

## XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

### **DETERMINAÇÃO DOS POTENCIAIS COMPLETOS DE RECURSO ENERGÉTICO DO COMPLEXO MADEIRA COM A INSERÇÃO DE SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA EM BATERIAS (BESS)**

*Ana Cláudia Carvalho Barquete<sup>1</sup>; Miguel Edgar Morales Udaeta<sup>2</sup>; Viviane Tavares Nascimento<sup>3</sup>;  
Vanessa Meloni Massara<sup>4</sup>*

**Abstract:** The study quantified the energy potential of the Madeira River Hydroelectric Complex, focusing on social and techno-economic dimensions, using the methodology of Determining Complete Energy Resource Potentials for Energy Integration (DPC-IET). It evaluated the use of Turbinable Spilled Energy (EVT) through Battery Energy Storage Systems (BESS), highlighting the benefits for energy efficiency and regional development. In the social dimension, BESS were associated with improved energy supply stability, reduction of blackouts, job creation, and the promotion of social justice. In the techno-economic dimension, the implementation of BESS could add approximately 326 MWa to the electric system, reducing losses and optimizing existing infrastructure. Although the proximity to Bolivia suggests opportunities for energy integration, the absence of transmission infrastructure and the low demand in adjacent Bolivian regions limit this possibility. The study concludes that energy storage in the Madeira River Hydroelectric Complex is a sustainable solution to meet the growing national demand, promote social inclusion, and drive the energy transition in Brazil. This study reinforces the importance of integrated and innovative approaches in energy planning, aligning technical efficiency, sustainability, and positive social impacts.

**Resumo:** O estudo quantificou o potencial energético do Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira, com foco nas dimensões social e técnico-econômica, utilizando a metodologia de Determinação dos Potenciais Completos de Recurso Energético para Integração Energética (DPC-IET). Foi avaliado o aproveitamento da Energia Vertida Turbinável (EVT) por meio de Sistemas de Armazenamento de Energia em Baterias (BESS), destacando os benefícios para a eficiência energética e o desenvolvimento regional. Na dimensão social, os BESS foram associados à melhoria da estabilidade do fornecimento de energia, redução de apagões, geração de empregos e promoção de justiça social. Na dimensão técnico-econômica, a implementação de BESS pode adicionar cerca de 326 MWmed ao sistema elétrico, reduzindo perdas e otimizando a infraestrutura existente. Embora a proximidade com a Bolívia sugira oportunidades para integração energética, a ausência de infraestrutura de transmissão e a baixa demanda nas regiões bolivianas adjacentes limitam essa possibilidade. O estudo conclui que o armazenamento de energia no Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira é uma solução sustentável para atender à crescente demanda nacional, promover inclusão social e impulsionar a transição energética no Brasil. Este estudo reforça a importância de abordagens integradas e inovadoras no planejamento energético, alinhando eficiência técnica, sustentabilidade e impactos sociais positivos.

1) EESC/USP, [ana.barquete@usp.br](mailto:ana.barquete@usp.br);

2) GEPEA/USP, [udaeta@pea.usp.br](mailto:udaeta@pea.usp.br);

3) GEPEA/USP, [viviane.tav.nascimento@gmail.com](mailto:viviane.tav.nascimento@gmail.com);

4) GEPEA/USP, [vanessa.massara@gmail.com](mailto:vanessa.massara@gmail.com);

**Palavras-Chave** – Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira; Energia Vertida Turbinável (EVT); Sistemas de Armazenamento de Energia em Baterias (BESS)

## 1. INTRODUÇÃO

Os desafios do planejamento energético diante da transição para fontes renováveis e da crescente demanda por integração transnacional requerem metodologias abrangentes e inovadoras. A tese de doutorado de Vinícius Oliveira da Silva [SILVA, V. O. (2022)] propõe uma estrutura integrada para avaliação de recursos energéticos, focada na integração energética transnacional e no planejamento de longo prazo. Essa metodologia sustentável baseia-se em quatro dimensões: ambiental, social, política e técnico-econômica, com flexibilidade temporal e geográfica para adaptações locais e transnacionais.

Um elemento central é o modelo Determinação de Potencial Completo para Integração Energética Transnacional (DPC-IET), que organiza a avaliação em uma matriz multidimensional, superando análises tradicionais focadas apenas em custos e emissões. Neste trabalho, o potencial completo para integração energética (DPC-IE) será quantificado nas dimensões social e técnico-econômica, considerando o Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira, que inclui as UHE Jirau e Santo Antônio, operando no modelo a fio d'água, reduzindo impactos ambientais e sociais associados a grandes barragens.

Devido à proximidade com a Bolívia, será analisada a integração energética bilateral, avaliando a exportação para atender à demanda interna boliviana. Para ampliar a geração, será avaliada a possibilidade de armazenar a Energia Vertida Turbinável (EVT) das UHEs em Sistemas de Armazenamento em Baterias (BESS), tecnologia em crescimento no Brasil. A metodologia DPC-IET permitirá uma abordagem integrada, promovendo eficiência, suporte à transição energética, inclusão social e redução de desperdícios energéticos.

## 2. METODOLOGIA

A metodologia DPC-IET foi aplicada para determinar o Potencial Completo para Integração Energética (DPC-IE) do Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira, considerando a inserção de BESS para aproveitamento da EVT. A abordagem integra dimensões técnicas, econômicas, sociais e ambientais. O estudo iniciou com o levantamento e caracterização dos recursos energéticos, incluindo o histórico de geração das UHEs Jirau e Santo Antônio (2015–2023) e os dados de EVT. Em seguida, avaliou-se a viabilidade técnica, econômica e social da implantação de BESS no Complexo, com foco na eficiência e inclusão energética.

Para determinar os potenciais completos do Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira nos próximos 30 anos, será necessário projetar o potencial de geração do complexo no período. Este potencial será calculado fazendo a projeção da média da geração histórica de cada uma das usinas de 2015 a 2023. Os dados de geração histórica foram extraídos do Histórico de Geração anualizado do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). [ONS (2024)a] Para calcular a geração média do período e projetá-la, foi calculada a média simples de geração ao longo do período de estudo. A geração de energia média para UHE Jirau ficou em 1607 MWmed e UHE Santo Antônio em 1804 MWmed. Esses são os valores que utilizaremos de referência para determinação dos potenciais completos do Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira nos próximos 30 anos.

O conceito de vertimento é definido pela vazão que passa pelo vertedouro de uma instalação hidráulica [ESPÍNOLA, M.O.G. (2008)]. Existem dois tipos: o vertimento turbinável, que representa uma vazão desperdiçada, pois poderia ser turbinada caso houvesse demanda energética; e o vertimento não turbinável, quando não há capacidade geradora disponível. A Energia Vertida Turbinável (EVT) mensura a energia que deixa de ser aproveitada devido a limitações técnicas e

operacionais, como excesso de geração em relação à demanda local e infraestrutura de transmissão insuficiente, que impede o envio da energia a regiões distantes com maior consumo.

As UHE do Rio Madeira, Jirau e Santo Antônio, frequentemente vertem volumes consideráveis de água com potencial energético. O Operador Nacional do Sistema (ONS) publica diariamente os dados consolidados de EVT por reservatório em MWmed [ONS (2024)b]. Para esta análise, foi considerado o mesmo período da geração efetiva das UHEs, de 2015 a 2023. A média anualizada da EVT foi de 188 MWmed para a UHE Jirau e 175 MWmed para a UHE Santo Antônio. A média anualizada da EVT foi utilizada para dimensionar o potencial energético do BESS.

Para estimar o consumo nacional de energia elétrica nos próximos 30 anos, utiliza-se a taxa de crescimento anual de 3,4% do Plano Decenal de Energia 2034 (PDE) [EPE (2024)]. A aplicação da Metodologia DPC-IE utilizou o algoritmo de valoração dos atributos e subatributos das Dimensões Social e Técnica-Econômica para avaliar o recurso energético. Foi empregado como referência o modelo DPC-IET.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. O Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira

O Rio Madeira, com 3.240 km, é o mais extenso afluente do Amazonas, o 17º maior rio do mundo e um dos cinco mais caudalosos. Sua bacia hidrográfica cobre 125 milhões de hectares na América do Sul, atravessando Brasil, Bolívia e Peru. Além de sua importância ambiental, o Madeira é crucial para a economia regional, fornecendo pesca, transporte hidroviário e terras férteis para agricultura [ANA (2024)]. Seu trecho navegável de 1.345 km, entre Porto Velho e a foz do Amazonas, é vital para o comércio e a integração do Norte, conectando Rondônia, Mato Grosso e Amazonas. Porto Velho funciona como centro estratégico de distribuição, transferindo mercadorias das barcaças para caminhões.

O Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira é composto pelas UHE Jirau e Santo Antônio. A UHE Santo Antônio, em operação desde 2012, possui capacidade instalada de 3.568,3 MW [ELETROBRAS (2024)]. A UHE Jirau, em operação desde 2013, tem capacidade instalada de 3.750 MW [JIRAU (2024)]. Juntas, essas usinas representam cerca de 3% da capacidade total do Brasil, com mais de 7.300 MW de potência instalada. Ambas operam a fio d'água, liberando volumes equivalentes aos que chegam aos barramentos, sem grandes reservatórios para regularizar as vazões.

A construção das usinas foi marcada por uma série de desafios. Do ponto de vista ambiental, houve preocupações significativas sobre os impactos nos ecossistemas locais, incluindo a perda de biodiversidade e alterações nos ciclos naturais do rio. Estudos destacam que os documentos oficiais das usinas não abordaram plenamente as dimensões do desenvolvimento sustentável, resultando em uma abordagem incompleta para lidar com os impactos ambientais e sociais. [COSTA, F. M. da. (2016)]

Outro problema enfrentado foi o deslocamento forçado de comunidades ribeirinhas e populações tradicionais, que perderam suas terras e meios de subsistência. Há evidências que comunidades indígenas também foram afetadas, com alterações no acesso aos recursos naturais e em seus territórios. Esses conflitos sociais, frequentemente ignorados durante a fase de planejamento, geraram tensões e resistências locais. [RAINEY, S. J. e RAINY, M. C. A (2016)]

Ademais, o projeto enfrentou problemas técnicos e financeiros. A complexidade da construção, associada às condições geográficas e climáticas da região amazônica, resultou em atrasos e custos adicionais. Além disso, as condições de trabalho foram alvo de críticas, incluindo acusações de violações trabalhistas durante a execução das obras. [COSTA, F. M. da. (2016)]

Projetos futuros no Complexo como as usinas de Cachuela Esperanza e Guajará-Mirim, destinadas a ampliar a geração e a integração Brasil-Bolívia, enfrentam resistência devido a potenciais impactos socioambientais. Para este estudo, foram considerados apenas os potenciais de geração das usinas em operação (Jirau e Santo Antônio), para garantir resultados mais realistas.

### 3.2. Histórico de Cheias e Potencial Hidrelétrico do Rio Madeira

Em 2014, o rio Madeira enfrentou a maior cheia de sua história, com um tempo de recorrência estimado em aproximadamente 300 anos. Em Porto Velho, o nível do rio alcançou o recorde de 19,74 metros em 30 de março de 2014, ultrapassando em mais de 3 metros a cota de emergência estabelecida pelas autoridades locais, fixada em 16,68 metros. Antes disso, o maior nível registrado havia sido de 17,51 metros, em abril de 1997. Esse fenômeno extremo também afetou os rios Mamoré, Guaporé e Abunã, que apresentaram níveis excepcionalmente altos no mesmo período.

A elevação gradual dos níveis dos rios teve impactos significativos na dinâmica regional, tanto em áreas urbanas quanto rurais. Trechos da BR-364, principal via de acesso ao extremo oeste do Brasil e única ligação rodoviária com o estado do Acre, ficaram submersos por cerca de três meses, isolando o Acre do restante do país no transporte terrestre. A UHE Santo Antônio precisou ser desligada pela primeira vez na história devido ao recorde de vazão registrado no Rio Madeira. A paralisação durou cerca de dois meses até que a usina estivesse novamente dentro dos limites operacionais.

Considerando o início do período de cheias do ano hidrológico 2017/2018, os níveis que foram registrados no rio Madeira, e tendo em mente os impactos causados por eventos severos de cheias em anos anteriores, a Agência Nacional de Águas - ANA decidiu instituir a Sala de Crise do rio Madeira em janeiro de 2018. Essa sala teve como objetivo promover a articulação entre os principais atores envolvidos com a temática de recursos hídricos, permitindo um acompanhamento sistemático da evolução da cheia na bacia do rio Madeira e a adoção de medidas com vistas a prevenir ou minimizar os impactos esperados. [ANA (2018)]

Atualmente, toda energia produzida pelas UHE Jirau e UHE Santo Antônio é destinada ao consumo interno do Brasil. Para levar a energia produzida pelas duas usinas para os principais centro de consumo de energia no Sudeste e Centro-Oeste brasileiro foram construídos 4 circuitos de corrente contínua a 600 kV saindo de Porto Velho-RO e chegando em Araraquara, no interior de São Paulo. O sistema de transmissão associado a energia gerada no Rio Madeira tem 2.375 km de extensão, 6.300 MW de potencial de transformação e a tecnologia de transmissão em corrente contínua em alta tensão (HVDC) possibilita maior eficiência para transportar grandes quantidades de energia a longas distâncias. [MADEIRA (2024)]

A Energia Vertida Turbinável (EVT) representa o volume de água que poderia ser turbinado, mas é desperdiçado devido a limitações. As UHEs do Rio Madeira vertem volumes consideráveis de EVT. Entre 2015 e 2023, a média anualizada de EVT foi de 188 MWmed para Jirau e 175 MWmed para Santo Antônio. O vertimento turbinável eleva os custos e impõe desafios ao planejamento energético. A instalação de sistemas de armazenamento próximos às usinas pode evitar perdas e melhorar a eficiência. Juntas, as UHEs Jirau e Santo Antônio poderiam armazenar cerca de 363 MWmed, o que atenderia aproximadamente 4% [ONS (2024)c] da demanda da região Norte do Brasil.

### 3.3. Sistemas de Armazenamento de Energia em Baterias (BESS)

No passado, os Sistemas de Armazenamento de Energia em Baterias (BESS) eram considerados inviáveis no setor elétrico devido aos altos custos, o que limitava sua adoção em larga escala. No entanto, os avanços tecnológicos e o aumento da demanda por fontes renováveis vêm

reduzindo significativamente esses custos, tornando sua implementação cada vez mais viável. Os BESS apresentam vantagens relevantes em relação a outros sistemas de armazenamento, como a flexibilidade operacional, permitindo fornecimento de energia quase instantâneo. Além disso, sua estrutura modular possibilita a expansão conforme a demanda, sem a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura. Outro benefício importante é a independência de fatores geográficos, o que permite sua instalação em áreas urbanas e remotas, próximas aos centros de consumo, reduzindo perdas na transmissão. Devido a essas características, os BESS têm ganhado destaque nas discussões sobre o Planejamento do Setor Elétrico Brasileiro. São considerados soluções promissoras para diversas finalidades, como fornecimento de energia de ponta e serviços anciliares, já amplamente utilizados internacionalmente.

Está previsto para 2026 o "Leilão de Reserva de Capacidade na forma de Potência – LRCAP Armazenamento de 2026", que visa garantir o fornecimento contínuo de energia ao Sistema Interligado Nacional (SIN) por meio da contratação de sistemas de armazenamento. Os projetos deverão apresentar potência superior a 30 MW e garantir disponibilidade de 120 MWh diários, o que representa um marco regulatório importante para a expansão dos BESS no Brasil. Sabe-se que o SIN já possui um sistema de armazenamento de grande porte em operação associada ao sistema de transmissão. A Portaria MME nº 22/2021/SPE e a Resolução Autorizativa nº 10.892/2021 autorizaram a ISA Energia Brasil, importante empresa do setor de transmissão de energia elétrica, a instalar um Sistemas de Armazenamento de Energia em Baterias (BESS) com capacidade de 60 MWh próximo à subestação Subestação Registro, que atende a região do litoral paulista. Essa iniciativa visou reforçar as linhas de transmissão da empresa e oferecer uma solução permanente para a rede elétrica da região, para atendimento, principalmente, de períodos em que a demanda ultrapassa a oferta de energia na região. O investimento reconhecido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) para a implantação do BESS foi de R\$ 146.417.289,31 (junho/2021), e 2% deste valor, o percentual financeiro para operação e manutenção do ativo. Considera-se então um valor atualizado aproximado de despesas de capital (CAPEX) para R\$ 5.500/kW e R\$ 110/kW para despesas operacionais (OPEX).

#### 3.4. Aplicação da Metodologia DPC-IET: Dimensão Social e Técnico-Econômica

A implantação de um BESS no Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira trará impactos sociais positivos, principalmente na estabilidade do fornecimento de energia em regiões isoladas e precárias. Isso melhora o acesso à eletricidade, reduz apagões e favorece serviços essenciais como saúde, educação e comunicação. A instalação e manutenção dos BESS geram empregos diretos e indiretos em engenharia, construção e tecnologia, impulsionando o desenvolvimento econômico local e a capacitação profissional. Do ponto de vista da justiça social, o aumento da capacidade energética na região Norte promove maior inclusão, com tarifas mais acessíveis, beneficiando populações de baixa renda. Esses avanços contribuem para o desenvolvimento sustentável, tornando o sistema energético mais eficiente, seguro e inclusivo.

Na dimensão técnico-econômica, a avaliação considera o potencial energético, a facilidade técnica, o domínio tecnológico e o custo de geração. As UHEs Jirau e Santo Antônio já operam comercialmente, e a implantação de um BESS próximo a elas aproveitaria a infraestrutura de transmissão existente. O potencial energético do BESS foi dimensionado com base na EVT média anualizada das duas UHEs (2015-2023), multiplicada pela eficiência média de 90% [Romão *et al.* (2019)]. O tempo de implantação é estimado em 14 meses, com domínio tecnológico total (100%), visto que já existe um BESS em operação no Brasil. Os custos (CAPEX e OPEX) foram baseados no empreendimento BESS da ISA Energia Brasil.

Tabela 1:Caracterização dos Recursos Energéticos avaliados no estudo de caso. Fonte: elaboração própria

Fonte Energética	MWmed	Local usina	Fonte Energética	Destino Geração
UHE Jirau e UHE Santo Antônio com armazenamento	3737	Brasil	Rio Madeira + BESS	Brasil
UHE Jirau e UHE Santo Antônio sem armazenamento	3411	Brasil	Rio Madeira	Brasil

Tabela 2: Análise dos atributos na Dimensão Técnica-Econômica. Fonte: elaboração própria

Atributo	Potencial Energético	Tempo de Implantação	Domínio Tecnológico	Custo de geração - CAPEX	Custo de geração - OPEX
Sistemas de Armazenamento de Energia em Baterias (BESS)	326 Mwmed	14 meses	100%	R\$ 5.500 /kW	R\$ 110/kW

Ainda não há regulação específica para BESS no sistema elétrico brasileiro, o que pode dificultar investimentos privados. O Leilão de Reserva de Capacidade por sistemas de armazenamento, previsto para 2026, deve ser um marco regulatório, definindo a remuneração para esses sistemas. Na dimensão técnico-econômica, a implementação de BESS é viável e vantajosa. Com base na EVT histórica das usinas Jirau e Santo Antônio, estima-se a injeção de cerca de 326 MWmed adicionais, aumentando a eficiência dos recursos. A proximidade das usinas permite usar a infraestrutura existente, reduzindo custos. Apesar do investimento inicial, avanços tecnológicos e o Leilão de 2026 criam um cenário favorável para atrair investimentos.

### 3.5. Consumo Interno Projetado e Integração Energética

O consumo nacional de energia elétrica no Brasil é projetado para atingir cerca de 1.700 TWh em 2054, considerando uma taxa de crescimento anual de 3,4% do Plano Decenal de Energia 2034 (PDE) [EPE (2024)]. Em 2023, o Brasil consumiu 74,7 GWmed [ONS (2024)c], e as UHEs Jirau e Santo Antônio geraram cerca de 3 GWmed, correspondendo a aproximadamente 4% da demanda nacional.

A fronteira boliviana com o Brasil na região do Rio Madeira, que abrange os departamentos de Beni e Pando, possui baixa população e consumo de energia [BOLÍVIA (2020)]. Devido à ausência de infraestrutura de transmissão para os principais centros consumidores bolivianos, este estudo considera apenas o consumo interno no Brasil para a energia gerada. Atualmente, não há possibilidade de integração energética transnacional entre Brasil e Bolívia nesta região. Embora haja interesse boliviano em comercializar excedentes energéticos de futuras usinas como Guará-Mirim e Cachuela Esperanza para o Brasil, a demanda na região boliviana em estudo é insignificante comparada à brasileira.

## 4. CONCLUSÃO

Este estudo avaliou o potencial do Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira para maximizar o uso da Energia Vinda Turbinável (EVT) e promover soluções sustentáveis de integração energética. A metodologia DPC-IE, focada nas dimensões social e técnico-econômica, revelou oportunidades e desafios para o aproveitamento sustentável da região.

A adoção de Sistemas de Armazenamento de Energia em Baterias (BESS) é uma solução estratégica que aumenta a eficiência energética e reduz o desperdício de EVT. Essa abordagem combina eficiência técnica com benefícios sociais, posicionando o complexo como um modelo de desenvolvimento sustentável, promovendo inclusão social e fortalecendo o sistema elétrico brasileiro.

Apesar das limitações identificadas, como a necessidade de maior suporte regulatório e os custos iniciais elevados que dificultam a escalabilidade a curto prazo, os avanços tecnológicos e as iniciativas regulatórias, como o leilão previsto para 2025, indicam perspectivas promissoras. A análise integrada reforça a importância de abordagens multidimensionais no planejamento energético para atender à crescente demanda de forma sustentável, impulsionar o desenvolvimento regional e fortalecer a resiliência do sistema elétrico. Conclui-se que a integração de sistemas de armazenamento é essencial para explorar plenamente o potencial energético do Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira, alinhando eficiência técnica, benefícios econômicos e sociais. Para aprofundar o estudo, sugere-se incluir as dimensões ambiental e política, visando uma análise mais abrangente, e desenvolver regulações específicas para o armazenamento de energia no Brasil, criando um ambiente regulatório favorável a investimentos e inovações.

## REFERÊNCIAS

- ANA (2024). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, Madeira. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/sala-de-situacao/rio-madeira/saiba-mais>. Acesso em 28/12/2024
- ANA (2018). Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), Sala de Crise se reúne primeira vez para discutir cheia do rio Madeira. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/sala-de-crise-se-reune-primeira-vez-para-discutir-cheia-do-rio-madeira> Acesso em: 29/12/2024
- BOLÍVIA (2020). Ministerio de Educación, Ministerio de Salud y Deportes, Instituto Nacional de Estadística. Estimaciones y proyecciones de población, Estado Plurinacional de Bolivia. Proyecciones de Población, Revisión 2020.
- CSF (2024). Conservation Strategy Fund, Cost-benefit analysis of the Cachuela Esperanza Hydroelectric Project.
- COSTA, F. M. da. (2016). Complexidade e decisão das dimensões do desenvolvimento sustentável: análise dos documentos das usinas hidrelétricas do rio Madeira. 2016. UNIR, Porto Velho-RO.
- ELETROBRAS (2024). Eletrobras - Furnas, Usina de Santo Antônio. Disponível em: <https://www.furnas.com.br/> . Acesso em 21/12/2024
- EPE (2024). Empresa de Pesquisa Energética, EPE. Plano Decenal de Expansão de Energia 2034
- ESPÍNOLA, M.O.G. (2008). Estudo da viabilidade técnica e econômica do aproveitamento da energia vertida turbinável da usina hidrelétrica de Itaipu para a síntese de amônia. Dissertação de Mestrado da Faculdade de Engenharia Mecânica, Unicamp - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP
- JIRAU (2024). Jirau Energia. Disponível em: <https://www.jirauenergia.com.br/> . Acesso em 21/12/2024
- MADEIRA (2024). Interligação Elétrica do Madeira. Disponível em: <https://iemadeira.com.br> . Acesso em 29/12/2024.
- ONS (2025). Operador Nacional do Sistema. O Sistema em números. Disponível em:

<https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros> Acesso em: 19/01/2025

ONS (2024)a. Operador Nacional do Sistema. Histórico da Operação. Disponível em: [https://www.ons.org.br/paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao\\_energia.aspx](https://www.ons.org.br/paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/geracao_energia.aspx) Acesso em 28/12/2024

ONS (2024)b. Operador Nacional do Sistema. Energia Vertida Turbinável. Disponível em: <https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/energiavertidaturbinavel.aspx> Acesso em 29/12/2024.

ONS (2024)c. Operador Nacional do Sistema. Carga de Energia. Disponível em: [https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/carga\\_energia.aspx](https://www.ons.org.br/Paginas/resultados-da-operacao/historico-da-operacao/carga_energia.aspx) Acesso em 29/12/2024.

RAINEY, S. J. e RAINY, M. C. A (2016) Perspectivas ribeirinha sobre os impactos da construção de usinas hidrelétricas no rio Madeira em Rondônia. Revista Franco-Brasileira de Gerografia.

ROMÃO, U. G.; CARVALHO, A. D. e JUNIOR, A. C. (2019). Baterias de Íon de Lítio Estado da Arte e Aplicações. Revista Acadêmica – Ensino e Tecnologias. IFSP – Campus Cubatão-SP.

SILVA, V. O. (2022). Como inserir recursos energéticos importados no planejamento energético nacional? Modelo de determinação de recursos energéticos para a integração energética transnacional, Tese (Doutorado). USP-SP