

## SIMULAÇÃO DE SISTEMAS HÍBRIDOS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E BASES DE DADOS ARBITRADAS

Amanda Klein<sup>1</sup> (IC)<sup>1</sup>, Diego Mauricio Y. Maya (PQ)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI.

**Palavras-chave:** Comunidades isoladas. Energias renováveis. Simulação. Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

### Introdução

A geração de eletricidade a partir de fontes renováveis relacionam-se com a segurança energética, a proteção do clima e do meio ambiente, e com a minimização de impactos causados pelo uso de combustíveis fósseis.

Na atualidade, cerca de 1 bilhão de pessoas vivem em regiões isoladas sem acesso à eletricidade. Uma solução viável para essas áreas é a geração distribuída por meio de micro-redes híbridas, uma alternativa eficaz para fornecer energia em locais remotos, já adotada em vários países para eletrificar áreas rurais e ilhas.

Pensando nesta solução, é necessária a coleta e análise das informações principais da comunidade onde o sistema será implantado, localizadas em base de dados arbitradas e na literatura científica. Além disso, esse conhecimento auxilia na avaliação do potencial energético, mas que se encontra disperso entre muitas fontes ou não disponíveis publicamente.

Assim, o objetivo desta pesquisa consiste em coletar dados de sistemas de informação geográfica, base de dados e ferramentas de georreferenciação para simulações de sistemas híbridos em comunidades isoladas, além de analisar a viabilidade técnico-econômica dos sistemas simulados, analisar e identificar a confiabilidade dos dados disponíveis.

Por fim, foi desenvolvida uma metodologia baseada em uma abordagem de quadrantes para a caracterização das comunidades, onde a premissa subjacente é a crença na existência de semelhanças territoriais, permitindo a categorização em grupos afins e simulações eficientes de sistemas híbridos. Dessa forma, foram utilizados mapas solares e eólicos para mapear os recursos energéticos naturais em cada região e, após integrá-los, foi possível criar uma representação visual das particularidades energéticas de cada área, permitindo a compreensão e maior confiança em termo de recursos disponíveis.

### Metodologia

A pesquisa foi realizada partindo da avaliação do estado da arte, da definição das ferramentas de georreferenciação e dos dados de simulação. Após isso, estudou-se uma localidade isolada e foi analisada a região e seu potencial energético, desenvolvendo uma metodologia baseada em quadrantes.

Figura 1 – Diagrama de Fluxo das Atividades Desenvolvidas.

Diagrama de Fluxo das Atividades Desenvolvidas



Fonte: Autoria própria.

## 1. Estado da Arte, Definição das Ferramentas de Georreferenciação, Definição dos Dados de Simulação

No primeiro ano da pesquisa, realizou-se uma ampla revisão de estudos sobre energia renovável, sistemas híbridos, georreferenciação e simulações de energia híbrida. Assim, identificaram-se ferramentas de georreferenciação, incluindo o *Data Access Viewer* [1] da NASA [2] e o *ATLAS Global* da IRENA, com base em critérios como disponibilidade de informações, período abrangido, tipo de dados e acessibilidade. O *Data Access Viewer* foi escolhido, oferecendo dados abrangentes e exportáveis para análises anuais e diárias. Além disso, o software de simulação iHOGA, usando dados da NASA, foi selecionado para estudos de caso, enfocando irradiação solar e velocidade do vento. Esse processo destacou a relevância da georreferenciação nas simulações de sistemas híbridos de energia.

## 2. Caracterização e Simulação de Comunidade – Lago do Cuniã

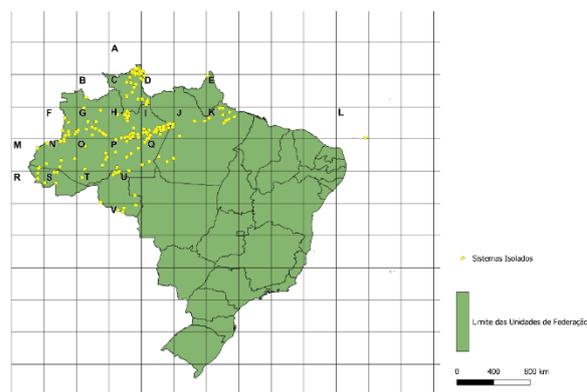
A pesquisa teve como objetivo identificar comunidades remotas com potencial para sistemas híbridos de geração de eletricidade, considerando fatores como irradiação solar, clima e proximidade de recursos naturais. Focou-se especialmente em comunidades isoladas no Norte do Brasil, com base em dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) [3]. Parcerias com organizações locais, como o Núcleo de Apoio à População Ribeirinha da Amazônia (NAPRA) [4], forneceram informações detalhadas sobre comunidades específicas, como a Reserva Extrativista do Lago do Cuniã, que atualmente depende de geradores a diesel. Assim, o estudo visa avaliar a viabilidade de implementar sistemas autônomos de geração de energia sustentável nessas áreas remotas.

## 4. Metodologia Baseada em Quadrantes

Nesse contexto, com aproximadamente 212 comunidades isoladas no Brasil, a maioria no norte do país, adotou-se uma abordagem de divisão em quadrantes com base na geolocalização para facilitar a obtenção de dados climáticos e georreferenciados. Além disso, essa divisão também visa agilizar futuras simulações, aproveitando semelhanças nos recursos renováveis entre comunidades próximas. Nesse contexto, a Figura 2 mostra essa divisão em quadrantes com nomes alfabéticos sobrepostos às localidades permitindo a análise dos potenciais energéticos de cada região isolada, possibilitando simulações e potenciais implementações de sistemas híbridos. Além disso, a pesquisa não encontrou métodos semelhantes, abrindo oportunidades para explorar não

apenas comunidades urbanas, mas também comunidades indígenas em cada quadrante. Essas comunidades demonstram uma preferência pela energia solar, como evidenciado pelo Projeto Xingu Solar, criando um espaço para estudar e simular micro-redes híbridas especificamente para aldeias indígenas, uma área de pesquisa ainda pouco explorada.

Figura 2 - Mapa das comunidades isoladas divididas por quadrantes.



Fonte: Autoria própria.

## 5. Caracterização de Potencial Energético das Comunidades Isoladas

A metodologia baseada em quadrantes permitiu a caracterização das regiões através de mapas solares e eólicos obtidos de ferramentas de georreferenciação, como a *Global Solar Atlas* [5] e a *Global Wind Atlas* [6]. Esses mapas foram essenciais para visualizar e verificar as informações das simulações em cada quadrante. Além disso, o *software* QGIS [7], um sistema de informação geográfica de código aberto, foi utilizado para a visualização e edição dos mapas. Os dados da EPE (Empresa de Pesquisa Energética) do Brasil sobre as localizações isoladas e a criação dos quadrantes foram discutidos para simplificar as futuras simulações de sistemas híbridos em cada região.

## Resultados e discussão

Foram realizadas atividades que levaram à caracterização completa da Reserva Extrativista do Lago do Cuniã, usada como estudo de caso em um artigo sobre sistemas híbridos e impactos sociais. Além disso, a criação de mapas de potencial energético em regiões isoladas apoia um artigo em desenvolvimento para publicação em revista destacada.

### 1. Comunidade em Potencial – RESEX do Lago do

**Cuniã**

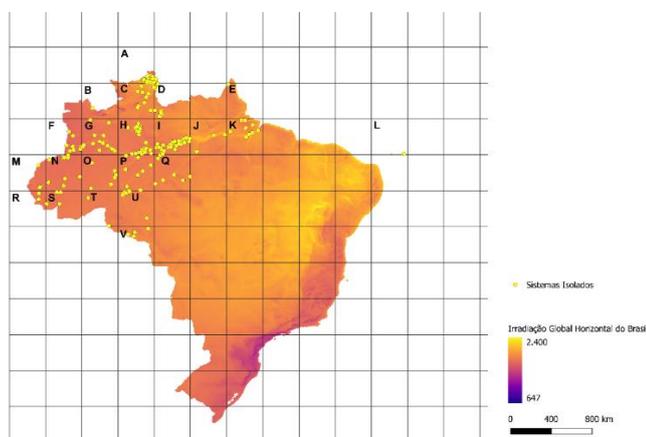
Após a definição das ferramentas de georreferenciação e do *software* de simulação, a busca por uma comunidade isolada com potencial começou levando à identificação da Reserva Extrativista do Lago do Cuniã, localizada em Porto Velho, no estado do Amazonas, Brasil. A região apresenta um clima de Monções Tropicais com chuvas significativas, uma temperatura média anual de 26,5°C e uma irradiação global horizontal média de 1827,2 kWh/m<sup>2</sup> por ano, adequada para painéis fotovoltaicos.

Para a simulação, foram usados dados como uma média diária de irradiação de 4,69 kWh/m<sup>2</sup>, resultando em 1712,54 kWh/m<sup>2</sup> anuais. A inclinação dos painéis foi configurada para 0°, e o potencial eólico na reserva foi avaliado com ventos de velocidade média de 1,86 m/s. A comunidade foi escolhida como objeto de estudo devido ao seu potencial energético justificável.

**3. Caracterização de Potencial Energético das Comunidades Isoladas, Baseada em Quadrantes**

O estudo utilizou a metodologia de quadrantes e ferramentas como o *Global Solar Atlas*, o *Global Wind Atlas* e o QGIS para caracterizar regiões remotas. Foram criados três mapas, representando a irradiação solar, o potencial fotovoltaico e a velocidade média do vento. Esses mapas foram analisados para avaliar o potencial energético das áreas.

Figura 3 – Mapa de irradiação solar horizontal global do Brasil, dividido em quadrantes.

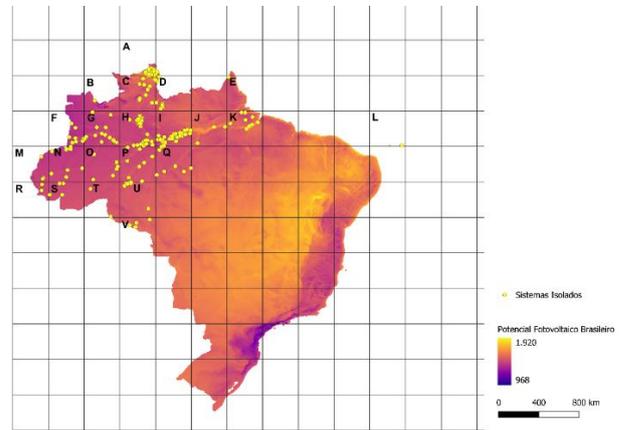


Fonte: Autoria própria.

No mapa M1 (Figura 3) de irradiação global horizontal, áreas com baixa irradiação são observadas nos quadrantes F, G e N, enquanto áreas com maior irradiação estão nos quadrantes C, D e K, indicando que a região possui bom

potencial de irradiação solar.

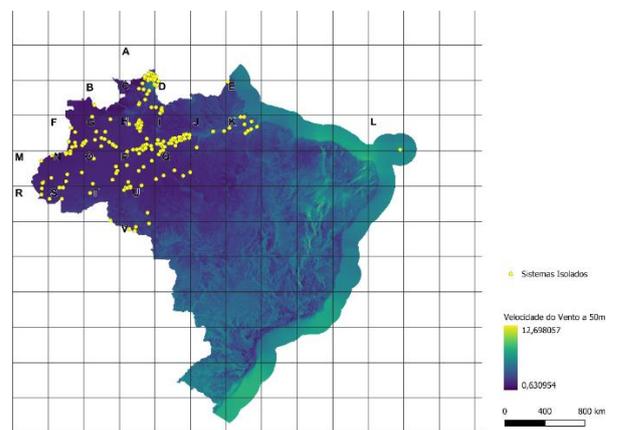
Figura 4 – Mapa de potencial fotovoltaico do Brasil, dividido em quadrantes.



Fonte: Autoria própria.

No M2 (Figura 4), que representa o potencial fotovoltaico, a região isolada geralmente mostra valores mais baixos, mas ainda oferece oportunidades para a geração de energia solar.

Figura 5 – Mapa de velocidade média do vento a 50m de altura do Brasil, divididos por quadrantes.



Fonte: Autoria própria.

No M3 (Figura 5), que representa a velocidade do vento, a região tem baixo potencial eólico, com algumas áreas limitadas com velocidades de vento medianas. Em resumo, a região possui um grande potencial solar, um potencial fotovoltaico significativo e um potencial eólico limitado.

Os resultados do estudo indicam um grande potencial solar em todos os quadrantes, tanto em termos de irradiação global horizontal quanto de potencial fotovoltaico, sugerindo a viabilidade de implementar um

sistema híbrido com painéis fotovoltaicos. No entanto, o potencial eólico é limitado, com baixas velocidades médias do vento na região, embora ainda existam algumas comunidades onde o uso deste recurso pode ser considerado com uma análise mais aprofundada das características locais.

### **Conclusões**

Uma nova metodologia foi desenvolvida, facilitando as simulações e os estudos acerca das informações de cada localidade especialmente localidades isoladas do Sistema Interligado Brasileiro.

Nesse sentido, de acordo com os resultados do estudo e na elaboração dos mapas, pode-se concluir a existência de grande potencial solar nas regiões isoladas, evidenciando a possibilidade de aproveitamento de tais características com a implantação de um sistema híbrido na área em estudo, com painéis fotovoltaicos sendo um de seus componentes.

Ademais, isso destaca a importância de compreender esses recursos para soluções energéticas sustentáveis e permite a coleta e análise das informações geográficas, propostas anteriormente. Também, as simulações realizadas não apenas forneceram percepções sobre a viabilidade de sistemas híbridos adaptados a diferentes contextos, mas também abriram portas para pesquisas mais amplas, especialmente em um cenário brasileiro carente dessas investigações.

Por fim, espera-se que a pesquisa contribua em estudos futuros acerca da deficiência de energia elétrica em regiões isoladas, facilitando a busca de informações e análises de recursos e potenciais energéticos, além de abrir portas para a classificação e investigação de outros aspectos.

### **Agradecimentos**

A orientanda agradece à 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, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pelo suporte financeiro complementar.

### **Referências**

- [1] Data Access Viewer (2022). Disponível em: <<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>>. Acesso em: 22 set. 2022.
- [2] NASA Power. The POWER Project. Disponível em: <<https://power.larc.nasa.gov/>>. Acesso em: 15 fev. 2022.
- [3] EPE. “WebMap EPE”. (2022) Sistema de Informações Geográficas do Setor Energético Brasileiro. Disponível em: <https://gisepeprd2.epe.gov.br/WebMapEPE/>. Acesso em: 18 ago. 2023.
- [4] NAPRA. “Núcleo de apoio a população ribeirinha da Amazônia”. (2021). Um Retrato da Reserva Extrativista Lago de Cuniã. Disponível em: <https://napra.org.br/2021/12/02/pessoasmeio-ambiente-e-saude-diagnostico-socioambiental-retrato-de-comunidades-ribeirinhasdo-baixo-madeira-ro/>. Acesso em: 18 ago. 2023.
- [5] ATLAS, Global Solar. Global Solar Atlas. (2023). Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/map>. Acesso em: 18 ago. 2023.
- [6] ATLAS, Global Wind. Global Wind Atlas. (2023). Disponível em: <https://globalwindatlas.info/en>. Acesso em: 18 ago. 2023.
- [7] TEAM, QGIS Development. QGIS 3.30.3. (2023). Disponível em: [https://qgis.org/pt\\_BR/site/index.html](https://qgis.org/pt_BR/site/index.html). Acesso em: 18 ago. 2023.
- [8] IRENA - International Renewable Energy Agency. Disponível em: <<https://www.irena.org/>>. Acesso em: 12 fev. 2022.