

SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS HÍBRIDOS ISOLADOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM BASE EM ENERGIAS RENOVÁVEIS – ANALISANDO O IMPACTO AMBIENTAL E SOCIAL

Renan Augusto S. Rodrigues¹ (IC), Diego Mauricio Y. Maya (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI.

Palavras-chave: Energias renováveis. Índice de Desenvolvimento Humano. Sistemas híbridos.

Introdução

A instalação de sistemas híbridos em comunidades remotas é uma solução crucial para fornecer energia nessas áreas, pois muitas delas atualmente carecem de combustíveis fósseis para a geração de eletricidade, o que acarreta em um impacto ambiental significativo.

A tarefa de analisar o impacto ambiental da implementação desses sistemas híbridos em comunidades isoladas é complexa e envolve a compreensão dos efeitos que eles podem ter no meio ambiente. Isso requer uma consideração de vários aspectos, incluindo o uso de recursos naturais. Sistemas híbridos frequentemente incorporam fontes de energia renováveis, o que pode reduzir a dependência de combustíveis fósseis e diminuir as emissões de gases de efeito estufa.

Além da análise ambiental, é imperativo avaliar o impacto social da implementação desse sistema. Isso envolve examinar como essa tecnologia pode beneficiar comunidades isoladas, proporcionando acesso à eletricidade e melhorando a qualidade de vida. No entanto, é igualmente importante considerar os desafios e impactos potenciais negativos, como a necessidade de treinamento e capacitação da população local para a manutenção dos sistemas, bem como possíveis conflitos relacionados à propriedade e gestão desses recursos.

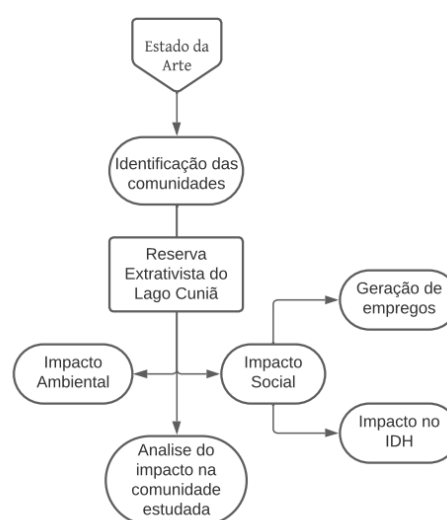
Dessa forma, o objetivo desta pesquisa é duplo: coletar dados e informações sobre comunidades isoladas e realizar uma análise abrangente da técnica-econômica dos sistemas simulados. Além disso, busca-se avaliar os

impactos sociais e ambientais causados por essas implementações nas comunidades, a fim de promover uma transição sustentável e benéfica para todas as partes envolvidas.

Metodologia

Na metodologia deste resumo, foi adotada uma abordagem detalhada e estruturada da pesquisa. Inicialmente, os objetivos do estudo e os possíveis passos para atingir esses objetivos são claramente definidos. Segue na figura 1 o diagrama das atividades elaboradas ao longo do projeto.

Figura 1 – Diagrama das atividades



Fonte: autoria própria

1. Estado da Arte

A temática do projeto, foi realizada pesquisa de artigos para compreensão do tema, sistema híbrido, analisar o impacto que ele pode causar em uma comunidade. Depois de escolhidas as comunidades para simulação de um sistema híbridos, para as mesmas, foram feitas as análises dos impactos causados nas comunidades, sendo eles os impactos ambientais, sociais e a viabilidade técnico-econômicas.

2 Análise dos Impactos da Instalação do Sistema Híbridos

A instalação de um sistema híbrido em uma comunidade isolada pode ter impactos tanto sociais quanto ambientais significativos. Em termos sociais, a introdução de um sistema híbrido pode melhorar a qualidade de vida e o bem-estar da comunidade, proporcionando acesso a energia limpa e confiável. Isso pode impactar positivamente áreas como saúde, educação e comunicação, além de promover o desenvolvimento econômico local [1].

Segundo [1] os impactos ambientais negativos, de caráter local, regional e mundial, resultantes da produção e do uso da energia representam, indiscutivelmente, a ameaça à saúde e ao bem estar da atual e das futuras gerações, conforme os estudos mais recentes relacionados ao aquecimento global e às mudanças climáticas. Isso indica a necessidade de mudança ao vigente paradigma do desenvolvimento energético, que não é sustentável tanto do ponto de vista ambiental quanto por questões de caráter econômico, geopolítico, social e humanitário.

3. Impacto dos equipamentos

A turbina eólica é desenhada para converter energia limpa sem produzir emissões de CO₂ durante a operação. No entanto, poluentes são emitidos e a energia é usada através dos processos de fabricação, de construção e de reutilização e reciclagem. Isto significa, que a energia eólica não é completamente livre de emissões de gases de efeito estufa. Não existe uma tecnologia totalmente livre de emissões de poluentes [2].

De acordo com [2], muitos autores chegam à conclusão que a etapa onde é mais notável o impacto ambiental é na manufatura, e as emissões dependem dos métodos de produção de cada turbina. Segundo [2] explicam que

quanto maior o tamanho da turbina eólica, menor a quantidade de emissões produzidas. O local de instalação onde possui uma considerável média de ventos, também influi reduzindo o impacto ambiental das turbinas eólicas [3].

Segundo o estudo realizado por [4], o intervalo de emissões de gases de efeito estufa sobre o ciclo de vida da energia eólica encontra-se entre 0,4 e 364,8 g CO₂-eq/kWh, com um valor médio de 34,1 g CO₂-eq/kWh. A cultura e fabricação representam o 71% das emissões, seguido da construção com 24%, e a operação e reciclagem com a porcentagem restante de (5%).

O ciclo de vida dos sistemas painéis fotovoltaicos consiste nas seguintes fases: a primeira é a fase de fabricação ou manufatura, a segunda fase é de transporte, a terceira é a fase de operação e por última a fase de reciclagem [5]. Como acontece na tecnologia eólica, a energia fotovoltaica não produz poluentes na fase de operação. Os impactos ambientais ocorrem nas etapas de fabricação e de transporte [6].

Quando as plantas dos painéis fotovoltaicos são instaladas no campo, a indústria agrícola perde terreno para utilizar na plantação de alimentos, porque os painéis fotovoltaicos criam sombra no chão, o qual faz que o solo não receba radiação solar, dificultando o processo de fotossíntese na vegetação. No entanto, quando os módulos fotovoltaicos são instalados nos telhados dos edifícios, em estacionamentos e casas, não é necessário terreno adicional. Esta escolha de localização depende do tamanho do sistema fotovoltaico [6].

De acordo com o estudo realizado por [4], o intervalo de emissões de gases de efeito estufa sobre o ciclo de vida da energia solar está entre 1 e 218 g CO₂-eq/kWh, com um valor médio de 49,9 g CO₂ eq/kWh. A cultura e fabricação representam o 71% das emissões, seguido da construção com 19%, a operação tem o 13% e reciclagem com a porcentagem restante (3,3%).

Resultados e discussão

1 Análise do Local de Estudo

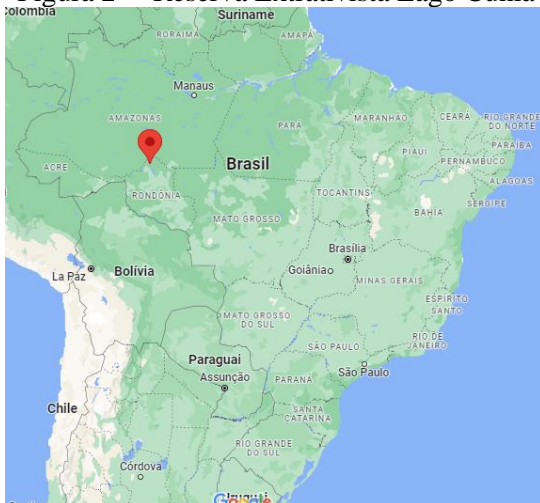
Foi definido como o local de estudo a reserva extrativista de Cuniã. Depois de escolhida foram feitas todas as

simulações necessárias para assim verificar se a instalação do sistema seria viável na comunidade.

1.1 Reserva Extrativista Cuniã

Local de estudo escolhido para a aplicação da simulação para o ICEM foi a Reserva Extrativista (RESEX) Lago Cuniã. Que portanto, de acordo com o [7], a RESEX Lago do Cuniã (8° 18' S, 63° 29' W) seria composta por quatro núcleos habitacionais principais (Silva Lopes Araújo, Neves, Pupunhas lado esquerdo e Pupunhas lado direito) e outros dois núcleos menores e mais distantes (Araçá e Bela Palmeira). Na figura 2 vemos a localização da RESEX Lago Cuniã.

Figura 2 – Reserva Extrativista Lago Cuniã



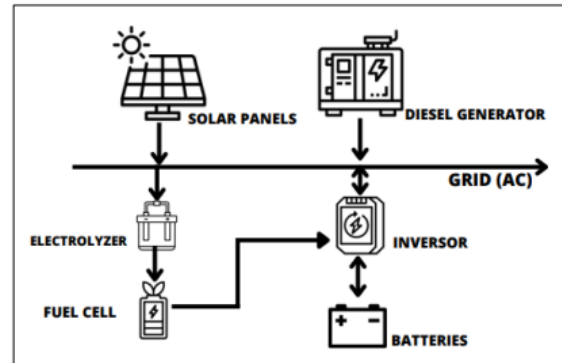
Fonte: Google (2023)

Nestes núcleos vivem cerca de 400 pessoas, perfazendo um total de 83 famílias [8]. Quanto às atividades econômicas desenvolvidas na reserva, afirma-se que aproximadamente 70% referem-se à pesca e ao extrativismo, com uma parcela menor presente na agricultura, serviço público e negócios próprios [7].

2. Dimensionamento da potencial usina híbrida

Após a simulação para a instalação de um sistema híbrido na RESEX e a verificação do melhor modelo de energia renovável ideal para o local é composto pelos seguintes equipamentos: painéis fotovoltaicos, baterias, turbinas eólicas, gerador a diesel, célula combustível, eletrolisador e inversores. Segue na figura 3 a esquematização do sistema.

Figura 3 – Esquema do Sistema



Fonte: iHOGA

Veremos a seguir a tabela 1, que mostra de maneira mais detalhada os equipamentos utilizados na simulação.

Tabela 1 – Componentes do sistema

Equipamentos	Modelo	Energia
Painel Fotovoltaico	PV 100	100 Wp
Bateria	Bat240kWh	0,24MWh
Gerador a diesel	Disiel150kW	50KVA
Célula combustível	FuelCell1kW	1kW
Eletrolizador	Elyzer2kW	2kW
Inversos	Inv-Ch75kW	75kW

Fonte: iHOGA

3. Impacto ambiental e social do sistema híbrido

A nível ambiental, os inventários de equipamentos podem descrever o impacto de projetos simulados, a fim de compreender o seu impacto na vida humana e nos ecossistemas terrestres e aquáticos. A alta concentração de dióxido de carbono leva a uma série de alterações climáticas, como poluição do ar, formação de chuva ácida e desequilíbrio do efeito estufa. Consequentemente há elevação da temperatura da Terra, que traz consigo os efeitos das mudanças climáticas [9]. Segundo o [10] o impacto causado pelas emissões de CO₂ no sistema aquático por ano seria de $3,93 \cdot 10^{-10}$ e no terrestre cerca de $1,44 \cdot 10^{-4}$, assim demonstrando que a implementação não causaria risco a nenhuma espécie.

Segundo [11] o consumo de energia mostra-se altamente relacionado a indicadores sociais como as taxa de analfabetismo, mortalidade infantil, expectativa de vida

ao nascer e fertilidade e até mesmo, com outros índices compostos como o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Quanto ao impacto social ao analisar o impacto do projeto na área protegida é através do (IDH), baseado no acesso da comunidade à energia elétrica. Segundo o [10], temos que o consumo médio anual é de cerca de 88,377 MWh/ano. E a geração de emprego segundo a simulação seria de apenas 1 emprego.

Conclusões

A escolha da Reserva Extrativista do lago Cuniã como local de pesquisa para aplicação de simulação do sistema híbrido de energia foi fundamental para avaliar sua viabilidade na comunidade. Compreendendo a complexidade e a diversidade dos centros habitacionais habitados por aproximadamente 400 pessoas dentro da reserva, constatamos que as principais atividades econômicas são a pesca e o extrativismo, com menor envolvimento da agricultura e das empresas independentes.

Após cuidadosas simulações, projetamos um sistema híbrido composto por painéis fotovoltaicos, baterias, geradores a diesel, células de combustível, eletrolisadores e inversores. A análise detalhada dos componentes revela a capacidade do sistema de atender às necessidades energéticas da comunidade.

Considerando os impactos ambientais, as simulações mostram que a implementação do sistema híbrido não representa riscos significativos para os ecossistemas locais e que as emissões de CO₂ estão dentro de níveis aceitáveis. Em termos de impacto social, o fornecimento de eletricidade tem uma relação direta com indicadores sociais como o Índice de Desenvolvimento Humano, embora a criação direta de emprego seja limitada.

Em resumo, os resultados da simulação mostram que a instalação de um sistema híbrido na Reserva Extrativista do Lago Cuniã é viável do ponto de vista técnico e ambiental e poderia ajudar a melhorar o acesso à energia para a comunidade, embora o seu impacto direto na criação de empregos seja limitado. Esta abordagem sustentável pode trazer benefícios significativos para a qualidade de vida dos residentes da reserva, ao mesmo tempo que minimiza o impacto ambiental.

Agradecimentos

O orientando agradece a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, FAPEMIG; pelo financiamento do Projeto: “Simulação e Otimização de Sistemas Híbridos Isolados de Geração de Energia Elétrica com Base em Energias Renováveis [PROCESSO APQ-01932-21] executado na Universidade Federal de Itajubá sob o edital 001/2021 - Demanda universal, registro DPI UNIFEI Nro: PVDI208-2021 e à Universidade Federal de Itajubá.

Referências

- [1] M. M. SEVERINO, “Avaliação Técnico-Econômica de um Sistema Híbrido de Geração Distribuída para Atendimento a Comunidades Isoladas da Amazônia,” pp. 1–358, 2008.
- [2] R. Aso and W. M. Cheung, “Towards greener horizontal-axis wind turbines: Analysis of carbon emissions, energy and costs at the early design stage,” *J. Clean. Prod.*, vol. 87, no. 1, pp. 263–274, 2015, doi: 10.1016/j.jclepro.2014.10.020.
- [3] N. Demir and A. Taşkin, “Life cycle assessment of wind turbines in Pınarbaşı-Kayseri,” *J. Clean. Prod.*, vol. 54, pp. 253–263, 2013, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.04.016.
- [4] D. Nugent and B. K. Sovacool, “Assessing the lifecycle greenhouse gas emissions from solar PV and wind energy: A critical meta-survey,” *Energy Policy*, vol. 65, pp. 229–244, 2014, doi: 10.1016/j.enpol.2013.10.048.
- [5] L. Y. Seng, G. Lalchand, and G. M. Sow Lin, “Economical, environmental and technical analysis of building integrated photovoltaic systems in Malaysia,” *Energy Policy*, vol. 36, no. 6, pp. 2130–2142, 2008, doi: 10.1016/j.enpol.2008.02.016.
- [6] J. Mario, A. Ruiz, and C. E. Tuna, “Análise De Eficiência Ambiental De Um Sistema Híbrido Solar Fotovoltaico – Eólico,” vol. 2012, pp. 2012–2017, 2016.
- [7] “Núcleo de apoio a população ribeirinha da amazonia - NAPRA,” 2023. Acessado em: <https://napra.org.br/territorios-de-atuacao/rondonia/reserva-extrativista-do-lago-do-cunia/>
- [8] ICMBio, “Diagnóstico Da Reserva Extrativista De Cassurubá,” vol. I, 2018.
- [9] “Cootrol tecnologia em combustão,” 2023. Acessado em: <https://blog.cootrol.com.br/consequencias-emissao-de-co2/#:~:text=A alta concentração de dióxido,os efeitos das mudanças climáticas.>
- [10] “iHOGA,” 2023. Acessado em: <https://ihoga.unizar.es/>
- [11] P. Velho, “O acesso à energia elétrica relacionado ao IDH dos domicílios no estado de Rondônia , anterior a construção das usinas hidrelétricas de Santo Antonio de Jirau .,” 2020.