

ANÁLISE GERAL DOS DESAFIOS NA GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA AMAZÔNIA LEGAL: ASPECTOS TÉCNICOS, ECONÔMICOS, SOCIAIS E DE PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

Maria Eduarda Leonardo de Moura¹, Aurea Messias de Jesus², Olavo Antônio de Oliveira Reis², Sebastião Alves da Silva³, Alan Kardec Candido dos Reis², Agaone Donizete Silva²

¹Discente da Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, Ituiutaba, Brasil
(eduardamoura208@gmail.com)

²Docente da Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, Ituiutaba, Brasil

³Bacharel em Engenharia Elétrica. Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG, Ituiutaba, Brasil

Resumo: A Amazônia Legal corresponde à área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), sendo uma vasta região que enfrenta desafios na transmissão de energia elétrica. O objetivo é analisar os desafios no acesso à energia elétrica na Amazônia Legal e avaliar a viabilidade de melhoria através das fontes de geração. Utiliza metodologia quantitativa e qualitativa, com métodos hipotético-dedutivo e comparativo.

Palavras-chave: Transmissão; Energia Elétrica; Amazônia Legal; Desafios.

INTRODUÇÃO

A Amazônia Legal corresponde à área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), delimitada para promover desenvolvimento incluído a locais com semelhantes características, sendo uma vasta região que abrange partes de vários estados brasileiros e enfrenta uma série de desafios complexos no que diz respeito à transmissão de energia elétrica, principalmente devido ao tamanho territorial e suas particularidades geográficas, que exigem uma avaliação aprofundada dos aspectos a serem estudados.

Segundo a análise de Holz e Schutze em 2023 para o Climate Policy Initiative, os estados da Amazônia Legal foram apontados como os responsáveis por mais de 1/4 da geração de energia elétrica do país no ano de 2021, porém usufruíram de apenas 11% do consumo total brasileiro. Ainda, tiveram um crescimento de geração muito maior que no resto do Brasil entre os anos de 2012 e 2021 e, independente de sua evolução, não sofreram alteração significativa quanto a sua porcentagem de consumo.

Os dados apresentam uma evidente distorção entre a produção e o uso de eletricidade na região, que possui ainda grande parte de sua população fora do Sistema Interligado Nacional (SIN), dependendo da instabilidade dos sistemas isolados e de fontes não renováveis e poluentes, com muitas pessoas ainda

sem acesso digno a eletricidade (Holz; Schutze, 2023).

A partir disso, o trabalho se justifica visando aplicar os conhecimentos relacionados a Engenharia Elétrica, associando a pesquisa aos âmbitos de Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica em conexão com as Ciências do Ambiente e uso de simulações e comparativos internacionais em geografias similares, buscando soluções que respeitem os ecossistemas e a sociedade, investigando os obstáculos de transmissão para garantir inclusão energética e melhoria de qualidade de vida da população, estudando a segurança de fornecimento e a integração de energias renováveis para diversificar a matriz energética para uma mais sustentável.

A elaboração deste trabalho tem como objetivo principal analisar os desafios no acesso à energia elétrica na Amazônia Legal, além de comparar e avaliar a viabilidade de melhoria dos problemas através das fontes de geração, realizando um estudo aprofundado que engloba o técnico, socioeconômico e o planejamento atualmente feito.

REFERENCIAL TEÓRICO

Sudam e Amazônia Legal



A Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM) é uma autarquia federal que trabalha em vínculo com o Ministério do Desenvolvimento Regional, visando o desenvolvimento incluyente e sustentável para a Amazônia Legal. A atuação da SUDAM abrange aproximadamente 59% do território nacional, englobando os estados do Acre (AC), Amapá (AP), Amazonas (AM), Mato Grosso (MT), Pará (PA), Rondônia (RO), Roraima (RR), Tocantins (TO) e parte do Maranhão (MA).

“A Amazônia Legal possui 45% do território composto por Áreas Protegidas. Essas áreas distribuem-se em Unidades de Conservação (UC) de Uso Sustentável com aproximadamente 11%, Proteção Integral com 8%, Terras Indígenas (TI) com 23%, Áreas de Proteção Ambiental (APA) com 3% e Terras Quilombolas (TQ) com apenas 0,2% da área da região. Em seguida, as áreas com Cadastro Ambiental Rural (26%), os assentamentos rurais (8%), as áreas militares (1%) e outras áreas⁴ (20%) completam o território da região (Amazônia2030, 2021, p. 2).”

Quanto ao número de habitantes, o Censo Demográfico do IBGE, em 2022, aponta que a Amazônia Legal possui cerca de 26,66 milhões de pessoas.

A Exclusão da Amazônia Legal

Um relatório do Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA), elaborado por Leite e Sousa em 2020, apresenta o estudo realizado para avaliar os números associados a exclusão elétrica na Amazônia Legal.

“Levar energia elétrica de qualidade à Amazônia representa um desafio para o setor elétrico. As especificidades da região, que incluem grandes distâncias, dificuldades logísticas e altos custos de instalação, são obstáculos para a garantia do acesso formal ao serviço público de energia elétrica. Como consequência, a Amazônia concentra muitos dos locais onde esse serviço ainda é escasso ou precário, configurando a última fronteira do acesso à energia elétrica no Brasil (IEMA, 2020, p. 5).”

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho possui uma metodologia que utiliza uma mescla das abordagens quantitativa e qualitativa, com uso de métodos hipotético-dedutivo e comparativo, partindo de hipóteses sobre os desafios na região e investigando soluções adotadas em outros países com condições semelhantes. Como métodos de procedimento, são aplicados o histórico, para analisar dados anteriores sobre a geração e transmissão de energia, o estatístico, para avaliar

quantitativamente os aspectos técnicos e socioeconômicos, o comparativo, para confrontar diferentes estratégias, e o observacional, com foco na infraestrutura e condições locais. Tratando dos tipos de pesquisa, a tese utiliza principalmente a pesquisa bibliográfica em fonte secundária, que envolve a análise de documentos, relatórios técnicos, estudos acadêmicos e dados disponíveis sobre a geração, transmissão e distribuição de energia na Amazônia Legal, principalmente com fonte no Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA) e no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Além disso, é uma pesquisa com natureza descritiva, ao buscar caracterizar os desafios técnicos, econômicos e sociais da transmissão de energia na região, tendo também um caráter exploratório, ao investigar soluções adotadas em outros países com condições semelhantes, avaliando a viabilidade de sua aplicação no contexto.

Dados provenientes de pesquisa bibliográfica foram organizados gradativamente na área da fundamentação teórica, para uma plena visualização do tema e da problemática apresentada, contendo o histórico geral, a estatística numérica de distribuição e geografia afetada pela falta de eletricidade, bem como as dificuldades observadas na implementação de novos acessos e o que atualmente está sendo feito para a mudança no cenário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o todo apresentado, vê-se que não apenas o Brasil enfrenta problemas associados à sua geografia, mas também que outros países ao redor do mundo compartilham desses mesmos desafios. A complexidade territorial, com vastas extensões, regiões remotas e diversas condições climáticas, torna a implementação de políticas públicas e programas de infraestrutura um desafio ainda maior, pois exige abordagens específicas para garantir que o desenvolvimento alcance todas as áreas e suas populações.

Para enfrentar essas adversidades, muitos governos criam os programas de eletrificação e desenvolvimento rural, porém, muitos desses programas, embora ambiciosos, têm se mostrado insuficientes para atender à magnitude do problema. A falta de uma infraestrutura robusta, a escassez de investimentos adequados e a complexidade de se implementar soluções em regiões com características geográficas tão distintas geram críticas constantes. A limitação de recursos financeiros, a lentidão no avanço das obras e a falta de incentivo para a participação do setor privado, muitas vezes, deixam essas iniciativas aquém do esperado, resultando em um aumento das desigualdades e na frustração das populações que ainda aguardam acesso adequado a serviços essenciais. A insuficiência desses programas



para resolver os problemas de infraestrutura em regiões remotas aponta para a necessidade urgente de um maior comprometimento, não apenas de recursos, mas de uma revisão de políticas públicas que contemplem de maneira mais eficaz as particularidades de cada região.

“Portanto, os países da região têm um triplo desafio: investir na eletrificação —necessária para o crescimento —, incorporar infraestrutura energética que permita a geração de eletricidade com baixo teor de carbono — necessária para proteger o meio ambiente — e incluir as populações mais desfavorecidas, particularmente aquelas que vivem nas zonas rurais — necessário para não que não se deixe ninguém para trás (ImpactoCAF, 2023).”

A disparidade entre geração e consumo e os problemas de acesso mais visíveis estão no estado do Pará, o qual mesmo abrigando as principais UHE totalmente brasileiras, Belo Monte e Tucuruí, continua sendo o com o maior número de habitantes excluídos de energia, sendo utilizado apenas como um exportador, mas não um receptor do que é produzido. A relação é paradoxal: Há uma enorme capacidade de gerar eletricidade no Pará, mas grandes dificuldades em utilizá-la para beneficiar a população afetada pela construção das usinas e linhas de transmissão.

As usinas hidrelétricas causam uma série de impactos ambientais e sociais, que devem ser considerados durante sua construção e operação, implicando no alagamento de vastas áreas para criar reservatórios de água, o que resulta na perda de habitats naturais, destruição de vegetação e deslocamento de espécies animais e humanas. Além disso, altera o regime hídrico dos rios, pode provocar assoreamento, emissão de gases de efeito estufa pela decomposição da matéria orgânica submersa e afetar a biodiversidade aquática. As intervenções também modificam a paisagem e requerem o uso intensivo de recursos naturais, como água, solo e combustíveis fósseis, podendo gerar poluição e escassez. No social, o deslocamento forçado de populações que vivem nas áreas alagadas é um dos principais impactos. Muitas dessas pessoas perdem suas casas, terras e meios de subsistência, enfrentando dificuldades como falta de indenização justa e alternativas habitacionais adequadas. O aumento da população local devido à chegada de trabalhadores pode também sobrecarregar serviços públicos e gerar problemas como superlotação e violência. Outro impacto significativo é a violação dos direitos dos povos indígenas e comunidades tradicionais, que frequentemente não são consultados sobre os projetos, perdendo acesso a territórios sagrados e enfrentando a ameaça à sua cultura e autonomia. A construção também pode prejudicar atividades

econômicas locais, como agricultura e pesca (Cortez, 2023).

O panorama revela um modelo de desenvolvimento injusto, que prioriza interesses econômicos e políticos em detrimento dos direitos tanto dos habitantes quanto do meio ambiente local, com falta de planejamento inclusivo e carecendo de um plano sustentável que promova a equidade, a participação ativa das comunidades e a distribuição justa dos benefícios.

Considerando a investigação dos programas mencionados, a geografia, custos e impactos associados, as principais opções para a universalização energética parecem ser uma combinação de soluções centralizadas e descentralizadas, adaptadas às particularidades de cada região.

A expansão das atuais redes de transmissão e distribuição do SIN é uma opção viável nas áreas em que o acesso é possível e possui custos justificáveis com o objetivo.

Mesmo com os privilégios do Sistema Interligado, a decisão de incluir a população total a ele não é uma escolha inteligente ou eficaz, pois construir novas linhas de transmissão não é um trabalho fácil, principalmente em um terreno tão variado e de difícil acesso, como o aqui estudado.

A construção de linhas de transmissão aéreas envolve diversos aspectos técnicos, com a escolha de componentes e materiais fundamentais para garantir o bom desempenho do sistema. O processo de otimização é crucial para determinar a melhor solução para o transporte de energia, considerando custos e perdas de potência, exigindo também uma composição pesada de cabos condutores, isoladores, estruturas de suporte, ferragens, fundações, cabo pára-raios, aterramentos e outros acessórios, cada um com suas especificidades e funções. A confiabilidade das linhas de transmissão é essencial, e a ANEEL monitora o desempenho das concessionárias por meio dos índices Duração Equivalente de Interrupção (DEC) e Frequência Equivalente de Interrupção (FEC). A vulnerabilidade das linhas aéreas a intempéries, como vibrações eólicas, ventos fortes e riscos de descargas atmosféricas, exige cuidados especiais na instalação e manutenção. A resistência das fundações e o correto dimensionamento das distâncias entre condutores são fundamentais para garantir a segurança e o funcionamento eficiente do sistema, e a manutenção preventiva é uma parte vital do sistema de transmissão, com inspeções regulares tanto aéreas quanto terrestres para detectar problemas como corrosão e falhas mecânicas antes que causem danos maiores. No entanto, a manutenção corretiva, que ocorre após a falha de componentes, também é necessária, incluindo a substituição de cabos ou

torres danificadas por fenômenos como vibrações eólicas ou ventos fortes (Merlin, 2024).

Com isso, se vê que a dificuldade não está apenas em ter uma nova linha, mas também em mantê-la, necessitando de visitas constantes que avaliem seu estado e ações rápidas para restituir o fornecimento em caso de falha, uma nova complicação relacionada ao transporte e o tempo gasto até que se chegue no local que necessita de reparo. Além disso, por se tratar de uma grande extensão territorial, o tempo até o fim da obra é extenso, agravado quando se trata de uma área remota, que pode ainda lidar com impactos que danifiquem de forma irreversível o ambiente a serem instaladas.

Um dos exemplos mais famosos de conexão ao SIN na Amazônia Legal é o “Linhão de Tucuruí”, oficialmente conhecido como Interligação Tucuruí-Macapá-Manaus. É uma linha de transmissão que transporta energia gerada na UHE de Tucuruí para regiões ao norte do Rio Amazonas. A linha possui cerca de 1.800 km de extensão em tensões de 500 kV e 230 kV, distribuídos em circuitos duplos. Seu trajeto passa por municípios como Porto de Moz e Almeirim (PA), ramificando-se em dois trechos: um que abastece Macapá (AP), e o outro que atende Manaus (AM). Por ser uma obra complexa em área de floresta amazônica, o projeto foi desenvolvido com medidas para minimizar impactos ambientais, com elevação de torres, uso de estruturas autoportantes e abertura limitada de clareiras para cabos. O investimento foi de aproximadamente R\$ 3 bilhões, e a construção priorizou o uso de áreas próximas a rodovias existentes para reduzir os danos ambientais (Oliveira, 2023).

Com cerca de 700 quilômetros, o trajeto mais recente da linha está entre as capitais Manaus e Boa Vista, licitado em 2011 com prazo inicial de conclusão para 2015, porém enfrentando impasses devido ao território indígena Waimiri-Atroari, atravessado por 122 quilômetros do planejamento construtivo. Após mais de dez anos, o acordo de compensação foi aceito em maio de 2022, permitindo o avanço da obra para a enfim inclusão de Roraima ao SIN (Oliveira, 2023).

De 2001 a 2019, o abastecimento de energia elétrica no estado de Roraima dependia do Linhão de Guri, que conectava Boa Vista ao complexo hidrelétrico de Guri, localizado em Puerto Ordaz, na Venezuela. No entanto, após uma série de falhas no sistema elétrico venezuelano em 2019, o fornecimento foi interrompido. Com a interrupção, Roraima passou a exclusivamente ser suprida pelas termelétricas do SISOL, se tornando dependente dessa fonte para atender a demanda energética. Todavia, há planos para que a importação seja retomada assim que possível (Verdério, 2023).

Dos conflitos associados à construção do Linhão de Tucuruí, Silvério (2022) relata acerca dos debates entre o povo Waimiri-Atroari e os responsáveis pelo planejamento da execução, que trataram com intervenções e pressões administrativas que ignoraram processos adequados de consulta à comunidade. Alegam que o traçado foi feito de forma indevida com base em um sobrevoo, sem contatar a população residente e com reuniões posteriores que mais se assemelhavam a imposições, aumentando os problemas para se chegar em um acordo e alimentando a demora para uma decisão.

Atualizações mais recentes até o fim de 2024 afirmam que as obras do Linhão estão avançadas, com 61% de conclusão e previsão final para o quarto trimestre de 2025, quando deve começar a operar. (Portal Roraima em Tempo, 2024).

A figura 1 apresenta o mapa do sistema de transmissão brasileiro no Horizonte 2024 do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), com incrementação do trecho percorrido pelo Linhão de Tucuruí e a reconexão planejada de Boa Vista (RR) ao Linhão de Guri, da Venezuela.

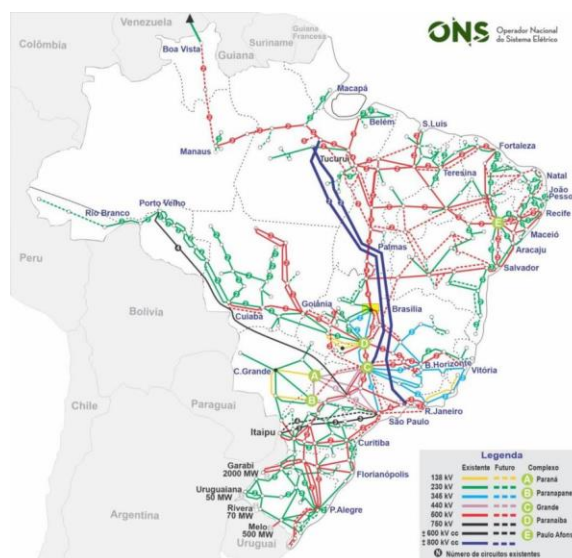


Figura 1. Sistema de transmissão - Horizonte 2024.

Outra opção são os sistemas descentralizados via mini e microrredes de energia alimentadas preferencialmente por fontes renováveis, seguindo o Acordo de Paris. Os SIGFI e MIGDI dos novos sistemas permitiriam que comunidades mais isoladas possuíssem acesso autônomo à energia off-grid, e uma das fontes mais cogitadas está sendo a geração por meio da energia solar, considerada e executada em outros países, como os previamente comparados neste estudo e, inclusive, os programas unificado LpT e MLA brasileiros, especialmente o MLA.

Em maio de 2023, o IEMA produziu um documento de análise intitulado “Sistemas Fotovoltaicos na



Amazônia Legal: Avaliação e proposição de políticas de universalização de energia elétrica e logística reversa”, identificando e avaliando o desenvolvimento da cadeia de fornecimento e o processo de desinstalação de sistemas fotovoltaicos e baterias em operação no Brasil, trazendo lucidez em relação aos desafios e focando não apenas na implementação, mas também em estratégias socioambientais que podem ser adotadas.

Estudos internacionais sugerem que a tecnologia fotovoltaica é a opção preferida para abastecer áreas isoladas que possuem elevada exposição à luz solar (IEMA, 2023b). Além disso, em 2023 as plantas de geração por essa fonte aumentaram a capacidade instalada em cerca de 55% em relação a 2022, com aproximadamente 37.8GW de potência, correspondente a 70% da Micro e Minigeração Distribuída (MMGD), onde os consumidores geram sua própria energia (EPE, 2023; Brasil, 2024).

“[...] Embora o programa MLA permita a utilização de várias fontes renováveis, o atendimento tem priorizado a implementação de sistemas fotovoltaicos off-grid aliados ao sistema de armazenamento de energia por baterias. Trata-se de uma tecnologia que se adequa bem à região da Amazônia Legal devido ao potencial de geração solar local e à modularidade da tecnologia. Além disso, esse tipo de tecnologia não emite poluentes e ruídos durante a produção de energia elétrica, exigindo pouca manutenção ao longo do período de operação (IEMA, 2023, p. 15).”

Possuindo uma construção mais simples, rápida e de baixa manutenção, os principais equipamentos utilizados em SIGFI seriam o módulo fotovoltaico (FV), inversor solar, baterias (em chumbo-ácido ou íon-lítio) e dispositivos de segurança e controle de energia. Para os sistemas MIGDI, além desses, seria necessária ainda a instalação de uma rede de distribuição com postes e cabos de até 1,5Km, preferencialmente em baixa tensão (Iema, 2023b).

No manual de operacionalização dos programas, os critérios de atendimento apresentam duas versões em mínimo e máximo, uma equivalente a 45kWh e outra de 180kWh de energia mensal para cada unidade consumidora atendida, em modelo SIGFI. O MLA 45 seria um intermediário entre necessidades básicas e uma média gerada pelo IBGE (2015) baseada nos principais eletroeletrônicos em domicílio, enquanto o MLA 180 apresenta um sistema completo com maior fornecimento e conforto perante os equipamentos utilizáveis, em maior detalhamento na figura 2 (IEMA, 2023b).

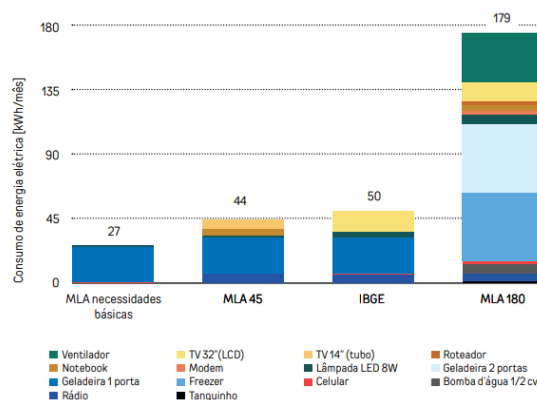


Figura 2. Consumo de energia elétrica por tipo de padrão de atendimento do Programa MLA.

No cenário relacionado às metas já atingidas até o ano de 2023, em setembro do mesmo ano o IEMA apresentou uma nota técnica que melhor dimensiona e precifica o necessário para a universalização, com uma estimativa feita para os três principais equipamentos por unidade consumidora em quatro modelos de atendimento, no SIGFI 45kWh/mês e SIGFI 180kWh/mês, com modificação de acordo com o tipo de bateria utilizada, variando em número de equipamentos necessários.

Quanto ao custo, a aproximação considera compra, manutenção, operação e desligamento dos sistemas ao longo da vida útil, mas com certeza sofrerão variação decorrente das mudanças no mercado ao longo dos anos.

A logística reversa entra como uma alternativa ambientalmente amigável para cuidar dos resíduos sólidos gerados ao fim de operação dos sistemas solares, os destinando de maneira sustentável para reprocessamento, revenda ou descarte correto, pois mesmo com as vantagens associadas a geração por energia solar, nenhuma fonte é completamente perfeita, e necessita de medidas que reduzam seus impactos. Até 2023, a União Europeia era a única região com regulamentação específica para os resíduos de módulos, com requerimentos de coleta, tratamento e logística para tratar lixo eletrônico (Iema, 2023b).

O uso de solar off-grid é uma opção interessante e com potencial, mas necessita de atenção perante seu descarte futuro, em um planejamento robusto que cuide de cada detalhe de grande importância e que evite a subversão de algo positivo em uma consequência negativa, ao não direcionar o devido controle e supervisão a um modo de geração relativamente novo. Melhores dados sobre os sistemas instalados tanto em MMGD quanto em SIGFI e MIGDI são bem-vindos para que o mapeamento e fiscalização sejam mais precisos,



favorecendo planejamentos e novas estimativas até que seja atingida a universalização.

Se tratando da principal fonte produtiva, quando o uso de novas hidrelétricas é considerado, uma substituição menos impactante estaria nas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e nas Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGHs). As PCHs são UHE de tamanho e potência reduzido, entre 5 e 50 MW com um reservatório inferior a 13km², e que até 2024 eram responsáveis por 3,5% de toda a capacidade instalada do SIN. Enquanto isso, as CGHs são menores ainda, indo de 0 a 5MW e em um reservatório também reduzido, existindo 732 unidades em território brasileiro, com total de 808,67MW instalados (Abrapch, 2024).

As novas adições necessitariam de estudo aprofundado e minucioso que encontre oportunidades de implementação em área, verificando a sazonalidade de rios, viabilidade econômica e conformidade socioambiental, para que se mantenham de acordo com o esperado para uma transição energética mundial mais renovável e sustentável.

Por fim, é indispensável que se considere o sistema híbrido, para maior segurança energética. A exemplo, combinando um sistema fotovoltaico a geradores de energia a diesel e banco de baterias, não se desfazendo dos utilizados atualmente, mas sim reservando para agirem em caso de necessidade, nos períodos de manutenção e deficiência no fornecimento.

Além das soluções tecnológicas, é fundamental a implementação de políticas públicas que incentivem a inclusão e equidade no acesso à energia. Subsídios governamentais podem facilitar a adoção de tecnologias renováveis em comunidades de baixa renda, enquanto parcerias público-privadas (PPPs) ajudam a atrair investimentos e reduzir o ônus sobre os cofres públicos. Assim, a combinação de expansão da rede elétrica, soluções descentralizadas de energia renovável e políticas inclusivas é essencial para assegurar o acesso equitativo e sustentável à eletricidade em todas as regiões.

CONCLUSÃO

O objetivo de universalizar o acesso à eletricidade não deve se limitar a simplesmente fornecer infraestrutura técnica ou a supor, com base em generalizações, o que seria adequado para diferentes comunidades, tampouco elaborar programas apenas pela sensação de obrigatoriedade que pressões públicas podem causar. É fundamental considerar as particularidades culturais, sociais, econômicas e ambientais de cada região e população atendida para que o fornecimento de energia seja realmente

eficiente e transformador, entendendo sua importância.

Em muitas regiões remotas, como áreas da Amazônia brasileira, peruana ou na Indonésia, as realidades locais são complexas e distintas. Fatores como modos de vida tradicionais, formas específicas de ocupação do território e a relação com o ambiente natural desempenham um papel central. Comunidades ribeirinhas, indígenas ou quilombolas, por exemplo, possuem hábitos, necessidades e conhecimentos específicos que devem ser respeitados durante a implementação dos programas de eletrificação. Levar soluções padronizadas sem diálogo com essas populações pode resultar em desperdício de recursos e tecnologias inadequadas que não se integram às suas realidades cotidianas, sendo necessário ouvir suas demandas e integrá-las ao que está ocorrendo e sendo planejado.

Além disso, o acesso à eletricidade deve ser sustentável, preferencialmente utilizando fontes renováveis em regiões onde a expansão de redes elétricas convencionais é inviável devido a desafios logísticos ou ambientais. Projetos que consideram essas particularidades, como sistemas fotovoltaicos descentralizados ou híbridos, não apenas garantem acesso à energia, mas também promovem a autonomia das comunidades e respeitam o equilíbrio ecológico.

A dependência de investimentos é algo explícito, e é preciso que se chame atenção para a total inclusão, novas pesquisas e incremento tecnológico pensado de forma específica pois, mesmo com dificuldades, levar energia elétrica à Amazônia Legal é possível, necessário e pauta de interesse para diversos setores.

Dessa forma, é válido dizer que o sucesso de programas de eletrificação não se mede apenas pela quantidade de residências atendidas, mas pela capacidade de proporcionar um impacto positivo, duradouro e adequado à diversidade de contextos. A eletricidade não deve ser apenas um serviço técnico, mas uma ferramenta de inclusão social e desenvolvimento humano, respeitando a riqueza de realidades que compõem a população do país.

REFERÊNCIAS

- Abrapch. O que são PCH's e CGH's. Associação Brasileira de PCH's e CGH's, 2024. Disponível em: <https://abrapch.org.br/o-setor/o-que-sao-pchs-e-cghs/>. Acesso em: 05 out. 2024.
- Amazônia2030. Fatos da Amazônia 2021. Disponível em: <https://amazonia2030.org.br/fatos-da-amazonia-2021/>. Acesso em: 20 out. 2024.
- Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Amazônia Legal. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e->



- mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e. Acesso em: 11 out. 2024.
- Cortez, Henrique. Impactos ambientais e sociais na construção de usinas hidrelétricas. Eco Debate, 2023. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2023/05/29/impactos-ambientais-e-sociais-na-construcao-de-usinas-hidreletricas/>. Acesso em: 10 out. 2024.
- Epe, Empresa de Pesquisa Energética. Anuário Estatístico de Energia Elétrica. 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/anuario-factsheet.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024.
- Holz, Rhayana; Schutze, Amanda. CPI/PUC-Rio democratiza acesso a dados sobre energia na Amazônia Legal em plataforma interativa do Data Zoom Amazônia. Climate Policy Initiative, 2023. Disponível em: <https://www.climatepolicyinitiative.org/pt-br/press-release/cpi-puc-rio-democratiza-acesso-a-dados-sobre-energia-na-amazonia-legal-em-plataforma-interativa-do-data-zoom-amazonia/>. Acesso em: 10 out. 2024.
- Iema. Análise dos recursos disponíveis e necessários para universalizar o acesso à energia Elétrica na Amazônia Legal. São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA), 2023b. Disponível em: https://energiaeambiente.org.br/wp-content/uploads/2023/11/IEMA_universalizacao_notatecnica_custos.pdf. Acesso em: 11 out. 2024.
- Iema. Exclusão Elétrica na Amazônia Legal: Quem ainda está sem acesso à energia elétrica? São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA), 2020.
- Iema. Sistemas fotovoltaicos na Amazônia Legal: avaliação e proposição de políticas públicas de universalização de energia elétrica e logística reversa. São Paulo: Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA), 2023.
- Impactocaf. Eletrificação para um desenvolvimento sustentável. 2023. Disponível em: <https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/2319/Eletrificacao%20para%20desenvolvimento%20sustentavel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 out. 2024.
- Merlin, Victor Luiz. Corrente de Curto Circuito e Sistemas de Proteção. 2024. EA Engenheiros Associados. Disponível em: <https://www.engenheirosassociados.com.br/curto-circuito-e-sistemas-de-protecao/>. Acesso em: 15 out. 2024.
- Oliveira, Diego. Portal Amazônia responde: o que é o Linhão de Tucuruí? Portal Amazônia, 2023. Disponível em: <https://portalamazonia.com/inovacao-e-tecnologia/portal-amazonia-responde-o-que-e-o-linhao-de-tucurui/>. Acesso em: 12 out. 2024.
- Ons. Sistema de Transmissão – Horizonte 2024. Operador Nacional do Sistema Elétrico. 2024..
- Verdêlio, André. Governo retoma Luz para Todos e inaugura Linhão de Tucuruí. Agência Brasil, 2023. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/politica/noticia/2023-08/governo-retoma-luz-para-todos-e-inaugura-linhao-de-tucurui>. Acesso em: 15 out. 2024.