



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus Experimental de Rosana

Cezar Vinicius Zanatto Silva

**Projeto de implantação de uma micro rede com carregador veicular e cobertura
para veículos com painéis fotovoltaicos no câmpus da Unesp de Rosana**

Rosana - SP
2023

Cezar Vinicius Zanatto Silva

Projeto de implantação de uma micro rede com carregador veicular e cobertura para veículos com painéis fotovoltaicos no câmpus da Unesp de Rosana

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenadoria de Curso de Engenharia de Energia da Faculdade de Engenharia e Ciências – Rosana, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia de Energia.

Orientador(a): Prof. Dr. Jose Francisco Resende da Silva

Rosana - SP
2023

S586p	Silva, Cezar Vinicius Zanatto Projeto de implantação de uma micro rede com carregador veicular e cobertura para veículos com painéis fotovoltaicos no campus da Unesp de Rosana / Cezar Vinicius Zanatto Silva. – Rosana, 2023 59 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Energia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana Orientador: Jose Francisco Resende da Silva Coorientador: Leonardo Henrique Faria Macedo Possagnolo 1. Geração Distribuída Fotovoltaica. 2. Micro redes. 3. Sistema Elétrico. 4. Carregamento Veicular. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus Experimental de Rosana

CEZAR VINICIUS ZANATTO SILVA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“**GRADUADO EM ENGENHARIA DE ENERGIA**”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

Prof. Dr. Leandro Ferreira Pinto
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. JOSE FRANCISCO RESENDE DA SILVA
Orientador/UNESP-Rosana

Prof. Dr. KLEBER ROCHA DE OLIVEIRA
UNESP-Rosana

Prof. Dr. LEONARDO HENRIQUE FARIA MACEDO POSSAGNOLO
UNESP-Rosana

Rosana
Junho 2023

dedico este trabalho, de modo
especial a minha esposa, família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por me dar forças para finalizar o curso de Engenharia de Energia na UNESP, pois foram muitos momentos complicados no decorrer de toda essa vida acadêmica

Aos meus pais, Antônio Cezar da Silva e Delair Vanilde Zanatto Silva, que me apoiaram incondicionalmente, e sempre me apoiaram por todo processo de formação, sendo base para que eu pudesse realizar todos os objetivos. Agradecer também a minha irmã Hellen Zanatto Silva, que sempre esteve ao meu lado me apoiando em todos os momentos. A minha amada esposa, que me aturou em momentos onde pensei em desistir e suportou minhas chatices durante o curso, os períodos de prova e me apoiou e se sacrificou por nós para que pudéssemos superar todas as dificuldades encontradas durante a jornada.

De forma especial agradecer ao grupo projeto 0 DP que, se não fossem pela ajuda de todos os participantes se ajudando mutuamente durante os períodos mais críticos do curso.

Ao professor/orientador José Francisco Resende da Silva, que além de orientador tornou-se um amigo de quem tenho muita admiração por toda ajuda e pela dedicação para ministrar aulas e os projetos extracurriculares desenvolvidos sempre buscando inovação e trazendo tecnologia para o nosso campus.

A todos os funcionários e professores do campus que participaram mesmo que indiretamente em todos os momentos durante a minha vida acadêmica no campus de Rosana, um muito obrigado e um grande abraço em cada um de vocês!

Por último e não menos importante agradeço ao Engenheiro Pedro Sergio Pimenta, e a toda Equipe da Engpontal Engenharia e Comércio Ltda, que nos últimos 4 anos tive a honra de compor o quadro de funcionários, inicialmente como estagiário, e nos últimos 2 anos como projetista de instalações elétricas, muito obrigado por todos os ensinamentos, pelos conselhos e por todo suporte dado durante esse período.

RESUMO

O presente trabalho tem como tema energia solar fotovoltaica. O objetivo é o projeto de implantação de uma micro rede para totens de carregamento veicular utilizando painéis fotovoltaicos como cobertura para veículos no estacionamento do câmpus da Unesp Rosana-SP, abordando a importância do uso sustentável da energia elétrica, a importância das micro redes (smart grids) no sistema elétrico, os principais aspectos para implementação de Redes Elétricas Inteligentes (REI). Apresenta-se uma visão ampla das fontes renováveis de energia e sobre sistemas de armazenamento de energia elétrica e gerenciamento de energia elétrica. Serão avaliados os pré-requisitos referentes a viabilização do projeto, elaboração seguindo todas as normativas, execução seguindo todos os procedimentos de segurança e resultados obtidos com o sistema de geração.

PALAVRAS-CHAVE: Geração Distribuída Fotovoltaica. Micro redes. On grid. Sistema Elétrico.

ABSTRACT

The present work has as its theme photovoltaic solar energy. The objective is the project to implement a micro grid for vehicular charging totems, using photovoltaic panels as a cover for vehicles in the parking lot of the Unesp Rosana-SP campus, addressing the importance of sustainable use of electricity, the importance of micro grids (smart grids) in the electrical system, main aspects for the implementation of Intelligent Electric Grids (REI). A broad view of renewable energy sources, on electrical energy storage systems, and electrical energy management is presented. The prerequisites regarding the feasibility of the project will be evaluated, elaboration following all regulations, execution following all safety procedures, and results obtained with the generation system.

KEYWORDS: Distributed generation. photovoltaic. Electrical system. Micro grids. On grid.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Carregador Veicular Residencial.....	32
Figura 2 – Carregamento Semirrápido	33
Figura 3 – Carregamento Rápido	34
Figura 4 – Esboço Carro Híbrido	36
Figura 5 – Esboço Carro Elétrico a Bateria	38
Figura 6 – Conector GB/T	41
Figura 7 – Conector SAE J1772 Tipo 1	41
Figura 8 – Pinagem do Plugue SAE J1772	42
Figura 9 – Conector CCS Tipo 2	42
Figura 10 – Conector Chademo	43
Figura 11 – Localização do Campus da Unesp Rosana	47
Figura 12 – Irradiação Solar Anual no Município de Rosana-SP	48
Figura 13 – Kit Híbrido Proposto	50
Figura 14 – Carregador Veicular Growatt Thor	51
Figura 15 – Bateria de Lítio Energy Source	52
Figura 16 – Estrutura CARPOT para Paineis Fotovoltaicos	52
Figura 17 – Dimensionamento Banco de Baterias	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Comparativo Tipos de Recarga por Condução	35
Tabela 02 – Valores dos Carros Elétricos e Híbridos no Brasil em 2021	39
Tabela 03 – Vantagens e Desvantagens da Energia Fotovoltaica	46
Tabela 04 – Características dos Painéis Fotovoltaicos	49

SUMÁRIO

Introdução	13
2 Objetivos.....	14
3 Referencial Teórico	15
3.1 As Redes Elétricas Inteligentes a Luta Contra a Mudança Climática	15
3.1.1 Energia e Desenvolvimento Sustentável	16
3.1.2 Acesso Universal à Eletricidade.....	17
3.1.3 As Redes Elétricas.....	18
3.1.4 Matriz Energética e Mudanças Climáticas	19
3.1.5 Iniciativas para implementar e implantar Redes Elétricas Inteligentes.....	21
3.1.6 O Smart Grid	23
4 As Fontes Renováveis de Energia e os Sistemas de Armazenamento de Energia.....	24
4.1 Principais Questões na Exploração de Energias Renováveis	25
4.1.1 Sistemas de Armazenamento	25
4.1.2 O sistema Micro Grid.....	27
4.1.3 Gerenciamento de Energia	29
4.1.4 Estações de Carregamento	30
4.1.5 Tipos de Carregamento para Veículos Elétricos	31
4.1.6 Veículos Elétricos	34
5 Veículo Elétrico Híbrido (VEH)	35
5.1 Veículo Elétrico a Bateria (VEB).....	36
5.1.1 Previsão de Aumento de Veículos Elétricos.....	37
5.1.2 O mercado brasileiro	39
6 Tipos de Conectores de Recarga de Veículos Elétricos	39
6.1.1 Conector GB/T	39
6.1.2 Conector SAE J1772 Tipo 1.....	40
6.1.3 CCS TIPO 2	41
6.1.4 CHADEMO.....	42
7 Normas e Regulamentações	42
7.1.1 NBRs da ABNT	43
7.1.2 Resoluções Normativas da ANEEL.....	44
8 Energia Fotovoltaica	44
9 Materiais e Métodos	46
9.1 Local do Projeto.....	46
9.1.1 Metodologia.....	47

9.1.2 Materiais.....	48
9.1.2.1 Kit Gerador	48
9.1.2.2 Carregador Veicular	49
9.1.2.3 Banco de Baterias	50
9.1.2.4 Estrutura CARPORT	51
9.2 Dimensionamento	52
9.2.1 Cálculo de geração painel fotovoltaico	53
9.2.3 Dados Técnicos.....	54
9.2.4 Dados técnicos de instalação.....	54
9.2.5 Valores Totais	54
10 Conclusão	55
11 Referências	57

1 Introdução

A energia solar é uma fonte de energia renovável e sustentável, utiliza a energia solar como fonte de energia e pode ser utilizada através de diversas tecnologias, como aquecimento solar e energia solar fotovoltaica (AGUIAR, 2020).

A energia solar é equivalente à energia fotovoltaica, que usa como fonte de energia a luz do sol para gerar energia elétrica. Com a absorção dos raios solares, ocorre a geração da corrente elétrica, porém de forma que não serviria para utilizar nos equipamentos elétricos habitualmente existentes. Para utilização em residências, comércios, indústrias, etc., se faz necessário a utilização do inversor solar fotovoltaico, este converte a energia gerada nos módulos, em energia elétrica “utilizável” (FRANCISCO *et al*, 2019).

No caso do presente trabalho, será abordado como objetivo principal projetar um sistema de geração de energia solar fotovoltaica do tipo on-grid (conectado à rede). De forma que venha a atender o cliente que estará adquirindo o sistema de geração, em questões ambientais, pois se trata de uma geração de energia limpa, como também na questão financeira, por se tratar de sistema de geração proveniente de recursos renováveis, que neste caso é a luz solar (MOTTA *et al*, 2021).

Deste modo, apesar deste trabalho ter como foco principal a elaboração do projeto e o acompanhamento dos resultados obtidos com seu funcionamento, o trabalho pontuará alguns passos, procedimentos, equipamentos, normas, entre outros pontos nos quais são necessários para a elaboração, execução, instalação e acompanhamento de um sistema de geração solar fotovoltaica (DOS SANTOS; DA FONSECA; COSTA FILHO; NICHIOKA, 2019).

A seleção do tema é proveniente do interesse sobre o assunto de energias renováveis, na qual terá como segmento principal a solar fotovoltaica. Serão avaliados os pré-requisitos referentes a viabilização do projeto, elaboração seguindo todas as normativas, execução seguindo todos os procedimentos de segurança e resultados obtidos com o sistema de geração.

O Objetivo deste trabalho é projetar uma central geradora, seguindo todas as normas, buscando atender a carga dos postos de carregamento veicular para veículos elétricos, para que possa favorecer a comunidade e exemplificar o funcionamento e que possam juntar a teoria a prática de funcionamento de uma micro rede e a funcionamento de uma micro usina solar fotovoltaica, avaliar viabilidade técnica,

projetar sistemas de geração solar fotovoltaica.

2 Objetivos

O objetivo do presente trabalho é analisar e projetar a instalação de uma micro rede para carregamento veicular utilizando painéis fotovoltaicos como fonte de energia e banco de baterias para armazenamento da energia gerada através dos painéis fotovoltaicos.

O estudo busca investigar a viabilidade técnica e econômica desta solução, considerando aspectos como a eficiência energética, capacidade de carga, estação de carregamento veicular e armazenamento de energia. Visando fornecer diretrizes e recomendações para a implementação eficiente e sustentável de uma micro rede de carregamento veicular com cobertura de painéis fotovoltaicos e banco de armazenamento de energia, integrada a uma micro rede.

3 Referencial Teórico

O setor de energia é uma das partes essenciais e vitais da economia, é um fornecedor da maioria dos demais setores, por isso é muito importante que essa área se adapte às tendências do mercado para aumentar a competitividade dos países (BEZERRA et al, 2018).

É um setor com grande potencial para aplicação e desenvolvimento de muitas das tecnologias apresentadas. O impacto nas receitas é benéfico (BEZERRA et al, 2018). Primeiro, as principais tecnologias nessa área seriam big data, IoT e computação em nuvem, além da segurança cibernética que sempre acompanha este último. É um setor com grandes volumes de dados e uma grande diversidade de processos mecanizados.

A aplicação de big data juntamente com as diferentes tecnologias como IoT e aprendizado de máquina podem fornecer grande desempenho e capacidade para qualquer empresa do setor. Os avanços nos algoritmos de aprendizado profundo agora permitem que os dados sejam analisados instantaneamente e pode-se detectar padrões e anomalias no conjunto (DE LIMA, 2019).

Um bom sistema de integração de todas essas tecnologias é uma das chaves do setor 4.0 e é a integração de toda a cadeia de valor de uma empresa. Outras tecnologias, como impressão 3D ou robótica colaborativas têm menos peso nesse setor, embora seu uso seja possível.

3.1 As Redes Elétricas Inteligentes a Luta Contra a Mudança Climática

Todas as discussões atuais sobre o crescimento da geração de energia decorrem do fato de a natureza oferecer um número limitado de recursos para satisfazer as demandas das atividades e necessidades humanas. Hoje, esse conflito se torna não apenas de uma esfera econômica, mas de uma esfera social, onde o que é questionado não é apenas a maneira particular pela qual o crescimento econômico ou energético ocorre, mas também a maneira como isso é alcançado (MOURA et al, 2019).

Dada essa visão geral, deve-se ter em mente que cada país enfrenta uma ampla variedade de problemas específicos no crescimento do consumo de energia, devido a situação econômica, políticas de energia, demandas de energia,

disponibilidade de fontes primárias, localização geográfica e outras. Assim, é possível fazer um balanço de toda a remuneração que essas atividades produzirão no ambiente e no bem-estar em geral (CARDOSO et al, 2018).

Embora seja verdade que os recursos naturais podem tornar-se escassos com relação às expectativas de uso, essas expectativas podem mudar com o tempo e dependem amplamente das tecnologias usadas para explorar, extrair e produzir um determinado recurso energético, como é o caso do óleo ou gás. No entanto, a escassez física de um recurso natural é frequentemente compensada pela capacidade da sociedade de reduzir essa escassez, desenvolvendo novas fontes de produção do mesmo serviço, além de aumentar a eficiência no uso dos recursos ou o desenvolvimento de fontes alternativas de energia (SILVA,2018).

Se essa discussão for analisada do ponto de vista da geração de energia elétrica, percebe-se que os combustíveis fósseis têm sido um dos recursos energéticos mais utilizados na produção de eletricidade. As grandes usinas termelétricas começaram a ser muito importantes com a revolução industrial e foram mantidas por mais de 100 anos, tornando-se uma das melhores maneiras de fornecer energia aos centros de carga. No entanto, com a chegada de usinas térmicas, também houve problemas associados à poluição ambiental. Como consequência, as expectativas em relação a essa fonte de energia mudaram, assim como a percepção das mudanças climáticas e a poluição. Nesse sentido, a sociedade reagiu impulsionando as energias renováveis nas últimas décadas e propondo novos paradigmas que ajudam a melhorar a eficiência e o uso das redes de eletricidade atuais (NAZARÉ et al, 2018).

3.1.1 Energia e Desenvolvimento Sustentável

Atualmente no ponto de vista mundial, depende-se quase inteiramente de energia para cobrir a maioria das necessidades da sociedade, desde a geração de eletricidade, passando pelo transporte até a geração de calor. Aproximadamente 75% do vetor de energia usado para esse fim é composto de fontes não renováveis (carvão, petróleo e gás) e 25% é composto de outros tipos de energia, como energia nuclear com 6%, hidrelétrica com 7% e restantes 13% que abrangem todas as outras fontes de energia, incluindo energia renovável (SILVA,2018).

Quando se fala de energia e desenvolvimento, encontra-se um panorama em que a desigualdade existente entre os países ricos e os pobres é claramente apreciada, onde a distribuição do consumo de energia desempenha um papel fundamental como indicador dessa tarefa.

Dessa forma, e como esperado, pode-se afirmar que existe uma correlação quase linear entre o grau de desenvolvimento econômico e o consumo de energia por habitante. Isso ocorre porque o desenvolvimento econômico de um país está diretamente relacionado às suas capacidades produtivas, nos setores primário (agricultura, pecuária, pesca e mineração), secundário (indústrias) e terciário (serviços). Neste último caso, o transporte desempenha um papel determinante, pois permite o comércio entre diversas comunidades humanas, bem como a mobilidade nas cidades e entre países. Obviamente, isso requer alto consumo de energia e, infelizmente, os combustíveis fósseis ainda dominam esse campo.

3.1.2 Acesso Universal à Eletricidade

A energia elétrica é um eixo fundamental para qualquer país desenvolvido ou em desenvolvimento. Todos eles exigem acesso seguro a diferentes tipos de fontes de energia para alimentar cada uma das áreas que impulsionam a economia do país, bem como para atender às necessidades básicas de seus habitantes. No entanto, as aspirações entre países desenvolvidos e em desenvolvimento variam significativamente.

Enquanto os países desenvolvidos se concentram na incorporação de fontes renováveis de energia, segurança e eficiência energética, os países em desenvolvimento estão focados em melhorar sua infraestrutura envelhecida, reduzindo suas altas perdas em transmissão e distribuição.

Nesse sentido, em muitos países em desenvolvimento o acesso à eletricidade não é garantido para todos. As soluções para mitigar esse problema passam pela combinação de tecnologias na rede, mini redes e soluções fora da rede ou no modo ilha. Não existe uma combinação única para resolver os problemas de acesso à energia em cada país, uma vez que cada um deles tem acesso a um tipo específico de recursos energéticos e a padrões bem diferenciados de comportamento climático.

O acesso à eletricidade para todos exigirá um aumento na geração global de 2,5% (cerca de 840 TWh), exigindo um acréscimo de aproximadamente 220 GW. Desse total, espera-se que 45% sejam alcançados através da expansão da

capacidade das usinas nacionais, 36% por mini redes e 20% por soluções isoladas de rede. Note-se que destes 45%, 60% serão dados por combustíveis fósseis, com o carvão contribuindo mais, 24% por energia renovável (solar, eólica e hídrica), os 23% restantes são compostos por energia nuclear e outras energias renováveis. No caso de mini redes e redes isoladas, espera-se que 93% sejam fornecidas por energia renovável (solar, eólica, biomassa e pequena hidrelétrica) e apenas 7% a diesel (NAZARÉ,2018).

3.1.3 As Redes Elétricas

O sistema elétrico global tem mais de 100 anos. Nos chamados países em desenvolvimento, como Brasil, a eletrificação começou relativamente mais tarde do que nos países desenvolvidos. No país, por exemplo, a eletrificação começou quando Dom Pedro II criou a primeira usina termelétrica (156 kW) focado na iluminação pública em 1883. Logo depois, em 1889, o primeiro andar foi aberto; a Hidrelétrica de 250 kW.

No Brasil, entre 1930 e 1960, 80% das concessões para produzir eletricidade foram de empresas estrangeiras. Durante esse período, os constantes apagões, restrições e falhas do sistema elétrico refletiram o declínio desse modelo de energia dominado por grandes empresas estrangeiras e algumas poucas pequenas empresas nacionais, foi um ano crucial na corrida para eletrificar o Brasil. Por outro lado, nessa época o governo criou a espinha dorsal da geração brasileira com a criação de 20 usinas hidrelétricas. A criação do Ministério de Minas e Energia (MME) e Eletrobrás; depois foi fundado também o Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL), que hoje é um dos maiores centros de pesquisa da América do Sul.

No entanto, durante os anos 80, a falta de investimento público e má gestão estimularam novas ideias sobre como gerenciar o sistema elétrico. Até 1995, o sistema elétrico era caracterizado por 99% de propriedade estatal, onde não havia concorrência entre geradores e não houve escolha entre distribuidores. Após 1995, surgiu um novo quadro regulamentar para liberalizar o mercado de eletricidade. Nesse novo cenário, fundou-se a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para regular o novo mercado de Energia brasileira (DO AMARAL AIRES, 2017).

O país, apesar de constituir uma das maiores fontes de energias renováveis, ainda se utiliza de queima de combustíveis fósseis. As desvantagens encontradas têm a ver com o modelo atual que governa o fluxo de energia. Ou seja, o modelo

centralizado no qual a energia flui apenas em uma direção; isso, somado às dificuldades de armazenamento de energia em grandes quantidades, requer regulação contínua entre geração e consumo, dificultando a operação. Além do mencionado, existem outras séries de problemas e necessidades que vêm se acumulando nos últimos anos, como (DO AMARAL AIRES, 2017):

- a) A idade da infraestrutura.
- b) Necessidade de integrar energia renovável e carro elétrico.
- c) Custos exorbitantes na construção de novas usinas de geração.
- d) O preço variável (ascendente) do combustível usado nas usinas de geração.
- e) O custo extra, causado pelos picos de demanda, o que força a ativação de usinas especiais para suprir esses pontos de energia.
- f) O impacto ambiental das usinas de combustíveis fósseis, com suas correspondentes implicações na emissão de gases de efeito estufa.
- g) Pouco conhecimento por parte do usuário sobre o que ele consome, bem como o custo da energia em todos os momentos do dia.

Tudo isso está causando um novo conceito de rede elétrica, as Redes Elétricas Inteligentes (REI). Estas surgem como uma possível solução para o problema mencionado. Essa nova tendência envolve uma perspectiva renovada sobre como gerar, transmitir, distribuir e gerenciar redes de eletricidade, o que não só ajudará a reduzir a demanda e o custo de energia, mas também melhorará a eficiência, qualidade, segurança e confiabilidade do sistema. Para isso, a REI utiliza as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) como método para transformar redes elétricas tradicionais; também introduzir fontes de energia renovável, de natureza imprevisível, como uma possível solução para substituir os combustíveis fósseis.

3.1.4 Matriz Energética e Mudanças Climáticas

O país tem aumentado o uso de biocombustíveis em 18% e 45% usam de energia renovável não hidrelétrica, como energia solar e eólica, contribuindo

juntamente com uma porcentagem entre 28 e 33% na matriz energética. O país também planeja aumentar sua eficiência energética em 10% (DE LIMA et al, 2019).

Atualmente, o Brasil é o país que mais gera eletricidade nas Américas, perdendo somente em posição para os Estados Unidos e Canadá. Comparado com outros países, o setor elétrico é um dos mais limpos e um de seus principais desafios é manter essa posição, dada a crescente demanda por eletricidade. Essa demanda é devido ao rápido crescimento econômico, na média 3,22% do seu PIB nos últimos cinco anos (2010-2015) e a tendência é que continue crescendo.

A energia hidrelétrica é a principal fonte, representada com 61,44%, energia eólica com 5,44%, biomassa com 8,86% e energia solar com 0,014%. Por outro lado, a energia não renovável contribui com 8,30% de gás natural, 6,75% de petróleo e 2,41% de carvão. É fácil perceber que o mercado de energia elétrica é fortemente liderado por hidrelétricas e precisa de diversificação urgente de suas fontes de energia. Uma das principais razões tem a ver com as secas severas que assolaram o país durante 2001 e 2015 (DE LIMA et al, 2019).

Como consequência, durante esse período a geração por combustíveis fósseis aumentou para garantir a demanda de energia. Para enfrentar a crescente demanda e diversificar a matriz energética, o Plano Nacional de Expansão Elétrica (PNE)(2011-2021) foi publicado em 2011, onde, neste documento se buscou aumentar significativamente as fontes de energia renováveis não hidráulicas.

A energia eólica parece ser a mais adequada para implantar no país e é projetado um crescimento médio de 14,8%. Na verdade, em 2014, o Brasil ficou em quarto lugar no ranking mundial de energia eólica; é esperado atingir 24 GW em 2024. Espera-se aumentar a geração através de gás natural (11 GW) e energia nuclear (1,4 GW) no período mencionado (SANCHES et al, 2019).

Portanto, em contraste com os Estados Unidos (EUA) e na União Europeia (UE), o setor elétrico é fortemente dominado por energia renovável e o principal desafio é poder diversificar sua matriz de energia de maneira sustentável para enfrentar a crescente demanda por eletricidade que enfrenta o país. Isso adiciona um grau de complexidade aos objetivos de combater as mudanças climáticas de curto prazo, como visto acima, com as secas, onde a resposta imediata sempre foi produzir energia através de fontes de energia não renováveis. Um objetivo de longo prazo para o desenvolvimento da sustentabilidade desse setor exige motivações muito mais fortes, e o país ainda carece de suporte.

No entanto, o desenvolvimento de Redes Elétricas Inteligentes (REI) poderia ajudar a coordenar e integrar o desenvolvimento de fontes alternativas, interconectando a geração de eletricidade através de diferentes fontes de energia em todo o país de maneira eficiente e confiável. Por exemplo, podem-se reduzir perdas. Os sistemas de distribuição e transmissão atingem perdas de 26% do total de sua produção elétrica. Juntamente com os roubos de energia, essas perdas podem atingir 50% de sua produção (DE LIMA et al, 2019).

REI podem ajudar a resolver esses problemas, por exemplo, usando medidores inteligentes, o que pode reduzir o roubo de eletricidade em até 20%. No entanto, o país enfrenta enormes desafios, como falta de investimento, insuficiência nas infraestruturas financeiras e inadequadas para a implementação desta rede.

3.1.5 Iniciativas para implementar e implantar Redes Elétricas Inteligentes

O Brasil é um país de dimensões continentais com matriz energética predominantemente renovável e um sistema de transmissão altamente interconectado. É atualmente considerado um dos maiores mercados na América Latina e um dos maiores mercados emergentes do mundo para REI, seguido de Colômbia e Índia. Seu crescente grau de desenvolvimento, bem como a demanda de energia e suas altas perdas nos sistemas de transmissão e distribuição estão comprometendo sua segurança energética em longo prazo. As Redes Elétricas Inteligentes emergiram neste país como a principal resposta aos problemas anteriormente mencionados.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é a única instituição governamental encarregada de regular políticas e diretrizes para o uso e exploração de serviços elétricos. Assim, esse organismo está procurando maneiras de aumentar as REIs desde 2008. Por exemplo, em 2010, a ANEEL liderou o primeiro plano estratégico chamado “Programa Brasileiro de REI”, que consistiu em uma resposta pública para a preparação de projetos voltados para a Rede Elétricas Inteligentes (DO AMARAL AIRES et al, 2017).

Dessa forma, também na esfera regulatória, muitas iniciativas governamentais para integrar e gerenciar projetos de maneira eficiente modernizaram a rede elétrica deste país. Um exemplo disso são as leis entre 2009 e 2012: uso do sistema de distribuição e transmissão para transporte, sinais digitais e analógicos, como a

Internet, a implementação obrigatória de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) para o sistema de distribuição, as diretrizes para o acoplamento de mini e micro usinas à rede de distribuição ou as diretrizes para o uso de medidores inteligentes de baixo nível de tensão (DO AMARAL AIRES et al, 2017).

As Redes Elétricas Inteligentes estão sendo implementadas principalmente através de medidores inteligentes, que estão em sua primeira fase de implantação e, portanto, com baixa penetração no país. Em 2014, esperava-se alcançar apenas 7,5% de incorporação e, para 2030, espera-se atingir 75,3%. Até o momento, os principais desafios relacionados às REI são: o tamanho da matriz de energia, áreas remotas da Amazônia e áreas rurais, conexões ilegais, roubos e regulamentação de energia (DO AMARAL AIRES et al, 2017).

Com relação aos projetos-piloto, como resultado do Programa REI, aprovou-se em 2013 o “Plano Inova Energia”, que tenta estender o REI em todos o país. Esse plano-ação surgiu com a colaboração do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), contribuindo com um total de R\$ 4.921.812.725,03 de 2013 a 2016, focado em empresas e instituições (ANEEL,2013). As áreas temáticas são as seguintes: REI e Ultra Alta tensão, geração de energia a partir de fontes alternativas, veículos híbridos e eficiência energética (TRAPP, 2015).

As principais leis e resoluções relacionadas à ANEEL são (MOURA, 2019):

1. **A Lei nº 9.991** de 24/07/2000, determina questões relacionadas aos investimentos em pesquisa e desenvolvimento na eficiência energética por parte de concessionárias, permissionárias e empresas autorizadas do setor de energia elétrica e estabelece outras medidas.
2. **A Lei nº 11.465** de 28/03/2007, adapta a Lei nº 9.991, estendendo a obrigação para 31 de dezembro de 2010 para concessionárias, permissionárias e empresas autorizadas da energia elétrica setor investir, no mínimo, 0,50% de sua receita operacional líquida em atividades destinadas a reduzindo perdas de energia.
3. A Resolução ANEEL nº **30012** de 02/2008 estabelece critérios para aplicação de recursos dentro Programas de eficiência energética.

4. A Lei nº 12.212 de 20 / 01/2010 determina a Tarifa Social de energia elétrica.

3.1.6 O Smart Grid

A REI é um conceito relativamente novo que foi configurado ao longo do tempo. Em geral, é um conceito que engloba pequenas peculiaridades, dependendo da perspectiva de cada país, das políticas e órgãos reguladores, das tecnologias utilizadas, entre outras variáveis.

Como visto nas seções anteriores, tanto nos países desenvolvidos quanto nos em desenvolvimento a rede elétrica tradicional está evoluindo para uma rede moderna e digital, chamada *Smart Grid*. Essa nova rede fornecerá uma série de infraestruturas de medição avançada residencial, industrial, gerenciamento de pico de carga, interrupção e qualidade de energia (SANCHES et al, 2019).

Seus benefícios ajudarão a criar um ambiente mais eficiente, seguro, dinâmico e sustentável. A incorporação de tecnologia inteligente permitirá um sistema de controle mais adequado de um centro de controle principal e seus diferentes periféricos, que é um dos pontos principais de sua operação. Dessa forma, pode-se afirmar que a maneira de abordar essa mudança é o ponto de vista centralizado de um monopólio regulamentado, que não altera a natureza fundamental deste negócio.

No entanto, foi reconhecido que o progresso das tecnologias de TI pode eventualmente revolucionar toda a natureza do setor elétrico. A REI está criando um ecossistema complexo e dinâmico, onde a convergência das Tecnologia da Informação e Comunicação (TICs) está levando a uma progressão natural para a Internet da Energia.

A Internet energética pode ser definida como “uma infraestrutura de rede baseada em padrões de comunicação interoperáveis e transceptores, *gateways* e protocolos que permitem um equilíbrio em tempo real entre a geração local e global e a capacidade de armazenamento para atender à demanda de energia (SILVA, 2018).

Neste novo paradigma integrará sistemas de energia juntamente com diferentes modelos de negócios, isso levará a uma transformação do sistema elétrico e dos serviços oferecidos atualmente. Nesse sentido, há uma crescente preocupação sobre como esse paradigma mudará as regras do jogo em relação as políticas energéticas de geração, consumo e infraestrutura de energia.

Como discutido anteriormente, as necessidades de energia da sociedade não devem ser baseadas em combustíveis fósseis, mas em fontes de energia renováveis. Muito provavelmente, em breve, a rede elétrica será caracterizada por um alto número de pequenas e médias fontes de energia distribuídas.

Além disso, no caso de falha ou desastres naturais, certas áreas podem ser isoladas da rede e ser alimentada por fontes internas de energia, como painéis de energia fotovoltaica, eólica, fontes de armazenamento de energia, entre outros (BEZERRA et al, 2018).

No país a internet pode ser uma realidade a longo prazo. De fato, os projetos-piloto dos REIs começaram apenas alguns anos atrás. Além disso, a atualização do sistema do setor elétrico apresenta um grande desafio, principalmente pela falta de tecnologia nacional e pela alta dependência do investimento estrangeiro e do número de problemas básicos que ainda é presente.

4 As Fontes Renováveis de Energia e os Sistemas de Armazenamento de Energia

Liderada pelo Brasil, a América Latina deve desenvolver 46 GW do total de energia eólica instalada em capacidade até 2025, com uma taxa de crescimento anual composta de 12,6% das instalações anuais. O tamanho do mercado brasileiro, que deverá representar 69% da capacidade total instalada de energia eólica na América Latina em 2025, o que posiciona o país como um líder na região e um centro de suprimentos relevantes.

Um centro de desenvolvimento fotovoltaico foi estabelecido de modo a promover pesquisas e aplicações fotovoltaicas. O setor ainda aguarda mais investimentos públicos para impulsionar a pesquisa e investimentos privados para a energia fotovoltaica desenvolvido em escala industrial.

A geotérmica possui muito poucos poços explorados, sabendo que apenas 1.840 GWh foram produzidos em 2005 em aplicações geotérmicas. O porto de Pecém, no Ceará, a 60 quilômetros de Fortaleza, será o primeiro ponto da Costa brasileira para abrigar uma planta piloto para gerar eletricidade a partir das ondas do mar. Quando concluído, em escala comercial, será capaz de gerar 500 quilowatts (kW), suficiente para atender às necessidades de consumo de 200 famílias (Ibidem, 2015).

O Brasil possui apenas 2 reatores nucleares chamados Angra 1 e Angra 2, que totalizam 1900 MW de capacidade instalada, fornecendo 2% da eletricidade total em 2007. Outro reator está agora sob construção com capacidade nominal de 1270 MW

(Ibidem, 2015).

4.1 Principais Questões na Exploração de Energias Renováveis

O gás natural está sendo cada vez mais utilizado no Brasil devido ao baixo preço por kWh e o fato de ser menos poluente do que outras energias convencionais de combustíveis fósseis. De 2002 a 2008, o consumo dobrou, atingindo aproximadamente 820 bilhões de pés cúbicos (DELGADO, 2017).

Em 2008, o consumo foi muito superior à produção e o Brasil foi obrigado a importar quase metade do gás natural necessário da Argentina e Bolívia. Em 2010, no entanto, uma enorme reserva de gás natural foi descoberta na bacia do Parnaíba, no norte do Brasil. Estima-se que a fonte contenha 15 trilhões de pés cúbicos e, portanto, poderia fornecer amplamente ao Brasil (TAVARES, 2016), gás natural e reduzir a dependência de outros países da América do Sul.

Dois anos antes, a Petrobras anunciou a descoberta de um enorme campo de petróleo, que deveria conter entre cinco e oito bilhões de barris. Todas essas circunstâncias poderiam incentivar o Brasil a desenvolver suas energias fósseis mais do que as energias renováveis, como é sabido que as energias renováveis atualmente são mais caras que o petróleo e o gás natural. Além disso, o lobby do petróleo é muito forte, como em todos os países desenvolvidos. A Petrobras, representa uma enorme fonte de renda e pode influenciar significativamente decisões sobre questões energéticas.

Em 2001, o Brasil estava sob ameaças reais de apagões quando os reservatórios do país caíram para níveis perigosamente baixos após anos de seca. Quando os níveis de água nos reservatórios atrás das barragens hidrelétricas caíram, o país quase parou, tendo em mente que 85% da eletricidade total vem da energia hidrelétrica (FEARNSIDE, 2015).

Não é fácil armazenar energia elétrica, mas existem métodos para fazê-lo indiretamente.

4.1.1 Sistemas de Armazenamento

Os sistemas de armazenamento de energia (ESS, sigla em inglês), quando integrados num sistema elétrico, são unidades cuja utilização pode ser para

armazenar energia elétrica, denominados de carga, ou podem funcionar como gerador nos períodos em que estes estão a descarregar energia elétrica para a rede ou para outros dispositivos, como veículos elétricos (CARVALHO, 2013).

Atualmente, existem diversas tecnologias para o armazenamento de energia elétrica. Estas convertem durante o processo de carga a energia elétrica em algum outro tipo de energia, como: química, mecânica ou térmica. Assim, durante o processo de descarga, a energia armazenada volta a ser transformada em energia elétrica (BISSOLI et al. 2018)

O maior grupo de armazenamento de energia para aplicações estacionárias é o químico. Quando utilizado as tecnologias eletroquímicas de armazenamento - ou seja, baterias - esse sistema faz o uso de uma reação eletroquímica reversível, onde há a movimentação de cargas elétricas através de um eletrólito. Desse modo, permite a alternância entre a conversão de energia elétrica em energia química e vice-versa (BUENO e BRANDÃO, 2017).

Os sistemas de armazenamento químico, assim como os sistemas de geração fotovoltaica, possuem unidades básicas denominadas de células, as quais quando associadas, em série ou em paralelo, constituem as baterias. Estas, a partir das suas capacidades de recarga, podem ser classificadas de duas maneiras: primárias ou secundárias. As primárias, por não serem recarregáveis, têm seu tempo de vida útil reduzido e devem ser descartadas de modo apropriado quando houver o esgotamento de seus reagentes. Em contrapartida, as baterias secundárias podem ser recarregadas quando houver uma aplicação de energia elétrica em seus terminais. Portanto, as baterias secundárias podem ser utilizadas em diversas aplicações, as quais necessitem de uma vida útil mais prolongada e recarregamento constante, como os sistemas de geração de energia fotovoltaica com armazenamento de energia.

No mercado, o segmento de armazenamento de energia é caracterizado por ter diversos tipos de baterias disponíveis e aplicações variadas. Dentre os tipos de baterias utilizadas para esse estudo, destacam-se a íon-lítio (Li-íon) e a chumbo ácido (Pb-PbO₂). A primeira, consiste em uma bateria leve, compacta e com excelente poder de armazenamento, sua capacidade de carga elevada amplifica as possibilidades de aplicação, a qual é muito utilizada em veículos elétricos. Além disso, as baterias íon-lítio possuem autodescarga relativamente baixa e exigem baixa manutenção sendo custo de fabricação, em contrapartida, ligeiramente elevado se comparado com outras tecnologias. (FERRO e BARBI, 2018)

As baterias de chumbo-ácido, por sua vez, possuem grande aplicação em processos de armazenamento estacionários e como baterias automotivas. O uso extensivo dos acumuladores chumbo-ácido, seja em automóveis ou em outras aplicações é o mais expressivo devido às demandas tecnológicas e os baixos custos operacionais envolvidos. Ademais, torna-se eficiente por possuir baixa capacidade de auto descarregamento, necessita pouca manutenção e é capaz de prover taxas elevadas de descarga. Em contrapartida, possui baixa densidade de energia e permite um número limitado de ciclos.

4.1.2 O sistema micro grid

Uma micro rede é definida como um sistema de energia combinada de pequena escala para localizar a produção de eletricidade por meio de geradores distribuídos, recursos renováveis e cargas. Este sistema pode ser definido como parte de uma rede inteligente que pode ser interconectado a outros.

Segundo Silva *et al* (2020) por um lado, esse sistema inteligente possui várias funcionalidades que o distinguem de uma rede de distribuição:

- a) Estabilidade de tensão e frequência: o sistema inclui métodos para controlar a tensão e a frequência na micro rede, com base no controle de potência ativa e reativa. O sistema de armazenamento de bateria é incorporado ao sistema para contribuir para limitar ou controlar a transmissão de energia através da linha.
- b) Economia de custos e funcionalidades de gerenciamento de energia: o sistema pode lidar com energia para obter uma operação ideal, confiável e eficiente entre todas as partes interessadas (por exemplo: empresas de distribuição, clientes, governo). O aplicativo de armazenamento de bateria reduz o pico de demanda e, conseqüentemente, o faturamento e o investimento para o manuseio de pico de energia.
- c) Gerenciamento de flutuações em recursos renováveis: Com o uso de sistemas de armazenamento de energia de bateria, o sistema de micro redes pode resolver problemas como incerteza e intermitência ou recursos renováveis. Os sistemas de armazenamento de bateria melhoram a

resposta contra instabilidades de frequência e tensão de grandes flutuações de carga, usando estratégias ótimas de despacho.

Por outro lado, existe um grande potencial econômico para a geração distribuída descentralizada, pois permite que as empresas tenham controle, mesmo que cubram grandes áreas.

A combinação de recursos de energia renovável e ambiente imprevisível estão aumentando a complexidade e a incerteza nos sistemas de distribuição. Além disso, está desempenhando um papel vital devido à sua vantagem de despachar energia rapidamente quando há uma alta demanda em aplicações de alta e baixa potência, como residências e edifícios. Maximizar o benefício econômico é o principal desafio; portanto, vários fluxos de receita, o que significa o uso de várias funcionalidades.

Nos últimos anos, muitos esforços foram dedicados ao desenvolvimento de modelos matemáticos de bateria que podem fornecer informações sobre sua operação. Para garantir uma operação segura e eficiente, é necessário um modelo adequado para prever o comportamento da bateria em diferentes casos de operações, como carregar e descarregar. De acordo com vários artigos, existem dois métodos principais para modelar esse sistema: equivalente do circuito elétrico e abordagem matemática do estado de carga.

Uma alternativa comum para criar um modelo para bateria está empregando um circuito elétrico que permite a caracterização com o uso de resistores e capacitores. A estratégia é modelar cada célula e estendê-la progressivamente para obter configurações de pacotes. Dependendo do número de conexões e da arquitetura, a análise pode aumentar sua complexidade em relação aos requisitos de processamento de dados e identificação de parâmetros do sistema.

Já em um modelo padrão de bateria é apresentado com base no estado de carga. Este modelo é baseado em uma configuração simples em série que simplifica problemas de loop algébrico e é usado para quatro tipos de bateria, incluindo íons de lítio. Este modelo pode fornecer informações sobre a tensão atual da bateria, que é calculada considerando seu estado de carga. É importante indicar que a modelagem está considerando condições ideais de temperatura e efeitos insignificantes da fiação. Esse modelo de bateria específico fornece curvas não lineares para carregar e descarregar casos, o que o torna preciso compará-lo com o comportamento real.

4.1.3 Gerenciamento de Energia

Gerenciamento de energia da bateria, uma das tecnologias mais importantes que desempenha um papel central para melhorar a eficiência da rede, reduzir custos e aumentar a segurança. Este sistema de gerenciamento controla como o sistema de armazenamento será usado, oferecendo uma operação robusta. Além disso, esse esquema de controle é baseado em algoritmos que por finalidade possuem objetivos diferentes, como reduzir os picos de demanda de carga, reduzir o faturamento de eletricidade, aumentar a robustez da rede etc.

Este gerenciamento visa a transferência de carga e redução de preço. Uma estratégia de gerenciamento de energia é reduzir os picos de carga e reduzir o preço de faturamento. Este método proposto define os pontos de carga e descarga da bateria ao longo da curva aproximada de 24 horas. Essa forma é calculada com uma equação matemática e a carga demanda dados históricos. Além disso, esses pontos de carregamento devem considerar a capacidade da bateria, pois ela define quanta energia armazenada pode ser despachada para a rede. Nesse sentido, a estratégia de otimização é definir os períodos de carga / descarga o mais próximo dos valores extremos da demanda.

A principal vantagem dessa estratégia é o uso da equação matemática encontrada da carga, o que torna o cálculo dos pontos de carga e descarga mais eficiente e rápido. Uma solução para minimizar a conta de eletricidade no micro rede de um edifício, por exemplo, é reduzir o suprimento de energia da rede durante períodos de preços elevados. Essa solução é baseada em um modelo dinâmico que considera três casos:

O armazenamento da bateria está fornecendo energia; portanto, o fluxo de energia vai na carga para rede. A geração fotovoltaica é suficiente para fornecer energia à rede e às baterias, o armazenamento da bateria irá fornecer energia.

O algoritmo da solução considera três casos, porque os valores de eficiência da rede e preço da eletricidade mudam dependendo da fonte de energia. Portanto, é possível calcular os custos de energia durante toda a operação e avaliar os efeitos dos esquemas de controle no sistema de rede em termos de benefícios econômicos.

Para determinar os períodos de carga e descarga (programação), um esquema de otimização de enxame de partículas é implementado para processar as informações de fluxo de energia. Esse esquema é aplicado para prever os requisitos

de demanda de carga e geração de energia de geração fotovoltaica e tornar o processo de tomada de decisão mais preciso. Com essas informações de demanda, é possível definir uma operação ideal para minimizar o consumo de energia da rede durante períodos de preços altos, cobrando e descarregando o armazenamento da bateria com o controle do algoritmo.

4.1.4 Estações de Carregamento

Segundo a Resolução Normativa da ANEEL de 2018, as estações de recarga podem ser definidas como o conjunto de softwares e equipamentos utilizados para o fornecimento de corrente alternada ou contínua ao veículo elétrico, instalado em um ou mais locais, com funções especiais de controle e de comunicação localizados fora do veículo. Atualmente, com o avanço da tecnologia e das indústrias, surgiram diversos tipos de estações de carregamento para veículos elétricos, sendo que cada um conta com suas peculiaridades. Para isso, as empresas do setor buscam incessantemente atualizar os softwares e equipamentos para suprir as demandas provenientes do mercado, como, por exemplo, o aumento da velocidade de carregamento.

Uma rede de infraestruturas de carregamento pode ser constituída por postos de carga lenta ou rápida. A potência de carregamento de cada carregador deve ser determinada pela tecnologia utilizada. Nos dias atuais, os métodos de carregamento mais populares são os de corrente alternada (carga lenta), corrente contínua (carga rápida) e os de indução.

Os carregadores caracterizados por sua carga lenta, um dos focos desta pesquisa, são indicados para serem instalados em habitações ou nas instalações dos locais de trabalho, onde os veículos podem ficar longos períodos de tempo, em processo abastecimento elétrico. Este modo leva em torno de 2 a 8 horas para o abastecer o veículo por completo e possui sistemas de segurança para proteger a instalação elétrica. Ademais, é o mais indicado para a integração com fontes energéticas renováveis, tendo em vista que a energia proveniente destas fontes é, de certo modo, intermitente e precisa do uso de armazenamento de energia para propiciar carregamentos a qualquer momento.

4.1.5 Tipos de Carregamento para Veículos Elétricos

Segundo GARCIA OSORIO (2013), em 1991, o Electric Power Research Institute (EPRI), organização norte-americana que conduz projetos de pesquisa e desenvolvimento relacionados à geração, entrega e uso de eletricidade, reuniu-se com as partes interessadas, tais como: empresas automobilísticas e companhias de energia elétrica, a fim de estabelecer um consenso sobre métodos e requisitos de carga para carregamento dos carros elétricos. Assim, três níveis de carga foram definidos e registrados no Código Elétrico Nacional norte-americano.

Quanto as diferentes técnicas de conexão, pode-se dividi-las em dois grupos: as conexões condutivas e a conexão indutiva. A conexão indutiva não utiliza fios e sim um campo magnético sem contato direto; tal tecnologia ainda não é comercializada em grande escala por ter alguns empecilhos em sua execução. A conexão condutiva, muito mais corriqueira e popular, é estabelecida através da transferência de energia elétrica entre o Veículo Elétrico Plug-in e o carregador por meio de um fio; existem três diferentes métodos na conexão condutiva: níveis de carga 1, 2 e 3 como são comumente divididos (GARCIA OSORIO, 2013).

Carregamento Lento (Nível 1)

Conforme SIQUEIRA (2020), este modo de recarga de veículos elétricos utiliza sistema elétrico monofásico, o cabo de carregamento do veículo elétrico é conectado a uma caixa com uma tomada e é ideal para veículos elétricos de menor porte. A Figura 18 mostra um carregador típico residencial.

Figura 01 – Carregador Residencial WallBox



Fonte: Enertech

É usada uma tensão padrão de 120 V_{AC}, com corrente de 15A ou 20A e taxa de potência máxima de 3,44 kW, o que tem como consequência um aumento no tempo de carregamento da bateria – aproximadamente 8 a 10 horas para carregamento 100%. Geralmente, não é necessária a instalação de nenhum equipamento especial para este tipo de carregamento. (GARCIA OSORIO, 2013).

Carregamento Semirrápido (Nível 2)

O carregamento semirrápido ou nível de carga 2 é realizado em uma propriamente dita estação de recarga de veículos elétricos, onde o carro é conectado a um sistema de alimentação com todas as proteções necessárias aos carros e à rede elétrica. Para a instalação desse tipo de estação de carregamento é importante levar em consideração que alguns modelos de VEs só permitem carregamento monofásico, enquanto outros podem ser carregados em sistemas tanto monofásicos como trifásicos.

Figura 02 – Carregamento Semirrápido



Fonte: NeoCharge

Segundo GARCIA OSORIO (2013), este é o modo de carga mais apropriado a ser utilizado pelo usuário, e é baseado em uma tensão de 240 V_{AC} com tomada monofásica, corrente de 40 A e utiliza um equipamento especial de proteção elétrica proporcionando, maior segurança. Possui um tempo estimado de carregamento 4 a 5 horas.

Esse tipo de sistema de recarga é encontrado normalmente em espaços públicos, centros comerciais, shopping centers e estacionamentos. (CPFL ENERGIA, 2017).

Carregamento Rápido (Nível 3)

O nível de carga 3 é chamado também de modo de carga rápida. Este carregamento rápido tem sua instalação destinada para estações de serviço com aplicações comerciais e públicas, semelhante aos postos de combustíveis. (MONOGRAFIAS BRASIL ESCOLA, 2016).

Conforme SIQUEIRA (2020), tal nível de carga é um carregamento de alta potência, pelo meio do qual é fornecida energia suficiente ao veículo para que ele tenha 80% de sua bateria carregada em até meia hora. Por esse motivo, as estações para carregamento rápido são normalmente instaladas em pontos de parada rápida e autoestradas.

Figura 03 – Carregamento Rápido



Fonte: Garagem360

O sistema geralmente usa uma tensão de 480V_{AC} com circuito trifásico. Tal modo de carregamento rápido, devido ao alto nível de corrente, causa um aquecimento da bateria, reduzindo sua vida útil e eficiência. Assim sendo, é necessário cuidado de segurança com as baterias quando é utilizado este tipo de carregamento (GARCIA OSORIO, 2013).

Tabela 01 – Comparativo tipos de recarga por condução

Tipo de Carregamento	Tensão Nominal de Alimentação	Tempo Médio para Recarga	Principais Utilizações
Lento	120V c.a - Monofásico	8 horas	Residências e empresas
Semirrápido	240V c.a - Monofásico	4 horas	Espaços Públicos, Centros Comerciais e Estacionamentos
Rápido	480V c.a - Trifásico	30 minutos	Autoestradas, Rodovias e Postos de abastecimento

Fonte: O autor

4.1.6 Veículos Elétricos

Segundo CONAMA (1995), o modal rodoviário pode ser classificado em subcategorias, em função da massa, capacidade de transporte e utilização, sendo elas: veículo leve de passageiros, veículo leve comercial, veículo com características especiais para uso fora de estrada e veículo pesado. Dentre essas subcategorias, o transporte de passageiros, em especial por veículos leves, representa o meio de transporte majoritário no setor de transporte rodoviário. Estes, por predominantemente serem movidos à gasolina, consomem mais energia que todos os meios de transporte de mercadorias em conjunto, incluindo caminhões, trens e navios (EIA, 2019). Ressalta-se, então, a necessidade de implementar políticas públicas favoráveis para a transição de veículos movidos à combustão para veículos elétricos. Justificando-se por Baran (2012), em que mesmo com o crescimento acelerado da frota brasileira para as próximas décadas – levando a um aumento no consumo de combustíveis líquidos – tal problema pode ser mitigado com a utilização de eletricidade no transporte

individual de passageiros.

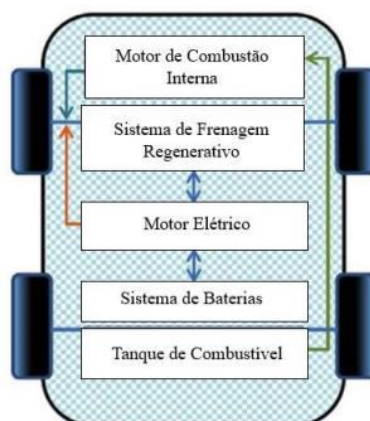
Veículos elétricos caracterizam-se por veículos que têm propulsão puramente elétrica e que são alimentados por baterias, as quais necessitam de uma fonte elétrica externa para seu carregamento, eliminando a prerrogativa de poluição atmosférica causada pelos veículos à combustão. Nesse sentido, um dos maiores benefícios da utilização de veículos híbridos – que exercem tração por uma bateria e/ou por um motor à combustão interna – e veículos elétricos é a redução ou ausência de emissão de gases poluentes de escapamento, e também a ausência de ruídos de motor (EPE, 2018). Sendo assim, nos centros urbanos, o aumento da eletro mobilidade trará, para a sociedade de modo geral, benefícios mútuos, como a redução de emissões de poluentes locais e redução dos níveis sonoros.

5 Veículo Elétrico Híbrido (VEH)

Os veículos híbridos possuem dois motores que utilizam energias diferentes (cada um com um tipo de energia), normalmente esses motores são movidos com energia elétrica e com energia por combustão (que pode ser gasolina, diesel ou etanol).

No VEH, os motores podem trabalhar de forma independente ou em conjunto. O motor elétrico funciona através da energia elétrica que fica armazenada em baterias elétricas, que utilizam a energia do motor a combustão interna e a energia dos freios (frenagem regenerativa) para se recarregarem. O seu carregamento não pode ser realizado através da rede elétrica (RAHMANI; LOUREIRO, 2019). Na Figura 2 é apresentado o esboço do esquema dos componentes de um VEH.

Figura 04 – Esboço de carro híbrido



Fonte: BINKOWSKI (2018)

A frenagem regenerativa transforma a energia cinética que seria dissipada na forma de calor pelas pastilhas de freio em eletricidade para realizar a recarga das baterias (RAHMANI; LOUREIRO, 2019).

Existem dois principais modelos de VEH, o VEH serial onde o sistema das rodas é acionado somente pelo motor elétrico e o VEH paralelo onde o sistema das rodas pode ser acionado pelo motor a combustão interna em paralelo com o motor elétrico. O conjunto de dois motores faz com que os veículos híbridos apresentem uma grande melhora na eficiência da utilização do combustível em comparação com veículos movidos somente a combustão. Devido ao menor consumo de combustível, os híbridos também poluem menos.

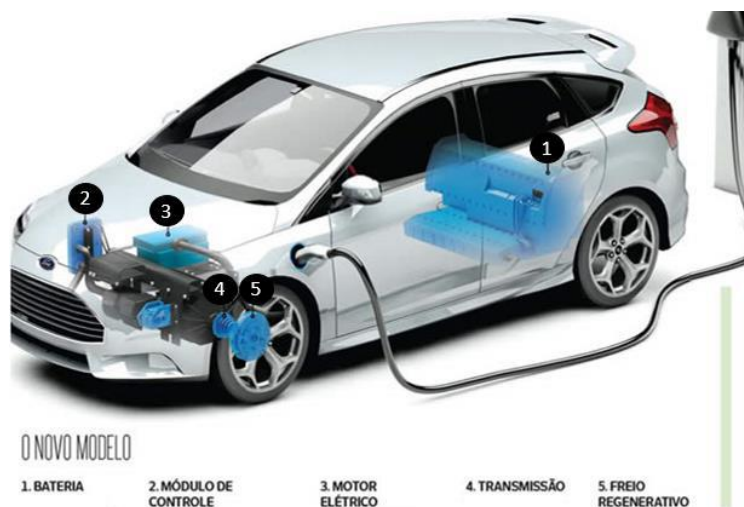
Suas principais vantagens são a economia ao abastecer, rapidez ao abastecer com combustível, mais silencioso e mais sustentável, porém suas desvantagens são o valor do carro e valor das peças para manutenção (principalmente a bateria).

Alguns modelos de carros híbridos no Brasil: Mercedes-Benz CLS AMG 53 4MATIC+, Nissan Kicks e-Power e Porsche Cayenne E-Hybrid.

5.1 Veículo Elétrico a Bateria (VEB)

O VEB, igual a todos os veículos elétricos, pode recarregar as baterias através dos freios, além da recarga por plug-in (CALÇADO, 2015). Segundo Larminie (2003), a bateria é recarregada por energia elétrica através de um plugue, que é conectado numa unidade de carregamento que pode ser tanto residencial, como pertencer a uma estação de recarga. O esboço do esquema de um VEB é mostrado na Figura 4.

Figura 05 - Esboço de carro elétrico à bateria



Fonte: <https://industria hoje.com.br/como-funciona-um-carro-eletrico>

Alguns modelos de carros elétricos à bateria no Brasil: Audi e-tron, BMW i3, JAC iEV20, Mercedes-Benz EQC e Porsche Taycan 4S.

5.1.1 Previsão de Aumento de Veículos Elétricos

O mercado de veículos elétricos no Brasil cresce a cada dia, apesar do crescimento ser bem menor que o crescimento de VEs no mundo, a quantidade de VEs aumentou consideravelmente de (estimativa) 60% de 2019 para 2020 (mesmo com a pandemia do Covid), chegando a 41.500 carros elétricos de frota total brasileira (ABVE, 2020).

A *Bloomberg New Energy Finance* (BNEF), faz projeções do aumento de números de veículos elétricos pelo mundo nos próximos anos e calcula que a frota mundial de veículos elétricos em 2030 alcance 116 milhões (MCKERRACHER et al., 2020). Já no Brasil, de acordo com o estudo do Boston Consulting Group, a projeção é de que a frota de veículos elétricos alcance 2 milhões de unidades até 2030 (MOURA, 2019). Para que o Brasil consiga crescer ainda mais nesse segmento, seria necessário a implantação de mais incentivos para a compra do VE. Atualmente, os valores dos VEs ainda são muito altos (conforme apresentado no Quadro 1), o que dificulta muito a aquisição de VEs pela população.

Tabela 2 - Valores de Carros Elétricos e Híbridos no Brasil em 2021			
Modelo	Híbrido ou Elétrico	Motor	Preço R\$
Toyota			
Toyota Prius	Híbrido	Potência combinada (Combustão+Elétrico)	R\$ 184.990,00
Corolla Altis Hybrid	Híbrido	Potência combinada (Combustão+Elétrico)	R\$ 146.390,00
Corolla Altis Hybrid Premium	Híbrido	Potência combinada (Combustão+Elétrico)	R\$ 154.390,00
RAV4 S Connect Hybrid	Híbrido	Potência combinada (Combustão+Elétrico)	R\$ 241.990,00
RAV4 SX Connect Hybrid	Híbrido	Potência combinada (Combustão+Elétrico)	R\$ 266.990,00
Toyota Corolla Cross	Híbrido	Potência combinada (Combustão+Elétrico)	R\$ 170.000,00
Fonte: Toyota, 2021			
PEUGEOT			
Peugeot e208	Elétrico	100% Elétrico	R\$ 160 - 200 mil
Fonte: Peugeot, 2021			
PORSCHE			
Panamera 4 E-Hybrid	Híbrido plug-in	Potência combinada (Combustão+Elétrico)	R\$ 549.000,00
Panamera 4 Turbo S E-Hybrid	Híbrido Plug-in	Potência combinada (Combustão+Elétrico)	R\$ 1.049.000,00
Taycan 4S	Elétrico	100% Elétrico	R\$ 589.000,00
Taycan Turbo	Elétrico	100% Elétrico	R\$ 979.000,00
Cayenne Coupé E-Hybrid	Híbrido plug-in	Potência combinada (Combustão+Elétrico)	R\$ 495.000,00
Fonte: Revista Quatro Rodas, 2021			
BMW			
BMW Série 3	Híbrido plug-in	Potência Combinada (Combustão+Elétrico)	R\$ 319.950,00
BMW Série 5	Híbrido plug-in	Potência Combinada (Combustão+Elétrico)	R\$ 384.950,00
BMW Série 7	Híbrido plug-in	Potência Combinada (Combustão+Elétrico)	R\$ 593.950,00
BMW X5	Híbrido plug-in	Potência Combinada (Combustão+Elétrico)	R\$ 519.950,00
BMW i8	Híbrido plug-in	Potência Combinada (Combustão+Elétrico)	R\$ 799.950,00
BMW i3	Elétrico	100% Elétrico	R\$ 274.950,00
Fonte: BMW, 2021			
AUDI			
Audi e-tron	Elétrico	100% Elétrico	R\$ 459.990,00
Audi A7 Sportback	Híbrido parcial	Potência Combinada (Combustão+Elétrico)	R\$ 547.990,00
Audi Q8	Híbrido parcial	Potência Combinada (Combustão+Elétrico)	R\$ 539.990,00
Audi RS Q8	Híbrido parcial	Potência Combinada (Combustão+Elétrico)	R\$ 981.990,00
Fonte: Audi, 2021			
CHEVROLET			
Bolt EV	Elétrico	100% Elétrico	R\$ 260.790,00
Fonte: Chevrolet, 2021			

Fonte: o autor

5.1.2 O mercado brasileiro

De acordo com a CPFL, atualmente no Brasil, os VEs são vendidos com um desses cinco tipos de plugues: GB/T, SAE J1772 Tipo 1, SAE IEC 62196 Tipo 2, CCS Tipo 2 e CHAdeMO. Esta grande variedade já causa transtornos, pois as estações de recarga instaladas em alguns pontos de estradas e locais específicos, como na Rodovia Presidente Dutra, não oferecem os cinco modelos de plugues existentes em nosso país, oferecem apenas três (SAE IEC 62196 Tipo 2, CCS Tipo 2 e CHAdeMO). Já os postos de recarga instalados em alguns shoppings, edifícios e supermercados só possuem o conector SAE IEC 62196 Tipo 2 (TAVARES, 2019).

6 Tipos de Conectores de Recarga de Veículos Elétricos

Até meados de 2020, foram catalogados oito padrões de conectores diferentes no mundo. São diferenciados principalmente por país e fabricante. Isso ocorre por não existir um conector padrão e cada fabricante optar por utilizar um plugue próprio para sua marca. Cada fabricante alega que o seu sistema é o mais eficiente ou adequado para o seu veículo, portanto unificar os plugues se torna cada dia mais difícil (TAVARES, 2019).

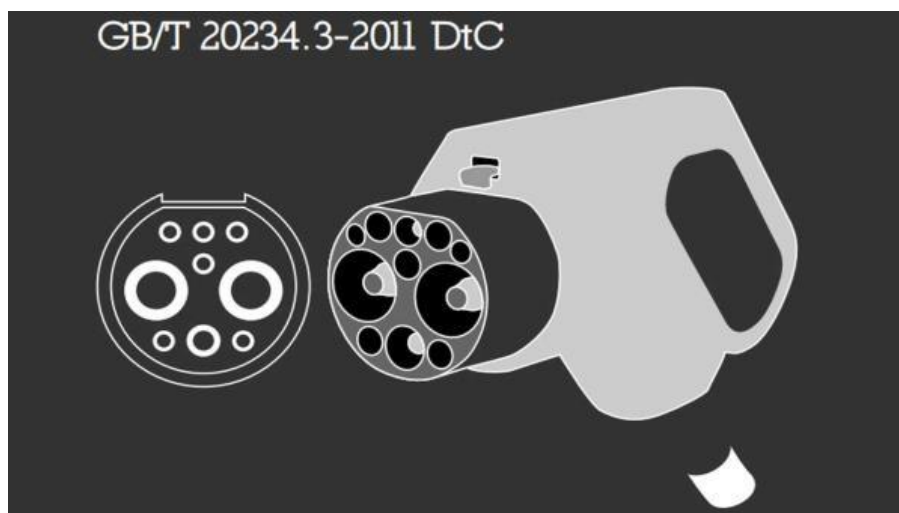
6.1.1 CONECTOR GB/T

O GB/T (Figura 8) foi estabelecido pelo governo chinês e é o conector da China. Portanto todos os veículos oriundos da China apresentam esse tipo de plugue (TAVARES, 2019). Alguns exemplos de veículos que utilizam esse conector são o Caoa Cherry Arrizo 5 e Jac iEV40. Atualmente no mercado, existem duas versões de plugue GB/T:

Corrente alternada de 32A e voltagem entre 220V e 440V. Fornecendo uma potência entre 3,52kW e 14,08kW (superior);

Corrente contínua de 250A e voltagem entre 400V e 750V. Fornecendo uma potência entre 50kW e 187,5kW (inferior).

Figura 06 - Conectores GB/T



Fonte: EVI, Inc., 2020

6.1.2 Conector SAE J1772 TIPO 1

O SAE J1772 Tipo 1 (Figura 9) foi o primeiro padrão de plugue utilizado pelas marcas norte-americanas, como por exemplo o Chevrolet Volt. Utiliza uma corrente alternada de 80A, sua voltagem está entre 120V e 240V (monofásica) e sua potência varia entre 0,96kW e 19,2kW. É uma das menores do mercado, maior apenas que o GB/T AC (TAVARES, 2019).

Figura 07 - Conector SAE J1772 Tipo 1

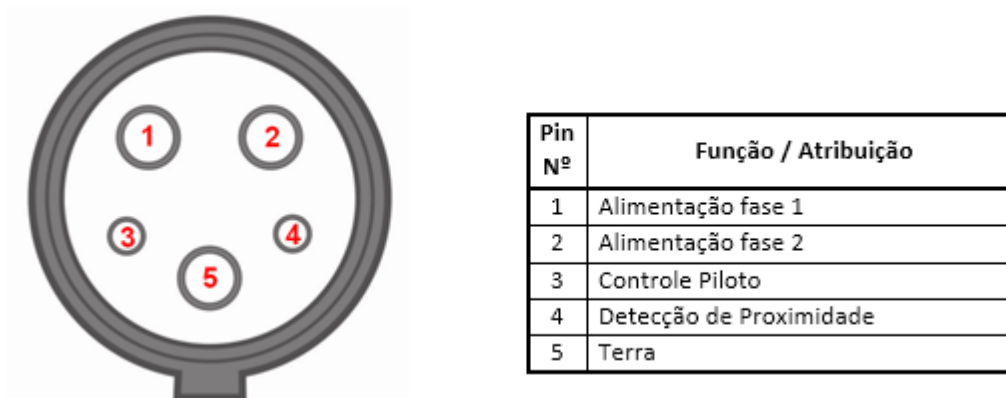


Fonte: CPFL, 2020

A norma americana (SAE J1772) especifica o diâmetro da circunferência do conector sendo 43mm, contendo 5 pinos com 3 diferentes bitolas. O plugue é projetado para resistir a 10.000 conexões e desconexões.

Segundo a Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), cada um dos cinco pinos tem uma propriedade (Figura 10):

Figura 08 - Pinagem do plugue SAE J1772



Fonte: CPFL, 2020

6.1.3 Conector CCS TIPO 2

O conector europeu EU DC CCS Combo 2 Tipo 2 (Figura 14) ou Mennekes, é a evolução do plugue SAE IEC 62196 Tipo 2. O princípio da evolução é o mesmo do ocorrido no tipo 1, são adicionados dois pontos de corrente contínua na parte inferior do conector SAE IEC 62196 Tipo 2. Desta forma ele é compatível com as tomadas Tipo 2 (TAVARES, 2019).

Figura 09 - Conector CCS Tipo2



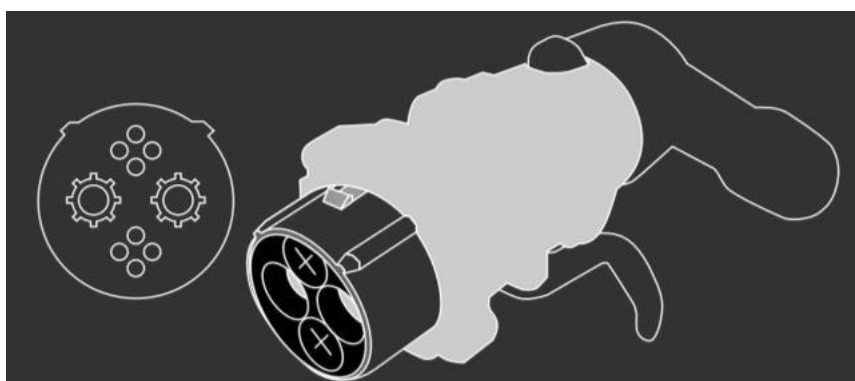
Fonte: CPFL, 2020

De acordo com a CPFL, é o plugue mais moderno do mercado, utiliza uma corrente contínua de 200A, voltagem entre 200V e 850V e potência máxima de 170kW. Esse é o padrão mais utilizado na Europa; portanto, todos os veículos híbridos plug-in e elétricos vindos da Europa para o Brasil empregam esse modelo de plugue.

6.1.4 Conector CHADEMO

Segundo a CPFL, o plugue padrão do Japão é o CHAdeMO Yazaki (Figura 15). Ele foi criado em 2010 por cinco montadoras japonesas (Honda, Nissan, Mitsubishi, Subaru e Toyota) com o intuito de que se tornasse o plugue de padrão mundial. Porém atualmente está restrito somente ao Japão.

Figura 10 - Conector CHAdeMO



Fonte: EVI, Inc., 2020

O CHAdeMO (o nome é a abreviação de *Charge de Move* – recarregue para o movimento) utiliza uma corrente contínua entre 100A e 200A, voltagem de 500V e potência máxima de 60kW (TAVARES, 2019). Esse conector aqui no Brasil é encontrado somente no Nissan Leaf. Ele existe em diversos postos de recarga mais antigos pelo Brasil (normalmente está adjacente aos plugues CCS Tipo 2 e Tipo 2), porém alguns veículos japoneses possuem uma segunda tomada de outro padrão, como no caso do Nissan Leaf que vem com um segundo conector do Tipo 1 para o Brasil.

7 Normas e Regulamentações

Atualmente no Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT),

responde pelas Normas Brasileiras (NBRs), que são formadas pelos seus Comitês Brasileiros (ABNT/CB), Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE) (ABNT, 2020). Já a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), surgiu para regular o setor elétrico brasileiro e é responsável pelas resoluções normativas (RNs) do setor (ANEEL, 2018).

7.1.1 NBRs DA ABNT

Quando falamos sobre Veículos Elétricos (VEs), a ABNT traduziu as normas da Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC). Algumas delas são:

- ABNT NBR IEC 61439-7:2020 - Conjuntos de manobra e comando de baixa tensão. Parte 7: Conjuntos para instalações públicas específicas, como marinas, acampamentos, locais de eventos e estações de recarga para veículos elétricos;
- ABNT NBR IEC 61851-1:2013 - Sistema de recarga condutiva para VEs. Parte 1: Requisitos gerais;
- ABNT NBR IEC 61851-21:2013 - Sistema de recarga condutiva para VEs. Parte 21: Requisitos de VEs para a conexão condutiva a uma alimentação em corrente alternada ou contínua;
- ABNT NBR IEC 61851-22:2013 - Sistema de recarga condutiva para VEs. Parte 22: Estação de recarga em corrente alternada para veículos elétricos;
- ABNT NBR IEC 61851-23:2020 - Sistema de recarga condutiva para veículos elétricos. Parte 23: Estação de recarga em corrente contínua para veículos elétricos;
- ABNT NBR IEC 62196-1:2013 - Plugues, tomadas, tomadas móveis para VE e Plugues fixos de VEs — Recarga condutiva para VEs. Parte 1: Requisitos gerais;
- ABNT NBR IEC 62196-2:2013 - Plugues, tomadas, tomadas móveis para VE e plugues fixos de VE — Recarga condutiva para VE Parte 2: Requisitos dimensionais de compatibilidade e de intercambialidade para os acessórios em C.A. com pinos e contatos tubulares;
- ABNT NBR IEC 62660-1:2014 - Células de lítio-íon secundárias

para propulsão de VEs rodoviários. Parte 1: Ensaio de desempenho;

- ABNT NBR IEC 62660-2:2015 - Células de lítio-íon secundárias para propulsão de VEs rodoviários. Parte 2: Ensaio de confiabilidade e abuso;
- ABNT ISO/TR 8713:2015 - Veículos rodoviários propelidos a eletricidade – Vocabulário.

7.1.2 Resoluções Normativas da ANEEL.

Contamos com duas resoluções normativas relativas à instalação de estações de recarga sendo elas:

- RN 1000/2021 – Direitos e deveres do consumidor de energia elétrica; (REVOGOU A 414/2010)
- RN 819/2018 – Estabelece os procedimentos e as condições para realização de atividades de recarga de veículos elétricos.

8 Energia Fotovoltaica

A energia solar é uma energia que se enquadra na categoria de energias renováveis, porque é considerada inesgotável, pelo menos em escala humana. É a chamada energia verde porque sua produção não emite; diretamente, nem CO₂. E para captar e converter essa energia solar, existem diversas tecnologias. A energia solar fotovoltaica é uma delas. A ideia: converter diretamente a energia transportada pelos fótons que compõem a luz em eletricidade (SILVA; DO CARMO, 2017).

O efeito fotovoltaico foi descoberto em 1839, pelo físico Alexandre Edmond, mas foi só no início do século XX que Albert Einstein conseguiu explicar o fenômeno. O elemento básico da energia solar fotovoltaica é a célula fotovoltaica: exposta à luz, ela absorve a energia dos fótons de luz, de uma parte deles. Estes põem em movimento os elétrons que são capturados por um campo elétrico interno. Os elétrons coletados na superfície da célula geram uma corrente elétrica direta (MOTTA *et al*, 2021).

Uma célula fotovoltaica é constituída de materiais semicondutores. Silício,

essencialmente, nos dias de hoje. Mais especificamente, existem dois tipos de semicondutores: um com excesso de elétrons e outro com déficit de elétrons. Assim, uma das camadas da célula solar fotovoltaica de silício conterá, por exemplo, átomos de fósforo com um elétron a mais que silício; e a outra, átomos de boro com um elétron a menos (SILVA; SOUZA, 2017).

[...]O Brasil foi o primeiro país subdesenvolvido a fabricar células fotovoltaicas. Por estar localizado próximo à Linha do Equador, uma região de alta incidência solar, o país conta com um cenário extremamente favorável para a geração energética a partir da energia solar. Além disso, é abundante em silício, matéria-prima usada para fabricação das células fotovoltaicas. Atualmente, o Brasil possui cerca de 30 mil geradores de energia fotovoltaica. De acordo com a Abrava (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Aquecimento), existem no país cerca de 500 mil coletores solares residenciais. A previsão é de que Brasil fechará o ano de 2018 com uma capacidade instalada de energia solar próxima aos 2,5 gigawatts, eficiência cerca de 115% maior em relação ao ano anterior (SOUSA, 2020, p.2).

Quando as duas camadas são colocadas em contato, os elétrons próximos à junção tendem a se difundir da camada em que estão em excesso para a outra. Tudo isso cria um campo elétrico interno essencial ao funcionamento da célula. Quando a célula captura fótons, estes excitam elétrons do material semicondutor que difundirão em direção à zona de junção entre as duas camadas mencionadas. E é o campo elétrico interno que irá acelerá-los e direcioná-los para um circuito externo (CAMPELO *et al*, 2021).

Tabela 3 Vantagens e desvantagens da energia fotovoltaica

Vantagens	Desvantagens
Fonte renovável e inesgotável de energia.	A fabricação dos painéis consome grande quantidade de energia.
Não poluente.	Custo alto de produção
Baixa necessidade de manutenção	A eficiência da produção depende da atmosfera
Módulos mais eficientes e com menor valor	Não há geração noturna
Viabilidade para locais afastados	Produção variável de acordo com a posição geográfica
Maior eficiência em países tropicais	Baixa eficiência em armazenamento

Fonte: adaptado de SOUSA (2020).

A Corrente contínua pode ser convertida em corrente alternada utilizando para isto uma espécie de conversor. E a eletricidade produzida pode ser usada diretamente por eletrodomésticos, por exemplo, alimentada na rede ou armazenada em baterias; ou outros sistemas de armazenamento de energia (FRANCISCO *et al*, 2019).

Mas a tensão de saída de uma célula fotovoltaica é baixa, da ordem de 0,5 V. É por isso que elas são colocadas em série elétrica, depois encapsuladas entre uma placa de vidro na frente e outro material impermeável, umidade na parte de trás. Eles formam assim um módulo fotovoltaico e, finalmente, um painel solar fotovoltaico (DOS SANTOS; DA FONSECA; COSTA FILHO; NICHIOKA, 2019).

9 Materiais e Métodos

9.1 Local do Projeto

O local proposto para o presente estudo é a Faculdade de Engenharia e Ciência da Unesp Rosana – SP, situada no interior do estado de São Paulo, a aproximadamente 200 km do município de Presidente Prudente, o câmpus conta no momento com os cursos de graduação presencial em Engenharia de Energia e Turismo. O município tem como principal fonte de renda as duas usinas hidrelétricas e o turismo do município, abençoado pelas belezas naturais e pelo potencial hídrico, a combinação dos cursos no município combina perfeitamente com as principais atividades que são ali desenvolvidas.

Figura 11 – Localização do Câmpus da Unesp de Rosana



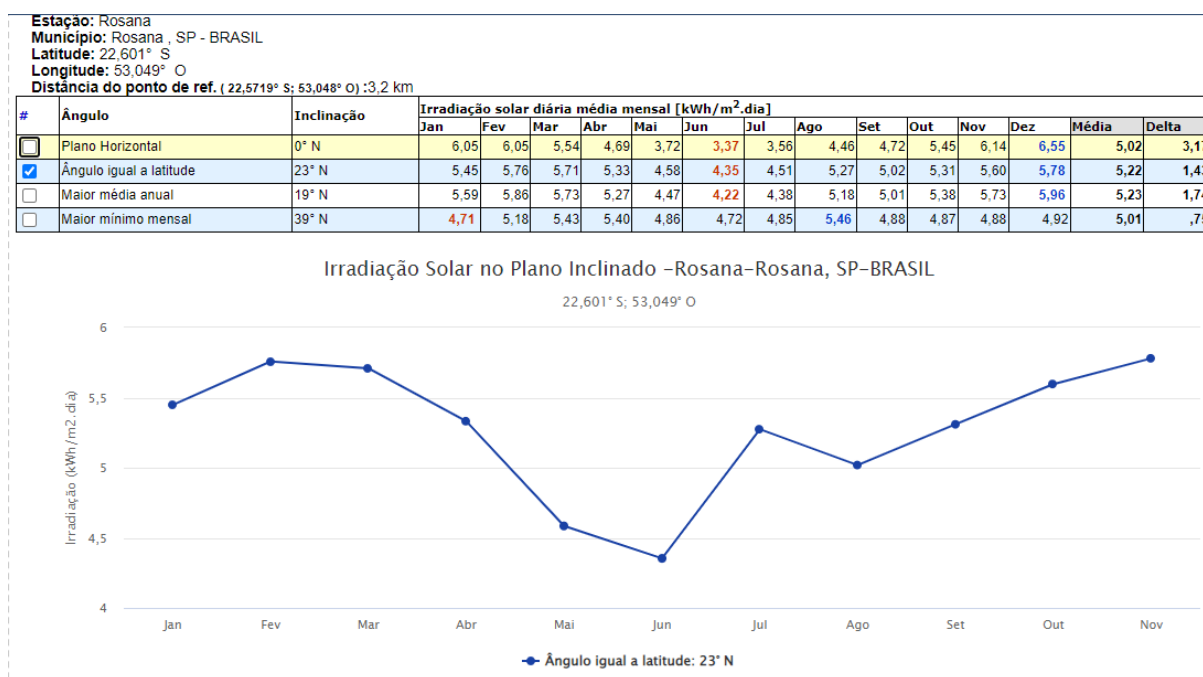
Fonte: Google

9.1.1 Metodologia

Esta pesquisa envolve simulação e análise de micro redes. O Modelo da presente pesquisa tomou como referência, visando o dimensionamento do sistema os dados obtidos no site do CRESESB, onde foi efetuada a coleta de dados referentes ao município de Rosana, localizado no extremo do estado de São Paulo. O Município está localizado na região sudeste, divisa entre os estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná, na latitude 22° 34' 19" Sul, 53° 2' 53" Oeste, com área aproximada de 742,87 km².

Na Figura 1 são apresentados os dados de irradiação solar diária média para cada mês no município de Rosana, foi levado em consideração que o ângulo é igual a latitude para que se tenha um melhor aproveitamento da irradiação solar.

Figura 12 – Irradiação solar anual no Município de Rosana-SP



Fonte: CRESESB

Os principais critérios para a escolha dos painéis fotovoltaicos foram a sua potência nominal, eficiência e dimensões. A Tabela 1 apresenta os modelos de painéis pesquisados e suas principais características.

Tabela 04 – Características dos Painéis Fotovoltaicos

Características	Painéis Fotovoltaico		
	A	B	C
Fabricante	Jinko Solar	Jinko Solar	JA Solar
Modelo	JKM550M-72HL4	JKM530M-72HL4-TV	JAM72S30-550MR
Potência Máxima do Modelo (Pmax)	550WP	530WP	550WP
Tensão Máxima do módulo (Vmp)	40,9	40,71	41,96
Corrente Máxima do módulo (Imp)	13,45	13,02	13,11
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	49,62	49,35	49,9
Corrente de Curto Circuito (Isc)	14,03	13,71	14
Eficiência Energética STC (%)	21,33	20,08	21,3
Dimensões (mm)	2274X1134X35	2274X1134X35	2278X1134X30
Numero e tipo de célula	144(6X24) - Silício mono cristalino	144(6X24) - Silício mono cristalino	144(6X24) - Silício mono cristalino

Fonte: Aldo Solar

O objetivo foi encontrar uma central de armazenamento e estação de carregamento veicular disponíveis no mercado, sendo a central de armazenamento possuindo uma grande capacidade de armazenamento e tamanho reduzido.

Para o presente estudo, foi realizada uma análise quantitativa e qualitativa da utilização de sistemas de armazenamento de energia solar fotovoltaica para abastecimento de veículos elétricos leves para atendimento do município de Rosana-SP, e para integração da comunidade e dos alunos do campus da Unesp de Rosana, podendo servir para que os alunos do curso de Engenharia de Energia, vejam a aplicação dos conhecimentos teóricos adquiridos ao longo do curso no câmpus, e também para os alunos de turismo visto que uma usina nesses moldes no município não existe e auxiliaria a população e os turistas que visitam a cidade e não tem no momento um local para carregar seus veículos.

Para o presente trabalho foi escolhido para estudo e aplicação a estação de carregamento semirrápido, devendo ser dimensionado conforme a norma vigente na ABNT (NBR 5410). Seu sistema pode ser tanto monofásico como trifásico, o circuito deve ser dimensionado corretamente para evitar sobrecargas, possuir Dispositivo de Proteção de Surto (DPS) e aterramento. O carregador deve possuir certificação NBR IEC 61851 e deve ser verificado o grau de proteção adequado para o equipamento.

9.1.2 Materiais

9.1.2.1 Kit Gerador

O Gerador de energia escolhido foi o abaixo (figura 13) ondem encontramos condições ideais para a aplicação da micro grid para carregamento veicular. O gerador é composto por:

- Inversor Solar Deye Sun-8k-SG01LP1-US 8KW Monofásico 127/220V 2MPPT Monitoramento – 1 Unidade;
- Conector MC4 Staubli – 2 Pares;
- Cabo Solar Fotovoltaico Flexível 6,00mm 1,8KV CC Preto – 25 metros;
- Cabo Solar Fotovoltaico Flexível 6,00mm 1,8KV CC Vermelho – 25 metros;
- Paine Solar JA JAM72S30-550/MR 550W DEEP BLUE – 15 Unidades;

Figura 13: Kit híbrido proposto



Fonte: Aldo Componentes

9.1.2.2 Carregador Veicular

O carregador veicular escolhido foi o WallBox Growatt modelo THOR07AS-P, de 7 kW monofásico 220V, com carregamento Nível 2 (semirrápido), com as seguintes especificações:

- Modelo: THOR 07AS-P
- Tipo de Carregamento: Modo 3/Nível 2
- Conexão: Plug Tipo 2
- Cabo: 5 metros
- Potência: até 7KW/32A
- Tensão de Entrada: 110-240V, 50/60Hz
- Polos: FN (Fase/Neutro) ou FF (Fase/Fase)
- Conectividade: Wi-fi e Ethernet (RJ45)
- Interface com Usuário: APP exclusivo
- Protocolo de comunicação: OCPP 1.6

Figura 14: Carregador Veicular Growatt Thor



Fonte: Aldo Componentes

9.1.2.3 Banco de Baterias

O banco de baterias escolhido foi a bateria solar da Energy Source modelo POWERFREE CUBE, 48V de Lítio LiFePO4 (Lítio Ferro Fosfato), com as seguintes especificações:

- Energia utilizável: 9,0 KWh;
- Descarga máxima Constante: 100^a;
- Descarga Máxima Rápida (5min): 120^a;
- Carga Nominal: 100^a;
- Tensão nominal: 51,2V;
- Tensão de operação: 40,0~58,4V;
- Vida útil: 4000 Ciclos.

Figura 15 – Bateria de Lítio Energy Source

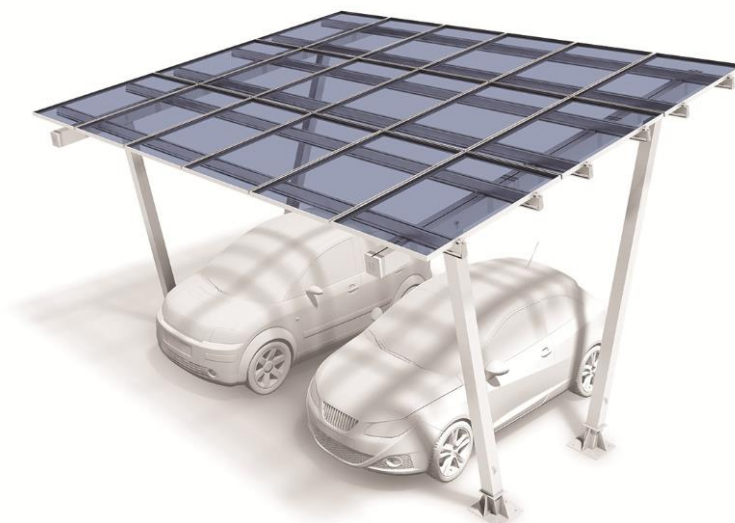


Fonte: Aldo Componentes

9.1.2.4 Estrutura CARPORT

A estrutura encontrada com capacidade de abrigar dois (02) veículos, por vez. Conforme imagem ilustrativa abaixo.

Figura 16: Estrutura CARPORT para painel fotovoltaico



Fonte: WEG S.A

9.2 Dimensionamento

Para dimensionamento de sistemas *offgrid* devemos levar em conta algumas variáveis, demanda mensal em kWh/mês, horas de utilização e capacidade de armazenamento da bateria. No caso do presente trabalho não se tem demanda mensal, então para que possamos demonstrar foi utilizado com base a geração média mensal dos painéis fotovoltaicos do kit proposto e disponível com as características necessárias.

A demanda média mensal (kWh/mês) foi tomada arbitrariamente como a geração média mensal do sistema fotovoltaico.

As horas de utilização foram estimadas com apenas uma recarga de veículos ao dia, o tempo médio para uma recarga lenta é de aproximadamente 8 horas. Tendo em vista que a demanda ainda é pouca e ser um projeto piloto em uma região em que existam poucos veículos elétricos ou híbridos atualmente.

A capacidade de armazenamento unitário de cada bateria é de 100Ah, conforme dados presentes no datasheet da bateria.

Figura 17: Dimensionamento banco de baterias

Demanda mensal e diária	
Demanda mensal em kWh/mês	1 033.00
Demanda diária em kWh/dia	34.43
Demanda atendida pelas Baterias	
Quantidade de horas por dia	8
Quantidade de kW/hora	1.435
Quantidade de kWh/dia	11.48
Quantidade de kWh/mês	344.33
Quantidade de Baterias Necessárias	
Quantidade real de Baterias	11.48
Quantidade arredondada de Baterias	12
Capacidade das Baterias em Ah	100

O sistema pega como base de cálculos um período de 30 dias

O resultado está considerando um percentual de perdas gerais de 20%

O sistema de cálculo sempre arredonda para cima a quantidade de baterias, mas se preferir poderá arredondar para baixo, porém a autonomia pretendida poderá ser afetada.

Fonte: <https://www.eduardoaquino.com.br/calcBateriasOff.php>

9.2.1 Cálculo de geração painel fotovoltaico

Tendo como base o painel fotovoltaico de 550 Wp e as Horas de Sol Pico (HSP) do município de Rosana que é em média no ano de 5,22, considerando as perdas globais em 20% (perdas por aquecimento, sombreamento, sujeira e cabeamento).

$$[550\text{wp} \times 5,22 \times (1-0,20)] / 1000 = 2.2968 \text{ kWh/dia}$$

Passando para mensal:

$$2.2968 \times 30 = 68,9 \text{ kWh/mês em média}$$

Valores médios de geração de um painel fotovoltaico, considerando que no kit proposto temos 15 painéis teremos uma produção média mensal de:

$$68,9 \times 15 = 1.033,5 \text{ kWh/mês}$$

Geração essa que se for considerado que uma residência tem um consumo médio de 250 kWh/mês, seria suficiente para abastecer quatro (04) residências mensalmente.

$$1033,5/250 = 4,134 \text{ residências}$$

9.2.2 Obra Elétrica

O WallBox Thor é um carregador de carga lenta, carrega um carro por vez e foi elaborado para uso interno ou externo (IP65). Possui potência de 7,0 kW (ca), voltagem 220V, monofásico e é indicado para residências e condomínios. Ele vem com itens de proteção de sobrecorrente, curto-circuito, falha de comunicação com o VE, DR e DPS.

9.2.3 Dados técnicos:

- Bitola mínima dos fios condutores (fase, neutro e terra) é de 1x6,0mm² (cada);
- Circuito externo com: disjuntor de 40A (obedecendo a curva C, devidamente dimensionado de acordo com o comprimento e a bitola da fiação) e interruptor diferencial residual de corrente nominal de 40A.

O inversor Híbrido Deye 8 kW é um excelente inversor que foi feito para integração de sistemas *offgrid* e *ongrid*, e também é perfeito para a aplicação do presente trabalho de uma micro grid com integração para estação de carregamento veicular e armazenamento de energia. Sua instalação requer o correto dimensionamento de cabos e disjuntores, além de Dispositivo de proteção de Surto (DPS). Conforme ABNT NBR 5410/2004.

9.2.4 Dados técnicos de instalação

- Bitola mínima dos fios condutores (fase, neutro e terra) é de 1x10,00mm² (cada);
- Circuito com disjuntor de 50A (obedecendo a curva C, devidamente dimensionado de acordo com o comprimento e a bitola da fiação) e DPS de 175V 15 ka.

9.2.5 Valores Totais

Com os dados coletados nos tópicos anteriores e após verificação dos custos dos mesmos através de uma busca na internet, pode ser observar os valores dos equipamentos:

- Kit Gerador Híbrido – R\$ 34.469,00
 - Bateria de Litio POWERFREE – R\$ 269.868,00
 - Carregador Veicular THOR 7 kW – R\$ 4.619,00
 - Estrutura para Estacionamento – R\$ 2.679,00
- Total do Investimento – R\$ 311.635,00

Esse valor refere-se a uma unidade completa de Estação de recarga, com todos os equipamentos necessários.

10 Conclusão

Este trabalho teve como objetivo projetar uma central geradora, analisando datasheets de inversores e módulos fotovoltaicos. Avaliar viabilidade técnica, projetar sistemas de geração solar fotovoltaica.

A Indústria 4.0 trata de um novo modelo de negócios com a introdução de novas tecnologias e a necessária incorporação de novos perfis profissionais, a partir dos quais será alcançada maior eficiência energética nos processos, maior produtividade economizando tempo de execução e sendo mais competente na atual estrutura industrial.

Não há dúvida de que big data, IoT, nuvem, realidade aumentada, robótica ou aprendizado de máquina serão as tecnologias que revolucionarão a indústria. No entanto, a chave do aplicativo de todos eles, como foi visto, é a cibersegurança. Não há dúvida de que a mudança na tecnologia é real e a questão também é: será feita?

Existe uma grande lacuna entre sistemas de distribuição comuns e micro redes; uma das principais diferenças é a capacidade de incluir um componente de gerenciamento que determina a operação ideal para diferentes tipos de aplicativos. Entre essas aplicações de gerenciamento de energia, o gerenciamento de energia para armazenamento de baterias está surgindo como uma solução importante para reduzir os picos de demanda de carga, reduzir a conta de luz e outros benefícios. Na abordagem do projeto, a estratégia de gerenciamento e o sistema de armazenamento de baterias serão implementados para reduzir a conta de energia elétrica da demanda interna.

A atual crise econômica afetou muito os países desenvolvidos e os em desenvolvimento, embora em diferentes níveis. A economia brasileira não é exceção. O desenvolvimento de novas tecnologias, como energia eólica, painéis solares e biocombustível de segunda geração diminuiu à medida que menos investimentos foram feitos.

A maioria das empresas foi forçada a adiar seus programas de desenvolvimento, o que significa que é apenas uma questão de tempo para esses projetos a serem perseguidos novamente. O governo brasileiro precisa enfrentar críticos de projetos hidrelétricos, a descoberta de enormes recursos petrolíferos, questões de desmatamento e insegurança alimentar em torno da exploração de

biomas aterra para agricultura de alimentos são desviadas. Nesse contexto, as energias renováveis parecem ser uma solução atraente a longo prazo e pode resolver os problemas de energia que o Brasil está enfrentando.

Nesse contexto, mudanças significativas na política energética do Brasil foram feitas recentemente. Seguindo a Política Nacional de Mudanças Climáticas, com ambiciosos objetivos de redução de CO₂, o Brasil está promovendo em grande parte etanol (carros flex), energia eólica e solar (térmica e fotovoltaica) em desenvolvimento. Alguns especialistas consideram o país um dos mais ambiciosos e agressivos no programa de energia renovável globalmente. A ideia de uma grade continental da América Latina não representa uma ideia utópica, pois algumas instalações já estão ligando o comércio, a produção e a distribuição de energia.

Sabendo-se que os países latino-americanos têm diferentes recursos de energia renováveis, a ideia de ligá-los em uma grade de todo o continente poderia torná-los independentes dos combustíveis fósseis e importações da América do Norte, e aumentam seu comércio e melhoram as relações gerais.

Quanto ao estudo de caso, o estudo sugeriu que as micro redes merecem séria consideração, pelo menos por razões tecno econômicas, como uma opção de eletrificação para lugares não eletrificados fora da rede. A micro rede também possui certos benefícios ambientais, pois contribuirá para a redução da poluição causada pela queima de madeira e pela preservação das florestas. Além disso, a micro rede reduziria alguns riscos à saúde e segurança.

11 Referências

ABNT – NBR 16274:2014 – Sistemas fotovoltaicos conectados à rede.

ABNT – NBR 16690:2019 – Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos.

ABNT – NBR 5419-1:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas.

ABNT – NR 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade.

ABNT – NR 35 – Trabalho em altura.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5410:2004 – instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

AGUIAR, Daniela de. Geração de energia fotovoltaica para uso residencial: um estudo da viabilidade de instalação de um sistema de geração de energia ON-GRID. **Engenharia Elétrica-Tubarão**, 2020.

ALVES, Magda. **Como escrever teses e monografias**: um roteiro passo a passo. Elsevier Brasil, 2013.

BEZERRA, Isadora Vilela; SILVA, Ellen Carmelita Capelo; ARAÚJO, Francisco José Costa. Redes inteligentes no contexto da indústria 4.0. **Anais do IX Simpósio de Engenharia de Produção da Região Nordeste. Juazeiro–BA**, Bahia: SEPVASF, 2018. Disponível em: https://doity.com.br/media/doity/submissoes/artigo-9723121f6fc60ff27789b151b135485faa70002e-segundo_arquivo.pdf.

CAMPELO, KARLLA ADRIANA RODRIGUES BARBOSA et al. ANÁLISE DOS POTENCIAIS GANHOS DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO FÓRUM DE JABOATÃO-PE. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 6, 2021.

CARDOSO, Danilo Alexandre Lima; CHEBAR, Iam Estebanez; BELTRÃO, Maria Julia Coutinho. **Estudo da aplicabilidade de ferramentas da indústria 4.0 em uma planta de geração de energia a partir da reforma do biogás**. Rio de Janeiro: UFF, 2018. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/8080>.

DE LIMA, Alison Gustavo; PINTO, Giuliano Scombatti. **Indústria 4.0**. Revista Interface Tecnológica, v. 16, n. 2, p. 299-311, 2019.

DE SOUZA, Gabriela Alexia Winkelmann et al. NOVAS TECNOLOGIAS DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA. **Anais do Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, 2020.

DELGADO, Fernanda et al. **Carros elétricos**. Rio de Janeiro: FGV, 2017. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/19179/Caderno%20Carros%20Eletricos-FGV-BOOK%20VFINAL.pdf>.

DO AMARAL AIRES, Regina Wundrack; MOREIRA, Fernanda Kempner; DE SÁ

FREIRE, Patricia. **Indústria 4.0: desafios e tendências para a gestão do conhecimento**. SUCEG-Seminário de Universidade Corporativa e Escolas de Governo, v. 1, n. 1, p. 224-247, Santa Catarina: UFSC, 2017. Disponível em: <http://anais.suceg.ufsc.br/index.php/suceg/article/view/49>.

DOS SANTOS, Bruno Campos; DA FONSECA COSTA FILHO, Antônio; NICHIOKA, Júlio. BENCHMARKING: Políticas Públicas de Incentivo a Geração de Energia Fotovoltaica. **Episteme Transversalis**, v. 10, n. 1, 2019.

FEARNSIDE, Philip M. **A hidrelétrica de Samuel: lições para as políticas de desenvolvimento energético e ambiental na Amazônia**. Hidrelétricas na amazônia, p. 9, INPA, 2015.

FRANCISCO, Ana Carolina Camargo et al. Influência de parâmetros meteorológicos na geração de energia em painéis fotovoltaicos: um caso de estudo do Smart Campus Facens, SP, Brasil. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, 2019.

FREITAS, R. et al. Estudo de viabilidade da implantação de um sistema de micro geração de energia fotovoltaica para Factus. **XVI CELL. Universidade de Uberlândia-MG. Retirado em fevereiro**, v. 26, p. 2021, 2018.

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

GIROTTI, Carolina; MARINS, Karin Regina de Castro; LARA, Arthur Hunold. Análise da morfologia urbana para maximização de geração de energia fotovoltaica no Belenzinho, em São Paulo. **Ambiente Construído**, v. 19, p. 7-22, 2019.

IMAI, Hugo Eiji et al. Simulação computacional como ferramenta de otimização na geração de energia solar fotovoltaica. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 12, 2020.

MARCHIORO, Alison Fernando; DAHMER, Rodrigo Diogo; SOUZA, Rosiel Camargo. Metodologia para análise de viabilidade técnica-econômica para geração de energia fotovoltaica. In: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018**. 2018.

MOTTA, Mariana Ferreira Benessiuti et al. Estudo do Investimento Ideal para Geração de Energia Fotovoltaica em Unidades Habitacionais em Guaratinguetá – SP. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, v. 7, n. 10, pág. 99609-99636, 2021.

MOURA, TagianiBrizolla Duarte de *et al.* **Indústria 4.0 e leankata: integrando pessoas e tecnologias**. **Seminário de Iniciação Científica**, p. 195, 2019.

NAZARÉ, Tiago Bittencourt *et al.* Os desafios da indústria 4.0 no Brasil. **Revista Mythos**, v. 10, n. 2, p. 129-137, 2018.

RELLA, Ricardo. Energia fotovoltaica no brasil. **Revista de Iniciação Científica**, v. 15, n. 1, pág. 28-38, 2017.

SANCHES, Bianca C.; CARVALHO, Emily S.; GOMES, Fabio Fonseca Barbosa. **A**

indústria 4.0 e suas contribuições à sustentabilidade. Revista Engenharia e Tecnologia Aplicada-UNG-Ser, v. 2, n. 1, p. 48-55, 2019.

SILVA, Denise Aliny Gomes da. **Indústria 4.0 com foco nos sistemas cyber físicos.** Trabalho de Conclusão de Curso. Paraná: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/10544>.

SILVA, Mateus Franco et al. **Uma contribuição para o suporte à estabilidade de frequência no contexto das microrredes por meio de um sistema de armazenamento de energia a bateria.** Minas Gerais: UFU, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/28845>.

SILVA, PIB d; SOUZA, Marcelo José Raiol. Estimativa de geração de energia através de um sistema fotovoltaico: emitido para um sistema flutuante no lago Bolonha, Belém-Pará. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 6, n. 2, pág. 149-164, 2017.

SILVA, Rayssa Guimarães; DO CARMO, Marlon José. Energia Solar Fotovoltaica: uma proposta para melhoria da gestão energética. **InterSciencePlace**, v. 12, n. 2, 2017.

SOUSA, Rafaela. "Energia Solar"; *Brasil Escola*. 2020 Disponível em: <https://brasil Escola.uol.com.br/geografia/energia-solar.htm>.

TAVARES, Mateus Martignoniet al. **Análise geral do setor e condições regulatórias de gás natural no Brasil.** Rio de Janeiro:UFF, 2016. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/1409>.

TRAPP, Guilherme Sperling. **Avaliação do custo sistêmico total da geração de energia eólica frente a substituição das fontes hidrelétrica e termoeletrica considerando as externalidades socioeconômicas e ambientais.** Scielo: 2015. Disponível em: scielo.br/scielo.php?pid=S0104-530X2016005007101&script=sci_arttext.

TRINDADE, Antônio Augusto Cançado; LEAL, César Barros (Ed.). **Direitos humanos e meio ambiente.** Ceará: Expressão Gráfica e Editora, 2017.

GARCIA OSORIO, Victor Alberto. **Carregamento ótimo de veículos elétricos considerando as restrições das redes de distribuição de média tensão.** 2013. 166 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2013.

<https://industria hoje.com.br/como-funciona-um-carro-eletrico>

<https://www.eduardoaquino.com.br/calcBateriasOff.php>