

CENTRO PAULA SOUZA
ETEC ITAQUERA II
ENSINO MÉDIO COM HABILITAÇÃO PROFISSIONAL TÉCNICO EM
EDIFICAÇÕES

**A IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO DE USINAS SOLARES APLICADO NA
GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM CONJUNTOS
HABITACIONAIS NAS PERIFERIAS DE SÃO PAULO**

ANDREI YURI LOPES RODRIGUES¹
HÉLIO FELIX OLIVEIRA²
JOÃO VICTOR NOVAIS³
LEONARDO NEVES PEREIRA⁴
VICTOR AUGUSTO CÉSAR FERRAZ⁵

Este estudo propõe a implementação de usinas solares nas Companhias de Habitação Popular (COHABs) na periferia de São Paulo, utilizando a Usina Solar de Tauá como modelo. A pesquisa adotou uma abordagem exploratória e descritiva, empregando um questionário online para compreender as necessidades e percepções dos moradores em relação à energia elétrica. Além disso, foi desenvolvido um protótipo de um painel solar fotovoltaico em pequena escala para compreender o funcionamento de uma usina solar.

Palavras-chave: Usina Solar de Tauá; energia solar; infraestrutura.

This study proposes the implementation of solar plants in Popular Housing Companies (COHABs) on the outskirts of São Paulo, using the Tauá Solar Plant as a model. The research adopted an exploratory and descriptive approach, using an online questionnaire to understand residents' needs and perceptions regarding electricity. Furthermore, a prototype of a small-scale photovoltaic solar panel was developed to understand the operation of a solar plant.

Keywords: Tauá Solar Plant; solar energy; infrastructure.

¹ Aluno do curso Técnico em Edificações, na ETEC Itaquera II – andrei.rodriques01@etec.sp.gov.br

² Aluno do curso Técnico em Edificações, na ETEC Itaquera II – helio.oliveira7@etec.sp.gov.br

³ Aluno do curso Técnico em Edificações, na ETEC Itaquera II – joao.oliveira1108@etec.sp.gov.br

⁴ Aluno do curso Técnico em Edificações, na ETEC Itaquera II – leonardo.pereira239@etec.sp.gov.br

⁵ Aluno do curso Técnico em Edificações, na ETEC Itaquera II – victor.ferraz10@etec.sp.gov.br

1. INTRODUÇÃO

É evidente a tendência mundial de procurar e incentivar a geração de energia elétrica através de fontes limpas e renováveis, visto que a âmbito mundial, conforme destaca Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2014), a matriz energética de países europeus, dos Estados Unidos, da China, do Japão e da Austrália, é em grande parte fóssil, o que leva ao aumento dos apoios a fontes alternativas como forma de reduzir as emissões de CO₂ e diversificar a matriz energética.

Uma dessas fontes é a energia solar, a qual é obtida pela radiação do sol que produz raios solares que são convertidos em energia elétrica através do efeito fotovoltaico e por fim transferidos para as placas fotovoltaicas. Segundo Esposito e Fuchs (2013), “O efeito FV consiste na obtenção de corrente elétrica quando fótons provenientes da radiação solar incidem sobre um material semicondutor previamente purificado e dopado”. Sendo comumente o silício um dos materiais semicondutores mais empregados na indústria e fabricação de placas fotovoltaicas.

No Brasil, há diversos estímulos para implantar a energia solar, pois devido a sua privilegiada localização geográfica, possui altas taxas de irradiação solar ao longo do ano, obtendo nos últimos meses um crescimento exponencial na produção e uso de energia fotovoltaica, especialmente na geração e distribuição em residências, empresas, meios comerciais e propriedades rurais.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022), o volume de energia elétrica consumida no Brasil alcançou 507.074 GWh médios no ano de 2022, a partir disso, englobando a cidade de São Paulo que participa desse consumo, atrelando o fato de ser metrópole mais populosa do país e líder de consumo em energia elétrica, segundo dados da Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística do Estado de São Paulo (2020), a cidade consumiu cerca de 25.727.055 MWh em 2020, sendo este consumo derivado de maior parte das atividades comerciais, industriais e residenciais, gerando uma demanda exponencial crescente, consequentemente impactando em maior geração e distribuição de energia elétrica, a qual é de maior parte no estado oriunda de hidrelétricas, sendo a ocorrência desse fator benéfico no que diz respeito aos incentivos á implantações e métodos de fontes de energias renováveis, pois as mesmas cumprirão com o mesmo intuito de suprir e abastecer a demanda existente, além de agir sustentavelmente.

A usina solar fotovoltaica, também conhecida como parque solar, é um sistema de grande porte projetado para gerar, distribuir energia elétrica através de módulos fotovoltaicos que convertem a energia do sol em energia elétrica, podendo ao final do processo a energia ser comercializada.

Portanto, compreende-se que a busca por fontes de energia limpa e renovável, em específico a energia solar, ganha destaque devido à sua abundância e ao potencial de atender à crescente demanda energética em países como o Brasil. A implantação de usinas solares fotovoltaicas desempenha um papel crucial nesse cenário, pois promove a produção e distribuição de energia elétrica, colaborando especialmente em áreas urbanas densamente povoadas, como a cidade de São Paulo, contribuindo como uma resposta necessária às questões de consumo e demanda de energia elétrica existentes nessas grandes metrópoles.

1.2 JUSTIFICATIVA

Considerando o cenário atual da infraestrutura de geração e distribuição de energia elétrica nas periferias da cidade de São Paulo, com direcionamento nas Companhias de Habitação Popular, posteriormente a implantação de usinas solares fotovoltaicas nas proximidades dessas áreas, partindo do modelo da usina solar de Tauá no Ceará, este estudo motiva-se diante dos problemas existentes no sistema de distribuição de energia elétrica no que diz respeito a sua qualidade e nas altas demandas atuais de consumo dessas regiões periféricas. Visto isso, a implementação das usinas solares torna-se uma solução promissora e necessária para suprir a motivação citada, a fim de promover uma melhor infraestrutura nas regiões periféricas da cidade de São Paulo.

Segundo a Agência Nacional De Energia Elétrica (ANEEL, 2018), entende-se como evento de qualidade de energia qualquer falha ou desvio das condições desejadas de funcionamento do sistema elétrico em regime permanente. Dentro dessa perspectiva, os eventos negativos relacionados a infraestrutura de geração e distribuição de energia elétrica nas periferias da cidade de São Paulo, se destacam comumente em:

- Sobrecarga da Rede – ocorrem quando a demanda por energia excede a capacidade da rede, ocasionando em sobrecarga, causando quedas de energia contínuas e até mesmo danos aos equipamentos elétricos da rede e dos consumidores.
- Perda de energia – a transmissão de energia elétrica em longas distâncias nas redes de distribuição, pode causar perda de energia devido à resistência dos cabos. Isso resulta em ineficiência na rede.
- Falta de Flexibilidade - as redes tradicionais podem ter dificuldade em se adaptar às mudanças nas demandas de energia, como picos sazonais ou a adoção de novas tecnologias.

De acordo com Zilles & Rüther (2010), a conversão fotovoltaica da energia solar por meio de sistemas conectados à rede promove diversos benefícios ao sistema elétrico e ao meio ambiente. Como principal vantagem técnica descreve a possibilidade de se produzir eletricidade nos próprios pontos de consumo, seja de forma isolada ou ainda integrada. Dessa forma, é possível notar que o estudo em questão, a respeito da implantação de usinas solares nas periferias da cidade de São Paulo, em específico nas Companhias de Habitação Popular, (COHABs), pode impactar positivamente os consumidores de energia elétrica dessas áreas, visto que com a produção de energia elétrica produzida e centralizada nas proximidades, ela irá colaborar com a demanda de consumo, desafogando por parte o sistema existente de distribuição dessas áreas, também reduzindo a probabilidade de ocorrerem os problemas que afetam a infraestrutura da rede elétrica citados anteriormente.

Nesse contexto, a pesquisa em questão busca responder como a implantação do método de usinas solares baseada no modelo da usina solar de Tauá, através de placas fotovoltaicas, pode melhorar a infraestrutura de distribuição de energia elétrica existente nas periferias da cidade de São Paulo?

1.3 OBJETIVO GERAL

Propor a implementação de um sistema de geração e distribuição de energia elétrica na cidade de São Paulo, aplicando em Companhias de Habitação Popular (COHABs), através de placas fotovoltaicas, pelo método da Usina Solar de Tauá como modelo.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos dessa pesquisa incluem:

- Apontar os processos e condições necessárias para a implantação de usinas solares, baseando-se no modelo da Usina Solar de Tauá.
- Analisar a eficácia do modelo da Usina Solar de Tauá, identificando os principais determinantes de seu desempenho.
- Identificar as necessidades específicas das regiões periféricas, em específico as Companhias de Habitação Popular (COHABs) em termos de infraestrutura de distribuição de energia elétrica, a fim de adaptar o sistema existente às demandas que serão produzidas e distribuídas pela usina fotovoltaica.
- Demonstrar o funcionamento do sistema de geração e distribuição de energia elétrica de uma usina fotovoltaica através de um protótipo físico em pequena escala.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Ortiz (2005) a energia fotovoltaica é obtida através da conversão direta da luz solar em corrente elétrica por meio de módulos ou placas fabricadas com células fotovoltaicas. Posteriormente, para ocorrer esse processo são utilizados materiais semicondutores em um fenômeno conhecido como efeito fotovoltaico.

O efeito fotovoltaico, é a base de funcionamento das células fotovoltaicas, as quais foram descobertas pelo físico francês Edmond Becquerel em 1839. O físico francês percebeu o aparecimento de uma tensão entre os eletrodos de uma solução condutora enquanto ela foi iluminada pela luz do sol. A primeira célula fotovoltaica foi construída em 1880 com uma eficiência na faixa de 2% e utilizava o selênio como material condutor.

Algumas décadas depois, o foco inicial do emprego da energia fotovoltaica eram as empresas de telecomunicações situadas em locais isolados, os quais não tinham acesso à energia elétrica, a exploração espacial também ajudou a impulsionar os sistemas fotovoltaicos, no fornecimento de energia para manter os equipamentos eletroeletrônicos por longos períodos no espaço (PINHO e GALDINO, 2014).

A energia fotovoltaica se torna uma solução renovável, visto o atual cenário de geração de energia elétrica oriundas de outras fontes. De acordo com Beigelman (2013, p.3), “A energia solar fotovoltaica é considerada uma tecnologia promissora. As células solares convertem diretamente a mais abundante forma de energia renovável, a energia solar, em eletricidade [...]”.

A geração de energia por meio de placas solares, conhecida como energia solar fotovoltaica, tem ganhado destaque em todo o mundo devido à sua abundância e potencial sustentável (DA ROSA; GASPARIN, 2016). O Brasil, em particular, apresenta condições favoráveis para a adoção dessa tecnologia, destacando-se pelo seu índice de radiação solar excepcionalmente bom em comparação com outras regiões, como a Europa. As variações na irradiação solar anual no Brasil são notáveis, com a menor irradiação registrada na região do litoral norte de Santa Catarina, cerca de 1500 kWh/m², e a maior irradiação no norte do Estado da Bahia, aproximadamente 2350 kWh/m². Isso resulta em uma média diária de irradiação que varia de 4,1 kWh/m² a 6,5 kWh/m² em todo o território brasileiro (SOLAR GIS, 2015).

2.1 USINA SOLAR

Usina solar fotovoltaica, também conhecida como parque solar, são instalações projetadas para geração de energia elétrica, produzindo energia através de conjuntos de módulos fotovoltaicos que fazem a conversão dos raios solares em energia elétrica que podem ser armazenados em baterias ou utilizados diretamente na comercialização e distribuição de energia conectados à rede elétrica.

As usinas fotovoltaicas possuem uma organização que se dá por grandes agrupamentos dos módulos fotovoltaicos, que são normalmente conectados a inversores centrais, sendo estes conectados em subestações, que auxiliam na elevação de tensão da rede para conectar com as linhas de transmissão e distribuir a mesma (LIMA, 2017).

De forma geral, os equipamentos utilizados em uma usina solar fotovoltaica são dispostos por placas fotovoltaicas ou módulos, Rastreador Solar (Tracker) e Inversores de corrente elétrica.

2.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA

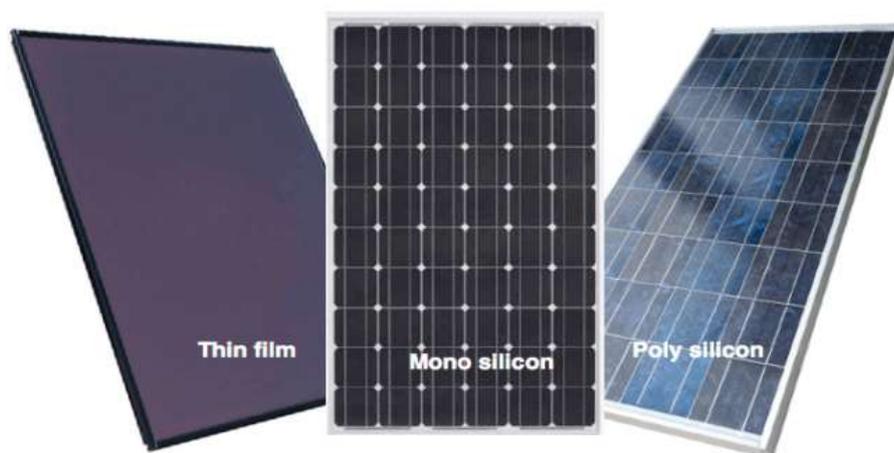
Segundo Ruther (2004), as instalações solares fotovoltaicas que são interligadas à rede elétrica pública, ocasionalmente podem apresentar duas configurações distintas, sendo de forma integrada nas edificações, estando instaladas nas coberturas, estando junto ao ponto de consumo, ou de forma centralizada, como em uma usina central de geração e distribuição, estando situada a uma determinada distância dos pontos de consumo. É válido que citar que nesses sistemas também é utilizado inversores (que transforma corrente contínua produzida pelos módulos, em corrente alternada), os quais devem satisfazer as exigências essenciais de segurança e asseguramento de qualidade para que as redes do sistema não sejam prejudicadas (CRESESB, 2006).

2.3 PLACAS FOTOVOLTAICAS

As placas fotovoltaicas ou módulos, são compostas por células fotovoltaicas conectadas em arranjos, a fim de produzir tensão e corrente suficientes para a utilização prática da energia, ao mesmo tempo em que promove a proteção das

células (Pinho e Galdino, 2014). Através do efeito fotovoltaico, ocorre a conversão da luz solar em eletricidade. As células solares podem ser feitas de silício cristalino, policristalino ou tela fina (amorfo) são conectadas em série e encapsuladas em um módulo fotovoltaico (Vasita, 2018). Observe a figura 1, mostrando os 3 tipos de placas comentadas:

Figura 1 - Módulos fotovoltaicos



Fonte: (Vasita, 2018)

É valido citar que Todas as informações técnicas das placas são fornecidas pelo fabricante em uma placa de identificação que fica no verso do painel fotovoltaico. A qualidade e a segurança do módulo fotovoltaico são asseguradas através de certificações e garantias.

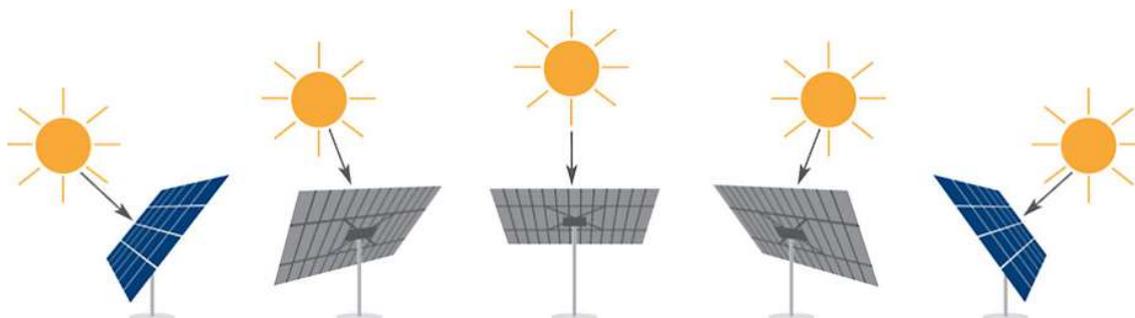
Segundo Moraes e Pontes (2022, p.18),” A eficiência do módulo PV é medida pela razão entre a energia elétrica emitida pelos terminais e a energia da radiação solar que atinge a superfície do módulo”.

2.4 RASTREADOR SOLAR (*TRACKER*)

O rastreador solar ou também conhecido por *tracker*, colabora com um melhor aproveitamento da luz solar que incide sobre as placas fotovoltaicas, pois o rastreador solar segue a posição do sol no decorrer do dia, sendo valido citar que esses rastreadores devem ser posicionados adequadamente, calculando angulação

necessária para os módulos (Dachery, 2021). Observe a figura 2 a respeito do funcionamento do rastreador solar:

Figura 2 – Funcionamento do rastreador solar



Fonte: Portal Solar

2.5 INVERSORES

O inversor é um dos equipamentos de grande importância do sistema fotovoltaico, pois ele tem a responsabilidade pela inteligência do sistema. Ele é um dispositivo eletrônico responsável pela conversão da corrente contínua (C.C.) em corrente alternada (C.A.). A energia elétrica em corrente contínua é proveniente dos módulos fotovoltaicos. A tensão de saída deve possuir a amplitude, frequência e conteúdo harmônico adequados e necessários para as cargas a serem alimentadas. No que diz respeito aos sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, a tensão de saída do inversor deve ser sincronizada com a tensão da rede (Pinho e Galdino, 2014).

2.6 CONDIÇÕES PARA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA USINA SOLAR

A energia solar desempenha um papel fundamental como fonte inesgotável de energia para o planeta Terra. A captação dessa energia para utilização elétrica e térmica oferece uma alternativa sustentável e viável aos métodos tradicionais de geração de energia, frequentemente dependentes de recursos não-renováveis e limitados (Pinho e Galdino, 2014).

Na cidade de São Paulo, as condições para a instalação de usinas solares são promissoras. De acordo com o Instituto de Pesquisas Ambientais da Secretaria de

Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, o mapeamento dos níveis de irradiação solar na região demonstra a viabilidade técnica e econômica da geração fotovoltaica. Essa viabilidade se estende a áreas com uma radiação anual média entre 5,61 e 5,70 kWh/m²/dia, abrangendo cerca de 0,3% do território paulista, confirmando o vasto potencial energético disponível para a geração de energia solar.

Um aspecto fundamental na construção de uma usina solar é a montagem adequada dos arranjos fotovoltaicos. Um arranjo fotovoltaico é, essencialmente, um conjunto de painéis solares conectados entre si para gerar eletricidade a partir da luz solar. É como montar um quebra-cabeça, onde cada painel solar é uma peça que converte a luz do sol em eletricidade. Quando esses painéis são interligados da maneira certa, formam um arranjo que pode produzir uma quantidade significativa de energia elétrica. É crucial calcular corretamente a distância entre as fileiras de módulos para evitar sombreamento entre eles, o que poderia reduzir a capacidade instalada da usina (Villalva, 2012).

Além disso, empresas pioneiras, como a Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf), já implementaram sistemas fotovoltaicos no Brasil (Tavares e Antônio, 2014). Esse cenário representa uma alternativa promissora para a distribuição e geração de energia elétrica na cidade de São Paulo, através da implantação das usinas solares que colaborarão para uma maior eficácia energética.

2.7 USINA SOLAR DE TAUÁ

É notório destacar que a experiência com a energia solar fotovoltaica no Brasil tem se concentrado na implantação de pequenas unidades de geração, destinadas principalmente a atender áreas remotas e desconectadas do Sistema Interligado Nacional. Nesse contexto, a MPX, uma empresa do grupo EBX, desempenhou um papel pioneiro ao conceber a primeira usina solar de grande escala na América Latina, batizada de Usina Solar de Tauá. Esta usina está localizada a cerca de 360 quilômetros da capital, Fortaleza, no estado do Ceará.

Este é um projeto pioneiro, sendo a primeira usina solar em escala comercial da América Latina, sendo fundada em 2011, e que já está em pleno funcionamento, ostentando uma capacidade instalada de cerca de 1MWp. Segundo o grupo ENEVA

(2020), o qual administra a usina atualmente, destaca que ela é composta por 4.860 painéis solares, e há a possibilidade de expansão para até 50MWp. Além disso, a usina está conectada diretamente ao sistema elétrico por meio de uma rede de 13,8 kV, que se conecta à Subestação de Tauá (com transformadores de 69 kV/13,8 kV), a usina compreende uma área de 12 mil metros quadrados para a sua instalação e é capaz de gerar energia elétrica suficiente para abastecer 1.500 residências, produzindo cerca de 1,56 GWh por ano, essa subestação faz parte da infraestrutura da concessionária de distribuição de energia do estado do Ceará (Beigelman, 2013).

Observe a figura 3, que mostra a imagem do complexo da usina solar de Tauá:

Figura 3 – Complexo da usina solar de Tauá no Ceará



Fonte: (Eneva, 2023)

3. METODOLOGIA

Um protótipo é uma representação física em escala reduzida de um dispositivo, sistema ou produto em processo de desenvolvimento, que permite manusear, movimentar, verificar a anatomia, a forma, o peso e a rigidez. O protótipo real pode substituir alguma parte ou ainda um conjunto, apenas para analisar se a dimensão está realmente correta, principalmente caso ele seja apenas uma parte de um todo ou algo maior, permitindo compreender sua viabilidade e validade (Wiltgen, 2019). Do ponto de vista acadêmico científico que leva a criação de novos e inovadores produtos (Volpado, 2007), tem-se sempre a necessidade de construir um objeto físico real para teste, mesmo que este seja fabricado em escala reduzida.

No âmbito desta pesquisa, será desenvolvido um protótipo físico de um pequeno painel solar fotovoltaico, baseado no método utilizado na Usina Solar de Tauá. Este protótipo será construído a partir da utilização de materiais que simbolizam os principais componentes de um sistema solar fotovoltaico, como painéis solares, inversores e baterias. Também servirá como uma representação tangível do sistema solar fotovoltaico e será utilizado para fins demonstrativos, permitindo assim a visualização do funcionamento e os componentes desse sistema.

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo consiste em uma pesquisa exploratória e descritiva, visando compreender e descrever os processos envolvidos na implementação de usinas solares para geração e distribuição de energia elétricas nas áreas periféricas de São Paulo, especificamente em COHABS. O estudo concentra-se nas áreas periféricas da cidade de São Paulo, onde as COHABs estão localizadas, sendo o contexto desses conjuntos habitacionais relevante para a pesquisa.

3.2 NATUREZA DO ESTUDO

Visto que este estudo em questão tem os conjuntos habitacionais como local de aplicação da pesquisa, é válido destacar o seu histórico e características.

Segundo a Companhia Metropolitana de Habitação de São Paulo (COHAB-SP, 2020), a instituição foi fundada no ano de 1965, com a finalidade de favorecer o acesso de habitações para à população de baixa renda, estando em acordo com as normas e critérios estabelecidos pelo Governo Municipal e pela legislação federal.

A Companhia foi uma das primeiras empresas estatais criada em uma cidade brasileira, sendo voltada especificamente para políticas públicas de habitação popular, sendo a responsável por construir os conjuntos habitacionais na cidade de São Paulo durante mais de 40 anos. Em junho de 1967, o conjunto Capitão Alberto Mendes Junior, em São Miguel Paulista, na Zona Leste de São Paulo, foi o primeiro empreendimento construído da Cohab, sendo entregue aproximadamente 349 casas na região. Os primeiros mutirões (Mobilização coletivas de trabalho voluntário) da Cohab-SP aconteceram em 1976 nas regiões de Pirituba/Perus, Freguesia do Ó, São Miguel, Santana, Itaquera e Guaianases, atenderam mais de 600 famílias com renda de 1 a 5 salários-mínimos da época. De 2017 a 2021, a Cohab entregou mais de 30.194 unidades habitacionais em todas as regiões da cidade de São Paulo.

Os conjuntos habitacionais em geral são constituídos por apartamentos que possuem média 45 m² metros quadrados, estando distribuídos em prédios de quatro a cinco andares, interligados por escadas, e que podem atingir até sessenta apartamentos por edifício, estando todos conectados a serviços de abastecimento sanitário e de energia elétrica. Observe a figura 4, que mostra a imagem conjunto Cohab 1, em Itaquera na zona leste de São Paulo:

Figura 4 – Cohab 1 Itaquera - zona leste de São Paulo



Fonte: Folha de São Paulo

3.3 COLETA DE DADOS

A coleta de dados será realizada a partir de uma pesquisa de campo conduzida através de um questionário *online* elaborado via *Google Forms*, essa ferramenta permite a coleta de informações de maneira eficiente e padronizada, facilitando a análise posterior. O questionário *online* foi direcionado especificamente para os moradores das COHABs nas periferias de São Paulo, abordando suas percepções e necessidades em relação à infraestrutura de energia elétrica local, analisando os possíveis impactos da implementação de uma usina solar, contando com a participação de 12 respondentes.

3.4 ETAPAS DE ESTUDO

3.4.1 Elaboração do questionário

O questionário *online* será composto por 11 questões, as quais irão abranger tópicos sobre o fornecimento de energia elétrica, como as quedas de energia e problemas na distribuição afetam o cotidiano e as finanças dos moradores, sugestões dos moradores sobre como a infraestrutura de energia elétrica pode ser melhorada e como a inovação através da aplicação das usinas solares pode colaborar para solucionar em parte os problemas existentes.

3.4.2 Análise das respostas obtidas

Com as respostas que serão coletadas, pretende-se analisar a opinião dos moradores a respeito da infraestrutura elétrica atual e identificar a abrangência da informação sobre a implementação do método de geração de energia promovida por placas fotovoltaicas no que diz respeito à qualidade do fornecimento de energia elétrica.

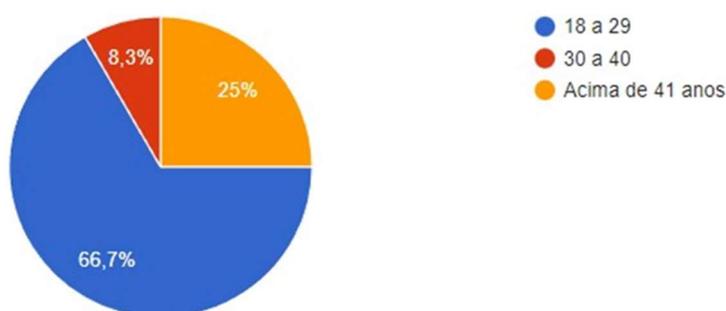
Essas informações evidenciarão os desafios enfrentados no setor de energia, além de fornecer a compreensão diversificada das necessidades e aspirações dos moradores. Esses dados irão ajudar na identificação de impactos nas infraestruturas elétricas das COHABs, posteriormente, também mostrando as melhorias que poderão ser feitas, as quais irão colaborar para a implementação do método de usinas solares por meio de placas fotovoltaicas, tornando-a acessível aos moradores e garantindo uma distribuição de energia elétrica de melhor qualidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O questionário *online* foi realizado mediante a uma declaração de testemunho e consentimento de participação, sendo estas entrevistas realizadas na data de 29 de agosto de 2023. Ao concordar, os entrevistados autorizaram o uso dos dados divulgados para base do estudo em questão. Com a realização do questionário *online* obteve-se os seguintes resultados exibidos pelos gráficos respectivos a cada questão:

1) - Qual sua idade?

Gráfico 1 – questão 1

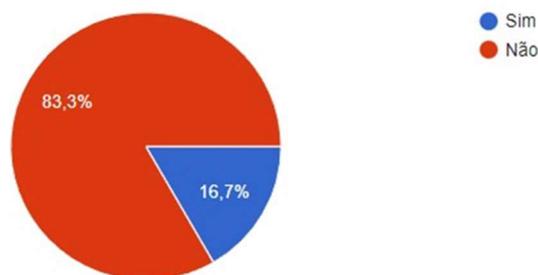


Fonte: (elaborado pelos autores, 2023)

Durante a análise dos dados, observou-se que a maioria dos entrevistados pertence à faixa etária de 18 a 29 anos (gráfico 1), a partir disso estima-se um crescente interesse de residentes mais jovens pela inovação das usinas solares.

2) - Você enfrenta problemas frequentes de falta de energia elétrica no seu Conjunto Habitacional?

Gráfico 2 – questão 2

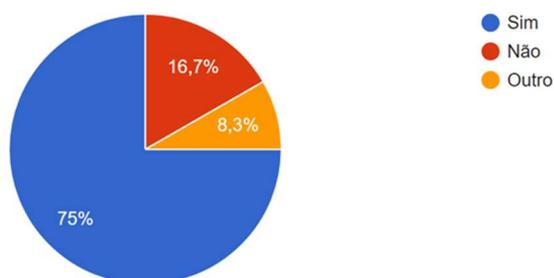


Fonte: (elaborado pelos autores, 2023)

Notou-se que 83,3% dos residentes não enfrentam problemas de falta de energia (gráfico 2), diante disso, constata-se que parcialmente a rede de energia está em boas condições, logo a implantação de uma usina solar poderá usufruir dessa condição existente.

3) - Você já sentiu que a sua conta de luz está ficando mais cara ao longo do tempo e a qualidade não aumenta?

Gráfico 3 – questão 3

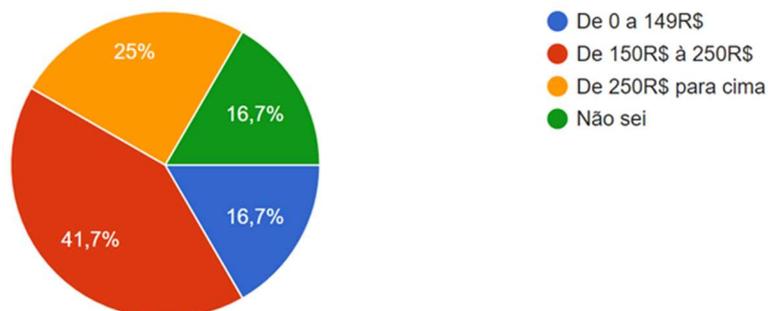


Fonte: (elaborado pelos autores, 2023)

Constatou-se que 75% dos residentes declararam que a sua conta de luz está ficando mais cara ao longo do tempo e não há uma qualidade favorável (gráfico 3), logo a entrada de uma usina solar poderá parcialmente contribuir a longo prazo para aliviar essa problemática.

4) - Quanto, em média, você paga na sua conta de luz a cada mês?

Gráfico 4 – questão 4

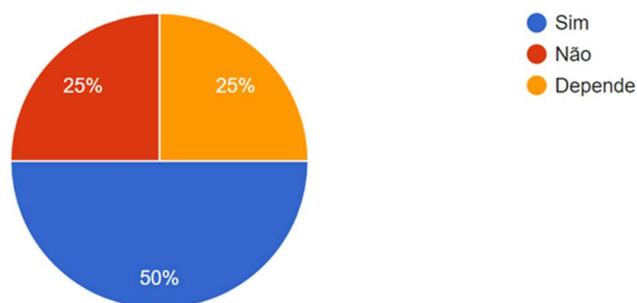


Fonte: (elaborado pelos autores, 2023)

Observou-se que o valor mais comum mencionado se situa na faixa de R\$150,00 a R\$250,00 reais (gráfico 4), estando esse valor em acordo com média dos débitos de consumo de energia elétrica da cidade de São Paulo.

5) - Você consideraria mudar para uma fonte de energia solar se isso significasse pagar menos na conta de luz ao longo prazo, entretanto no início com custo adicional?

Gráfico 5 – questão 5

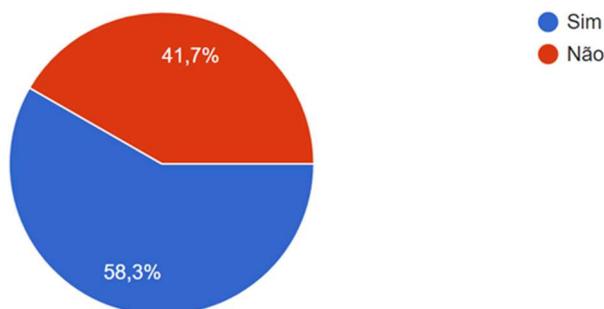


Fonte: (elaborado pelos autores, 2023)

Identificou-se que 50% dos entrevistados expressaram o desejo de aderir a fonte de energia solar, tendo um benefício a longo prazo (gráfico 5), sendo isso favorável para tornar a entrada de uma usina solar, que irá contribuir para uma distribuição de energia mais acessível.

6) - Você já teve aparelhos elétricos danificados devido a picos de energia ou quedas repentinas?

Gráfico 6 – questão 6

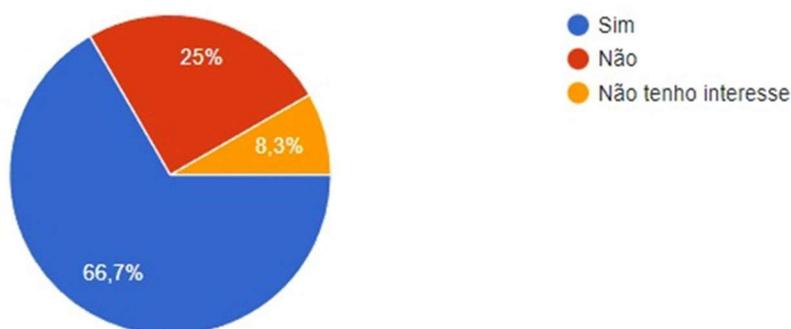


Fonte: (elaborado pelos autores, 2023)

Identificou-se que 58,3% dos entrevistados já tiveram seus aparelhos elétricos danificados devido a picos ou quedas de energia (gráfico 6), logo essa estatística demonstra a vulnerabilidade da infraestrutura elétrica atual, sendo a implantação de uma usina solar necessária para colaborar em conjunto para suprir o atual consumo de energia elétrica, reduzindo possibilidades de quedas e prejuízos ocasionados.

7) - Você acredita que a geração de energia elétrica por painéis fotovoltaicos poderá ser uma alternativa viável para melhorar o acesso à energia nas COHABs e o custo a longo prazo?

Gráfico 7 – questão 7

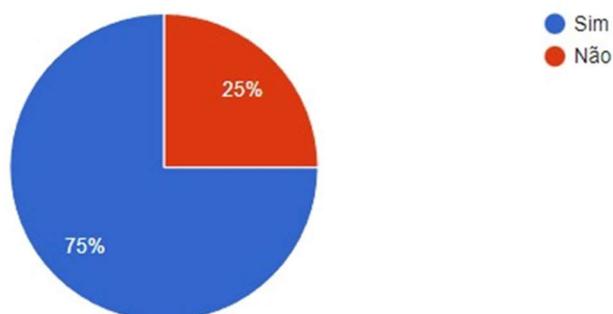


Fonte: (elaborado pelos autores, 2023)

Notou-se que 66,7% dos entrevistados demonstraram seu total apoio a ideia postulada (gráfico 7), isso indica que os residentes possuem uma parcela de reconhecimento acerca dos benefícios associados à energia solar na melhora da qualidade na infraestrutura de energia elétrica dos conjuntos habitacionais.

8) - Você está ciente dos benefícios ambientais associados à energia solar, como a redução das emissões de gases de efeito estufa?

Gráfico 8 – questão 8

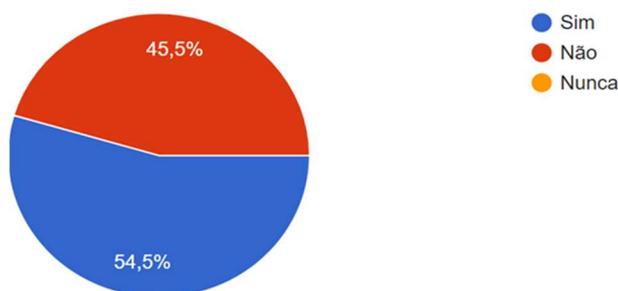


Fonte: (elaborado pelos autores, 2023)

Destacou-se que 75% dos entrevistados concordaram com a redução das emissões de gases do efeito estufa (gráfico 8), que são frequentemente associadas ao uso de fontes tradicionais de energia, isso demonstra a conscientização acerca das questões ambientais e o compromisso com fontes de energia mais limpas e sustentáveis.

9) - Você estaria disposto a apoiar financeiramente a implantação de placas solares nos Conjuntos Habitacionais, se isso resultasse em benefícios de longo prazo?

Gráfico 9 – questão 9



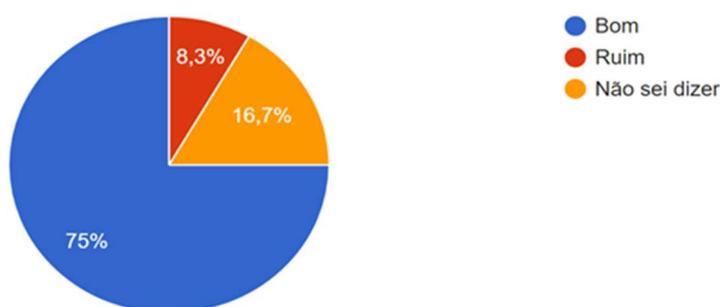
Fonte: (elaborado pelos autores, 2023)

Constatou-se que 54,5% dos entrevistados deram apoio majoritário ao financiamento futuro para a implementação de placas fotovoltaicas nos conjuntos habitacionais (gráfico 9), especialmente quando se trata de benefícios a longo prazo,

demonstrando um índice parcial de interesse na melhoria da infraestrutura de energia elétrica atual.

10) - Considerando o investimento inicial necessário para implementar usinas solares, como você avalia o equilíbrio entre os custos iniciais e os benefícios a longo prazo para o conjunto habitacional em termos de infraestrutura elétrica?

Gráfico 10 – questão 10

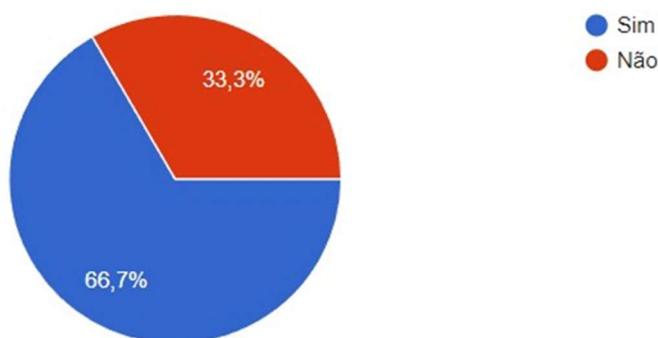


Fonte: (elaborado pelos autores, 2023)

Verificou-se que 75% dos entrevistados avaliaram positivamente a ideia mencionada (gráfico 10), essa atitude reflete o entendimento de que investir em uma infraestrutura elétrica sustentável pode ser uma alternativa economicamente viável e benéfica a longo prazo.

11) - Você gostaria de ser informado sobre os resultados e andamento do projeto de implantação de placas solares nos Conjuntos Habitacionais?

Gráfico 11 – questão 11



Fonte: (elaborado pelos autores, 2023)

Analisou-se que 66,7% dos entrevistados se comprometeram a receber informações e atualizações sobre o progresso do projeto de implantação de usinas solares composta por painéis fotovoltaicas nos Conjuntos Habitacionais (gráfico 11).

Constatou-se o envolvimento da comunidade e a expectativa positiva em relação às mudanças propostas, sendo essas opiniões uma ferramenta de forte respaldo à iniciativa de adotar a energia solar como uma alternativa funcional para a melhora das infraestruturas elétricas das COHABs.

Por fim, é essencial ressaltar que as opiniões e resultados obtidos nesta pesquisa fornecem um sólido apoio à adoção da energia solar como uma alternativa para a infraestrutura elétrica nas COHABs. Os dados revelam uma demanda por melhorias na distribuição de energia e destacam que implementação de usinas solares é uma solução eficaz e viável para atender a essa necessidade, assim melhorando significativamente a qualidade de vida dos moradores.

4.1 IMPLEMENTAÇÕES DA USINA SOLAR NAS COHABS

A partir dos estudos realizados e dados obtidos, além usar como base os moldes da usina solar de Tauá, a implantação de uma usina solar em um conjunto habitacional, deverá seguir as seguintes especificações:

- **Localização adequada:** A usina deverá estar nas proximidades dos conjuntos habitacionais para uma melhor distribuição centralizada, em uma área com a maior irradiação solar possível e com muitos dias de sol ao ano, evitando áreas de sombreado produzido pelas edificações ao entorno.
- **Licenças e regulamentações:** A usina deverá estar em acordo com as legislações municipais e nacionais relacionados implantação, isso inclui questões de zoneamento, licenças ambientais e conexão à rede elétrica, entre outros, podendo ser necessário obter permissões e aprovações específicas das autoridades locais, como da ENEL-SP, que é a concessionária de eletricidade responsável pela cidade de São Paulo.
- **Acesso à rede elétrica:** É necessário que a usina tenha acesso adequado à rede elétrica, necessitando da proximidade de subestações e linhas de transmissão para a distribuição da eletricidade gerada.

- **Tamanho e Capacidade:** A usina deverá ter uma área de aproximadamente 12 mil metros quadrados, contando com a instalação de 4.680 painéis fotovoltaicos, obtendo a capacidade de geração de 1 megawatt, podendo abastecer cerca de 1500 residências ou apartamentos.
- **Escolha da Tecnologia Solar:** A usina deverá funcionar com um sistema de 4.680 painéis fotovoltaicos do modelo KD215GH-2PU da fabricante e fornecedora Japonesa KYOCERA, sendo o silício policristalino o material utilizado nas células fotovoltaicas. Cada painel é constituído de 54 células agrupadas, possuindo dimensões de 1,5m de comprimento por 0,99m de largura, estando os Rastreadores solares (*Tracker*) acoplados juntamente aos painéis fotovoltaicos.
- **Componentes empregados:** A usina precisará de aproximadamente 9 inversores de no máximo 100 a 110 kW para a conversão da energia elétrica gerada nos painéis fotovoltaicos em corrente contínua para corrente alternada, também de caixas de controle para fazerem a interface entre os painéis fotovoltaicos e os inversores, conseguindo medir e monitorar, com precisão, a corrente das ligações em série dos painéis fotovoltaicos. Para se conectar à rede elétrica, também será necessário um transformador elevador trifásico com potência nominal de 1250 kVA e relação de transformação 220 V / 13.800 V, juntamente a um Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) que fará a interligação dos inversores com o transformador, coletando a corrente produzida.
- **Estrutura da usina:** A usina deverá contar com todo o seu complexo murado e protegido, com uma casa de apoio para abrigar a sala dos inversores, o quadro geral de baixa tensão e uma central de monitoramento, além de um pátio com base de concreto para alojar os arranjos dos painéis fotovoltaicos e demais componentes. O transformador deverá estar externamente ao lado da sala dos inversores, posteriormente ligado aos postes de fiação da usina que estarão ligados aos da rede pública, em seguida a distribuição para as instalações dos conjuntos habitacionais.
- **Financiamento e Incentivos:** Inicialmente o financiamento adequado para a usina solar será por parte de iniciativa privada, posteriormente incluindo investidores, empréstimos, subsídios governamentais e programas de incentivo para energia solar (ANELL - Resolução Normativa 482).

- **Manutenção e Operação:** Deverão ser feitas com mão de obra especializada a manutenção e operação contínuas da usina solar para garantir seu funcionamento eficiente e duradouro.
- **Monitoramento e Gerenciamento de Dados:** Deverão ser instalados e planejados sistemas de monitoramento para acompanhar o desempenho da usina solar e a produção e distribuição de energia ao longo do tempo.
- **Contratação de Profissionais Qualificados:** É necessário a contratação de profissionais qualificados, como engenheiros solares e instaladores certificados, para projetar e executar a usina solar com exatidão.
- **Garantias e Seguros:** É essencial que a usina solar se certifique de que suas instalações estejam cobertas por garantias e seguros adequados para proteger o investimento.

Observe a figura 5 que mostra uma imagem ilustrativa da usina solar implantada em conjuntos habitacionais:

Figura 5 – imagem ilustrativa da usina solar implantada em conjuntos habitacionais



Fonte: (elaborado pelos autores, 2023)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho abordou a necessidade de melhorar a infraestrutura de energia nas periferias de São Paulo, com ênfase nas Companhias de Habitação Popular (COHABs). A pesquisa se baseou na Usina Solar de Tauá como modelo para a implementação de usinas solares com placas fotovoltaicas, visando enfrentar os desafios de proporcionar qualidade e suprir a demanda de consumo de energia nessas regiões.

A metodologia empregada nesta pesquisa baseou-se em uma abordagem exploratória e descritiva, com foco nas áreas periféricas de São Paulo, especificamente nas Companhias de Habitação Popular (COHABs). Por meio de um questionário *online* elaborado via *Google Forms*, o qual obteve-se informações relacionadas às percepções e necessidades dos moradores em relação à infraestrutura de energia elétrica local. Juntamente com o desenvolvimento de um protótipo físico de um pequeno painel solar fotovoltaico, baseado no modelo da Usina Solar de Tauá, que contribuiu para uma compreensão mais tangível do funcionamento e dos componentes desse sistema.

Os resultados da pesquisa revelam um interesse considerável na melhoria da infraestrutura elétrica nas COHABs, uma vez que muitos entrevistados demonstraram falta de confiança na distribuição de energia convencional, especialmente entre os jovens adultos. Essa insatisfação reflete o desejo de uma alternativa que garanta um melhor desempenho de maneira ecológica e econômica a longo prazo. Mais de 75% dos entrevistados aprovam a implementação da geração de energia elétrica por meio de placas fotovoltaicas nos conjuntos habitacionais, destacando uma forte aceitação de soluções mais limpas e sustentáveis na área de energia. Essa aprovação enfatiza a importância de investir em fontes de energia mais modernas, que melhorem a qualidade de vida dos moradores.

O estudo alcançou com êxito seus objetivos estabelecidos. O objetivo geral, que era propor a implementação de um sistema de geração e distribuição de energia elétrica nas áreas periféricas de São Paulo, especificamente nas Companhias de Habitação Popular (COHABs), por meio de painéis fotovoltaicos, baseado no método da Usina Solar de Tauá, foi atingido. Isso foi evidenciado pelas respostas positivas e

pelo apoio da comunidade às usinas solares, destacando o interesse em adotar essa tecnologia para melhorar o acesso à energia elétrica.

No que tange os objetivos específicos, o primeiro que visava apontar os processos e condições necessários para a implantação de usinas solares baseando-se no modelo da Usina Solar de Tauá, foi atingido com sucesso. A pesquisa identificou os requisitos e procedimentos essenciais para a implementação dessas usinas, considerando fatores como localização, licenças e regulamentações, acesso à rede elétrica e escolha da tecnologia solar.

No que diz respeito ao segundo objetivo específico, ele foi atingido completamente. Foram feitas análises considerando fatores como a localização geográfica, a quantidade de radiação solar incidente, a capacidade dos painéis fotovoltaicos, a eficiência dos inversores e o histórico de produção de energia ao longo do tempo. O desempenho da Usina Solar de Tauá foi avaliado em termos de sua capacidade de geração de eletricidade, a estabilidade e consistência na produção, bem como a eficiência geral.

O terceiro objetivo específico foi alcançado por meio de uma pesquisa de campo que coletou dados sobre as necessidades específicas das áreas periféricas, em particular as Companhias de Habitação Popular (COHABs), em relação à infraestrutura de distribuição de energia elétrica. A pesquisa identificou desafios como quedas de energia, problemas na distribuição e custos crescentes da eletricidade, fornecendo informações importantes para adaptar o sistema elétrico existente às demandas geradas por uma usina fotovoltaica.

Por fim, o quarto objetivo específico buscava demonstrar o funcionamento do sistema de geração e distribuição de energia elétrica de uma usina fotovoltaica por meio de um protótipo físico em pequena escala. Ao construir esse protótipo, foi possível mostrar na prática como a energia solar é capturada, convertida e distribuída para atender às necessidades locais. Dessa forma, este objetivo foi completamente atingido ao demonstrar de forma concreta o funcionamento de um sistema de geração de energia solar em pequena escala, contribuindo para a compreensão e avaliação do potencial desse sistema em áreas como as COHABs

No que tange a pergunta norteadora deste estudo, os resultados obtidos a partir da pesquisa, da análise do questionário aplicado aos moradores das Companhias de Habitação Popular (COHABs) e da demonstração de um protótipo físico de um sistema de geração e distribuição de energia elétrica baseado em placas fotovoltaicas permitiram abordar as implicações da implantação de usinas solares nas periferias de São Paulo. Portanto, a pesquisa proporcionou informações relevantes, demonstrando que a implementação de usinas solares, inspirada no modelo da Usina Solar de Tauá, tem o potencial de melhorar a infraestrutura de distribuição de energia elétrica nas periferias da cidade de São Paulo.

Em conclusão, as contribuições deste estudo são diversas, pois ele apresenta um roteiro claro e prático para a implantação de usinas solares nos conjuntos habitacionais, fornecendo diretrizes específicas que podem ser adotadas por iniciativas futuras, além de destacar a importância da conscientização sobre fontes de energia limpa e seus benefícios, tanto econômicos quanto ambientais, o que pode inspirar potencialmente a adoção de tecnologias sustentáveis de geração e distribuição de energia elétrica.

Para estudos futuros, sugere-se a realização de pesquisas mais abrangentes e aprofundadas sobre a eficácia e a viabilidade da implementação de usinas solares em conjuntos habitacionais de baixa renda. Além disso, a investigação sobre os impactos sociais, econômicos e ambientais a longo prazo da conversão para fontes de energia limpa nas áreas periféricas de grandes cidades pode fornecer informações vitais para a política pública e a tomada de decisões estratégicas. Esta pesquisa pode servir como um ponto de partida importante para futuros estudos na área de energia e sustentabilidade, visando melhorar a qualidade de vida nas comunidades urbanas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, Módulo 8 -Qualidade da Energia Elétrica**. Revisão 10, 2018. Acesso em: 20 ago. 2023.

BEIGELMAN, B. B. **A energia solar fotovoltaica e a aplicação na Usina Solar de Tauá**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013. Acesso em: 01 set. 2023

CRESEB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. **Energia Solar: Princípios e aplicações**. Acesso em: 02 set. 2023

COHAB-SP - Companhia Metropolitana de Habitação de São Paulo. **História - A Companhia Metropolitana de Habitação de São Paulo**. São Paulo, dezembro/2020. Acesso em: 12 out. 2023.

DACHERY, Joiris. **Entenda como funciona o seguidor solar (Tracker)**. Acesso em: 02 set. de 2023.

DA ROSA, Antonio Robson Oliveira; GASPARIN, Fabiano Perin. Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista brasileira de energia solar**, v. 7, n. 2, p. 140-147, 2016. Acesso em: 01 set. 2023

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Nota Técnica DEA 19/14 – Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**. Rio de Janeiro, outubro/2014. Acesso em: 03 jun. 2023.

ENEVA. Eneva, 2020. **Nossos negócios/gerações de energia/Tauá**. Acesso em: 20 ago. 2023.

ESPOSITO, Alexandre Siciliano; FUCHS, Paulo Gustavo. Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil. **Revista do BNDES**, v. 40, dez/2013, pp. 85-114. Acesso em: 03 jun. 2023.

LIMA, Laura Mezzaroba de. **Levantamento de critérios utilizados para obter o licenciamento ambiental de usinas fotovoltaicas**. 2017. Acesso em: 02 set. 2023

MARQUES, Heitor; JOSÉ, Francisco. **Energia solar fotovoltaica no brasil: uma revisão bibliográfica**, 2022. Acesso: 01 set. 2023.

NASCIMENTO, R. S. do; ALVES, G. M. Fontes alternativas e renováveis de energia no Brasil: métodos e benefícios ambientais. **Revista Univap**, [S. l.], v. 22, n. 40, p. 274, 2017. DOI: 10.18066/revistaunivap. v22i40.713. Acesso em: 4 jun. 2023.

ORTIZ, Lúcia Schild. Energias Renováveis Sustentáveis: uso e gestão participativa no meio rural. Porto Alegre. **2ª ed. São Paulo: Atlas**, 2005. 383 p. Acesso em: 02 set. 2023.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Edição revisada e atualizada. Rio de Janeiro, 2014. 530 p. Acesso em: 03 set. 2023.

Resenha Mensal: o consumo nacional de energia elétrica, em agosto de 2022, expandiu 3,0% em comparação com mesmo mês de 2021. **Empresa de Pesquisa Energética (EPE)**, 2022. Acesso em: 03 jun. 2023.

RUTHER, R. Edifícios Solares Fotovoltaicos. [S.l.]: **LABSOLAR**, 2004. Acesso em: 02 set. 2023.

SÃO PAULO. Governo do Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo. **Ranking Paulista de Energia: 2022 - consumo de energia no estado de São Paulo. 2022 - CONSUMO DE ENERGIA NO ESTADO DE SÃO PAULO. 2022**. Acesso em: 03 jun. 2023.

SOLARGIS – **Poster maps for solar energy**, 2015. Acesso em: 01 set. 2023

VASCONCELOS, Carolina; CRISTINA, Isabel. **Boas práticas de operação e manutenção em usinas fotovoltaicas para uma maior eficiência e confiabilidade**. 2022. Acesso em: 01 set. 2023

VASITA, Jaya et al. **Best Practices in Operation and Maintenance of Rooftop Solar PV Systems in India. Germi**. Second Edition. India, maio de 2018. Acesso em: 03 set. 2023

VILLALVA, M.; GAZOLI, J. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Erica, 2012. Acesso em: 03 set. 2023

VOLPATO, Neri. **Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações**. Editora Blucher, 1ª edição, 2007. Acesso em: 30 set. 2023

WILTGEN, Filipe. **Protótipos e prototipagem rápida aditiva sua importância no auxílio do desenvolvimento científico e tecnológico.** In: Anais do 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação (COBEF), São Carlos-SP. 2019. Acesso em: 30 set. 2023.

ZILLES, Roberto; RÜTHER, Ricardo. **Telhados solares e a indústria fotovoltaica.** Valor Econômico. São Paulo, abr. 2010. Acesso em: 20 ago. 2023.