em um mundo cada vez mais consciente das mudanças climáticas e da escassez de recursos, a eficiência energética tornou-se uma prioridade global, contribuindo para a redução das emissões de gases de efeito estufa e da pegada de carbono (Santos; Rodrigues; Carniello, 2021).

A sustentabilidade, por sua vez, é uma abordagem abrangente que busca equilibrar as necessidades presentes com a capacidade das gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades. A eficiência energética desempenha um papel vital na jornada em direção à sustentabilidade, pois a energia é um recurso finito e a redução do desperdício de energia é essencial para garantir um futuro sustentável. Essa busca pela eficiência energética não se limita a setores específicos, mas se estende a todas as áreas da sociedade, desde a indústria e o transporte até as residências e os edifícios (Santos, 2019).

Na indústria, por exemplo, a eficiência energética pode ser alcançada por meio da adoção de tecnologias mais eficientes, processos de produção otimizados e o uso responsável de recursos energéticos. No setor de transporte, a eficiência energética envolve a busca por veículos mais eficientes em termos de combustível, a promoção do transporte público e o desenvolvimento de infraestruturas de mobilidade sustentável. Em edifícios e residências, a eficiência energética inclui a implementação de isolamento térmico, sistemas de iluminação eficientes e o uso de energias renováveis, como a energia solar (Franceloso, 2019).

A regulamentação desempenha um papel importante na promoção da eficiência energética, estabelecendo padrões e requisitos que incentivam a adoção de práticas mais sustentáveis. Além disso, incentivos fiscais e programas de conscientização desempenham um papel fundamental na conscientização e no engajamento das pessoas na busca pela eficiência energética. A eficiência energética também está intimamente ligada à segurança energética, uma vez que a redução do consumo de energia ajuda a garantir um fornecimento de energia mais estável e confiável (Reis; Reis Júnior; Perin, 2020).

O uso eficiente de energia é particularmente importante em um contexto global, onde a demanda por energia continua a crescer e os recursos energéticos são limitados. A transição para fontes de energia mais limpas e renováveis, como a solar e a eólica, é uma parte essencial do esforço para aumentar a eficiência energética e reduzir os impactos ambientais. Além disso, a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras desempenham um papel vital na melhoria da eficiência energética em todos os setores (Santos; Reis Júnior; Reis, 2019).

A conscientização pública sobre a importância da eficiência energética e da sustentabilidade é um passo crucial na direção de um mundo mais equilibrado e responsável em termos de recursos. A educação e a promoção de práticas sustentáveis desde cedo podem criar uma base sólida para a adoção generalizada de medidas eficientes em termos de energia. Em última análise, a eficiência energética e a sustentabilidade são imperativos globais que exigem a colaboração de governos, empresas e indivíduos para garantir um futuro mais sustentável para todos. Ao adotar uma abordagem consciente e proativa em relação à eficiência energética e à sustentabilidade, a sociedade contribui para a preservação do planeta e para a criação de um legado positivo para as gerações futuras (Reis; Reis Júnior; Perin, 2020).

### **2.3 Tecnologia de Lâmpadas e Eficiência Energética**

A tecnologia de lâmpadas desempenha um papel crucial quando se trata de eficiência energética. As lâmpadas são uma fonte essencial de iluminação no ambiente cotidiano, seja em residências, edifícios comerciais, vias públicas ou em qualquer outro lugar onde a iluminação seja necessária. Portanto, a eficiência energética das lâmpadas desempenha um papel significativo na conservação de energia e na redução do consumo global (Santos; Rodrigues; Carniello, 2021).

Nos últimos anos, houve avanços substanciais na tecnologia de lâmpadas, com uma mudança notável em direção a lâmpadas de maior eficiência energética. As tradicionais lâmpadas incandescentes, por exemplo, são notórias por sua ineficiência, pois a maior parte da

energia consumida é convertida em calor, não em luz. Como resultado, muitos países têm adotado regulamentações para eliminar ou reduzir a produção e venda dessas lâmpadas ineficientes (Frاندoloso, 2019).

Em contrapartida, as lâmpadas de LED (*Light Emitting Diode*) têm se destacado como uma alternativa altamente eficiente e sustentável. As lâmpadas LED consomem significativamente menos energia para produzir a mesma quantidade de luz em comparação com as lâmpadas incandescentes ou fluorescentes compactas. Além disso, as lâmpadas LED têm uma vida útil muito mais longa, o que reduz ainda mais o consumo de recursos ao longo do tempo (Santos; Rodrigues; Carniello, 2021).

Outra tecnologia emergente é a iluminação inteligente. Com o uso de sensores e sistemas de controle, as lâmpadas podem ajustar automaticamente o brilho de acordo com as condições de iluminação no ambiente, economizando energia sempre que possível. Além disso, a conectividade da Internet das Coisas (IoT) está permitindo que as lâmpadas se integrem a sistemas de gerenciamento de energia mais amplos, proporcionando um controle ainda maior sobre o uso de energia (Reis; Reis Júnior; Perin, 2020).

No contexto da eficiência energética em lâmpadas, é fundamental considerar não apenas a eficiência energética intrínseca da lâmpada, mas também o seu ciclo de vida completo. Isso inclui aspectos como a produção, transporte, uso e descarte das lâmpadas. A produção de lâmpadas de LED, por exemplo, envolve a extração de recursos e a fabricação de componentes eletrônicos, o que requer energia. No entanto, devido à sua longa vida útil e eficiência energética durante a operação, as lâmpadas LED geralmente têm uma pegada de carbono muito menor em comparação com outras tecnologias de iluminação (Frاندoloso, 2019).

Portanto, ao avaliar a eficiência energética das lâmpadas, é importante adotar uma abordagem holística que leve em consideração não apenas o desempenho durante o uso, mas também o impacto ambiental em todas as fases do ciclo de vida. A tecnologia de lâmpadas desempenha um papel vital na busca por soluções mais sustentáveis em iluminação, contribuindo para a conservação de energia e a redução das emissões de gases de efeito estufa, ao mesmo tempo em que proporciona uma iluminação de alta qualidade em diversas aplicações (Santos; Reis Júnior; Reis, 2019).

## **2.4 Sistemas de Iluminação em Embarcações**

A eficiência energética em sistemas de iluminação a bordo de embarcações é um elemento fundamental para a operação bem-sucedida em um ambiente marítimo desafiador.

Embarcações de todos os tipos, desde navios de carga até navios militares e de cruzeiro, dependem da iluminação para uma variedade de funções críticas, incluindo navegação, segurança e atividades a bordo (Cardoso, 2022).

No entanto, a iluminação em embarcações enfrenta desafios únicos. As condições adversas, como umidade, vibrações e corrosão, exigem lâmpadas resistentes e duráveis para garantir a confiabilidade operacional. Além disso, o consumo de energia em embarcações é monitorado de perto, especialmente em missões de longo prazo ou quando a disponibilidade de combustível é limitada. Portanto, sistemas de iluminação eficientes contribuem para a autonomia da embarcação (Ribeiro; Moreira; Gomes, 2022).

Com os avanços na tecnologia de iluminação, as lâmpadas de LED (*Light Emitting Diode*) emergiram como uma solução ideal para embarcações. As lâmpadas LED oferecem uma combinação de baixo consumo de energia, longa vida útil e resistência a choques e vibrações, tornando-as ideais para o ambiente marítimo. Além disso, a tecnologia de iluminação marítima evoluiu para incluir sistemas de controle inteligente (Cardoso, 2022).

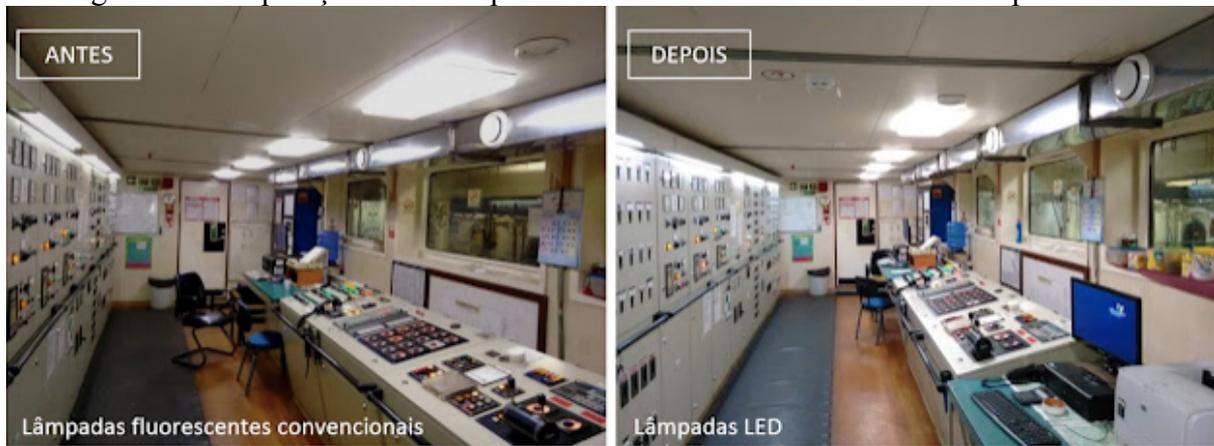
Sensores de presença e sistemas de automação permitem o uso eficiente da iluminação, garantindo que as áreas sejam iluminadas apenas quando necessário. Isso contribui significativamente para a economia de energia. Para cumprir as normas de segurança e regulamentações ambientais, as embarcações devem aderir a requisitos específicos para sistemas de iluminação eficientes e sustentáveis. A conformidade com essas normas é fundamental para a segurança das operações e para a redução do impacto ambiental (Baccarat, 2020).

Além dos benefícios individuais de eficiência e economia de energia, a eficiência energética dos sistemas de iluminação contribui para a redução das emissões de carbono da indústria de transporte marítimo. Em um cenário global onde a sustentabilidade ambiental é uma prioridade, esse é um fator significativo. No entanto, para manter a eficiência dos sistemas de iluminação, é essencial implementar um programa de monitoramento e manutenção regular. Isso inclui a substituição de lâmpadas defeituosas por alternativas de alta eficiência, garantindo que o sistema de iluminação esteja sempre operando de forma ideal (Ribeiro; Moreira; Gomes, 2022).

A pesquisa e o desenvolvimento contínuos desempenham um papel fundamental na melhoria da eficiência energética e da tecnologia de iluminação a bordo de embarcações. A indústria naval está constantemente buscando maneiras de inovar e adaptar-se às regulamentações em evolução. Finalmente, a integração dos sistemas de iluminação com sistemas de gerenciamento de energia mais amplos a bordo pode otimizar ainda mais o uso dos

recursos disponíveis, garantindo um ambiente de iluminação inteligente e eficiente (Aquino, 2016). A Figura 2 mostra a diferença no aspecto visual ao se usar lâmpadas LED.

Figura 2 - Comparação entre lâmpadas fluorescentes convencionais e lâmpadas LED



Fonte: R3 Técnica (2015).

### **3 METODOLOGIA**

O presente estudo adotou uma metodologia descritiva quantitativa, pois tem como objetivo explicitar o problema em questão e analisar quantitativamente consumos, custos e impactos ambientais das lâmpadas utilizadas no Navio Patrulha Guarujá P-49. Essa análise foi seguida pela aplicação de métricas econômicas, assim essa abordagem permitiu avaliar a viabilidade financeira da substituição das lâmpadas por alternativas mais eficientes. Conforme Gil (2008), a metodologia é crucial em pesquisas acadêmicas para definir estratégias de coleta, análise e interpretação de dados.

#### **3.1 Classificação da Pesquisa**

Dentre os métodos de classificação de pesquisas apresentados por Gerhardt e Silveira (2009) e Gil (2002), é possível classificar este trabalho como:

##### **3.1.1 Classificação Quanto aos Fins**

Dentro do contexto acadêmico e da necessidade imposta pelo trabalho em questão, este trabalho se categoriza em uma pesquisa descritiva. Segundo Lakatos e Marconi (2003), a abordagem descritiva, dedica-se a detalhar nuances de um fenômeno ou estabelecer conexões entre variáveis, valendo-se de métodos como análises e observações sistemáticas.

##### **3.1.2 Classificação Quanto aos Meios**

O processo de pesquisa teve início com um abrangente levantamento bibliográfico (Gil, 2002), que permitiu uma compreensão profunda das melhores práticas e desafios relacionados à eficiência energética em sistemas de embarcações, com foco especial no sistema de iluminação. Em seguida, o estudo adotou uma abordagem quantitativa, conduzindo um estudo de caso detalhado com base nas informações disponíveis na internet e nos manuais relacionados à embarcação (Gil, 2002). Esse estudo de caso foi cuidadosamente estruturado para avaliar diversos aspectos da eficiência energética das lâmpadas a bordo do Navio Patrulha Guarujá P-49, com destaque para o consumo de energia, custos associados e impactos ambientais decorrentes do uso dessas lâmpadas.

### 3.2 Limitações do Método

Tendo em vista que em qualquer pesquisa haverá limitações, sejam elas de natureza metodológica, teórica, financeira ou temporal e que podem impactar a extensão e profundidade da pesquisa. É de extrema importância reconhecê-las para entender as possíveis restrições e fragilidade do estudo (Richardson,1999). Entende-se assim que o presente estudo apresenta preços e dados referentes a um presente momento, portanto, tais resultados podem ser diferentes em se tratando de situações futuras, dificultando assim sua generalização.

Além do que foi previamente mencionado, a limitação maior, apesar dos benefícios proporcionados pelo avanço tecnológico, reside na necessidade de considerar os principais fatores limitantes, como interesse da instituição, questões orçamentárias e a organização administrativa da instituição para execução da proposta. Por último, pode-se elencar a sensibilidade na análise dos resultados, uma vez que ao se apontar uma solução particular, acabe por não generalizar para outras realidades.

### 3.3 Coleta e Tratamento dos Dados

A coleta de dados para o referido trabalho foi realizada por meio de diversas abordagens, incluindo pesquisas em artigos, análise de manuais internos e sites de internet e intranet afetos ao tema. Por fim, no que tange ao tratamento de dados, empregou-se métricas econômicas que desempenham um papel crucial na determinação da viabilidade financeira das medidas de eficiência energética propostas. Elas oferecem uma visão clara sobre o retorno do investimento e a economia financeira. Importante frisar que os principais métodos de avaliação usados foi o cálculo do *Payback*, que determina o tempo necessário para que o investimento em medidas de eficiência energética seja recuperado por meio da economia gerada. Além disso, o Valor Líquido Presente (VLP) foi calculado, levando em consideração uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 20%, que é uma referência comum em projetos dessa natureza.

#### 4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O Navio Patrulha Guarujá P-49, também conhecido como "Águia do Norte," é um navio de guerra operado pela Marinha do Brasil. Ele foi encomendado como parte do quinto lote da classe Grajaú no estaleiro INACE - Indústria Naval do Ceará S/A, localizado em Fortaleza, no ano de 1995. Este navio é o segundo a ostentar o nome Guarujá na Marinha do Brasil, uma homenagem à cidade costeira de São Paulo com o mesmo nome. A construção do Guarujá P-49 seguiu o projeto da empresa Vosper-QAF, sediada em Singapura. A cerimônia de início de sua construção, marcada pelo batimento de sua quilha, foi realizada em 22 de abril de 1996, com a honra de ser realizada pelo então Governador do Ceará, Tasso Jereisatti. O navio foi lançado ao mar em 24 de abril de 1998 e incorporado oficialmente pela Marinha em 30 de novembro de 1999 (MD/MB, 2015). A Figura 1 abaixo apresenta a foto do Navio P-49:

Figura 3 - Navio P-49



Fonte: figura de autoria do Segundo-Tenente Rios (2023).

O Navio Patrulha Guarujá P-49 que está subordinado ao Grupamento Naval do Norte, localizado em Belém-PA. Possuindo como incumbência principal patrulhar o litoral do estado do Pará, Maranhão, Amapá e também os rios da Amazônia. Possui assim, papel fundamental na vigilância das águas costeiras do país, apresentando uma série de especificações que contribuem para sua eficácia e versatilidade.

O comprimento total do Guarujá P-49 atinge a marca de 46,5 metros, destacando-se como uma embarcação de porte considerável. Além disso, o comprimento entre perpendiculares é de 42,5 metros, e sua boca moldada mede 7,5 metros. Essas dimensões proporcionam uma base sólida para suas operações de patrulhamento e garantem uma estabilidade maior.

Outro aspecto importante do Guarujá P-49 é o seu pontal moldado, que atinge 4,68 metros. Essa característica contribui para sua capacidade de navegar eficientemente em diferentes condições marítimas. Além disso, o calado carregado, que mede 1,76 metros, permite que o navio acesse áreas mais rasas, o que é crucial para navegações mais costeiras e de patrulha em locais de difícil acesso.

A embarcação também é projetada com um espaçamento entre cavernas de 1 metro, o que afeta sua capacidade de manobra e estabilidade em mar aberto. Essa disposição estrutural é fundamental para garantir que o navio possa enfrentar desafios marítimos com confiança. O deslocamento do Guarujá P-49 é de 197 toneladas no padrão e 217 toneladas quando carregado. Esse deslocamento varia dependendo das condições de operação e do equipamento a bordo. Essa capacidade de adaptação do deslocamento permite que o navio seja versátil em suas operações e eficiente em diferentes cenários. Além dessas características, vale a pena salientar o quantitativo e tipo de lâmpadas, cerne desse trabalho, que é dotado no projeto deste navio. Segue na Tabela 1 o inventário de lâmpadas.

Tabela 1 - Inventário de Lâmpadas analisadas no Navio Guarujá

Modelo de Luminária	Luminárias (pçs.)	Tipo de Lâmpada	Lâmpadas (pçs/lum)	Potência da Lâmpada
LEN-096	02	Incandescente	01	40
LEN-097	32	Incandescente	01	40
LEN-100	01	Halógena	01	50
LEN-303	05	Fluorescente Compacta	01	15
LEN-203N	29	Fluorescente Compacta	01	15
LEN-202LG	12	Fluorescente Compacta	01	15
LEN-203VM	05	Fluorescente Compacta	01	15
LEN-203GVM	03	Fluorescente Compacta	01	15
BFN-115	22	Fluorescente Tubular	02	20
BFN-211B	20	Fluorescente Tubular	02	20
BFN-101	35	Fluorescente Tubular	02	20
BFN-105	11	Fluorescente Tubular	02	20
BFN-101P	16	Fluorescente Tubular	02	20
BFN-119	10	Fluorescente Tubular	01	15
BFN-130	05	Fluorescente Tubular	01	15

Fonte: adaptado de Aquino (2016).

O projeto do navio foi concebido em 1997, época em que as lâmpadas predominantes eram as incandescentes, halógenas e fluorescentes tubulares. À medida que as lâmpadas fluorescentes compactas se tornaram mais acessíveis, as lâmpadas incandescentes começaram a ser gradualmente substituídas, com exceção das luminárias de emergência a bordo do P-49, que ainda utilizam as lâmpadas incandescentes. Essa mudança reflete a evolução das tecnologias de iluminação ao longo do tempo e a busca por soluções mais eficientes e econômicas.

Desta forma, para a análise de eficiência energética, foram considerados diversos aspectos relacionados aos custos da energia, à potência das lâmpadas, à eficiência luminosa e ao tempo de utilização, entre outros fatores. Para representar o estudo de caso, é essencial levar em consideração o uso de dois principais tipos de combustíveis, dependendo das circunstâncias: o diesel, utilizado quando o navio está em alto mar (cerca de 15 dias por mês), e a energia elétrica proveniente do Sistema Interligado Nacional (SIN), disponível nos portos, quando o Guarujá está atracado (aproximadamente 15 dias por mês).

A tabela 2 abaixo apresenta os valores das tarifas de energia elétrica e da taxa portuária:

Tabela 2 - Valores das tarifas de energia elétrica e da taxa portuária

Tipo de Energia	Tarifa (R\$/kWh)
Diesel	1,42
Energia Elétrica A3	0,44
Taxa Portuária (Atracado)	0,13
Energia Elétrica Total	0,57

Fonte: adaptado de Aquino (2016).

Na Tabela 2, os valores das tarifas de energia elétrica e da taxa portuária foram apresentados, juntamente com a tarifa para o uso de motores a diesel. O preço final da energia elétrica no cenário atracado foi calculado somando a taxa portuária à tarifa de energia elétrica do Grupo A3, resultando em um valor de 0,57 R\$/kWh. Adiante, a Tabela 3 abaixo apresenta o tempo de uso diário específico para cada tipo de lâmpada a bordo do Navio Patrulha Guarujá.

Tabela 3 - Tempo de uso diário específico para cada tipo de lâmpada a bordo do Navio P49

Tipo de Lâmpada	Tempo de Uso Diário (h/dia)
Lâmpadas Incandescentes (Emergência)	0,0833
Lâmpada Halógena (Mesa de Cartas)	0,25
Lâmpadas Fluorescentes Compactas	3
Lâmpadas Fluorescentes Tubulares	6

Fonte: adaptado de Aquino (2016).

Seguindo, a Tabela 4 apresenta a quantidade, a potência e os custos anuais sem a relação das trocas por queimas, tanto para o combustível diesel quanto para a eletricidade oriunda do SIN e o consumo anual total.

Tabela 4 – Quantidade e custos anuais sem a relação das trocas por queimas

Tipo de Lâmpada	Quantidade	Custo de Uso no SIN (R\$/mês)	Custo de Uso com Diesel (R\$/mês)	Custo Total (R\$/mês)
Incandescente	34	11,6	28,92	40,52
Halógena	1	1,28	3,19	4,47
Fluorescente	54	249,31	621,1	870,41
Fluorescente	15	138,51	345,06	483,57
Fluorescente	208	2.560,89	6.379,77	8.940,66
<b>Total</b>	<b>312</b>	<b>2.961,61</b>	<b>7.378,06</b>	<b>10.339,67</b>

Fonte: adaptado de Aquino (2016).

O custo anual total estimado para o consumo de combustível das lâmpadas é de R\$ 10.339,67. Notavelmente, o consumo de combustível do navio em alto mar é quase 2,5 vezes maior do que quando ele está atracado. A Tabela 5 abaixo, apresenta os mesmos dados das lâmpadas do cenário da tabela 4, juntamente com as lâmpadas LED propostas como medida de eficiência energética, para facilitar a comparação dos consumos por lâmpada.

Tabela 5 - Quantidade, potência e custos anuais com as lâmpadas LED propostas como medida de eficiência energética

Tipo de Lâmpada	Quantidade	Consumo Anual no SIN (R\$/ano)	Consumo Anual com Diesel (R\$/ano)	Consumo Anual Total (R\$/ano)
LED Dicroica	1	0,12	0,31	0,43
LED E27	34	1,88	4,69	6,57
LED TUBE	15	83,1	207,03	290,13
LED E27	54	149,59	372,66	522,25
LED TUBE	208	1.664,58	4.146,85	5.811,43
<b>Total</b>	<b>312</b>	<b>1.899,29</b>	<b>4.731,57</b>	<b>6.630,86</b>

Fonte: adaptado de Aquino (2016).

A análise comparativa das Tabelas 4 e 5 revela informações significativas sobre os custos de combustível associados às lâmpadas convencionais e às lâmpadas de LED propostas para o cenário. No cenário atual, com lâmpadas convencionais, o custo anual de combustível é considerável, totalizando R\$ 10.339,67. No entanto, ao considerar a substituição das lâmpadas pelo cenário proposto de lâmpadas de LED, o custo anual de combustível cairia

significativamente para R\$ 6.630,86. Essa redução representa uma economia anual notável de R\$ 3.708,81 em custos de combustível.

Essa economia financeira é um dos principais benefícios da adoção de lâmpadas de LED mais eficientes em termos energéticos. Além de reduzir os gastos operacionais, essa mudança contribuiria para melhorar a eficiência energética e a sustentabilidade das operações a bordo do Navio Patrulha Guarujá P-49. Portanto, a substituição das lâmpadas convencionais por lâmpadas de LED não apenas representa uma decisão economicamente vantajosa, mas também apoia os esforços em prol da eficiência e da responsabilidade ambiental.

Além de considerar o custo do consumo de cada lâmpada, é fundamental levar em conta a vida útil de cada lâmpada analisada. A Tabela 5 abaixo apresenta esta questão em horas e em anos.

Tabela 6 - Vida útil de cada lâmpada analisada

Lâmpada Antiga	Vida Útil	Lâmpada Nova	Vida Útil	Tempo de Utilização	Vida Útil – Lâmpada Nova
Incandescente	1.000	LED E27	25.000	0,0833	833,66
Halógena	2.000	LED Dicroica	25.000	0,25	277,77
Fluorescente Compacta	6.000	LED E27	25.000	3	23,14
Fluorescente Tubular	13.000	LED TUBE	50.000	6	23,14
Fluorescente Tubular	13.000	LED TUBE	50.000	6	23,14

Fonte: adaptado de Aquino (2016).

Ao analisar a Tabela 6, que compara a vida útil das lâmpadas antigas com as lâmpadas propostas, fica evidente que as lâmpadas propostas, que são do tipo LED, têm uma vida útil significativamente superior às lâmpadas antigas. Em alguns casos, a vida útil das lâmpadas LED é até 25 vezes maior do que a das lâmpadas antigas.

Essa diferença na vida útil é um fator crucial a ser considerado ao avaliar a viabilidade da substituição das lâmpadas. Para a análise, foi decidido fixar o tempo do projeto em 20 anos, levando em conta a menor vida útil em anos das lâmpadas estudadas, que é de 23,14 anos. Isso garante que todas as lâmpadas propostas terão sua vida útil completamente utilizada durante o período do projeto.

Essa escolha também reflete a intenção de maximizar os benefícios das lâmpadas LED em termos de eficiência energética e redução de custos ao longo de um período de tempo substancial. A longa vida útil das lâmpadas LED não apenas reduz os custos de substituição e manutenção, mas também contribui para a sustentabilidade do projeto, reduzindo o desperdício

de lâmpadas descartadas com frequência. Portanto, a análise destaca a importância da durabilidade das lâmpadas LED como um fator chave na tomada de decisão para eficiência energética e sustentabilidade.

Seguindo com o estudo, foi avaliado economia de operação e manutenção, representado a seguir pela equação, a qual descreve a economia anual de operação e manutenção, representada como O&M Incremental, das lâmpadas antigas. Essa economia é diretamente proporcional ao custo das substituições das lâmpadas antigas necessárias para igualar a vida útil das lâmpadas propostas. Para tal, a Tabela 6 abaixo, mostra o investimento por lâmpada proposta, apontando também o preço das lâmpadas localizadas no P-49 e a economia O&M Incremental anual por luminária.

Tabela 7 - Investimento por lâmpada proposta, apontando também o preço das lâmpadas localizadas no P-49 e a economia O&M Incremental anual por luminária

Tipo	Unidade	Valor	Corresp. (R\$/un)	O&M por lâmp. (R\$/ano)	O&M Total (R\$/ano)
LED Dcr.	1	69,9	Halóg.	17,9	10,2
LED TUBE	15	35	Fluoresc. Tubular	7,9	5,11
LED TUBE	208	49,9	Fluoresc. Tubular	10,29	13,33
LEDe27	34	19,9	Incand.	2,9	1,32
LEDe27	54	29,9	Fluoresc. Comp.	10,9	9,94

Fonte: adaptado de Aquino (2016).

Em complemento a estes dados, a Tabela 7 abaixo apresenta o tempo de retorno, referente a economia de combustível

Tabela 8 - Tempo de retorno referente a economia de combustível

Tipo de Lâmpada	Investimento (R\$)	Consumo Anual Calculado (referência)	Consumo Anual Calculado (proposto)	Economia Anual (R\$)	Retorno do Investimento (anos)
Halógena	69,9	4,47	0,43	4,04	17,3
Fluorescente Tubular 15W	525	483,57	290,13	193,44	2,71
Incandescente	676,6	40,52	6,57	33,95	19,93
Fluorescente Compacta	1.614,60	870,41	522,25	348,16	4,64
Fluorescente Tubular 20W	10.379,20	8.940,66	5.811,43	3.129,23	3,32

Fonte: adaptado de Aquino (2016).

Tomando por base esses dados calculou-se os índices de rentabilidade que a troca das lâmpadas do Navio P-49, irá proporcionar. Primeiramente, calculou-se o *Payback*, o qual é um indicador fundamental que permite determinar em quanto tempo se recupera o investimento inicial em um projeto. Para calcular o *Payback*, divide-se o investimento inicial (II) pela economia anual (EA) que se espera obter com a implementação do projeto. A fórmula é a seguinte:

$$\text{Payback} = \text{II} / \text{EA} \quad (1)$$

Neste caso específico, o investimento inicial para a compra das lâmpadas de LED é de R\$ 13.265,30, e a economia anual calculada com as lâmpadas de LED é de R\$ 3.708,81. Portanto, o *Payback* é aproximadamente 3,58 anos, o que significa que levaria cerca de 3,58 anos para recuperar o investimento inicial com as economias geradas pelo uso das lâmpadas de LED.

Seguindo, avaliou-se o Valor Líquido Presente (VLP), o qual é uma medida financeira que ajuda a determinar se um projeto é financeiramente atrativo. Ele representa o valor presente de todas as economias futuras geradas pelo projeto, descontadas por uma taxa de desconto, que neste caso é a Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Com uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 20%, pode-se calcular o Valor Líquido Presente (VLP) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) para o projeto de substituição das lâmpadas de LED. A Tabela 8 abaixo apresenta os principais parâmetros de valores:

Tabela 9 - Principais parâmetros de valores

Parâmetros	Valores
Investimento Inicial (II)	R\$ 13.265,30
Economia Anual (EA) com lâmpadas de LED	R\$ 3.708,81
Vida Útil do Projeto (VUP)	20 anos
Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	20%

Fonte: autoria própria (2023).

O VLP foi calculado usando a seguinte fórmula:

$$\begin{aligned} \text{VLP} &= \text{EA} \times [(1 - (1 + \text{TMA})^{-\text{VUP}}) / \text{TMA}] \\ \text{VLP} &= \text{R\$ } 3.708,81 \times [(1 - (1 + 0,20)^{-20}) / 0,20] \\ \text{VLP} &\approx \text{R\$ } 37.169,70 \end{aligned} \quad (2)$$

Portanto, o Valor Líquido Presente (VLP) do projeto, considerando uma TMA de 20%, é aproximadamente R\$ 37.169,70. Isso significa que, com a TMA de 20%, o projeto de substituição das lâmpadas de LED tem um valor presente positivo, o que é um sinal de atratividade financeira. Adiante, realizou-se o cálculo da TIR (Taxa Interna de Retorno).

Para calcular a TIR, foi preciso encontrar a taxa de desconto que torna o VLP igual a zero. Para tal, utilizou-se de uma calculadora financeira, de forma que, calculando a TIR, obteve-se uma taxa de aproximadamente 32,22%. Isso significa que a Taxa Interna de Retorno (TIR) do projeto é de aproximadamente 32,22%, o que indica a taxa de retorno esperada do projeto. Quando comparada à TMA de 20%, a TIR é superior, o que sugere que o projeto é atrativo, pois gera um retorno financeiro superior à TMA. Portanto, com uma TMA de 20%, o projeto de substituição das lâmpadas de LED é financeiramente viável e promissor.

Em termos de desempenho puramente energético e econômico, as lâmpadas de LED superam amplamente as lâmpadas incandescentes. Elas são muito mais eficientes em termos de consumo energético, proporcionando economia significativa de energia elétrica e, conseqüentemente, de custos operacionais. Além disso, as lâmpadas de LED têm uma vida útil mais longa, o que contribui para uma experiência de iluminação mais duradoura e confiável. Portanto, do ponto de vista do desempenho, as lâmpadas de LED são a escolha superior.

## 5 CONCLUSÃO

Ao final desta análise abrangente da eficiência energética no Navio Patrulha Guarujá P-49, é evidente que a avaliação das lâmpadas a bordo revelou uma oportunidade significativa de melhorias tanto em termos financeiros, quanto ambientais. O contexto inicial do projeto do navio em 1997, quando lâmpadas incandescentes, halógenas e fluorescentes tubulares eram predominantes, ressaltou a necessidade de uma atualização para tecnologias mais eficientes, refletindo o avanço na conscientização sobre sustentabilidade e economia de energia.

A migração para lâmpadas de LED emergiu como uma solução altamente viável. Essas lâmpadas destacam-se pela sua eficiência energética, longa vida útil e qualidade de luz superior, proporcionando não apenas economia nos custos operacionais a longo prazo, mas também melhorando a visibilidade e a segurança a bordo. Os cálculos financeiros, incluindo o *Payback*, Valor Líquido Presente (VLP) e Taxa Interna de Retorno (TIR), confirmam a viabilidade do projeto, com um retorno do investimento em um período razoável e atratividade financeiro.

Além dos benefícios econômicos, a transição para lâmpadas de LED contribui significativamente para a sustentabilidade ambiental. A redução no consumo de energia resulta em emissões de carbono mais baixas, apoiando os esforços de redução das pegadas de carbono. Isso é especialmente relevante no contexto atual, em que a preocupação com as mudanças climáticas e a preservação ambiental se tornou uma prioridade global.

### 5.1 Considerações Finais

É importante ressaltar que a eficiência energética não é apenas uma questão financeira; é também uma responsabilidade ambiental. Ao adotar tecnologias mais eficientes, a Marinha do Brasil demonstra seu compromisso com a sustentabilidade e com a utilização responsável dos recursos naturais.

Assim, entende-se que a migração para lâmpadas de LED no Navio Patrulha representa uma decisão inteligente e benéfica. Esse projeto não apenas economizará recursos financeiros, mas também contribuirá para um futuro mais sustentável e eficiente para a Marinha do Brasil. Em última análise, essa iniciativa serve como um exemplo do compromisso da Marinha com a inovação e a preservação ambiental, promovendo uma operação naval mais eficaz e responsável. Podendo assim, tal medida servir como um pontapé inicial para que outras medidas de eficiência energética iniciem-se cada vez mais a bordo dos navios, iluminando assim o caminho para um futuro mais sustentável e econômico.

## 5.2 Sugestões de Pesquisas Futuras

Este estudo sobre eficiência energética no Navio Patrulha Guarujá P-49 abre diversas oportunidades para pesquisas futuras e aprimoramentos, tais como a implementação e monitoramento da migração para lâmpadas de LED, acompanhando os resultados práticos ao longo do tempo, é fundamental para verificar se as economias projetadas foram alcançadas e se outras melhorias podem ser realizadas. Além disso, essa pesquisa ajudaria a avaliar o desempenho real das lâmpadas de LED em condições de viagem.

Além da exploração de fontes de energia alternativas, como painéis solares, placas fotovoltaicas, o que pode ser um próximo passo para aumentar ainda mais a eficiência energética a bordo. Uma análise detalhada da viabilidade e dos benefícios dessas fontes de energia é crucial para determinar seu potencial impacto na redução do consumo de combustível e nas emissões de gases poluentes.

Investigações adicionais sobre a automação e o controle inteligente dos sistemas de iluminação a bordo podem otimizar ainda mais o consumo de energia. Isso envolveria o uso de sensores de luminosidade, temporizadores e sistemas de controle avançados para ajustar a iluminação de acordo com as necessidades específicas de cada momento, resultando em um consumo mais eficiente e redução de desperdícios.

Expandir este estudo para outros meios da Marinha do Brasil permitiria uma comparação mais ampla e uma compreensão completa das oportunidades de eficiência energética em diferentes contextos navais. Essa abordagem comparativa pode trazer frutos para todo o Distrito em questão e conseqüentemente para todos os meios navais presentes na Marinha.

Uma análise aprofundada do impacto ambiental das melhorias de eficiência energética, incluindo a redução das emissões de gases de efeito estufa, é fundamental em um cenário global de crescentes preocupações com as mudanças climáticas. Isso requer não apenas a consideração das emissões diretas resultantes do consumo de combustível, mas também a avaliação dos benefícios ambientais a longo prazo das medidas de eficiência energética.

A importância da conscientização da tripulação em relação ao tema e também encorajar a adoção de medidas sustentáveis a bordo é um tópico relevante e que merece destaque. Assim como, desenvolver programas de adestramentos específicos entre os militares de bordo pode melhorar ainda mais os resultados em termos de economia de energia.

Por fim, a integração de sistemas de armazenamento de energia e tecnologias híbridas também pode ser estudada para otimizar ainda mais o consumo de energia. O uso de baterias e

sistemas de gerenciamento de energia pode suavizar os picos de demanda e fornecer energia de forma mais eficiente, especialmente em situações de carga variável.

Essas sugestões representam apenas algumas das áreas em que pesquisas futuras podem se concentrar para aprimorar a eficiência energética e a sustentabilidade nas operações navais. À medida que a tecnologia avança e as preocupações ambientais se tornam mais urgentes, é fundamental continuar investigando e desenvolvendo soluções inovadoras para garantir um futuro mais eficiente e responsável em termos de energia nas forças navais. Isso não apenas beneficia as operações da Marinha, mas também contribui para um ambiente marinho mais saudável e a preservação de recursos naturais preciosos.

## REFERÊNCIAS

- AQUINO, S. C. **Ações de eficiência energética em navios: estudo de caso e um navio patrulha da Marinha do Brasil.** 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia, Belém, 2016.
- BACCARAT, R. F. C. Conversão de sistema de comando de embarcações de mecânico para eletroeletrônico. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 1-10, 2020.
- BERMANN, C. **Energia no Brasil: para quê?** Rio de Janeiro: Asa, 2019.
- BARROS, B. F.; BORELLI, R.; GEDRA, R. L. **Eficiência energética: técnicas de aproveitamento, gestão de recursos e fundamentos.** São Paulo: Saraiva, 2015.
- CARDOSO, E. S. **Análise da qualidade de energia elétrica do navio da marinha do brasil (corveta classe barroso-v34) e métodos de mitigação baseados em filtros ativos.** 2022. Dissertação (Mestrado montagem industrial) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2022.
- COSTA, A. **Eficiência energética na produção de petróleo.** Porto Alegre: Interciências, 2018.
- DAGNINO, R. **Tecnologia social.** Campina grande: eduepb, 2014.
- DIAS, R. **Uso racional da energia.** Rio de Janeiro: Didático, 2020.
- DOWBOR, L. **A era do capital improdutivo: Por que oito famílias tem mais riqueza do que a metade da população do mundo?.** São Paulo: Autonomia Literária, 2017.
- FRANDOLOSO, M. A. L. **As decisões para a inserção da eficiência energética em parque construído universitário.** *Brazilian Journal of Development*, v. 5, n. 9, p. 14202-14214, 2019.
- GERSCHMAN; S. VIANNA, M. L.W. **A miragem da pós modernidade.** Rio de Janeiro: Fiocruz, 1997.
- GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa.** Plageder, 2009.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GIOMO, J. A. **Gestão e eficiência energética.** São Paulo: Senai, 2017.
- GOLDEMBERG, J. Energia e desenvolvimento. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 12, n. 33, p. 7-15, 1998. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/9402>. Acesso em: 21 out. 2023.
- LENZA, R.; RODRIGUES, M.A. **Direito ambiental esquematizado.** São Paulo: Saraiva, 2021.

- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos da Metodologia Científica**. São Paulo: Editora Atlas, 2003.
- MARTIN, J. M. **A economia mundial de energia**. São Paulo: Unesp, 2010.
- MARQUES, F. **Energia solar fotovoltaica: um enfoque multidisciplinar**. Belo Horizonte: Synergia, 2019.
- MARTINE, G.; ALVES, J. E. D. Economia, sociedade e meioambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade? **R. bras. Est.**, Rio de Janeiro, v.32, n.3, p.433-460, set./dez. 2015.
- MOREIRA, H. M.; GIOMETTI, A. B. **Contexto internacional**, Rio de Janeiro, v.30, n.1, Janeiro/2008.
- QUEIROZ, H. **Economia de energia: fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial**. Rio de Janeiro: LTZ, 2016.
- REIS, M. A. F.; REIS JÚNIOR, P.; PERIN, D. L. Sustentabilidade energética em escola pública. **MIX Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 37-44, 2020.
- RIBEIRO, L.; MOREIRA, J.A.; GOMES, F.A.P. Implantação de um sistema fotovoltaico como fonte alternativa na geração de energia elétrica em embarcações híbridas de médio e grande porte. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO, 29., 2022, Rio de Janeiro. **Anais [...]** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Engenharia Naval, 2022.
- RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 1999.
- RODRIGUES, M. C. **Geração de energia e os novos paradigmas**. São Paulo: Saraiva, 2019.
- R3 TÉCNICA. Iluminação para embarcações com lâmpadas LED. 2015. Disponível em: <<http://www.r3brasil.com.br/2015/11/iluminacao-para-embarcacoes-com.html>>. Acesso em: 19 out. 2023.
- SANTOS, F. F. **Estudo de caso: avaliação dos benefícios obtidos com a implantação de práticas de sustentabilidade e de eficiência energética em edificação pública**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.
- SANTOS; L. S. T. **Economia do meio ambiente e da energia**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.
- SANTOS, G. P.; REIS JÚNIOR, P.; REIS, M. A. F. Uso do LED na eficiência energética e na sustentabilidade da produção de aves. **Saúde e meio ambiente: revista interdisciplinar**, v. 8, p. 42-57, 2019.
- SANTOS, R. M.; RODRIGUES, M. S.; CARNIELLO, M. F. Energia e sustentabilidade: panorama da matriz energética brasileira. **Scientia: Revista Científica Multidisciplinar**, v. 6, n. 1, p. 13-33, 2021.

SILVA, D. H. Protocolos de Montreal e Kyoto: pontos em comum ediferenças fundamentais. **Rev. Bras. Polit. Int.** v.52, n.2, Dezembro/2009.

SILVA, O. **Viabilidade técnico-econômica da eficiência energética em edificações.** São Paulo: Appris, 2019.

SOLA, A. V. H.; MOTA, C. M. M. Melhoria da eficiência energética em sistemas motrizes industriais. **Production**, [S. l.], v.25, n.3, Julho/2015.