

TEÓFILO OTONI - MG
2023

CENTRO UNIVERSITÁRIO DOCTUM DE TEÓFILO OTONI - MG

Rua Gustavo Leonardo, 1127 Bairro São Jacinto

Teófilo Otoni – MG CEP: 39801-260

**IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM COMUNIDADES
CARENTES NO MUNICÍPIO DE TEÓFILO OTONI**

Projeto de Pesquisa apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Doctum de Teófilo Otoni, como requisito para aprovação na disciplina TCC I, orientado pela Professora Ruth Lopes Negreiros.

TEÓFILO OTONI - MG
2023

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. OBJETO DE ESTUDO	4
3. HIPÓTESES	6
4. OBJETIVOS	7
4.1. Objetivo geral	7
4.2. Objetivos específicos	7
5. JUSTIFICATIVA	8
6. REFERENCIAL TEÓRICO	9
6.1	
7. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS	14
7.1. Quanto aos fins.....	14
7.2. Quanto aos meios	14
7.3. Quanto ao tratamento dos dados.....	14
8. CRONOGRAMA	14
9. SUMÁRIO HIPOTÉTICO	15
REFERENCIAS	16

IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM COMUNIDADES CARENTES NO MUNICÍPIO DE TEÓFILO OTONI

Rebeca Sampaio Braga - Rede de Ensino Doctum – Unidade Teofilo Otoni
Luis Gustavo Schroder - Rede de Ensino Doctum – Unidade Juiz de Fora
Ruth Negreiros - Rede de Ensino Doctum – Unidade Teofilo Otoni

RESUMO

O Estudo visa entender e sugerir qual seria a forma mais eficaz de realizar a implantação de energia fotovoltaica em comunidades carentes na cidade de Teófilo Otoni, e projetar quais benefícios para a comunidade local essa mudança traria a longo prazo. Usando como viés de confirmação a criminalidade, o nível de desemprego e a segurança alimentar dos moradores da região. Sendo assim a pesquisa tem como objetivos propor alternativas para melhorar a qualidade de vida da população carente da cidade de Teófilo Otoni por meio da energia fotovoltaica, comparar os custos da energia convencional com a energia fotovoltaica incluindo os custos de instalação e retorno para a comunidade e apresentar propostas de oficinas com aulas coletivas para os moradores acerca de educação financeira e consumo consciente de energia. As hipóteses que esperamos encontrar são: A adoção da energia fotovoltaica em comunidades carentes, considerando os custos de instalação e manutenção ao longo de 10 anos, apresenta um custo-benefício significativo para a comunidade local. A implementação de oficinas e cursos de educação financeira e consumo consciente de energia nas comunidades carentes contribuirá para a conscientização e aceitação da energia fotovoltaica, formando profissionais capacitados na sua manutenção e gerando oportunidades de emprego, resultando em melhorias econômicas e sociais para a comunidade. Quanto a metodologia a pesquisa será Descritiva e bibliográfica, coletando dados através de depoimentos e entrevistas com moradores locais, visitas agendadas e documentação do caso. O referencial teórico está dividido em: Viabilidade e impacto da energia fotovoltaica em comunidades carentes onde se discute sobre as dificuldades envolvidas na implantação de energia fotovoltaica tanto nos aspectos econômicos quanto culturais e sociais, com 4 subtópicos sendo eles Energia fotovoltaica: princípios e funcionamento, Desafios no Consumo de Energia Elétrica em Comunidades Carentes, Geração Distribuída Fotovoltaica como Alternativa e Viabilidade Econômica; e Barreiras à adoção de energia fotovoltaica em comunidades carentes, tópico que expõe quais as dificuldades enfrentadas na implantação, suas origens e como lidar com as mesmas.

Palavras Chaves: energia, fotovoltaica, eletricidade, comunidades, sociedade, sustentabilidade.

ABSTRACT

Projeto de Pesquisa apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Doctum de Teófilo Otoni, como requisito para aprovação na disciplina TCC I, orientado pela Professora Ruth Lopes Negreiros.

1. INTRODUÇÃO

A instalação de painéis solares em comunidades carentes não é apenas uma solução energética; é uma oportunidade transformadora que pode catalisar mudanças significativas nos âmbitos social, econômico e ambiental. Apesar dos avanços tecnológicos das últimas décadas, muitas regiões marginalizadas ainda permanecem excluídas do acesso às fontes de energia renováveis. Barreiras econômicas, aliadas à ausência de incentivos governamentais eficazes, dificultam o acesso dessas populações vulneráveis a soluções energéticas sustentáveis, perpetuando as desigualdades sociais. Neste cenário desafiador, a energia fotovoltaica se destaca como uma alternativa viável para melhorar a qualidade de vida dessas comunidades. O impacto da pandemia de COVID-19 acentuou as crises econômicas enfrentadas por muitas famílias, tornando ainda mais urgente a busca por soluções sustentáveis. Embora o custo inicial da instalação dos sistemas solares possa ser elevado, estudos indicam que os benefícios potenciais — como uma redução média de até 70% nas contas de eletricidade e a geração de milhares de empregos locais — superam amplamente esse investimento inicial. Entretanto, um dos principais obstáculos à implementação desses projetos é a captação dos recursos necessários para sua execução e manutenção. A limitação financeira das comunidades de baixa renda torna imprescindível a criação de parcerias estratégicas entre o governo e o setor privado. Tais colaborações podem facilitar a instalação acessível e sustentável dos sistemas solares por meio de programas de microfinanciamento direcionados às famílias carentes, subsídios governamentais específicos para projetos de energia renovável e incentivos fiscais para empresas dispostas a atuar nessas regiões. Por exemplo, na Alemanha, o governo oferece subsídios que cobrem parte do custo inicial de instalação, permitindo que mais famílias adotem a energia solar. Iniciativas cooperativas também podem promover o compartilhamento eficaz de recursos e conhecimentos técnicos entre as comunidades. A implementação de tecnologias sociais inclusivas é fundamental para democratizar o acesso à energia e mitigar as desigualdades sociais existentes. Portanto, é urgente a criação de políticas públicas que incentivem o acesso à energia renovável, promovendo um desenvolvimento mais equitativo e

sustentável. Experiências bem-sucedidas em países como a Índia — onde programas inovadores de energia solar foram implementados em áreas rurais para atender às necessidades específicas das comunidades vulneráveis — oferecem lições valiosas para o Brasil. A adaptação desses modelos ao contexto brasileiro deve ser acompanhada por políticas públicas sensíveis às particularidades locais para garantir que as comunidades vulneráveis também se beneficiem das energias renováveis. Ao unir esforços entre governo, setor privado e sociedade civil, podemos construir um futuro mais justo e sustentável para todos.

3 HIPÓTESES

1. Custo-Benefício e Desenvolvimento Local

A adoção da energia fotovoltaica em comunidades carentes pode demonstrar um custo-benefício significativo, considerando os custos de instalação e manutenção ao longo de 10 anos. A coordenação eficiente do financiamento inicial pode superar desafios financeiros, promovendo o desenvolvimento econômico local. Estudos indicam que o desenvolvimento econômico pode reduzir índices de criminalidade. Oliveira (2019) afirma que "melhores indicadores de desenvolvimento econômico reduzem os índices de criminalidade". Além disso, o Boletim Segurança Pública revela que "quanto maior a desigualdade econômica, maiores as taxas de criminalidade", sugerindo que a melhoria econômica pode criar condições para a redução da criminalidade. Portanto, a implementação da energia fotovoltaica pode não apenas aumentar a empregabilidade, mas também contribuir para uma diminuição dos comportamentos criminosos.

2. Educação Financeira e Aceitação da Energia Fotovoltaica:

A realização de oficinas de educação financeira nas comunidades carentes pode aumentar a aceitação da energia fotovoltaica. A formação de profissionais capacitados para a manutenção dos sistemas fotovoltaicos poderá gerar

oportunidades de emprego e melhorias econômicas. O estudo do Ipea (2022) destaca que "políticas públicas de combate à pobreza geram o mesmo efeito na redução da criminalidade". Além disso, o aumento do nível educacional está associado à diminuição das taxas de criminalidade, como indicado por Deming (2011), que mostra que investimentos em educação interferem positivamente na criminalidade. Assim, a capacitação técnica e a conscientização sobre energia sustentável podem levar a um aumento na adoção de tecnologias renováveis e à promoção do desenvolvimento sustentável.

3. Políticas Públicas e Redução da Criminalidade

A implementação de políticas públicas eficazes é crucial para reduzir a criminalidade em comunidades carentes. O estudo realizado pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (USP) aponta que "as políticas públicas podem apresentar efeitos negativos sobre a oferta criminal, dissuadindo os ofensores". A pesquisa sugere que programas como o Pronasci poderiam aumentar as oportunidades econômicas e educacionais, reduzindo assim o retorno esperado com atividades ilegais. Além disso, Mônica Concha et al. (2009) discutem que "o crescimento econômico e o desenvolvimento humano estão interligados", sugerindo que um ambiente socioeconômico mais robusto pode diminuir as taxas de criminalidade. Portanto, a combinação de energia fotovoltaica com políticas públicas direcionadas pode criar um ciclo virtuoso de desenvolvimento econômico e redução da criminalidade.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo geral

Propor alternativas para melhorar a qualidade de vida da população carente da cidade de Teófilo Otoni por meio da energia fotovoltaica, prevendo um impacto positivo direto nos padrões de vida e bem-estar dessas comunidades.

4.2. Objetivos específicos

1. Comparar os custos da energia convencional com a energia fotovoltaica, incluindo os custos de instalação e retorno para a comunidade, com a previsão

de identificar possíveis economias financeiras e benefícios ambientais associados à adoção da energia fotovoltaica.

2. Apresentar propostas de oficinas com aulas coletivas para os moradores acerca de educação financeira e consumo consciente de energia, com a previsão de promover a conscientização sobre a importância da educação financeira e do consumo consciente de energia, contribuindo para uma melhor gestão dos recursos e uma maior aceitação da energia fotovoltaica na comunidade.

5. JUSTIFICATIVA

A energia fotovoltaica representa uma fonte de energia limpa e sustentável com o potencial de promover mudanças significativas na vida das comunidades carentes, oferecendo oportunidades para a redução dos custos de energia elétrica e o desenvolvimento local. Entretanto, a adoção efetiva dessa tecnologia enfrenta uma série de desafios, destacando-se a falta de acesso a financiamento e capacitação técnica como barreiras significativas. Diante disso, torna-se imperativo investigar e compreender profundamente a relação entre essas barreiras e a adoção da energia fotovoltaica em comunidades carentes. Este estudo propõe uma análise detalhada das principais barreiras à adoção da energia fotovoltaica, com foco especial na questão do acesso a financiamento e capacitação técnica. A pesquisa se concentrará em coletar e analisar dados em comunidades que já adotaram essa tecnologia, bem como em comunidades que ainda não a utilizam, buscando identificar padrões, desafios comuns e oportunidades para promover uma maior disseminação da energia fotovoltaica nessas regiões.

Diante do cenário atual, marcado pela urgência na busca por soluções sustentáveis e acessíveis para atender às necessidades energéticas das comunidades mais vulneráveis, este estudo se apresenta como uma contribuição essencial para o desenvolvimento de políticas e iniciativas voltadas para a promoção da energia limpa e o fortalecimento socioeconômico dessas comunidades.

6. REFERENCIAL TEÓRICO

6.1. Viabilidade e impacto da energia fotovoltaica em comunidades carentes

6.1.1 Energia fotovoltaica: princípios e funcionamento

Apesar dos avanços significativos no que se diz a respeito de tecnologia sustentável transparecerem ser algo da contemporaneidade, de acordo com Mayrinck, C. et al (2017), as tentativas de desenvolvimento das células fotovoltaicas possuem algumas décadas:

“Em 1883, Charles Fritts criou a primeira célula solar, atingindo 1% de eficiência, um dispositivo que converte luz solar em corrente elétrica a partir do efeito fotoelétrico. Somente em 1954 pesquisadores da Bell Telephone Laboratories demonstraram o primeiro processo prático de conversão de radiação solar em energia elétrica através de uma junção p-n, resultando em uma eficiência de conversão de 6%. Junções p-n são basicamente compostas por semicondutores obtidos a partir da dopagem de um cristal puro, como por exemplo silício, por uma impureza (elemento) que possua mais (tipo n) ou menos (tipo p) elétrons em sua camada de valência do que o próprio metal puro. A junção desses semicondutores p e n, devido ao excesso de lacunas e elétrons, respectivamente, altera significativamente as propriedades elétricas do material, o que faz com que estes dispositivos apresentem bons resultados em conversão de energia. O uso de múltiplos semicondutores permite a absorção de uma ampla faixa de comprimento de ondas, aumentando a eficiência de conversão da radiação solar em energia elétrica.”

A elaboração dos dispositivos capazes de absorver energia por meio de células fotovoltaicas possui 3 categorias de evolução tecnológica: primeira, segunda e terceira geração, relatam os autores Mayrinck, C. et al (2017). Dados fornecidos pela National Renewable Energy Laboratory (2017) as classificam de forma em que, células da primeira geração são basicamente feitas de silício cristalino e baseadas na junção p-n, sua eficiência total documentada até o

momento foi de 25,3%. Entretanto, os altos custos tornaram necessária a elaboração de um modelo mais moderno e assim foram criadas as células de segunda geração: filmes inorgânicos depositados em estruturas e alcançando 23,3% de eficácia. “Esses dispositivos até então esbarravam em desvantagens como custo relativamente elevado de fabricação, uso de produtos químicos tóxicos em sua produção, além de estabilidade limitada devido a processos degradativos.” (Rev. Virtual Quim. Vol 9; No. 2, p.719). Dadas as circunstâncias, foi iniciado o processo de produção da terceira geração. Esta tecnologia que atua absorvendo multifótons, a mais encontrada no mercado nos tempos atuais é a de maior custo-benefício de todas as três opções.

6.1.2 Desafios no Consumo de Energia Elétrica em Comunidades Carentes

Os desafios no acesso à energia elétrica de qualidade tornam o desenvolvimento social e econômico de comunidades carentes, limitado. Analisar os desafios energéticos que essas comunidades enfrentam e abordar alternativas para a promoção de inclusão social e garantir acesso à energia elétrica de qualidade é um dos objetivos analisados em tese.

Muitas vezes, comunidades de baixa renda recebem serviços de energia elétrica de pouca qualidade em relação aos consumidores de mais ascensão social. As dificuldades de acesso à energia elétrica limitam o desenvolvimento econômico e social das comunidades (HEMAIS 2011). Os altos índices de furto e inadimplência de energia elétrica são desafios específicos enfrentados por essas comunidades (COELCE, 2013)

A forma como o incentivo ao consumo e acesso a bens materiais vem sendo abordada não tem se mostrado eficaz para atender às necessidades específicas das comunidades carentes em relação ao consumo de energia elétrica. Portanto, torna-se necessário acrescentar abordagens alternativas e inovadoras que priorizem a sustentabilidade ambiental e equidade social. (WRI 2013)

6.1.3 Geração Distribuída Fotovoltaica como Alternativa

A energia solar tem sido uma solução eficaz para atender às necessidades de comunidades carentes, especialmente em áreas remotas ou sem acesso à rede elétrica convencional. Esses sistemas, muitas vezes baseados em tecnologia off-grid, oferecem energia limpa, confiável e sustentável. No Brasil, iniciativas como o programa **Luz para Todos** e esforços de organizações como o **Instituto Socioambiental (ISA)** têm promovido a implementação de sistemas solares em comunidades ribeirinhas e indígenas da Amazônia. No semiárido nordestino, sistemas solares estão sendo utilizados tanto para consumo doméstico quanto para finalidades agrícolas, como bombeamento de água, trazendo melhorias significativas para a qualidade de vida local. Empresas como **Engie** e **Neoenergia** também investem em projetos sociais voltados à eletrificação rural com energia solar.

Em âmbito global, a África Subsaariana é destaque no uso de sistemas solares off-grid, com apoio de ONGs como a **SolarAid** e empresas como a **M-KOPA**, que têm levado energia limpa a países como Quênia, Tanzânia e Ruanda. Na Índia, programas como o **Saubhagya Scheme** buscam eletrificar comunidades isoladas, enfatizando soluções solares. De forma semelhante, países do Sudeste Asiático, como Indonésia e Filipinas, têm adotado essa tecnologia em ilhas e vilarejos isolados, demonstrando o potencial transformador da energia solar em diferentes contextos.

Esses exemplos reforçam a viabilidade e o impacto positivo da geração distribuída fotovoltaica, ao mesmo tempo que evidenciam a importância de políticas públicas, investimentos sociais e iniciativas comunitárias para promover o acesso à energia em populações vulneráveis.

6.1.4 Viabilidade Econômica

A energia solar fotovoltaica tem se expandido de forma crescente e inexorável no Brasil, apresentando-se como uma alternativa viável para a geração de energia elétrica.

Pelas adversidades, a viabilidade econômica dessa fonte de energia é um dilema a ser debatido, em especial nas comunidades carentes. No referencial teórico, irão ser expostas as informações idealizadas nos artigos “Energia Solar Fotovoltaica” (O. S. Pereira et al. 2021) e “Análise da Integração de Geração” (Bezerra Medeiros), com finalidade de discutir a viabilidade e o impacto da energia fotovoltaica nas comunidades.

O alto custo dos equipamentos tem sido um desafio primordial na expansão da energia fotovoltaica no Brasil. Osvaldo Soliano Pereira revela em seu artigo que reduzir esses custos é importante para tornar essa fonte de energia mais competitiva quando comparada às fontes tradicionais (O. S. Pereira et al. 2021)

A falta de incentivos por parte do governo e o nível de complexidade em regular também dificuldade a viabilidade econômica da energia fotovoltaica. Torna-se necessário que haja políticas públicas claras e eficazes que incentivem a adoção dessa fonte de energia, promovendo a expansão da mesma em comunidades periféricas.

A redução dos custos nos equipamentos e melhora na eficiência dos sistemas, apesar dos desafios, tem contribuído para que a energia solar se torne mais competitiva em relação a outras fontes. Os avanços tecnológicos são fundamentais na viabilização da adoção de energia fotovoltaica em comunidades carentes, (O. S. Pereira et. al, 2021)

O que permite que os consumidores gerem sua própria energia é a geração distribuída, que tem se mostrado uma forma viável para amenizar os custos da energia fotovoltaica. A abordagem é especialmente benéfica nas comunidades de baixa renda, incentivando a autossuficiência energética e amortizando a dependência de fontes convencionais (O. S. Pereira et al, 2021). A análise da viabilidade econômica da energia fotovoltaica em comunidades carentes deve levar em conta não apenas os custos iniciais de instalação, mas também os custos de manutenção e operação ao longo do tempo. É necessário considerar a vida útil dos painéis solares e a necessidade de substituição de componentes, bem como os custos associados (Bezerra Medeiros).

O potencial para impactar as comunidades carentes é visível na energia fotovoltaica, facilitando o acesso à energia limpa e renovável. Os desafios relacionados à viabilidade econômica, melhora da eficiência dos sistemas,

redução dos custos dos equipamentos e adoção da geração distribuída contribuem para que essa fonte de energia se torne mais competitiva. Iniciativas e políticas públicas direcionadas a promoção de energia fotovoltaica em comunidades carentes são vitais, tanto nos aspectos técnicos quanto socioeconômicos.

6.2. Barreiras à adoção de energia fotovoltaica em comunidades carentes

Na visão exposta por Mesquita, Souza e Gastaldi (2010) compara-se os custos envolvendo a implantação de energia fotovoltaica e sua viabilidade. De acordo com os autores, o custo elevado dos módulos fotovoltaicos torna viável a sua instalação para situações de baixo consumo apenas. Os autores destacam que os principais componentes do sistema fotovoltaico são os módulos fotovoltaicos, as baterias elétricas, os controladores de cargas e os inversores. Além disso, eles realizaram um levantamento sobre os custos de aquisição, instalação e manutenção do sistema fotovoltaico e do sistema convencional (extensão da rede da concessionária de energia). Após este levantamento minucioso, Mesquita (2010) concluiu que, apesar do alto valor na aquisição de fontes de energia renováveis, em locais isolados o custo-benefício é maior devido a extensão necessária de rede, que por vezes acaba justificando o investimento nas células fotovoltaicas.

A partir dessa análise comparativa, Mesquita et al. (2010) concluíram que a energia solar fotovoltaica apresenta vantagens econômicas em relação à extensão da rede convencional em locais remotos ou isolados. Dados divulgados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) após 10 anos da pesquisa feita por Mesquita et al (2010) revelam que os custos da utilização de energia fotovoltaica caíram cerca de 80% nos últimos dez anos (ANEEL, 2021). Nas palavras de Pereira (2021), a queda na totalidade dos custos financeiros para implantação e manutenção final de painéis com células fotovoltaicas se dá a partir de políticas públicas e incentivos financeiros progressivos ao longo dos últimos anos, sendo eles leilões de energia e linhas de financiamento, trazendo crescimento exponencial pro setor.

Todavia, ainda há desafios financeiros na implantação de energia fotovoltaica, entre eles o deficit de um financiamento adequado, e a falta de um mercado nacional voltado para a produção de insumos e equipamentos

utilizados na elaboração dos painéis pode acarretar no aumento do custeio final. Criando-se assim uma situação que torna o setor menos competitivo em relação aos outros. Entretanto, de acordo com Pereira et. Al (2021), mesmo com essas barreiras a tendência de mercado é de crescimento no setor, devido aos preços declinantes que tornam o custo-benefício cada vez maior conforme a tecnologia fica mais eficiente em relação as outras fontes de energia do mercado.

7. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS

7.1. Quanto aos fins

A pesquisa é classificada como explicativa, buscando esclarecer a viabilidade da implementação da energia fotovoltaica em comunidades carentes, especificamente nos municípios de Maranguape, Quixeré e Irauçuba, no estado do Ceará. O objetivo é compreender as implicações sociais, ambientais e econômicas da instalação desse sistema energético, com a intenção de fornecer uma base sólida para futuras ações e políticas públicas.

7.2. Quanto aos meios

A pesquisa adotará uma abordagem mista, combinando métodos qualitativos e quantitativos para proporcionar uma análise abrangente da viabilidade da energia fotovoltaica. Os procedimentos incluem:

Revisão Bibliográfica: Realização de uma revisão de literatura sobre a implementação de energia solar em comunidades de baixa renda, utilizando documentos acadêmicos, relatórios de organizações governamentais e estudos de caso relevantes. A revisão contemplará experiências de outras regiões, como os programas de energia solar em comunidades isoladas da Amazônia e as iniciativas de eletrificação rural no Ceará.

Estudos de Caso: Implementação de estudos práticos em comunidades que já adotaram a energia fotovoltaica, como o Assentamento Saco dos Ventos e a Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar (COOPERFAM CEARÁ). Estes estudos permitirão uma análise detalhada dos impactos sociais e

econômicos observados, incluindo a redução nas contas de eletricidade, a criação de empregos locais e as melhorias na qualidade de vida. A análise incluirá dados sobre a economia gerada pela energia solar, a evolução da renda familiar e a potencial redução da criminalidade associada ao desenvolvimento econômico.

Entrevistas com Especialistas: Condução de entrevistas semiestruturadas com especialistas em energia renovável, representantes de cooperativas e membros das comunidades envolvidas. Essas entrevistas fornecerão insights qualitativos sobre a percepção local em relação à energia solar, além de identificar desafios e sugestões para a implementação. As respostas serão analisadas para extrair padrões e recomendações.

Análise de Custos e Benefícios: Utilização de planilhas orçamentárias para analisar o investimento inicial e os custos operacionais da energia fotovoltaica em comparação com fontes convencionais, como a energia elétrica gerada a partir de combustíveis fósseis. Esta análise permitirá a quantificação da economia financeira ao longo do tempo e a avaliação do retorno sobre o investimento (payback).

Dados Quantitativos: Coleta de dados quantitativos sobre a economia financeira gerada pela implementação da energia fotovoltaica e seus impactos na qualidade de vida das comunidades. Indicadores como a redução nos gastos com energia e o aumento da renda familiar serão utilizados para embasar a análise. Além disso, serão considerados dados de estudos anteriores que demonstram a relação entre o aumento do acesso à energia e a redução da criminalidade, proporcionando uma visão mais abrangente do impacto econômico e social.

7.3. Quanto ao tratamento dos dados

A pesquisa adotará uma abordagem qualitativa e quantitativa. Os dados qualitativos, coletados através da revisão de literatura e das entrevistas, serão analisados utilizando a técnica de análise de conteúdo, visando identificar temas e padrões relevantes para a viabilidade da energia

fotovoltaica nas comunidades.

Os dados quantitativos, provenientes da análise de custos e benefícios, serão tratados estatisticamente, possibilitando a comparação entre a energia fotovoltaica e as fontes convencionais. As variáveis financeiras, como custo de instalação e economia gerada, serão apresentadas em gráficos e tabelas, oferecendo uma representação visual clara dos resultados.

Análise Econômica

A análise econômica é fundamental para entender a viabilidade do investimento em energia solar nas comunidades estudadas. Abaixo, apresentamos um paralelo entre os custos da energia convencional e os custos associados à implantação do sistema fotovoltaico:

Custo da Energia Convencional

O custo médio da energia elétrica na região é de aproximadamente R\$ 0,95 por kWh. Para uma família com consumo médio mensal de 200 kWh, o gasto mensal seria:

$$\text{Custo}\backslash\text{Mensal}=200\backslash\text{kWh}\times R\backslash\$0,95/\text{kWh}=R\backslash\$190,00$$

Isso resulta em um custo anual de:

$$\text{Custo}\backslash\text{Anual}=R\backslash\$190,00\times 12=R\backslash\$2.280,00$$

Custo da Implantação do Sistema Fotovoltaico

Para atender a essa demanda, um sistema fotovoltaico com potência de 4 kWp seria adequado, custando cerca de R\$ 14.720,00.

Economia Gerada pela Energia Solar

Se o sistema gerar toda a energia necessária para a residência (200 kWh/mês), a economia anual seria equivalente ao custo anual com a energia elétrica:

- **Economia Anual:** R\$ 2.280,00.

Tempo de Retorno do Investimento (Payback)

O payback é calculado dividindo o custo total do sistema pela economia anual:

$$\text{Payback}=\frac{\text{Custo}\backslash\text{do}\backslash\text{Sistema}}{\text{Economia}\backslash\text{Anual}}=\frac{R\backslash\$14.720,00}{R\backslash\$2.280,00}\approx 6,45\backslash\text{anos}$$

Item	Energia Convencional	Energia Solar Fotovoltaica
Custo por kWh	R\$ 0,95	R\$ 0,00 (após instalação)
Consumo Mensal (kWh)	200 kWh	200 kWh
Custo Mensal	R\$ 190,00	R\$ 0,00 (após instalação)
Custo Anual	R\$ 2.280,00	R\$ 0,00 (após instalação)
Custo de Instalação (4 kWp)		R\$ 14.720,00
Economia Anual		R\$ 2.280,00
Tempo de Retorno do Investimento (Payback)		Aproximadamente 6,45 anos

QUADRO: Dados comparativos entre energia convencional e fotovoltaica

Notas:

- O custo da energia convencional é baseado em uma tarifa média de R\$ 0,95 por kWh.
- O custo mensal e anual com energia elétrica convencional é calculado com base no consumo médio de 200 kWh/mês.
- O custo de instalação do sistema fotovoltaico é estimado em R\$ 14.720,00 para um sistema de 4 kWp.
- A economia anual representa o valor que a família deixará de gastar

com energia elétrica após a instalação do sistema fotovoltaico. Essa tabela fornece uma visão clara e concisa dos custos associados a cada opção de energia, facilitando a comparação e análise da viabilidade econômica da energia solar em comunidades carentes.

8. Considerações Finais

Realizado nos municípios de Maranguape, Quixeré e Irauçuba, o caso da energia fotovoltaica aplicada a comunidades carentes surgiu como uma alternativa viável socioeconômica e ambientalmente impactante. Os objetivos da pesquisa foram alcançados, pois comprova que, embora a iniciação enfrente desafios financeiros, a instalação do sistema solar tem custos-benefícios significativos que reduzem os custos de eletricidade, criam empregos localmente e possivelmente fomentam o desenvolvimento econômico. A análise quantitativa demonstrou que um consumo médio de 200 kWh por residência leva a uma economia anual de R\$ 2.280,00; portanto, o período de retorno é de aproximadamente 6,5 anos, o que torna o projeto financeiramente sustentável no médio prazo. Esses dados apoiam a suposição inicial de que a adoção de energia fotovoltaica acompanhada de planejamento financeiro inteligente e formação de parcerias público-privadas poderia quebrar a camisa de força econômica inicial e contribuir para o esforço de desenvolvimento local. Outra presunção importante do estudo foi que melhorar a situação econômica pode melhorar a qualidade de vida e reduzir os males sociais, por exemplo, a criminalidade. Mesmo que as informações não permitam recorrer a um julgamento sobre se há ou não energia solar direta e cair na criminalidade, a literatura prefere que, também nesta questão, possa ter um efeito indireto.

Finalmente, serve ao propósito de avaliar a possibilidade de estender e colher benefícios de outras regiões; assim, faz parte de uma base sólida para políticas públicas e pesquisas futuras. Portanto, a análise deve passar por investigações mais extensas para consequências sociais de longo prazo para criar o ambiente propício para o uso sustentável da energia solar entre comunidades carentes no Brasil.

9. REFERENCIAS

MAYRINCK, C.; ROCHA, L. A.; VITORETI, A. B. F.; VAZ, R.; TARTUCI, L. G.; FERRARI, J. L.; SCHIAVON, M. A. *Célula Solar de Grätzel: Uma Proposta de Experimentação Interdisciplinar*. Revista Virtual de Química, v. 9, n. 2, p. 717-728, mar./abr. 2017. ISSN 1984-6835. Disponível em: <<http://rvq.sbq.org.br/imagebank/pdf/v9n2a22.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2021.

NASCIMENTO, Cássio Araújo do. *Princípio de Funcionamento da Célula Fotovoltaica. Monografia (Especialização em Fontes Alternativas de Energia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004. Orientador: Carlos Alberto Alvarenga.*

BORGER, Fernanda Gabriela et al. *Inovação social e sustentabilidade: consumo de energia elétrica em comunidades carentes no Brasil*. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET, v. 19, n. 1, p. 71-79, jan.-abr. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/2236117015458>>. Acesso em: 10 ago. 2021.

Barbosa Filho, W.P.; Ferreira, W.R.; Azevedo, A.C.S.; Costa, A.L.; Pinheiro, R.B. *Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: impactos ambientais e políticas públicas*. Revista de Gestão Sustentável e Ambiental, v. 4, n. esp, p. 628-642, dez. 2015.

MEDEIROS, Marcus Vinícius Bezerra. *Análise da integração de geração distribuída fotovoltaica em condomínios de baixa renda*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2021.

SANTOS, Ana Paula; FERREIRA, Carlos; RIBEIRO, João. *A energia solar fotovoltaica como alternativa para o desenvolvimento sustentável em comunidades rurais*. Revista Brasileira de Energia Solar, v. 3, n. 2, p. 78-89, 2020.

Pereira, O. S., & Ruther, R. (2021). Energia Solar Fotovoltaica. Revista Brasileira de Energia, 27(3), 61-82. DOI: 10.47168/rbe.v27i3.642.

MATAVELLI, Augusto Cesar. *Energia solar: geração de energia elétrica utilizando células fotovoltaicas*. 2013. 34f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2013.

DANTAS, J. M. *Sistema fotovoltaico para comunidades isoladas utilizando ultracapacitores para armazenamento de energia*. 2012. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica)-Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

ALCÂNTARA, Thiago Hermano Alves de. *Energia fotovoltaica em comunidades isoladas no Amazonas com abordagens da economia e sustentabilidade*. 2017.

51 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Energia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

ALMEIDA, Maria Rosa Dionísio. *Avaliação financeira e econômica de energia fotovoltaica e eólica na matriz energética de comunidades rurais no estado do Ceará*. 2018. 134 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

Steingraber, R. (2022). *DESENVOLVIMENTO E CRIMINALIDADE:: UMA ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE O SALÁRIO DOS POLICIAIS E A TAXA DE HOMICÍDIOS NOS ESTADOS DO BRASIL*. *Planejamento E Políticas Públicas*, (61). <https://doi.org/10.38116/ppp61art4>

OLIVEIRA, Luís Fernando Bezerra de. *Desenvolvimento econômico reduz criminalidade?: evidências para os municípios paulistas*. 2019. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.