

PROJETO PILOTO DE UM BOX DE RECARGA PARA AUTOMÓVEL ELÉTRICO UTILIZANDO ENERGIA RENOVÁVEL GERADA POR PLACAS FOTOVOLTAICAS

PILOT PROJECT OF A RECHARGE BOX FOR ELECTRIC CARS USING RENEWABLE ENERGY GENERATED BY PHOTOVOLTAIC PLATES

Rony Cardoso dos Santos¹

RESUMO

O presente trabalho apresenta a elaboração de um projeto piloto inovador focado na integração de energia renovável no processo de carregamento de veículos elétricos. Um box de recarga foi concebido para operar exclusivamente com energia proveniente de placas fotovoltaicas, representando um avanço significativo na promoção da mobilidade sustentável. Este trabalho demonstra a viabilidade técnica e financeira, superando desafios por meio de uma abordagem multidisciplinar. Durante o período de desenvolvimento deste projeto, os cálculos de dimensionamento e orçamento indicam uma notável viabilidade técnica para desenvolver com eficiência do box de abastecimento de carros elétricos nas cidades catarinenses. A energia solar desempenha um papel crucial no carregamento dos veículos elétricos, destacando a relevância e o potencial da energia renovável nesse contexto. A pesquisa não apenas contribui para o avanço da tecnologia de mobilidade elétrica, mas também sublinha a urgência de soluções ecologicamente conscientes diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas. O projeto piloto representa um marco significativo em direção a um futuro mais sustentável no setor de transporte, com potencial para influenciar positivamente práticas globais na área da mobilidade sustentável. A integração bem-sucedida entre a tecnologia de carregamento de veículos elétricos e a geração de energia solar fotovoltaica abre novas perspectivas para a evolução da infraestrutura de recarga, apontando para um caminho promissor na busca por alternativas mais limpas e eficazes. Este projeto não apenas exemplifica a capacidade de inovação na área, mas também serve como um modelo inspirador para futuras iniciativas voltadas à mobilidade sustentável em nível global.

Palavras-chave: Veículo elétrico, energia fotovoltaica, energia renovável.

ABSTRACT

This work presents the development of an innovative pilot project focused on the integration of renewable energy in the charging process of electric vehicles. A charging box was designed to operate exclusively with energy from photovoltaic panels, representing a significant advance in promoting sustainable mobility. This work demonstrates technical and financial feasibility, overcoming challenges through a multidisciplinary approach. During the development period of this project, sizing and budget calculations indicate notable technical feasibility to efficiently develop the electric car supply box in the cities of Santa Catarina. Solar energy plays a crucial role in charging electric vehicles, highlighting the relevance and potential of renewable energy in this context. The research not only contributes to the advancement of electric

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP). Email: rony@rondil.com.br

mobility technology, but also highlights the urgency of ecologically conscious solutions to the challenges posed by climate change. The pilot project represents a significant milestone towards a more sustainable future in the transport sector, with the potential to positively influence global practices in the area of sustainable mobility. The successful integration between electric vehicle charging technology and photovoltaic solar energy generation opens new perspectives for the evolution of charging infrastructure, pointing to a promising path in the search for cleaner and more effective alternatives. This project not only exemplifies the capacity for innovation in the field, but also serves as an inspiring model for future initiatives aimed at sustainable mobility on a global level.

Keywords: Electric vehicle, photovoltaic energy, renewable energy.

INTRODUÇÃO

A transição para uma matriz energética mais limpa e sustentável tem se tornado uma pauta premente em um mundo cada vez mais consciente dos impactos ambientais causados pelas fontes de energia tradicionais. Nesse contexto, os veículos elétricos e a energia solar fotovoltaica emergem como alternativas promissoras para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar os efeitos nocivos sobre o meio ambiente. A história dos carros elétricos está intrinsecamente ligada à evolução das tecnologias de armazenamento de energia. Desde a demonstração pioneira da primeira bateria de chumbo e ácido por Gaston Planté em 1859, até o desenvolvimento de veículos elétricos no final do século XIX, a interconexão entre baterias e mobilidade elétrica tem sido um fator determinante (Hoyer, 2008 apud Baran, 2012). Contudo, apesar dos avanços, a recarga desses veículos ainda se apoia predominantemente em fontes de energia não renováveis.,

Diante desse cenário, a energia fotovoltaica surge como um método de geração elétrica que aproveita a radiação solar de forma limpa e sustentável (Lana, 2020). O Brasil, em particular, se destaca como um país privilegiado em termos de incidência solar, o que o coloca em uma posição vantajosa em relação a outras nações na geração de energia a partir de placas fotovoltaicas (Villalva, 2015). No entanto, o crescimento dos veículos elétricos traz consigo desafios significativos para a infraestrutura de recarga e a estabilidade das redes de distribuição (Celesc, 2023).

Neste contexto, emerge a seguinte problemática: como viabilizar a utilização de energia proveniente de painéis fotovoltaicos em estações de recarga de veículos elétricos de forma economicamente sustentável? A relevância desta questão se fundamenta na necessidade premente de encontrar soluções que impulsionem a

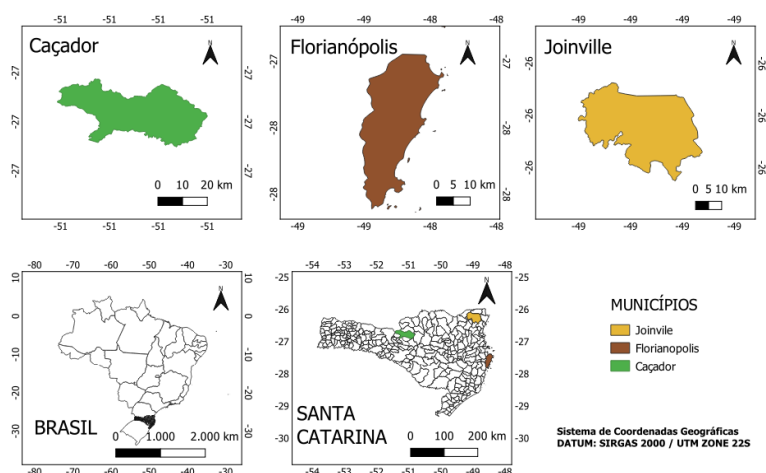
adoção massiva de veículos elétricos, promovendo uma transição mais efetiva para um modelo de mobilidade mais limpo e sustentável.

Esta pesquisa se propõe a responder a esse desafio, através da concepção de um projeto piloto de um box de recarga para automóveis elétricos alimentado por energia solar fotovoltaica. A avaliação da viabilidade técnica e econômica desta alternativa será o cerne da análise. Para atingir esse objetivo, delineiam-se os seguintes passos: realizar uma revisão abrangente sobre a tecnologia de carregamento de veículos elétricos e a geração de energia solar fotovoltaica, analisar o custo por quilômetro rodado em diferentes cenários e projetar um protótipo de estação de recarga que integre de forma eficaz ambos os sistemas. Ao enfrentar essa problemática, esta pesquisa visa contribuir para a consolidação de uma mobilidade mais sustentável, alinhada aos desafios ambientais e às demandas crescentes por soluções de transporte mais eficientes e amigáveis ao meio ambiente. Ademais, ao demonstrar a viabilidade econômica desta proposta, busca-se não apenas justificar a importância deste estudo, mas também fornecer subsídios concretos para a implementação de soluções semelhantes em escala mais ampla.

METODOLOGIA

O presente estudo adota uma abordagem de pesquisa básica e descritiva, visando a compreensão e descrição dos fenômenos relacionados à integração de energia renovável no carregamento de veículos elétricos. A metodologia empregada envolve revisão bibliográfica para embasar a concepção de um projeto piloto inovador de um box de abastecimento de carros elétricos alimentado por energia solar fotovoltaica. O projeto piloto do Box de Abastecimento de Carros Elétricos (BACEF) foi concebido para a cidade de Caçador, Florianópolis e Joinville, situada no estado de Santa Catarina, Brasil.

Figura 1 - Local de Estudo



Fonte: Autor (2023).

A análise desse projeto piloto é um processo abrangente que engloba uma série de elementos cruciais para sua implementação bem-sucedida e viabilidade. Dentre esses elementos, destacam-se o levantamento de dados sobre o consumo de combustíveis fósseis, a avaliação das tarifas de energia elétrica fornecidas pela CELESC e a determinação do custo médio associado à energia fotovoltaica.

O Projeto Arquitetônico do BACEF foi concebido em estrita conformidade com as diretrizes estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), especificamente na norma NBR 16636 de 2019. Esse projeto abrange a elaboração detalhada de uma Planta Baixa (escala 1:100), Corte Longitudinal e Transversal (escala 1:100), Fachada (escala 1:100) e Planta de Cobertura (escala 1:250). A planta baixa foi projetada de forma específica para acomodar um veículo compacto, cujo modelo foi escolhido em conformidade com as diretrizes estabelecidas no Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV) do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) em 2023. A execução deste projeto arquitetônico foi realizada com a utilização do software Revit versão 2019, desenvolvido pela Autodesk. As análises pertinentes ao projeto arquitetônico foram apresentadas de maneira clara e organizada, empregando o software Microsoft Excel 360 da Microsoft para tabular os dados. Essas análises se fundamentaram em informações obtidas durante o dimensionamento do Projeto Estrutural. O Projeto Estrutural do BACEF, por sua vez, foi desenvolvido em total conformidade com as normas estabelecidas pela ABNT, com ênfase na NBR 6118-2014, que trata do projeto de estruturas de concreto. Esse projeto inclui elementos estruturais essenciais, tais como fundações em concreto armado. Os cálculos para a determinação das dimensões estruturais foram realizados

com o auxílio do software Eberik versão 2019 da AltoQI. Novamente, as análises pertinentes ao projeto estrutural foram apresentadas em formato escrito e se basearam nas informações coletadas durante o dimensionamento do Projeto Estrutural. Já o Projeto Elétrico do BACEF, por sua vez, foi concebido com base no posicionamento dos elementos de instalação elétrica, respeitando a distribuição apresentada na Planta Baixa. Este projeto foi meticulosamente elaborado em conformidade com a norma NBR 5410/2014, que estabelece diretrizes para instalações elétricas. Ele apresenta detalhes específicos relacionados aos materiais utilizados, memorial de cálculo, cálculo da carga elétrica instalada e o dimensionamento das placas fotovoltaicas, seguindo as diretrizes estabelecidas pela Norma 16690/2010, que regula as instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos. Além disso, o projeto elétrico oferece especificações detalhadas dos equipamentos necessários tanto para a implantação do sistema fotovoltaico quanto para o abastecimento de veículos elétricos, assegurando a compatibilidade com o projeto piloto.

Dentre esses equipamentos, merecem destaque as Placas Solares, Inversor e Totem com carregador elétrico. As análises relacionadas ao projeto elétrico foram apresentadas de forma detalhada, embasadas nos dados obtidos durante o dimensionamento do Projeto Elétrico. Tais análises incluíram uma avaliação abrangente da viabilidade do projeto piloto, abordando tanto os aspectos técnicos quanto econômicos da utilização de energia renovável gerada por placas fotovoltaicas em comparação com o uso de combustíveis fósseis derivados do petróleo. Essa análise comparativa envolveu três perspectivas fundamentais:

Cálculo do custo médio por quilômetro rodado, com base no preço do litro de combustível fóssil (gasolina) praticado pelo setor privado nas áreas urbanas dos municípios de Caçador, Florianópolis e Joinville, no estado de Santa Catarina. Cálculo do custo médio por quilômetro rodado por kWh, considerando o abastecimento por uma estação de recarga pública da CELESC. Cálculo do custo médio por quilômetro rodado gerado pelo box de recarga para veículos elétricos por meio de energia fotovoltaica (BACEF - Box de Abastecimento Com Energia Fotovoltaica). Para conduzir essa avaliação comparativa de consumo veicular de combustível fóssil e energia elétrica, foram utilizados dados obtidos através do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (PBEV) do INMETRO em 2023.

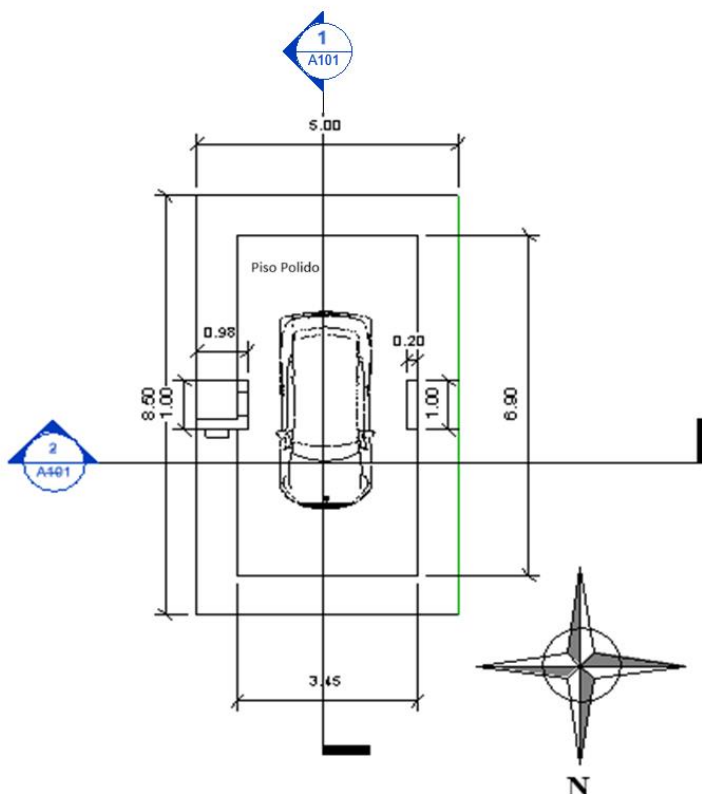
O cálculo do estudo de viabilidade do custo por quilômetro rodado (em reais por quilômetro, R\$/km) para cada tipo de abastecimento (veículo a combustão, veículo elétrico abastecido pela rede da Concessionária e veículo elétrico abastecido por energia fotovoltaica) foi minuciosamente realizado, considerando a comparação entre um veículo movido por um motor a combustão, um veículo elétrico abastecido pela concessionária de energia (Grupo B, Residencial) e um veículo elétrico abastecido por um box de recarga através da geração de energia fotovoltaica. O custo total do Projeto Piloto BACEF foi apresentado quantitativamente, levando em consideração os materiais e demais recursos necessários.

A partir dos dados levantados e da análise comparativa do custo do quilômetro rodado em cada categoria de abastecimento, considerando cada município, e do custo total resultante do projeto piloto do BACEF, é possível estimar o investimento necessário através do levantamento do custo para a construção de um BACEF. Este projeto representa uma iniciativa pioneira e inovadora que visa promover a sustentabilidade, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e fomentando o uso de fontes de energia limpa, como as placas fotovoltaicas, no contexto do transporte urbano.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Análise De Projeto Arquitetônico: O projeto arquitetônico foi desenvolvido utilizando o software REVIT da Autodesk, onde foram definidas as dimensões mínimas para o box de abastecimento dos carros elétricos – BACEF. A Figura 2 é apresentado, a planta baixa do BACEF:

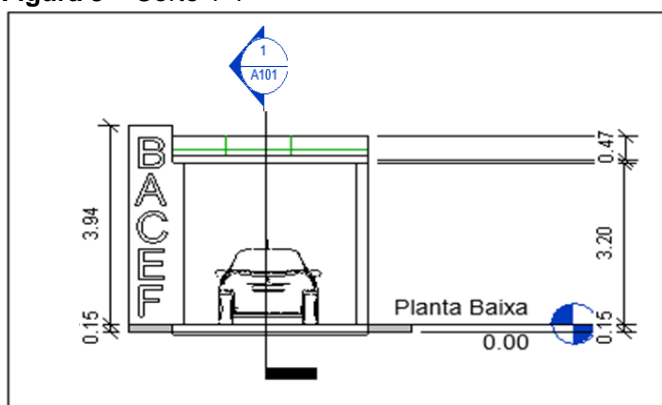
Figura 2 – Planta Baixa



Fonte: O Autor (2023).

A estrutura metálica é parafusada na viga de concreto armado na viga superior por meio de parafusos chumbadores. Na Figura 3, é apresentado a planta de Corte 1-1 do BACEF:

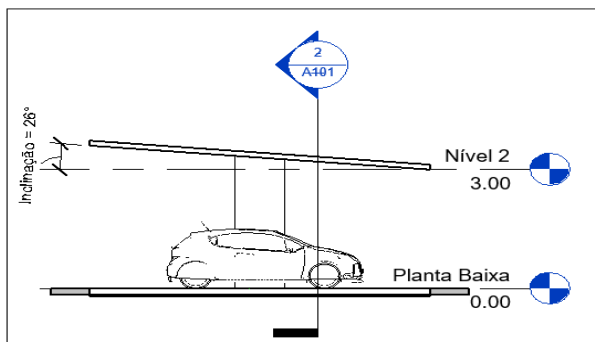
Figura 3 – Corte 1-1



Fonte: O Autor (2023).

O ângulo ótimo para produzir o máximo de energia com os painéis fotovoltaicos é face Norte, com um grau de inclinação igual ao da latitude. No caso da cidade de Caçador/SC está na latitude 26°, portanto o melhor ângulo para o seu painel solar é inclinado a 26°. Na Figura 4, é apresentado a planta de corte 2-2 do BACEF.

Figura 4 – Corte 1-1



Fonte: O Autor (2023).

Na Figura 5, é apresentado uma imagem 3D Renderizada gerada pelo programa Revit V9 do BACEF:

Figura 5 – BACEF Renderizado

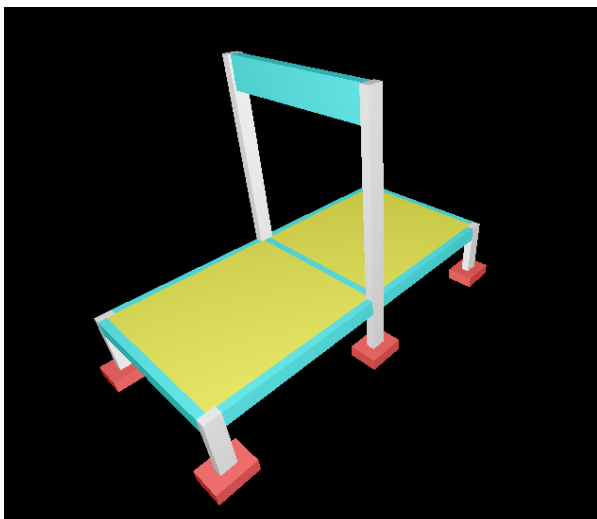


Fonte: O Autor (2023).

Análise de projeto estrutural

O projeto estrutural foi desenvolvido utilizando o software Eberick V.9 da empresa AltoQi, onde foi possível dimensionar as sapatas, vigas, colunas e lajes a serem utilizadas na realização do orçamento assim como a devida execução da locação das sapatas e montagem das armaduras de aço. A carga adicionada foi de 15kg/m², e de acordo com a NBR 6123 – Carga de Vento – Arranjos de painéis fotovoltaicos expostos ao vento (montados no solo ou sobre estruturas de suporte elevadas) recebem cargas extras na ordem de 70kg/m² devido a velocidade do vento. Na Figura 6 é mostrado o Pórtico do BACEF.

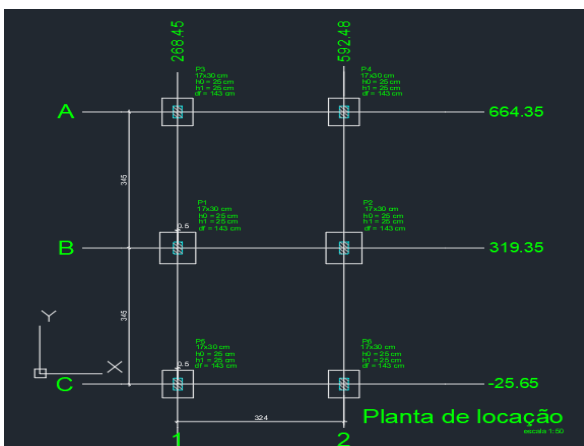
Figura 6 – Pórtico do BACEF



Fonte: O Autor (2023).

A locação das sapatas, é um elemento importante para os profissionais da construção civil, pois ela contém as dimensões necessárias para perfuração do solo para a locação das sapatas. Na Figura 7, é apresentado a planta de locação das sapatas, e na Figura 8 os dados de locação do BACEF.

Figura 7 – Locação das sapatas



Fonte: O Autor (2023).

Figura 8 – Dados da locação das sapatas

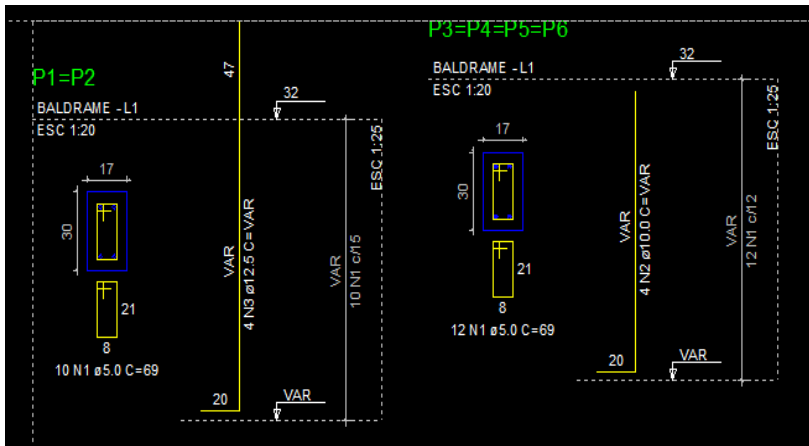
Nome	Seção (cm)	Pilar		Carga Máx. (tf)	Carga Min. (tf)	Mx (kgf.m)	My (kgf.m)	Fx (tf)	Fy (tf)	Fundação				
		X (cm)	Y (cm)							Lado B (cm)	Lado H (cm)	h0 / ha (cm)	h1 / hb (cm)	df (cm)
P1	17x30	268.98	319.35	6.6	4.5	0	0	0.4	0.2	70	85	25	25	143
P2	17x30	582.48	319.35	6.6	4.5	0	0	0.4	0.2	70	85	25	25	143
P3	17x30	268.45	664.35	2.8	1.4	0	0	0.4	0.7	60	70	25	25	143
P4	17x30	592.48	664.35	2.8	1.4	0	0	0.4	0.7	60	70	25	25	143
P5	17x30	268.98	-25.65	2.8	1.4	0	0	0.4	0.7	60	70	25	25	143
P6	17x30	582.48	-25.65	2.8	1.4	0	0	0.4	0.7	60	70	25	25	143

Locação no eixo X		Locação no eixo Y	
Coordenadas (cm)	Nome	Coordenadas (cm)	Nome
268.45	P3	664.35	P3, P4
268.98	P1, P5	319.35	P1, P2
592.48	P4, P2, P6	-25.65	P5, P6

Fonte: O Autor (2023).

O dimensionamento dos pilares, foi realizado também utilizando o software Eberick V.9. Na Figura 9, é possível visualizar as dimensões dos seis pilares, desde as barras longitudinais, como as dimensões dos estribos.

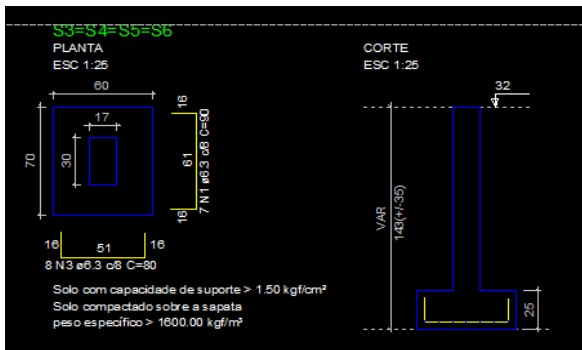
Figura 9 – Dimensionamento dos Pilares



Fonte: O Autor (2023).

O dimensionamento das sapatas das extremidades, é demonstrado na Figura 10. As dimensões das seis sapatas, assim como o diâmetro do aço a ser aplicado nas estruturas pelo armador é demonstrado.

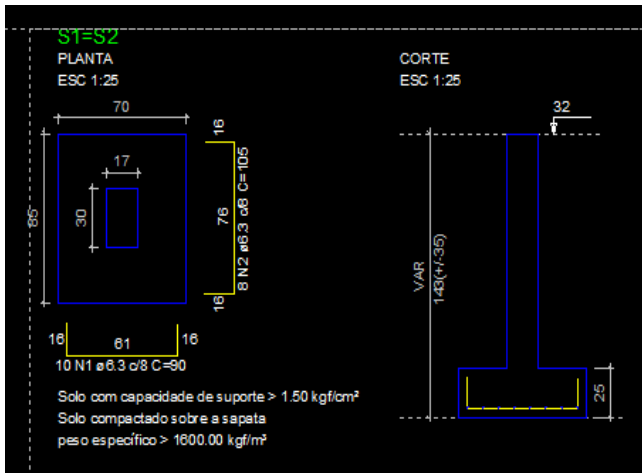
Figura 10 – Dimensionamento das sapatas das extremidades e



Fonte: O Autor (2023).

Já na Figura 11, é demonstrado o detalhamento e dimensionamento das sapatas intermediárias da estrutura do BACEF.

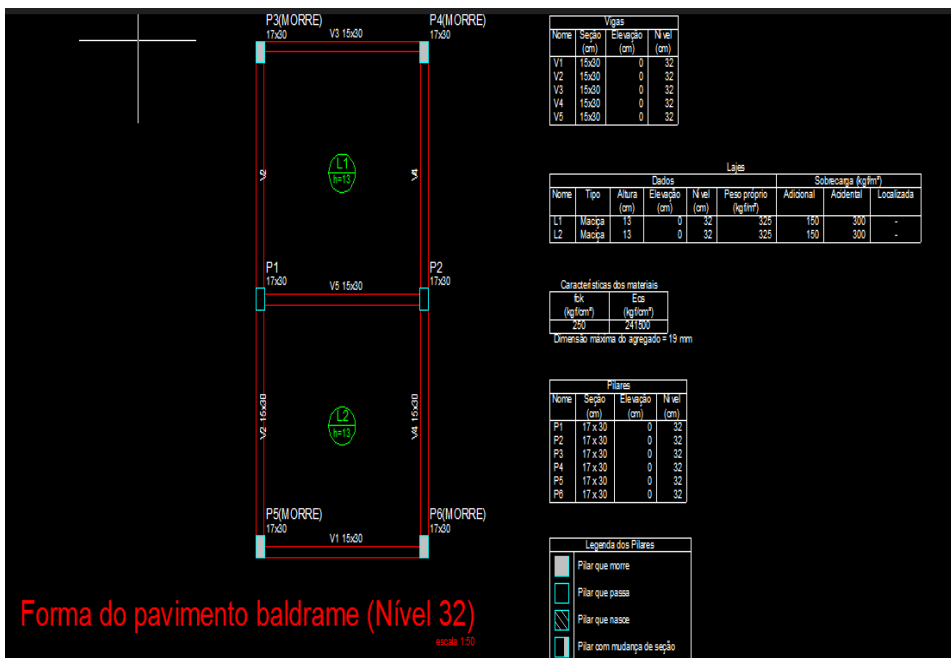
Figura 11 – Dimensionamento das sapatas intermediarias



Fonte: O Autor (2023).

O dimensionamento das vigas é composto pelo comprimento das armaduras longitudinais, assim como o diâmetro do aço, espaçamento dos estribos, são informações que podem extraídas desta planta. Por se tratar de uma prancha de projeto com inúmeras informações, o dimensionamento das vigas estará em adendo a este trabalho. A planta de forma do pavimento baldrame (Figura 12), demonstra a localização dos seis pilares, os dois panos de laje maciça, assim como as dimensões da viga baldrame.

Figura 12 – Planta de forma



Fonte: O Autor (2023).

Análise do projeto elétrico

O projeto de dimensionamento elétrico de um sistema de geração de energia através de placas fotovoltaicas é necessário instalação correta, assim como para aprovação de projeto junto a concessionária de energia no estado de Santa Catarina. Em Santa Catarina, a Celesc distribuição atua no segmento de distribuição de energia elétrica e atende, total ou parcialmente, 285 municípios, contabilizando 3.273.375 unidades consumidoras (junho/2022). Para o cálculo da quantidade de placas fotovoltaicas necessárias, se fez necessário primeiramente, definir a demanda de energia necessária conforme demonstrado abaixo:

Cálculo da demanda de energia

Consumo do Carregador	7,4 kW
Tempo de Recarga (07h às 22h)	15 Horas
Potência a ser gerada diariamente	111 KWh
Quantidade Horas Plena de Sol	4 h
Potência Requerida dos Painéis	27,75 kW
Potência do Inversor	25 kW
Tipo do Inversor	Trifásico

Cálculo do Número de Placas

$$\text{N}^{\circ} \text{ de Placas} = \frac{\text{Potência Requerida(kW)}}{\text{Potência da Placa (kW)}}$$

$$\text{N}^{\circ} \text{ de Placas} = \frac{27,75 \text{ (kW)}}{0,55 \text{ (kW)}}$$

$$\text{N}^{\circ} \text{ de Placas} = 50,45$$

Então, o sistema precisa de: 51 Placas

Para gerar	111 kWh
Custo do Kwh na Concessionaria de Energia	R\$ 0,18

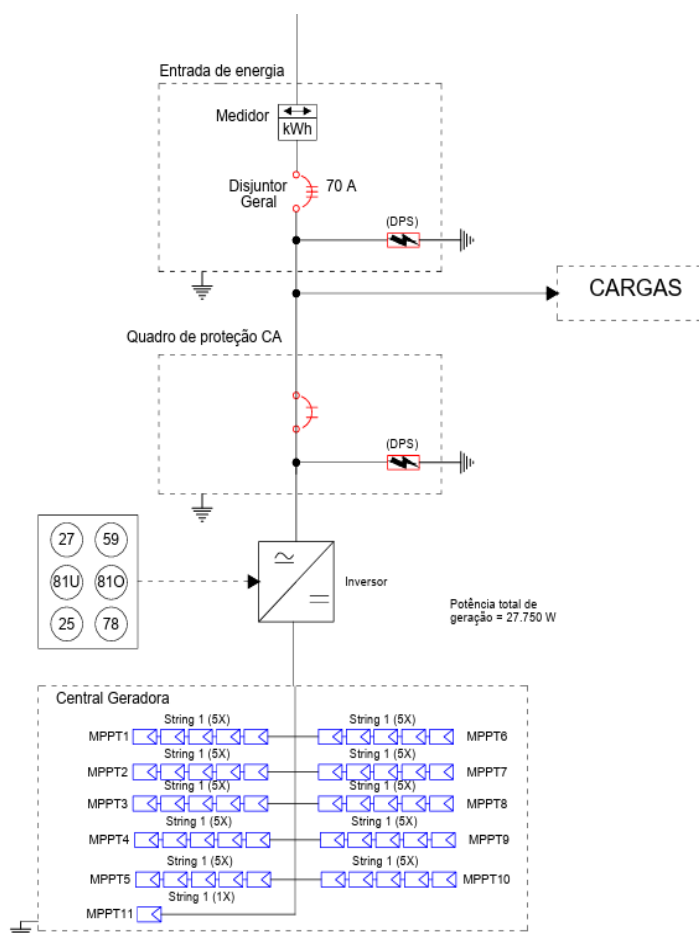
Custo para atender a demanda de 15hs	R\$ 19,98
--------------------------------------	-----------

Dessa forma foi possível concluir, que para gerar 111 Kwh, utilizando um carregador 7,4kW utilizando um inversor trifásico, sendo que cada placa gera 550W, se fará necessário a utilização de um sistema composto por 51 placas fotovoltaicas.

O diagrama unifilar é um tipo de diagrama usado para representar os circuitos elétricos, eletrônicos e todos os seus componentes através de desenhos e

simbologias. A palavra unifilar significa um fio, ou seja, quer dizer que todos os fios e cabos elétricos serão representados por símbolos sobre um só traço no diagrama, ou seja, o traço representa o eletroduto ou o caminho onde os cabos elétricos devem passar. Na Figura 13, é possível visualizar o circuito elétrico, desde a entrada de energia, passando por um medidor, protegido por um disjuntor geral de 70 amperes, passando por um quadro de proteção de corrente alternada interligados ao dispositivo de proteção contra surtos conectados ao aterramento. Seguindo, o circuito elétrico passa do um inversor de corrente contínua para corrente alternada conectada as 51 placas fotovoltaicas. O circuito demonstrado, tem capacidade para geração de 27.750W de potência.

Figura 13 – Diagrama Unifilar



Fonte: O Autor (2023).

Análise do custo do quilômetro rodado

Definição do veículo referência

Para realizar a comparação de desempenho de um veículo movido a propulsão a combustão em relação a um veículo elétrico, buscou-se definir um veículo com características semelhantes, divergindo somente a forma de propulsão. Utilizado uma tabela do programa brasileiro de etiquetagem veicular do INMETRO, ano 2023, onde foram escolhidos os modelos Peugeot 208 e o Peugeot E-208, ambos sendo enquadrados na Categoria Compacto, Marca Peugeot (Figura 14),

Figura 14 – Dados técnicos dos veículos

CATEGORIA	MARCA	MODELO	VERSÃO	MOTOR	TIPO DE PROPULSÃO
Compacto	Peugeot	E-208	GT	ELÉTRICO	ELÉTRICO
Compacto	Peugeot	208	ACTIVE AT1	1.6-16V	COMBUSTÃO

Fonte: Adaptado de INMETRO (2023).

O desempenho por Quilometragem por litro do Peugeot 208 e Peugeot E-208 é demonstrado na Figura 15:

Figura 15 – Quilometragem por litro

Quilometragem por Litro						
Modelo	Etanol		Gasolina ou Diesel		Elétrico	
	Cidade (Km/L)	Estrada (Km/L)	Cidade (Km/L)	Estrada (Km/L)	Cidade (Km/L)	Estrada (Km/L)
E-208	/	/	/	/	37,8	30,8
208	7,7	9,1	11,1	12,9	/	/

Fonte: Adaptado de INMETRO (2023).

Levantamento do custo de combustível

O levantamento do preço do combustível foi realizando o acesso no site da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, buscando o preço do litro da gasolina no mês de junho de 2023, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Levantamento de preços gasolina comum (junho/2023)

MUNICÍPIO	R\$/L
CAÇADOR	4,797
FLORIANOPOLIS	4,796
JOINVILLE	4,825

Fonte: Autor (2023).

Análise do desempenho

Aplicando cálculos matemáticos apresentados na sessão anterior, foi realizado o preenchimento da planilha para então comparar o custo do preço do quilômetro rodado realizado pelos dois tipos de propulsão (a combustão e elétrico) sendo que o veículo elétrico foi analisado sendo recarregado por energia fornecida pela concessionária de energia do grupo B, e por energia gerada por um sistema de geração de energia fotovoltaica (Figura 16).

Figura 16 – Análise de desempenho – junho/2023

ANÁLISE DE DESEMPENHO: KM RODADO X VEICULOS			
Veículo com propulsão a Combustão abastecido a Gasolina	Caçador	Florianópolis	Joinville
Custo do litro de Gasolina (R\$)	R\$ 4,797	R\$ 4,796	R\$ 4,825
Média de Km/L (Km)	11,1	11,1	11,1
Custo do Km Rodado	R\$ 0,432	R\$ 0,432	R\$ 0,435
Quilometragem Referencia	440	440	440
Custo total para rodar a quilometragem Referência	190,15	190,11	191,26
Veículo Elétrico Recarregado com Energia Gerada pela Concessionaria	Caçador	Florianópolis	Joinville
Carga de Bateria Carro Elétrico kWh	50	50	50
Autonomia Carro Elétrico (Km)	220	220	220
Média de kWh/km	0,2273	0,2273	0,2273
Custo do R\$ kWh CELESC + Impostos	R\$ 0,72	R\$ 0,72	R\$ 0,72
Custo do Km Rodado (R\$)	R\$ 0,16	R\$ 0,16	R\$ 0,16
Quilometragem Referencia	440	440	440
Custo total para rodar a quilometragem Referência	72,00	72,00	72,00
Veículo Elétrico Recarregado por Energia Gerada por Painéis Fotovoltaico	Caçador	Florianópolis	Joinville
Carga de Bateria Carro Elétrico kWh	50	50	50
Autonomia Carro Elétrico (Km)	220	220	220
Média de kWh/km	0,2273	0,2273	0,2273
Custo do R\$ kWh CELESC + Impostos	R\$ 0	R\$ 0	R\$ 0
Custo do Km Rodado (R\$)	R\$ 0,04	R\$ 0,04	R\$ 0,04
Quilometragem Referencia	440	440	440
Custo total para rodar a quilometragem Referência	18,00	18,00	18,00

Fonte: Autor, 2023

Custo Total do Projeto em Reais

Para o levantamento do custo de implantação de um box de abastecimento de veículo elétrico, não sendo levado em consideração o custo de aquisição de terreno temos que levar em consideração os seguintes componentes

Com base nesses itens, e orçamentos realizados na cidade de Caçador, foi possível levantar o custo total para implantação do BACEF, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Orçamento das instalações do BACEF

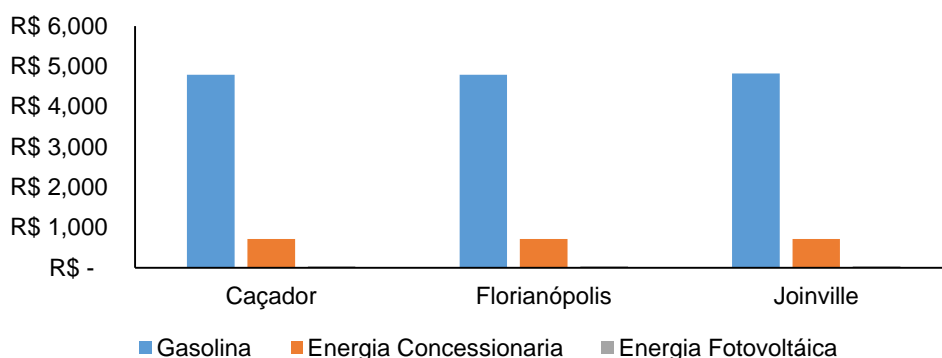
Item	Quantidade	Unidade	Descrição	Valor Unitário	Valor Total
1 Estrutura em concreto armado					
1.1	5	m3	Concreto	R\$ 600,00	R\$ 3.000,00
1.2	250	Kg	Aço	R\$ 8,00	R\$ 2.000,00
1.3	1	m3	Madeira	R\$ 500,00	R\$ 500,00
1.4	1	Unidade	Mão de Obra	R\$ 10.000,00	R\$ 10.000,00
1.5	1	Unidade	Painel ACM	R\$ 7.000,00	R\$ 7.000,00
1.6	20	m2	Revestimento	R\$ 50,00	R\$ 1.000,00
2 Sistema Fotovoltaico					
2.1	1	Unidade	Carregador	R\$ 5.999,99	R\$ 5.999,99
2.2	51	Unidade	Placas	R\$ 1.087,32	R\$ 55.453,32
2.3	1	Unidade	Inversor	R\$ 23.715,36	R\$ 23.715,36
2.4	1	Kg	Estrutura	R\$ 13.000,00	R\$ 13.000,00
2.5	1	diversos	Cabeamento	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
Total					R\$ 101.168,67

Fonte: Autor (2023).

ANÁLISE DOS DADOS

Com base nas informações coletadas e realizados os devidos cálculos do custo do quilômetro rodado, sendo analisado em três municípios distintos no estado de Santa Catarina, é possível visualizar no Gráfico 2 a comparação do custo do quilômetro rodado utilizando as três formas de abastecimento dos veículos: a combustão, elétrico abastecido na rede elétrica da concessionária e veículo elétrico recarregado através de energia gerada por placas fotovoltaicas:

Gráfico 02 – Custo do quilômetro rodado (junho/2023)



Fonte: Autor (2023)

Os dados da Tabela 3, indicam o custo do quilômetro rodado em reais em cada um dos três municípios estudados e calculado nas três formas de abastecimento proposto neste trabalho.

Tabela 3 – Custo do quilômetro rodado – Junho/2023

Forma de Abastecimento	Caçador	Florianópolis	Joinville
Gasolina	R\$ 4,797	R\$ 4,796	R\$ 4,825
Energia Concessionaria	R\$ 0,72	R\$ 0,72	R\$ 0,72
Energia Fotovoltaica	R\$ 0,04	R\$ 0,04	R\$ 0,04

Fonte: Dados da pesquisa (2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento e implementação do projeto piloto de um box de recarga para veículos elétricos alimentado por energia renovável proveniente de placas fotovoltaicas representam um avanço significativo no campo da mobilidade sustentável. Este estudo demonstrou que é possível criar soluções economicamente viável que contribuam para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a promoção de uma matriz energética mais limpa e eficiente. Ao longo do processo, foram enfrentados desafios técnicos que, por meio da aplicação de conhecimentos multidisciplinares, foram superados de forma satisfatória. A integração entre a tecnologia de carregamento de veículos elétricos e a geração de energia solar fotovoltaica mostrou-se viável e promissora, sinalizando que dentro dos três municípios selecionados para a avaliação, notou-se a clara vantagem financeira de instalação do BACEF. Os resultados obtidos através dos cálculos e orçamentos realizados, durante o período levantamento dos dados evidenciaram a eficiência do sistema, com uma contribuição significativa da energia solar para o carregamento dos

veículos elétricos atendendo os objetivos da ONU para 2030. Os dados coletados fornecem uma base sólida para futuras otimizações e passível de produção em alta escala, indicando a possibilidade de expansão para outras localidades e a inclusão de mais estações de recarga favorecendo a simplificação do conhecimento e disseminação da proposta deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALVES, Marliana de Oliveira Lage. **Energia Solar: Estudo da Geração de Energia Elétrica Através dos Sistemas Fotovoltaicos On-Grid e Off-Grid**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2019. Disponível em:

<https://monografias.ufop.br/handle/35400000/2019>. Acesso em: 05 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 61851: Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BARBOSA FILHO, Antonio Nunes. **Projeto e desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Atlas, 2009.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIAS SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO - CRESESB. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. 1. ed. Rio de Janeiro: CRESESB, 1999.

CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A. **Busca de parceiros para instalação de Eletropostos em Santa Catarina**. 1. ed. Florianópolis, CELESC, 2020. Disponível em: https://portal.celesc.com.br/arquivos/chamadas-oportunidades/Chamada_Eletropostos.pdf. Acesso em: 15 abr. 2023.

CHING, Francis. **Técnicas de construção ilustradas**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.

ETTELT, Stefanie; MAYS, Nicolau; ALLEN, Paulina. Os múltiplos propósitos dos pilotos de políticas e por que eles são importantes – Uma análise de três exemplos de saúde e assistência social na Inglaterra. **Conferência Internacional de Políticas Públicas**, v. 1, n. 1, p. 1-21, 2013. Disponível em:

https://www.kingsfund.org.uk/sites/default/files/Paper2_The_multiple_purposes_of_policy_pilots_why_they_matterSept13.pdf. Acesso em: 19 mai. 2023.

FERREIRA, Mariana Araújo Mendes; CARDOSO, Rafael Balbino. Impactos energéticos e ambientais do uso de sistemas solares fotovoltaicos para carregamento de carros elétricos em postos de abastecimento no Brasil. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 9, p. 1-24, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7749>. Acesso em: 15 mar. 2023.

FRANCO, Antônio Carlos *et al.* Energia limpa e acessível. **Revista Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação**, v. 4, n. 1, 1-6, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/EIGEDIN/article/view/11428/8147>. Acesso em: 19 mai. 2023.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2023.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GREENER. **Estudo Estratégico: Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída 1º Semestre de 2021**. São Paulo: GRE, 2023. Disponível em: <https://www.greener.com.br/estudo/estudo-estrategico-geracao-distribuida-2022-mercado-fotovoltaico-2-semester/#:~:text=O%20Estudo%20Estrat%C3%A9gico%20do%20Mercado%20Fotovoltaico%20de%20Gera%C3%A7%C3%A3o,informa%C3%A7%C3%B5es%20estrat%C3%A9gicas%20para%20os%20diversos%20players%20do%20setor..> Acesso em: 14 abr. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO. **Veículos Automotivos (PBE veicular)**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/veiculos-automotivos-pbe-veicular>. Acesso em: 10 mar. 2023.

LANA, Thiago Rocha *et al.* Energia solar fotovoltaica: Revisão Bibliográfica. **Revista Mythos**, v. 14, n. 2, p. 51-61, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unis.edu.br/index.php/mythos/article/view/467/377>. Acesso em: 03 mar. 2023.

MANESCO FILHO, Paulo Sérgio; OBARA, Francis W. Hiroito; AVILA, Renato Nogueira Perez. Um estudo sobre a viabilidade dos carros elétricos comparados aos de combustão. In: Revista Eletrônica Múltiplo Saber, 2019, Londrina. **Anais Eletrônicos...** Londrina: Instituto de Ensino Superior de Londrina/INESUL, 2019. Disponível em: https://www.inesul.edu.br/revista/arquivos/arq-idvol_70_1600711299.pdf. Acesso em: 30 mar. 2023.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARQUES, Rubéria Caminha; KRAUTER, Stefan Christofer Wenner; LIMA, Lutero Carmo de. Energia Solar Fotovoltaica e Perspectivas de Autonomia Energética para o Nordeste brasileiro. **Revista Tecnologia**, v. 30, n. 2, p. 153-162, 2009. Disponível em: <https://ojs.unifor.br/tec/article/view/1049/4494>. Acesso em: 03 mar. 2023.

MORESI, Eduardo. Metodologia da Pesquisa. **Metodologia Pesquisa de Moresi 2003**. 2003 Dissertação (Especialização em Gestão) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2003. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/312058925/Metodologia-Pesquisa-de-Moresi2003-Livro#>. Acesso em: 10 mar. 2023.

OLIVEIRA, Lediane; JERÔNIMO, Michele; JUSTUS JUNIOR, Zanderlei. **Estudo de infraestrutura para recarga de veículos elétricos em condomínios residenciais**.

2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021. Disponível em: https://nupet.daelt.ct.utfpr.edu.br/tcc/engenharia/doc-equipe/2020_1_18/2020_1_18_final.pdf. Acesso em: 19 mar. 2023.

SANTANA, Julie Catherine Siqueira *et al.* O uso e produção da energia limpa como método de preservação ambiental sustentável. **Epitaya E-books**, v. 1, n. 12, p. 99-111, 2020. Disponível em: <https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/53/31>. Acesso em: 19 mai. 2023.

SOUZA, Carolina Curassá Rosa de; HIROI, Jaqueline. O Mercado de carros elétricos no Brasil: análise de entraves e sugestões para expansão. **Práticas em Contabilidade e Gestão**, v. 9, n. 1, p. 1-19, 2021. Disponível em: <http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/pcg/article/view/14150/10906>. Acesso em: 04 jun. 2023.

SILVA, Heitor Marques Francelino da; ARAÚJO, Francisco José Costa. Energia solar fotovoltaica no Brasil: uma revisão bibliográfica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 3, p. 859-869, 2022. Disponível em: <https://www.periodicorease.pro.br/rease/article/view/4654/1751>. Acesso em: 19 mai. 2023.

SILVA, Karla Jarlita de Moura *et al.* Agenda 2030 e os desafios para a garantia de acesso à energia limpa e renovável. **Revista Meio Ambiente**, v. 1, n. 3, p. 38-44, 2020. Disponível em: <https://meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/article/view/44/39>. Acesso em: 19 mai. 2023.

TUPINAMBÁ, Frederico *et al.* Avaliando o Desempenho de um Sistema de Varredura a Laser Portátil para Mapeamento de Árvores Individuais—Uma Mostra de Florestas Mistas na Espanha. **Sensoriamento Remoto**, v. 15, n. 5, p. 1-15, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/5/1169>. Acesso em: 19 mai. 2023.

VILLALVA, Marcelo Grandella. **Energia Solar Fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Editora Érica, 2015.

ZACCARON, Rafael; D'ELY, Raquel; XHAF AJ, Donesca. Estudo piloto: um processo importante de adaptação e refinamento para uma pesquisa quase experimental em aquisição de I2. **Revista do GELNE**, v. 20, n. 1, p. 30-41, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/gelne/article/view/13201/9492>. Acesso em: 10 abr. 2023.