

A SEGUNDA GUERRA DAS CORRENTES: UMA ABORDAGEM HOLÍSTICA PARA CASAS AUTOSSUFICIENTES E A DESVINCULAÇÃO DO SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL

Thiago Antonio Fonseca Da Silva*
Luis Gustavo Schroder e Braga**

RESUMO

Este trabalho investiga métodos de energia sustentáveis e autônomos. Ele explora como residências autossuficientes, aliadas a sistemas de armazenamento de energia inovadores, podem diminuir a dependência do Sistema Interligado Nacional (SIN) e fomentar a sustentabilidade. A abordagem metodológica engloba avaliações qualitativas e quantitativas, tratando de estudos de caso de sistemas fotovoltaicos *on-grid* em casas e estabelecimentos comerciais, analisando custos, retornos financeiros e vantagens ambientais. Verificou-se que esses sistemas proporcionam retorno do investimento em aproximadamente três anos, com uma economia considerável de energia e diminuição dos efeitos no meio ambiente. Os resultados ressaltam a relevância de tecnologias emergentes, tais como baterias de alto rendimento e micro-redes, para impulsionar a descentralização energética. Discutiram-se propostas inovadoras, como a criação de condomínios verdes e sistemas de substituição rápida de baterias para carros elétricos, como formas de melhorar a resiliência e a sustentabilidade do atual modelo energético. A conclusão é que a mudança para moradias autossustentáveis, juntamente com a utilização de energias renováveis, pode não só atenuar os efeitos climáticos, mas também proporcionar alternativas econômicas e práticas para o progresso sustentável da sociedade. A pesquisa também destaca a importância de políticas governamentais e investimentos em infraestrutura para viabilizar essa mudança energética.

Palavras-chave: autossuficiente. bateria. transição energética.

ABSTRACT

This study investigates sustainable and autonomous energy methods. It explores how self-sufficient residences and innovative energy storage systems can reduce dependence on the National Interconnected System (SIN) and promote sustainability. The methodological approach encompasses qualitative and quantitative assessments, addressing case studies of on-grid photovoltaic systems in homes and commercial establishments, analyzing costs, financial returns, and environmental advantages. These systems were found to provide a return on investment in approximately three years, with considerable energy savings and a reduction in environmental impact. The results highlight the relevance of emerging technologies, such as high-efficiency batteries and microgrids, in driving energy decentralization. Innovative proposals, such as the creation of green condominiums and rapid battery replacement systems for electric cars, were discussed as ways to improve the resilience and sustainability of the current energy model. The conclusion is that the transition to self-sufficient housing,

* Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco – thiagofonseca14@gmail.com – graduando em Engenharia Elétrica

** Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco - luis.braga@doctum.edu.br (orientador do trabalho)

combined with the use of renewable energy, can not only mitigate climate effects but also offer economic and practical alternatives for the sustainable progress of society. The research also highlights the importance of government policies and investments in infrastructure to enable this energy transition.

Keywords: self-sufficient. battery. energy transition.

1- Introdução

A transição energética em curso evoca a histórica "Guerra das Correntes" do final do século XIX, onde figuras proeminentes como Thomas Edison e Nikola Tesla disputaram a supremacia entre a corrente contínua (CC) e a corrente alternada (CA), ocorrida nos Estados Unidos pela distribuição de eletricidade. Edison havia inventado um medidor que permitia que a energia fosse cobrada proporcionalmente ao consumo, porém o medidor funcionava apenas com corrente contínua. Até 1882, estas eram as únicas vantagens técnicas significantes do sistema de corrente contínua. A partir de um trabalho com campos magnéticos rotacionais, Tesla desenvolveu um sistema de geração, transmissão e uso da energia elétrica proveniente de corrente alternada, e fez uma parceria com George Westinghouse para comercializar esse sistema. Dessa forma, foi contornando o monopólio de patentes reivindicado por Thomas Edison (MARTINS, 2020). Neste contexto contemporâneo, essa batalha assume novas formas, impulsionada pela necessidade urgente de enfrentar os desafios energéticos e ambientais do século XXI, o que se propõe o estudo, denominando como a "Segunda Guerra das Correntes." A visão do autor é clara: a humanidade precisa evoluir no armazenamento de energia, pois a intermitência das fontes renováveis, como solar e eólica, demanda soluções eficientes de armazenamento para garantir a estabilidade do fornecimento. Fontes não renováveis, como o próprio termo diz, tem o ciclo de vida finito, e provocam alterações no clima do planeta e em todos os ecossistemas. Nesse contexto, surge o problema de pesquisa: Como as casas autossuficientes podem contribuir para a redução da dependência do sistema interligado nacional e promover uma transição rumo a um modelo energético mais sustentável (NOVAK, 2016).

O sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil é um sistema hidro-termo-eólico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários. O Sistema Interligado Nacional, verificado na Figura 1, é constituído por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte sendo operado pelo Operador Nacional do Sistema. A capacidade instalada de geração do SIN é composta, principalmente, por usinas

distribuição de energia, conforme Figura 2. No domínio desses condomínios, os vizinhos não apenas geram sua própria energia por meio de fontes renováveis, mas também compartilham entre si o excedente, promovendo uma rede energética localizada e autossuficiente (BIMBA, 2023).

Figura 2: Geração compartilhada



Fonte: < <https://atacadosolar.com.br/artigo/sistema-de-empresa-solar-pode-ser-compartilhado-com-residencia.html>>. Acesso em: 29 out. 2024.

O objetivo amplo deste trabalho é olhar para o uso de casas que se bastam por si mesmas, para diminuir a dependência do SIN (Sistema Interligado Nacional) e promover uma energia mais sustentável. Assim, quer-se mostrar os efeitos destas casas quanto à eficiência na produção de energia, força do sistema e resultados no meio ambiente. O foco é entender as boas ideias e problemas dos grupos de moradia ecológica como uma saída boa e prática para mudar a forma como geramos e usamos essa energia. A pesquisa busca analisar como esses lugares juntos podem reduzir a dependência do sistema interligado nacional, dando mais liberdade e sustentação energética aos moradores e ajudando o próprio SIN. Com demanda de energia menor para as casas e pequenas empresas, a grande fatia de energia gerada pelo SIN pode ser enviada e controlada para grandes fábricas, indústrias e meios de transporte de massa, melhorando desse modo o crescimento econômico (CORRÊA, 2015), com uma oferta maior de energia, e até mais barata para estes setores devido às fontes que estarão ofertando a energia.

Serão analisados aspectos relacionados ao funcionamento dos condomínios verdes, incluindo a eficiência na geração e armazenamento de energia, a resiliência

do sistema diante de eventos extremos e as questões socioeconômicas associadas à sua implementação, e também à distribuição dessa energia entre o condomínio e às baterias. Além disso, serão identificados os principais desafios e oportunidades para a expansão desse modelo inovador, visando fornecer *insights* para políticas públicas, planejamento urbano e tomada de decisão no campo da energia sustentável.

Portanto, este estudo propõe-se a contribuir para o avanço do conhecimento científico e para o desenvolvimento de soluções práticas e sustentáveis no campo da energia, abrindo novos horizontes para um futuro energético mais resiliente, colaborativo e ambientalmente consciente.

A primeira parte do trabalho é direcionada para a análise de casas autossuficientes e a não dependência de interligação ao Sistema Interligado Nacional, onde foram analisados dois estudos de casos de forma qualitativa e quantitativa. Em seguida, é demonstrada uma nova abordagem para o aumento da autonomia de carros elétricos, desmistificando o problema enfrentado por esta nova tecnologia.

2. Fundamentação Teórica

A fundamentação teórica deste trabalho aborda uma gama de conceitos e teorias relacionadas à transição para casas autossuficientes e a desconexão do sistema interligado nacional. Esses conceitos são fundamentais para compreender as dinâmicas complexas que permeiam a evolução do setor energético e os potenciais soluções para os desafios enfrentados pela sociedade contemporânea.

2.1 Evolução do Setor Energético:

A história da eletrificação remonta ao final do século XIX, marcada pela disputa entre Thomas Edison e Nikola Tesla pela padronização do sistema elétrico. Essa disputa, conhecida como a "Primeira Guerra das Correntes", resultou na prevalência da corrente alternada (CA) sobre a corrente contínua (CC) devido à sua maior eficiência na transmissão de energia a longas distâncias (MARTINS, 2020). É inegável verificar que a transmissão de grandes potências de eletricidade por via da corrente alternada, possibilitou a eletrificação do mundo, vencendo as grandes distâncias, que no início do século XX, a corrente contínua não conseguia transcender. Mas com os novos avanços tecnológicos, existem grandes linhas de transmissão em corrente contínua, com a utilização de conversores e retificadores (VASCONCELOS, 2017), como as linhas de ultra alta tensão Xingu-Estreito, com 800kVcc, visto na Figura 3, e de Itaipu com $\pm 600\text{kVcc}$.

Figura 3: Linha de Transmissão Xingu-Estreiro 800kVcc



Fonte: < <https://www.artilhariadigital.com/2016/06/primeira-linha-hvdc-em-800kv-do-brasil.html>>. Acesso em: 05 nov. 2024.

2.2 Desafios Energéticos Contemporâneos:

No século XXI, o setor energético enfrenta uma série de desafios, incluindo a crescente demanda por energia, a volatilidade dos preços dos combustíveis fósseis e a urgência em mitigar os impactos das mudanças climáticas. Nesse contexto, surge a necessidade de buscar soluções inovadoras e sustentáveis para garantir o fornecimento de energia de forma eficiente e ambientalmente responsável (FREITAS et al., 2023).

2.3 Paradigma da Sustentabilidade Energética:

O paradigma da sustentabilidade energética propõe uma abordagem holística para o fornecimento e uso de energia, considerando não apenas a eficiência e a disponibilidade, mas também os impactos ambientais, sociais e econômicos. Isso envolve a transição para fontes renováveis de energia, a melhoria da eficiência energética e a promoção de práticas de consumo responsável (GIMENES; BENAGES, 2021).

2.4 Tecnologias Emergentes:

No contexto da transição energética, diversas tecnologias emergentes têm desempenhado um papel significativo. Destacam-se, entre elas, os sistemas de

geração distribuída, como painéis solares e turbinas eólicas, e as tecnologias de armazenamento de energia, como baterias de íon-lítio e sistemas de hidrogênio verde (CRUZ, 2023).

O armazenamento de energia desempenha um papel crucial na integração de fontes intermitentes, como solar e eólica, ao sistema elétrico. As tecnologias de armazenamento, como baterias, sistemas de bombeamento hidráulico e armazenamento térmico, permitem armazenar o excesso de energia gerado em momentos de baixa demanda e utilizá-lo quando necessário, garantindo um fornecimento estável e confiável (DANTAS, 2024).

2.5 Energia Renovável, Sustentabilidade e Eficiência Energética:

Para gerar eletricidade, as principais fontes renováveis incluem solar, eólica, hidrelétrica, biomassa e geotérmica. Para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e reduzir a necessidade de combustíveis fósseis, é fundamental que as fontes de energia renovável também sejam exploradas (NOVAK, 2016).

Outra chave para a transição para um sistema energético mais sustentável é a eficiência energética. A eficiência energética refere-se à abordagem “fazer mais com menos”, maximizar a produção e uso de energia e minimizar a perda e o desperdício de recursos naturais. Ela pode ser feita por meio da implementação de tecnologias mais eficientes, práticas de gerenciamento de energia e, em última instância, uma mudança de mentalidade em relação a consumir responsavelmente (GIANNETTI et al, 2006).

Os impactos das mudanças climáticas são uma das principais motivações por trás da transição para um sistema energético mais sustentável. Isso inclui eventos climáticos extremos, como furacões, secas e incêndios florestais, bem como os impactos socioeconômicos e ambientais associados ao aumento das temperaturas globais e níveis do mar.

2.6 Descentralização e Geração Distribuída:

A descentralização do sistema energético é uma tendência crescente, impulsionada pelo surgimento da geração distribuída. Nesse modelo, a energia é produzida localmente, muitas vezes por meio de fontes renováveis, e consumida no mesmo local ou em proximidade. Isso reduz a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura de transmissão e distribuição, além de aumentar a resiliência do sistema (OLIVEIRA, 2024).

Um ponto importante que deve ser mencionado quanto à geração distribuída, é quanto à proteção da rede de distribuição realizada pelas distribuidoras. Com a solicitação da instalação de projetos que farão injeção de energia elétrica à rede, a concessionária de distribuição de energia precisa verificar o projeto e analisar de forma minuciosa o impacto que este gerador causará para a rede, principalmente quanto a proteção contra curto-circuito. A proteção da rede é feita principalmente nas subestações distribuidoras, através de disjuntores, que possuem a capacidade de interromper a corrente elétrica quando necessário, utilizando também como base a seletividade, interrompendo o mais próximo da falha, sem afetar os demais consumidores. Porém, as minigerações distribuídas nessa rede, podem continuar alimentando a falha por algum tempo, e sem a supervisão da concessionária (CAMPITELLI et al., 2006).

2.7 Integração de Sistemas e Micro-redes:

A integração de sistemas e micro-redes é uma maneira promissora de aumentar a eficácia e a resiliência do sistema energético. Sua essência reside no uso de várias fontes de energia e tecnologias de armazenamento, conectadas a uma rede localizada. Tais redes podem funcionar separadamente e podem ser adaptadas ao sistema interligado nacional quando necessário (CAETANO, 2023). Tais inovações ajudam a otimizar os recursos disponíveis e a reduzir os danos da falha. O SIN, opera 24 horas por dia para que o consumidor tenha eletricidade para utilizar a qualquer momento, o que gera desperdício de energia, quando essa não é utilizada. As micro-redes se beneficiariam da utilização de banco de baterias que armazenariam a energia gerada e não utilizada destes consumidores não interligados no SIN. Com isso, as grandes cargas interligadas ao SIN, teriam mais energia disponível (DANTAS, 2024).

2.8 Políticas Energéticas e Regulamentações:

As políticas energéticas e regulamentações desempenham um papel fundamental na orientação da transição para um sistema energético mais sustentável. Isso inclui incentivos para o uso de fontes renováveis, metas de eficiência energética, tarifas de energia progressivas e regulamentações para promover a geração distribuída e o armazenamento de energia (BORGES et al., 2017).

2.9 Modelos de Negócios e Financiamento:

Os modelos de negócios e financiamento desempenham um papel crucial na viabilização de projetos de energia sustentável. Isso inclui modelos de financiamento inovadores, como *leasing* de painéis solares, acordos de compra de energia (PPAs) e *crowdfunding*, este último sendo um tipo de investimento coletivo através de plataformas *online*, modelos permitem que indivíduos, empresas e comunidades invistam em energia renovável de forma acessível e rentável (AZEVEDO, 2022).

2.10 Aspectos Socioeconômicos da Transição Energética:

A transição para um sistema energético mais sustentável tem importantes implicações socioeconômicas. Isso inclui a criação de empregos na indústria de energia renovável, o aumento da segurança energética e a redução das disparidades socioeconômicas. Além disso, a transição energética pode promover o desenvolvimento local, aumentando a autonomia das comunidades e reduzindo a dependência de importações de energia (BEZERRA et al., 2008).

2.11 Educação e Conscientização:

A educação e conscientização são fundamentais para promover a transição para um sistema energético mais sustentável. Isso inclui programas de educação pública sobre eficiência energética, incentivos para a adoção de práticas sustentáveis e campanhas de conscientização sobre os impactos das escolhas energéticas individuais e coletivas. A capacitação de indivíduos e comunidades a participarem ativamente da transição energética podem incluir programas de educação formal e informal, treinamento profissional e iniciativas de conscientização pública sobre questões energéticas e ambientais (MENDES, 2024).

2.12 Desafios e Oportunidades Futuras:

Embora a transição para um sistema energético mais sustentável apresente muitos benefícios, também enfrenta diversos desafios. Isso inclui questões como a resistência de interesses estabelecidos, barreiras tecnológicas e financeiras e a necessidade de políticas e regulamentações mais robustas. No entanto, as oportunidades para avançar em direção a um futuro energético mais sustentável são numerosas e promissoras (SOUZA, 2024).

As tendências globais em energia sustentável refletem uma mudança significativa em direção a fontes renováveis e práticas de consumo mais conscientes. Isso inclui o aumento da capacidade instalada de energia solar e eólica, o declínio dos

custos de tecnologias de energia limpa e o crescente reconhecimento dos riscos associados às emissões de carbono (NUNES et al., 2023).

As perspectivas futuras para a energia sustentável são promissoras, mas também desafiadoras. Enquanto se avança em direção a um futuro energético mais sustentável, é crucial enfrentar os desafios restantes, como a integração de fontes intermitentes, a modernização da infraestrutura energética e a garantia de acesso universal a energia limpa e acessível.

2.13 Inovações Tecnológicas em Armazenamento de Energia:

As inovações tecnológicas em armazenamento de energia têm impulsionado o desenvolvimento de soluções mais eficientes e acessíveis para a gestão de energia. Isso inclui avanços em baterias de íon-lítio (BUSNARDO et al., 2007), sistemas de armazenamento térmico (FERNANDES, 2017) e armazenamento de energia por compressão de ar (CAVACO, 2013).

2.14 Cooperação Internacional em Energia Sustentável:

A cooperação internacional desempenha um papel crucial na promoção da energia sustentável em escala global. Isso inclui acordos internacionais, como o Acordo de Paris, que estabelecem metas e compromissos para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover a transição para uma economia de baixo carbono (NUNES, 2022).

2.15 Desenvolvimento Tecnológico e Inovação:

O desenvolvimento tecnológico e a inovação desempenham um papel crucial na evolução do setor energético. Isso inclui avanços em áreas como inteligência artificial e Internet das Coisas (IoT), que podem transformar a forma como a energia é produzida, distribuída e consumida (SANTAELLA, 20213).

A convergência tecnológica está transformando rapidamente o setor energético, permitindo integração e otimização de sistemas por meio de plataformas digitais e interoperabilidade entre dispositivos. Essa convergência facilita a transição para sistemas energéticos mais inteligentes, eficientes e sustentáveis (SILVA, 2023).

2.16 Governança e Participação Comunitária:

A governança eficaz e a participação comunitária são essenciais para garantir uma transição energética justa e inclusiva. Isso envolve a consulta e envolvimento das

partes interessadas, a definição de políticas e regulamentações claras e o estabelecimento de mecanismos de prestação de contas e transparência (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2024).

2.17 Resiliência e Segurança Energética:

A resiliência e a segurança energética são preocupações cada vez mais importantes em face de ameaças como eventos climáticos extremos, ataques cibernéticos e interrupções no fornecimento de combustíveis fósseis. A diversificação da matriz energética, a descentralização do sistema e a promoção de fontes renováveis são estratégias-chave para aumentar a resiliência e segurança do sistema (JACOBSON et al., 2011).

3. Metodologia

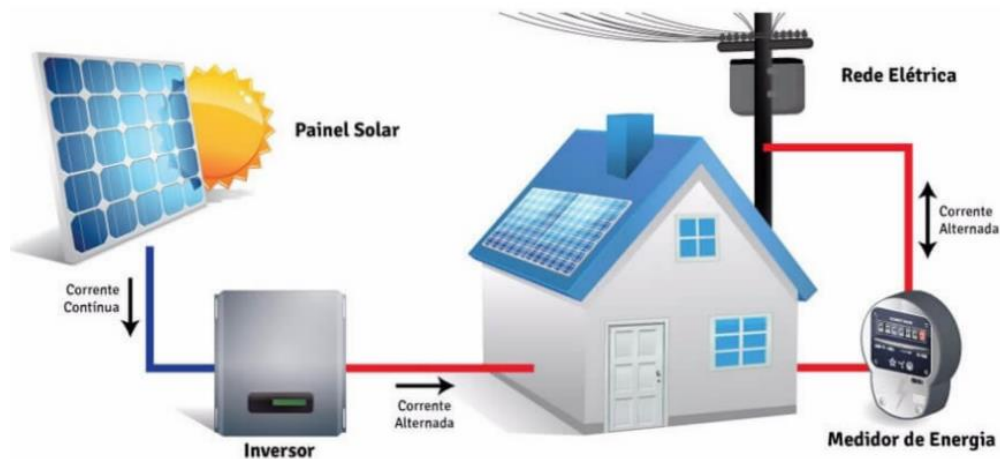
A metodologia utilizada neste trabalho busca proporcionar uma investigação abrangente, equilibrando rigor acadêmico com uma abordagem prática, a fim de explorar a fundo as nuances das casas autossuficientes e a desconexão do sistema interligado nacional. A combinação de métodos qualitativos e quantitativos visa garantir uma análise holística e significativa do tema proposto. A pesquisa qualitativa permite uma compreensão aprofundada das complexidades envolvidas, enquanto a pesquisa quantitativa fornece dados sólidos para análises estatísticas. Essa combinação visa uma investigação robusta e fundamentada.

A análise de estudos de caso de casas autossuficientes ao redor do mundo fornece *insights* valiosos sobre as práticas e tecnologias mais eficazes na promoção da autonomia energética.

A coleta de dados envolveu a análise de dois trabalhos, Lemos (2022) e Silva et al. (2019), onde foram feitas as análises de custo de instalação de painéis fotovoltaicos e o respectivo retorno do investimento, em curto e longo prazo. Nesses dois trabalhos foram utilizados o sistema *on grid*, conforme Figura 4, que é o sistema que é ligado à rede elétrica de distribuição da concessionária, onde o excesso de geração do sistema é enviado à rede e convertidos em créditos, que podem ser utilizados nos momentos de menor geração, como à noite. Esses créditos acumulados reduzem ainda mais os custos de energia, resultando em um impacto positivo no tempo de retorno e na economia ao longo da vida útil do sistema. Esses estudos

destacam exemplos de design sustentável, uso inteligente de recursos e integração de tecnologias de energia renovável e armazenamento.

Figura 4: Sistema *on grid*.



Fonte: <https://www.ecomais.ind.br/img/sistema_ongrid.jpg>. Acesso em: 12 set. 2024.

A escolha destes trabalhos se deu devido por serem similares, tanto por parte da aplicação e do tempo de resultados muito próximos. Apesar do trabalho de Silva et al. (2019) contar com um pequeno comércio na área construída, o tempo de retorno do investimento não representou uma discrepância para com o trabalho de Lemos (2022). Outros trabalhos também foram observados, mas como possuíam um tempo maior da análise (no início da década passada), o fator econômico, como preço das placas solares e a renda per capita, estabeleceu-se utilizar os trabalhos mais recentes. Com o grande salto no desenvolvimento das placas solares e a estagnação da economia global, os resultados destes trabalhos estão mais próximos da realidade atual, facilitando o entendimento.

4. Análise e Discussão

4.1 Justificativa para a Escolha da Abordagem

A escolha da abordagem mista justifica-se pela natureza multifacetada do tema. A complexidade das casas autossuficientes e a desconexão do sistema interligado nacional demandam uma compreensão profunda das experiências individuais

(qualitativa) e uma avaliação quantitativa de padrões e tendências. Essa abordagem visa equilibrar a profundidade exploratória com a validade estatística.

4.2 Coleta de Dados

A viabilidade econômica de instalações de sistema fotovoltaicos ainda é uma questão fundamental para os investidores e proprietários. O retorno sobre o investimento (ROI) de sistemas fotovoltaicos pode variar significativamente dependendo de fatores como o custo de instalação, eficiência dos painéis, condições climáticas regionais e incentivos fiscais disponíveis (TODESCHINI, 2024). Dessa forma, a análise quantitativa de estudos prévios sobre esse tema torna-se essencial para entender o cenário real e a aplicabilidade de sistemas solares em diferentes contextos.

No primeiro trabalho, realizado por Lemos (2022), o autor examinou a viabilidade econômica de instalar um sistema de energia fotovoltaica, com o objetivo de diminuir a dependência da rede elétrica e reduzir custos de eletricidade. O foco foi avaliar o custo-benefício desses sistemas, abordando os investimentos iniciais, o tempo de retorno e as vantagens financeiras e ambientais para os usuários e para a sustentabilidade geral.

A proposta foi dimensionada para atender a um consumo médio mensal de 1.200 kWh, levando em conta a radiação solar do local e os custos envolvidos na aquisição, instalação e operação do sistema. O custo inicial foi estimado em R\$ 40.000,00, abrangendo módulos, inversor, estrutura de fixação, cabos, mão de obra e demais componentes necessários para a instalação (LEMOS, 2022).

Para avaliar a viabilidade do projeto, foram utilizados indicadores financeiros como o tempo de retorno do investimento (*payback*), valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR), levando-se em consideração a vida útil do sistema, que é de aproximadamente 25 anos. Também foram incluídas as projeções de inflação e taxas de eficiência do sistema, que podem sofrer variação ao longo dos anos. A análise que o autor fez, indicou que o sistema fotovoltaico possibilita um retorno do investimento em cerca de 3 anos, período no qual os ganhos em economia de energia compensam o custo inicial da instalação. Além disso, o projeto apresentou um VPL positivo e uma TIR de 43%, o que torna o investimento financeiramente atrativo, já que a TIR supera a taxa mínima de atratividade (TMA) vigente, de 13,75% ao ano (LEMOS, 2022). A escolha pelo modelo *on grid* se deu principalmente ao menor custo de instalação e manutenção, pois elimina a necessidade de baterias, que encarecem o projeto.

No segundo trabalho analisado, SILVA et al. (2019), também se verificou a viabilidade econômica e os benefícios de um sistema de energia solar fotovoltaica por meio de um estudo de caso em duas edificações situadas em Altamira-PA, mas, os dados aqui trazidos, são da segunda instalação analisada pelo trabalho.

Para a edificação, que possui uso comercial e um consumo médio anual de 18.993 kWh, foi necessária a instalação de um sistema de 40 placas solares com uma potência de 275 Wp cada, cobrindo uma área de 80 m², ao custo de R\$ 57.536,20. A tarifa de energia nessa edificação era de R\$ 0,89 por kWh, resultando em uma despesa anual de aproximadamente R\$ 13.251,00 antes da instalação do sistema fotovoltaico (SILVA et al., 2019).

Nas Tabela 1 e 3 pode-se verificar os custos das instalações dos projetos e as Tabelas 2 e 4 mostram os retornos financeiros anuais dos sistemas fotovoltaicos para os dois trabalhos analisados.

Tabela 1: Custo do sistema.

Produto	Modelo	Custo (R\$)
Inversor Growatt – 10kWp	Growatt MINI10000TL-X	7.953,76
Módulo Fotovoltaico – 450Wp	Jinko Solar Tiger Pro JKM450M-60HL4-V	26.230,75
Equipamentos de Instalação	---	2.872,49
Projeto e Mão de Obra	---	2.943,00
Total	---	40.000,00

Fonte: Tabela adaptada de LEMOS (2022).

Tabela 2: Retorno financeiro anual do sistema fotovoltaico.

Ano	Retorno Financeiro (R\$)
0	-40.000,00
1	-25.097,42
2	-10.216,70
3	6.037,19
4	23.701,30
5	43.184,49

Fonte: Tabela adaptada de LEMOS (2022).

Tabela 3: Custo do sistema.

Consumo kWh/mês (últimos 12 meses)	Instalação em telhado	Cidade Estado	Tarifa Média por kWh	Distribuidora
1.582,75	Telha Fibrocimento	Altamira Pará	R\$ 0,89	Centrais Elétricas do Pará S/A

Dados do Sistema

Painéis	Potência Total	Inversor Marca	Área Estimada	Tensão
40 x 275 Wp Canadian Solar	11,00 kWp	1 x Fronius	80m ²	127/220V

Valor do Investimento: R\$ 57.536,20

Fonte: Tabela adaptada de SILVA et al. (2019).

Tabela 4: Retorno financeiro anual do sistema fotovoltaico.

Ano	Retorno Financeiro (R\$)
0	-57.536,20
1	-44.284,81
2	-28.350,54
3	9.325,99
4	13.251,23
5	39.905,47

Fonte: Tabela adaptada de SILVA et al. (2019).

4.3 Discussão quanto aos estudos de caso

Nos dois projetos analisados, constatou-se que o retorno do investimento ocorre em cerca de 3 anos, considerando os custos de instalação, a geração média mensal de energia e o consumo médio mensal das edificações. Esses dados mostram que o sistema fotovoltaico *on grid* é economicamente viável e vantajoso, proporcionando uma redução significativa nas despesas com eletricidade e um retorno financeiro expressivo para o investidor.

O estudo demonstra que a instalação de sistemas fotovoltaicos trouxe uma economia substancial para ambas as edificações, permitindo uma redução de até

100% nos custos de eletricidade e tornando-as autossuficientes energeticamente. Do ponto de vista ambiental, a energia solar contribui para a redução do impacto ambiental, ao não emitir gases poluentes durante a geração e ao diminuir a dependência de combustíveis fósseis. Além disso, a tecnologia fotovoltaica exige pouca manutenção. Após a instalação, o sistema demanda apenas uma limpeza ocasional dos painéis e verificação dos cabos e conectores, o que facilita seu uso em longo prazo. Os módulos têm uma durabilidade estimada de até 25 anos, com eficiência mínima de 80% ao longo desse período, o que amplia o retorno econômico e ambiental (DOS SANTOS et al., 2022).

Para as edificações estudadas, o retorno do investimento (*payback*) foi estimado em 3 anos. Esse cálculo considera a economia anual gerada pela energia solar, que permite eliminar os custos com eletricidade logo após a instalação e, em seguida, obter economia líquida de longo prazo. Após esse período de *payback*, toda a economia representa um ganho direto aos proprietários.

Ademais, a análise reforça que a energia solar fotovoltaica é uma excelente alternativa para diversificar a matriz energética e aumentar a segurança no fornecimento de energia elétrica. Além dos benefícios financeiros diretos, os sistemas solares ajudam a reduzir a carga sobre a rede elétrica, especialmente durante o dia, quando o consumo tende a ser mais alto em muitos locais. No contexto brasileiro, caracterizado por uma alta incidência solar e pelo aumento dos incentivos governamentais à energia renovável, a instalação de sistemas fotovoltaicos torna-se cada vez mais acessível e vantajosa para residências e empresas, mesmo considerando o investimento inicial necessário.

Embora o foco principal deste trabalho seja o desenvolvimento e análise de casas autossuficientes, é importante destacar a relevância dos carros elétricos nesse contexto. A integração de veículos elétricos ao meio ambiente pode transformar a relação entre produção e consumo de energia, oferecendo benefícios que vão além da sustentabilidade. Essa abordagem é essencial para compreender as interdependências entre essas soluções inovadoras para propor um modelo sustentável que possa ser replicado em larga escala.

5. Carros Elétricos: proposta para aumento de autonomia

5.1 Autopostos

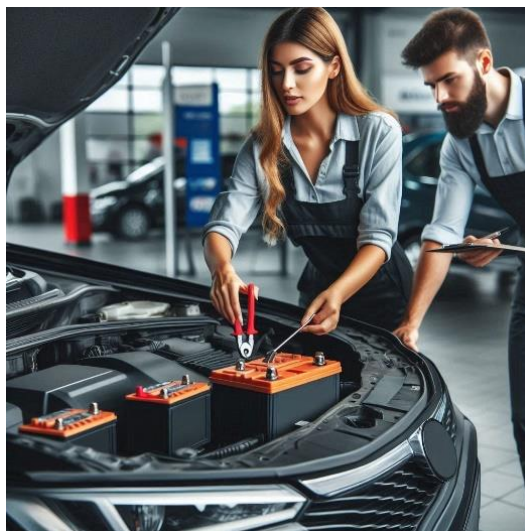
O conceito de mobilidade elétrica tem ganhado relevância nos últimos anos como uma solução para a redução das emissões de carbono e a dependência de

combustíveis fósseis. Entretanto, uma das principais limitações dos veículos elétricos é o tempo necessário para recarregar as baterias, o que ainda é um obstáculo à sua adoção em massa (NUNES, 2024). Neste contexto, propõe-se um modelo inovador e prático: ao invés de depender de longos períodos de carregamento em postos conectados à rede elétrica, sugere-se a substituição rápida de uma parte das baterias em postos de carregamento, a *VoltSwitch*, uma tecnologia conforme em desenvolvimento e utilizada pela montadora chinesa Nio, que promete realizar a troca em 2min24s (QUATRO RODAS, 2024). Este sistema não apenas minimiza o tempo de espera dos motoristas, mas também cria uma infraestrutura independente do Sistema Interligado Nacional (SIN), baseada em energia renovável gerada localmente.

5.2 Conceito do *VoltSwitch* para Carros Elétricos

A proposta é simples: ao chegar em um posto de carregamento, ao invés de conectar o carro à rede elétrica e aguardar até que as baterias sejam recarregadas, o condutor realiza a troca das baterias descarregadas por baterias totalmente carregadas, de forma rápida e prática, conforme mostra a Figura 5. Essas baterias seriam desenhadas para serem facilmente removidas e substituídas por novas, em um processo que levaria apenas alguns minutos, semelhante ao reabastecimento de veículos a combustão.

Figura 5: Substituição de bateria sistema *VoltSwitch*



Fonte: o autor.

Nos postos de carregamento, as baterias descarregadas retiradas dos veículos seriam conectadas a um sistema de recarga alimentado por energia solar. Painéis

solares instalados nos postos forneceriam a energia necessária para recarregar as baterias, promovendo uma operação sustentável e sem a necessidade de conexão à rede elétrica convencional. Assim, o posto funcionaria de forma autossuficiente, operando *off-grid*, e contribuindo para a descentralização do sistema energético.

5.3 Vantagens do Sistema

Redução do Tempo de Espera: Uma das principais limitações dos veículos elétricos atuais é o tempo de recarga das baterias, que pode variar de 30 minutos a várias horas, dependendo da capacidade do carregador e da bateria. Com o sistema de substituição *VoltSwitch*, esse problema é eliminado, permitindo que o motorista troque as baterias em poucos minutos e continue sua viagem sem interrupções significativas.

- a) **Autonomia Maior e Flexível:** Esse modelo permite que o motorista mantenha uma autonomia consistente, sem se preocupar em encontrar um ponto de carregamento disponível ou em ter que esperar longos períodos para recarregar o veículo. A flexibilidade no número de baterias instaladas no carro também pode ser ajustada conforme a necessidade, ampliando ou reduzindo a autonomia conforme o trajeto.
- b) **Sustentabilidade Energética:** Utilizar energia solar para recarregar as baterias é uma solução altamente sustentável. A operação dos postos se torna independente do SIN, eliminando a necessidade de fontes de energia não renováveis e contribuindo para a redução da pegada de carbono do setor de transportes. Esse modelo, ao utilizar energia solar localmente, reduz perdas associadas à transmissão e distribuição, tornando o processo mais eficiente.
- c) **Descentralização e Resiliência Energética:** Esse sistema fortalece a descentralização do fornecimento de energia, criando redes locais de geração e armazenamento que funcionam de forma independente do SIN. Em casos de falhas na rede ou apagões, a operação dos postos de carregamento não é comprometida, garantindo maior resiliência do sistema de mobilidade elétrica.
- d) **Facilidade de Manutenção e Atualização:** Como as baterias são substituíveis, a manutenção e atualização das tecnologias podem ser feitas de forma mais eficiente. Se novas baterias, mais potentes ou com maior densidade energética forem desenvolvidas, a atualização do sistema seria simples, bastando substituir as baterias antigas nos postos, sem a necessidade de intervenções complexas nos veículos.

- e) Economia de Infraestrutura: A implementação de sistemas *plug and play* reduz a necessidade de investir em estações de carregamento ultrarrápido, que demandam altos custos e complexidade técnica para conexão à rede elétrica de alta tensão. Os postos de troca de baterias, por sua vez, podem ser escalados e distribuídos mais facilmente, especialmente em áreas remotas ou com baixa infraestrutura energética.
- f) Modelo de Negócio Inovador: Este sistema abre novas oportunidades de negócios, como a venda de planos de assinatura para troca de baterias, serviços de recarga expressa, além de proporcionar ao consumidor um serviço mais conveniente. Empresas poderiam gerenciar a logística de troca e recarga das baterias, oferecendo um serviço mais próximo do modelo atual de abastecimento de combustíveis.

O futuro da mobilidade elétrica depende da criação de soluções que superem as limitações atuais de recarga e infraestrutura. O modelo de substituição rápida de baterias em postos de carregamento, associado ao uso de energia solar para a recarga, representa uma evolução importante. Além de resolver o problema do tempo de recarga, promove a autossuficiência energética e a sustentabilidade, contribuindo para a descentralização do sistema elétrico. Essa abordagem transforma a visão de condomínios verdes e comunidades energeticamente autossuficientes em algo aplicável também à mobilidade, trazendo avanços significativos para o setor de transportes no contexto de um futuro sustentável.

5.4 Rodovias com carregamento por indução

A mobilidade elétrica representa uma mudança paradigmática no transporte, com promessas de maior eficiência energética e sustentabilidade ambiental. Um dos desafios mais discutidos na popularização dos veículos elétricos é a necessidade de um sistema de recarga eficiente, prático e rápido (CADAVEZ, 2023). Dentro desse contexto, uma solução inovadora e futurista envolve o uso de indução eletromagnética para carregar as baterias de carros elétricos, semelhante ao que já ocorre com smartphones modernos.

5.5 Conceito de Carregamento por Indução Eletromagnética

Carregamento por indução eletromagnética é uma tecnologia que permite a transferência de energia elétrica sem o uso de cabos ou contato físico direto, utilizando campos magnéticos. Esse princípio já é amplamente utilizado em dispositivos

eletrônicos como smartphones, onde o carregamento ocorre simplesmente por proximidade com uma base. Aplicar essa tecnologia ao carregamento de veículos elétricos envolve a instalação de sistemas de indução no asfalto das rodovias, criando “pistas de carregamento” que mantêm as baterias dos veículos energizadas enquanto eles trafegam (AGUIAR, 2013).

5.6 Funcionamento do Sistema de Carregamento por Indução nas Rodovias

O sistema seria composto por bobinas embutidas no asfalto que gerariam campos magnéticos oscilantes. Ao passar sobre essas bobinas, veículos elétricos equipados com receptores apropriados converteriam a energia do campo magnético em eletricidade, carregando suas baterias durante o deslocamento, exemplificado na Figura 6. A transferência de energia ocorreria de forma contínua e sem a necessidade de interrupções na viagem, garantindo autonomia estendida sem a necessidade de paradas frequentes para recarga (GANZENMULLER, 2020). Um modelo desta tecnologia está sendo implementada e testada na rodovia E20, na Suécia, que prevê a eletrificação total da rodovia até o ano de 2025 (OLHAR DIGITAL, 2023).

Figura 6: Carregamento de carro elétrico por indução eletromagnética



Fonte: < <https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/rua-que-carrega-carros-eletricos-enquanto-trafegam-e-inaugurada-nos-eua>>. Acesso em: 29 out. 2024.

5.7 Diferenças Entre Carros a Combustão e Carros Elétricos

Carros a combustão interna dependem de uma fonte de energia física — como gasolina, etanol ou diesel — para funcionar. Para que o combustível chegue ao motor, é necessário um sistema físico complexo que inclui tubulações, bombas e tanques de armazenamento. Além disso, a produção e distribuição desse combustível envolvem

toda uma infraestrutura logística e industrial, que vai desde a extração e refino do petróleo até a distribuição nos postos de combustíveis (BEZERRA, 2021).

Por outro lado, a eletricidade, que é a fonte de energia dos carros elétricos, não precisa de um meio físico para ser transmitida. Com o avanço das tecnologias de indução, a energia pode ser transmitida através de campos magnéticos, sem necessidade de fios ou contato físico. Esse conceito permite que a recarga de veículos ocorra de forma "invisível", transformando o próprio ato de dirigir em um processo contínuo de abastecimento (BEZERRA, 2021).

5.8 Vantagens do Carregamento por Indução nas Rodovias

a) Autonomia Virtualmente Ilimitada: Com o sistema de indução eletromagnética instalado nas rodovias, a necessidade de paradas para recarga seria eliminada. Os carros elétricos seriam constantemente abastecidos enquanto dirigem, garantindo autonomia praticamente ilimitada para longas viagens (SIMIONESCU et al, 2024).

b) Praticidade e Conveniência: O carregamento por indução elimina a necessidade de conectar fisicamente o carro a uma estação de recarga. Isso não só economiza tempo, mas também torna o processo de recarga mais simples e seguro, sem a necessidade de manuseio de cabos e plugues (ZHOU, 2021).

c) Eficiência Energética: Embora o carregamento por indução apresente algumas perdas de energia, essas perdas podem ser minimizadas com o avanço tecnológico. Além disso, a instalação de sistemas de indução nas principais rodovias poderia ser alimentada por fontes de energia renovável, como solar e eólica, tornando o processo ainda mais sustentável (KUNATSA et al., 2024).

d) Integração com Infraestruturas Existentes: Sistemas de carregamento por indução poderiam ser integrados à infraestrutura rodoviária existente, especialmente em estradas de alta densidade e vias expressas. Isso possibilitaria uma transição suave e gradual, permitindo que tanto veículos elétricos quanto convencionais coexistam enquanto a tecnologia se populariza. Em todo o percurso da rodovia, seriam instalados sistemas fotovoltaicos e eólicos, que forneceria a eletricidade para este fim, sem a utilização do Sistema Interligado Nacional (ALI, 2019).

e) Redução da Ansiedade de Autonomia: Um dos maiores obstáculos para a adoção em massa de veículos elétricos é a chamada "ansiedade de autonomia" — o receio de ficar sem carga no meio de uma viagem. Com o carregamento contínuo por indução, essa preocupação é eliminada, proporcionando mais confiança aos usuários e incentivando a adoção de veículos elétricos (GONÇALVES, 2020).

5.9 Desafios e Considerações

Apesar das inúmeras vantagens, o sistema de carregamento por indução em rodovias também apresenta desafios. Um dos principais é o custo inicial de instalação das bobinas e receptores nas estradas. Além disso, a eficiência do sistema depende da densidade do tráfego e da adoção em larga escala pelos veículos elétricos. No entanto, à medida que a tecnologia avança e os custos diminuem, é plausível que sistemas desse tipo se tornem parte integrante das infraestruturas rodoviárias no futuro.

O carregamento por indução eletromagnética em rodovias representa um avanço significativo no conceito de mobilidade elétrica. Ao eliminar a necessidade de sistemas físicos para transferência de energia, essa tecnologia explora todo o potencial da eletricidade como uma fonte de energia limpa e eficiente (NUNES et al., 2024). Com a eletrificação dos transportes sendo um pilar essencial para um futuro sustentável, a adoção de soluções como essa não só melhora a experiência dos usuários, mas também acelera a transição para um sistema de transporte mais ecológico e independente dos combustíveis fósseis. A aplicação desse modelo em larga escala poderia redefinir a forma como pensamos sobre energia e mobilidade, levando-nos a um futuro em que a autonomia dos veículos elétricos é garantida por vias que literalmente fornecem energia durante o trajeto.

6. Considerações finais

O estudo apresentado reforça a viabilidade e a importância de casas e pequenas empresas autossuficientes para a transição energética e a descentralização do fornecimento de energia elétrica. A pesquisa abordou questões críticas como a redução da dependência do Sistema Interligado Nacional (SIN), o papel dos sistemas de corrente contínua (CC) e o futuro promissor das baterias, sendo a tecnologia necessária para evitar um possível cenário de limitações de geração de energia.

Casas e empresas autossuficientes demonstram ser soluções eficazes para enfrentar os desafios climáticos e energéticos do século XXI. A adoção de tecnologias renováveis, principalmente painéis solares, devido à fácil aquisição e instalação para a grande parte da população, e aliada a sistemas de armazenamento e gerenciamento de energia, permite não apenas atender às demandas locais, mas também redistribuir o excedente para micro-redes ou sistemas compartilhados. Esse modelo reduz a

carga sobre o SIN e promove a resiliência energética em casos de falhas ou apagões, surgindo como um pilar essencial. Por meio de sua eficiência intrínseca e menor perda de energia em comparação à corrente alternada, a CC viabiliza a conexão de dispositivos e fontes de energia em uma rede local, aumentando a eficiência geral. Além disso, sistemas interligados de CC são ideais para aplicações modernas, como casas inteligentes e veículos elétricos, permitindo uma integração harmoniosa entre produção, consumo e armazenamento de energia.

Far-se-á necessário a discussão frente às empresas que fazem a transmissão e a distribuição de energia de corrente alternada, diante do cenário de compartilhamento de energia em corrente contínua. Em casos de falhas, alta demanda ou baixa produção no sistema compartilhado de corrente contínua, as concessionárias precisam manter os sistemas atuais de distribuição e de corrente alternada em prontidão para o uso. A forma como serão ressarcidas pelo serviço precisa ser discutida entre governo, empresas e população, visando o bem-estar comum.

Outro aspecto crucial abordado no trabalho é o avanço das baterias, que se tornam protagonistas no cenário energético atual. Baterias modernas, de alta densidade e maior durabilidade, são essenciais para mitigar os desafios da intermitência das fontes renováveis, porém, o avanço em suas composições, tornando-as mais leves, compactas, utilizando matérias que degradam menos o meio ambiente e alta durabilidade, são pontos importantíssimos para os próximos anos, não apenas armazenando energia para uso posterior, mas também transformam a maneira como gerenciamos o consumo, permitindo maior independência e previsibilidade no uso da eletricidade.

O futuro da eletricidade aponta para um cenário em que a descentralização e o armazenamento eficiente serão normas. Tecnologias como micro-redes, condomínios verdes e modelos colaborativos de geração e compartilhamento de energia, mencionados ao longo da pesquisa, são soluções práticas e escaláveis para integrar os benefícios das casas autossuficientes a comunidades inteiras.

Por fim, este trabalho deixa evidente que a transição energética não é apenas uma necessidade ambiental, mas também uma oportunidade econômica e social. A viabilidade econômica demonstrada pelos estudos de caso confirma que a implementação de sistemas fotovoltaicos, oferecem retornos financeiros atrativos em curto prazo, e que tendem a ficarem mais acessíveis. A popularização dessas

tecnologias estimula a geração de empregos, reduz as desigualdades no acesso à energia e contribui para a preservação ambiental.

A autossuficiência energética representa um passo firme em direção a um futuro mais sustentável, justo e resiliente. Investir em sistemas eficientes, políticas públicas e inovação tecnológica será fundamental para consolidar um modelo energético em que casas e empresas sejam não apenas consumidoras, mas também protagonistas da geração de energia limpa e acessível.

Referências

AGUIAR, João Filipe Vieira. Transferência de Energia sem fios para carregamento de baterias. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho (Portugal).

ALI, Fahad et al. Infrastructure of south Korean electric power system and potential barriers for the implementation of smart grid: a review. In: 2019 International Conference on Innovative Computing (ICIC). IEEE, 2019. p. 1-7.

AZEVEDO, Rui Emanuel Flores Ramos da Costa. Modelos de negócios nas empresas de serviços solares: barreiras e oportunidades. Tese de Doutorado – Instituto Superior De Contabilidade e Administração Do Porto, Portugal, 2022. Acesso em: 15 de novembro de 2024.

BEZERRA, Ana Cleide Nascimento; CAVALCANTI, Enilson Palmeira. Energia estática sobre o norte e Nordeste do Brasil relacionada com a temperatura da superfície do mar. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 23, p. 239-263, 2008.

BEZERRA, Leonardo Barroso. Carros Elétricos: Princípios, Tendências e Efeitos da Popularização no Brasil. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas, Rio Grande do Norte, 2021. Acesso em: 14 de outubro de 2024.

BIMBA, Nuno Miguel Martins. Comunidades de Energia Renovável Proposta de um Algoritmo de Gestão para Trocas de Energia. Tese de Doutorado – Universidade Beira Interior, Portugal, 2023. Acesso em: 15 de outubro de 2024

BORGES, A. C. P., SILVA, M. S., ALVES, C. T., & TORRES, E. A. (2017). Energias renováveis: uma contextualização da biomassa como fonte de energia. REDE-Revista Eletrônica do Prodema, 10(2).

BUSNARDO, Natália Giovanini; PAULINO, Jéssica Frontino; AFONSO, Julio Carlos. Recuperação de cobalto e de lítio de baterias íon-lítio usadas. Química Nova, v. 30, p. 995-1000, 2007.

CADAVEZ, Diogo Vasconcelos do Carmo. Aplicação móvel para procura de locais de carregamento de carros elétricos com reconhecimento de voz. Tese de Doutorado – Instituto Superior de Engenharia De Lisboa, Portugal, 2023. Acesso em: 28 de setembro de 2024.

CAETANO, Eduardo Ferreira da Silva. Fonte própria como recursos financeiros adicionais fato ou ilusão? Uma análise das arrecadações próprias de quatro universidades federais. 2023. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Acesso em: 28 de setembro de 2024.

CAMPITELLI, Eduardo M. et al. Sistema inteligente para alocação, especificação, coordenação e seletividade da proteção em redes aéreas de distribuição de energia elétrica. SENDI-XVII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, p. 1-11, 2006.

CARVALHO, João Luis Nunes et al. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 34, p. 277-290, 2010.

CAVACO, Luis Eliseu. Definição de reservatórios geológicos para armazenamento de energia em ar comprimido e sinergias com produção de energia. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade de Evora (Portugal). Acesso em: 28 de setembro de 2024.

CORRÊA, Alexandre Palhano. Industrialização, demanda energética e indústria de petróleo e gás na China. China em Transformação. dimensões econômicas e geopolíticas do desenvolvimento, p. 189-236, 2015.

CRUZ, Igor Souza. Dimensionamento de um sistema híbrido eólico-fotovoltaico com armazenamento em baterias e/ou hidrogênio para bombeamento de água. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Ceará, 2023. Acesso em: 28 de setembro de 2024.

DANTAS, Felipe Barros et al. Um método para instalação ótima de microrredes para minimizar as perdas de energia em sistemas de distribuição. Dissertação (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2024. Acesso em: 28 de setembro de 2024.

DOS SANTOS, Lana Macina; BLANCO, Bruno Baptista. Custo e benefício de painéis fotovoltaicos em residências no rio de janeiro. Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula, v. 5, n. 1, p. 89-102, 2022.

FERNANDES, Marco Alexandre dos Santos. Sistema de armazenamento de energia térmica com módulo de adsorção. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra, Portugal, 2017. Acesso em: 28 de setembro de 2024.

FREITAS, Ana Thalita da Silva Reis; TEIXEIRA, Wesley Carminati. Smart Grid: Melhoria Na Gestão e Eficiência Energética da Rede Elétrica. Caderno de Estudos em Engenharia Elétrica, v. 5, n. 1, 2023.

GANZENMÜLLER, William Hertz. Conversor de energia para estação de carregamento de veículos elétricos puros por meio de transmissão de energia elétrica sem fio. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista, São João da Boa Vista, São Paulo, 2020. Acesso em: 28 de setembro de 2024.

GIANNETTI, Biagio F.; ALMEIDA, Cecília MVB. Ecologia industrial: conceitos, ferramentas e aplicações. Editora Blucher, 2006.

GOMES, Augusto Felix. Internet of energy: "uma gestão inteligente, eficiente e sustentável do sistema elétrico de potência via internet". Dissertação (Trabalho de

Conclusão de Curso em Engenharia de Energias) - Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Ceará, 2023. Acesso em: 01 de agosto de 2024.

GONÇALVES, Nuno Miguel Borges. Motivações e barreiras à compra de viaturas elétricas em Portugal. 2020. Dissertação de Mestrado. Instituto Politecnico de Leiria (Portugal). Acesso em: 28 de setembro de 2024.

GIMENES, Cínthia Martins; BENAGES, Giovanni Nicolace de Campos Bueno. Desafios e caminhos à sustentabilidade energética: o paradigma energético atual e os desafios do acesso universal e sustentável. RIGHT, p. 35, 2021.

JACOBSON, M. Z., & DELUCCHI, M. A. (2011). Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources

KUNATSA, Tawanda; MYBURGH, Herman C.; DE FREITAS, Allan. A Review on State-of-Charge Estimation Methods, Energy Storage Technologies and State-of-the-Art Simulators: Recent Developments and Challenges. World Electric Vehicle Journal, v. 15, n. 9, p. 381, 2024.

LEMOES, Eliardo Vinicius Bezerra et al. Estudo de caso de projeto de instalação de painéis fotovoltaicos. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2022. Acesso em: 01 de agosto de 2024.

MARTINS, Marco Antônio dos Santos. Um novo capítulo da “Guerra das Correntes”. Análise: conjuntura nacional e Coronavírus. FCE/UFRGS. Porto Alegre. 28 jul. 2020.

MENDES, Emilia Davi. Políticas de transição energética justa em nível subnacional: uma análise crítico-propositiva a partir do plano de transição energética justa do estado do Ceará. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Direito) - Universidade Federal do Ceará, 2024. Acesso em: 01 de novembro de 2024.

MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA, 2024 < <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/cop-29-mme-lanca-pacto-global-para-transicao-energetica-justa-e-inclusiva> >. Acesso em: 17 nov. 2024

NOVAK, Matheus Vercka et al. Análise de modelos matemáticos de temperatura de módulos fotovoltaicos e avaliação energética a partir de dados da casa solar eficiente. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Energia) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Acesso em: 02 de agosto de 2024.

NUNES, Matheus Simões. O Brasil no Acordo de Paris sobre Mudanças Climáticas um estudo sobre o cumprimento das metas de redução de emissões no setor de energia. Editora Licuri, p. 1-47, 2022.

NUNES, Reginaldo Barbosa; CÔ, Marcio Almeida. Mobilidade Elétrica no Espírito Santo: Um Projeto de Vanguarda. 2024.

NUNES, Ticiana Gabrielle Amaral et al. Financiamentos chineses de projetos de energias renováveis na América Latina: uma análise à luz dos desafios das mudanças climáticas. 2023.

OLHAR DIGITAL, 2023 < <https://olhardigital.com.br/2023/05/15/carros-e-tecnologia/suecia-tera-a-primeira-rodovia-que-carrega-evs-do-mundo/> >. Acesso em: 20 set. 2024

OLIVEIRA, Alice Eduarda Menezes de. Geração distribuída no Rio Grande do Norte: impacto presente, projeções futuras e implicações financeiras e energéticas. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Acesso em: 02 de novembro de 2024.

QUATRO RODAS, 2024 < <https://quatorrodas.abril.com.br/carros-eletricos/aa-vantagens-de-trocar-baterias-de-carros-eletricos-em-vez-da-recarregar> >. Acesso em: 01 set. 2024

SANTAELLA, Lucia et al. Desvelando a Internet das coisas. Revista GEMInIS, v. 4, n. 2, p. 19-32, 2013.

SILVA, Evelyn Tânia Carniatto et al. A Transição Energética de Baixo Carbono nas Cidades para Mobilidade Urbana Sustentável: Estratégias tecno energéticas no setor de transporte. International Journal of Environmental Resilience Research and Science, v. 5, n. 2. 2023.

SILVA, Luzilene Souza, ASSUNÇÃO, Ronaldo Furtado de, SOBRINHO, Demetrius Clemente da Rocha, FREITAS, Ericka da Silva, & ASSUNÇÃO, Welton Raiol de Assunção. (2019). Avaliação de Custo-Benefício da Utilização de Energia Fotovoltaica. RCT – Revista de Ciência e Tecnologia do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (UFPA), Belém, Pará. Acesso em: 28 de setembro de 2024.

SIMIONESCU, Mihaela; STRIELKOWSKI, Wadim. The Role of the Internet of Things in Enhancing Sustainable Urban Energy Systems: A Review of Lessons Learned from the COVID-19 Pandemic. Journal of Urban Technology, p. 1-30, 2024.

SOUZA, Deividson Sá Fernandes de. Smart cities e gestão de resíduos eletroeletrônicos: desafios e oportunidades. 2024. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Acesso em: 28 de setembro de 2024.

TODESCHINI, Fábio Mateus. Análise do carregamento elétrico veicular pelo sistema fotovoltaico off-grid. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Agrícola) – Universidade de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, 2024. Acesso em 15 de outubro de 2024.

VASCONCELOS, Miqueias Guimarães. Transmissão De Potência Em Corrente Continua. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica) – Universidade Metropolitana de Educação e Cultura, Lauro de Freitas, Bahia, 2017. Acesso em 15 de outubro de 2024.

VILAR, Rafaella de Araujo Aires et al. Análises numéricas e observacionais de geração hidrelétrica na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Dissertação (Tese de

Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2024. Acesso em: 30 de outubro de 2024.

WEIGMANN, P. R. Metodologia para eficiência energética, otimização do consumo e combate ao desperdício de energia através da inserção da cultura empreendedora e fontes de inovação tecnológica. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2004. Acesso em: 30 de outubro de 2024.

ZHOU, Bochao et al. Solar self-powered wireless charging pavement—A review on photovoltaic pavement and wireless charging for electric vehicles. *Sustainable Energy & Fuels*, v. 5, n. 20, p. 5139-5159, 2021.