



Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Diretoria de Graduação
Curso de Engenharia Elétrica – Belo Horizonte

FÁBIO CÉSAR VIEIRA DE MELLO

**ANÁLISE E OPERAÇÃO DE UMA MICRORREDE COM FONTE RENOVÁVEL E
ARMAZENAMENTO DE ENERGIA**

BELO HORIZONTE

2026

ANÁLISE E OPERAÇÃO DE UMA MICRORREDE COM FONTE RENOVÁVEL E ARMAZENAMENTO DE ENERGIA¹

Fábio César Vieira De Mello ²

Prof. Dr. Raphael Paulo Braga Poubel ³

RESUMO

Este trabalho analisa, por meio de simulação computacional, o comportamento de uma microrrede com geração fotovoltaica e armazenamento de energia aplicada ao atendimento de uma carga industrial, considerando os modos de operação conectado à rede de distribuição e ilhado. A motivação do estudo está relacionada ao crescimento da geração distribuída e à necessidade de soluções capazes de aumentar a flexibilidade operacional, a confiabilidade do suprimento e o aproveitamento de fontes renováveis. A metodologia foi baseada na utilização do GridLAB-D para modelagem elétrica da microrrede e execução das simulações, com apoio de scripts em Python para organização, processamento e visualização dos dados. De forma complementar, o *software* HOMER Pro foi empregado para estimativa técnico-econômica simplificada da configuração conectada. Os resultados indicam que, no modo conectado, a microrrede apresenta operação energeticamente sustentável, com bom aproveitamento da geração solar e recomposição do estado de carga da bateria. No modo ilhado, embora o sistema seja capaz de sustentar a carga por período significativo, observa-se redução progressiva do estado de carga do banco de baterias, evidenciando maior exigência energética e necessidade de ajustes de projeto ou operação. Conclui-se que a operação conectada oferece maior robustez e flexibilidade, enquanto a operação ilhada destaca a importância do adequado dimensionamento da geração e do armazenamento para garantir continuidade e segurança do fornecimento.

Palavras-chave: microrredes; geração fotovoltaica; armazenamento de energia; GridLAB-D.

¹ Artigo científico elaborado para a conclusão de curso do bacharelado em Engenharia Elétrica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Campos Nova Gameleira.

² Discente do curso de Engenharia Elétrica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG).

³ Professor Doutor do curso de Engenharia Elétrica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), Campos Nova Gameleira.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	2
2.1 Contexto do Sistema Elétrico Brasileiro	2
2.2 Acesso à Energia e Desafios de Suprimento	3
2.3 Microrredes	4
2.4 Armazenamento, Geração de Apoio e Gestão de Cargas	5
3 METODOLOGIA	6
3.1 Abordagem	6
3.2 Grid Lab-D	6
3.3 Python	8
3.4 Homer Pro	8
4 MODELAGEM DO SISTEMA	9
4.1 Configuração da Microrrede Simulada	9
4.2 Definição dos Cenários de Operação	10
4.3 Estratégias de Operação dos Recursos Energéticos	11
5 RESULTADOS	11
5.1 Operação da microrrede no modo conectado	11
5.2 Operação da microrrede no modo ilhado	14
5.3 Aspectos econômicos e comparação com a expansão da rede	16
6. CONCLUSÃO	18
6.1 Trabalhos Futuros	19
REFERÊNCIAS	20



Data de submissão: 25/06/2026

Data de aprovação: 17/06/2026

1 INTRODUÇÃO

O setor elétrico passa por uma mudança significativa, com novas formas de utilizar a energia e maior descentralização da geração. No Brasil, onde a geração renovável sempre foi preponderante na matriz, essa expansão foi ainda mais acentuada. A matriz de geração de eletricidade nacional cresceu em uma das maiores magnitudes de sua série histórica em 2024, acumulando cerca de 10,85 GW de aumento na capacidade instalada, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2025), resultado direto da aceleração em projetos renováveis e pequenas centrais hidrelétricas interligadas ao sistema. Ao mesmo tempo, a demanda por energia se manteve alta; embora um pouco abaixo dos níveis de 2023, o consumo final de eletricidade aumentou 5,5% em 2024 e chegou a 650,4 TWh, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2025). O vetor mais disruptivo dessa transformação é a grande penetração da microgeração e minigeração distribuída (MMGD), que altera fundamentalmente a estrutura clássica de um sistema de fluxo unidirecional com geração centralizada distante dos centros urbanos para um modelo bidirecional. Como as redes de distribuição não foram originalmente concebidas para lidar com fluxos reversos de potência e com elevada inserção de recursos energéticos distribuídos, surgem desafios associados à regulação de tensão, à estabilidade, à coordenação operacional e à atuação dos sistemas de controle e proteção (ONS, 2024). Nesse contexto, torna-se necessária a adoção de soluções capazes de aumentar a flexibilidade e a robustez da operação elétrica.

Entre as alternativas aplicáveis a esse novo cenário, destacam-se as microrredes, que podem atuar tanto interligadas à rede de distribuição quanto de forma autônoma, em modo ilhado. Esses sistemas integram fontes de geração distribuída, dispositivos de armazenamento e cargas localizadas na mesma área elétrica, permitindo o balanceamento local entre oferta e consumo de energia. Para isso, é essencial que os componentes da rede trabalhem de forma coordenada, utilizando estratégias de controle e a atuação de dispositivos de proteção, garantindo, assim, a continuidade e a qualidade do fornecimento, mesmo com as flutuações na geração e no consumo (FERREIRA et al., 2015). Portanto, as microrredes se apresentam como uma alternativa que pode aumentar a segurança operacional e a capacidade de resposta do sistema frente a diferentes situações de suprimento.



Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo analisar, por meio de simulação computacional, o comportamento de uma microrrede inserida em uma planta industrial, considerando os modos de operação conectado à rede de distribuição e ilhado. Para a modelagem elétrica e a execução das simulações, utiliza-se o *software* GridLAB-D (GRIDLAB-D), ferramenta voltada à simulação e análise de sistemas de distribuição de energia elétrica. De forma complementar, *scripts* em Python são empregados para organização, tratamento e visualização dos dados obtidos. Além disso, o *software* HOMER Pro (HOMER ENERGY) é utilizado como ferramenta de apoio à avaliação técnico-econômica simplificada, permitindo estimar indicadores associados ao investimento inicial, ao custo de operação e ao custo médio da energia, com finalidade comparativa entre os cenários analisados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Contexto do Sistema Elétrico Brasileiro

O sistema elétrico brasileiro (SEB) apresenta características particulares quando comparado ao de outros países, principalmente pela forte participação histórica das fontes renováveis em sua matriz de geração. A predominância da geração hidrelétrica ao longo das últimas décadas contribuiu para a consolidação de um sistema de grande porte, interligado e com ampla abrangência territorial. Ao mesmo tempo, a expansão recente de fontes como a solar fotovoltaica e a eólica tem alterado de forma progressiva a composição dessa matriz, ampliando a diversificação das fontes e introduzindo novos desafios operacionais ao sistema.

No segmento de distribuição, a expansão da MMGD passou a modificar a lógica tradicional de operação das redes, antes marcadas por fluxo predominantemente unidirecional de potência. Com a inserção crescente de geração próxima ao consumo, passam a ocorrer situações em que a energia não apenas é consumida localmente, mas também pode ser injetada na rede. Esse novo arranjo impõe exigências adicionais aos sistemas de proteção, à regulação de tensão e ao planejamento da operação, sobretudo em redes originalmente concebidas para comportamento mais passivo. Além das mudanças associadas à inserção de renováveis, o sistema brasileiro também convive com diferenças regionais importantes, tanto na infraestrutura instalada quanto nas condições de atendimento. Em determinadas localidades, especialmente afastadas dos grandes centros, a expansão convencional da rede pode se tornar economicamente complexa ou tecnicamente limitada. Nesse contexto, soluções



descentralizadas passam a ter relevância crescente, tanto sob a ótica da confiabilidade quanto da ampliação do acesso à energia.

2.2 Acesso à Energia e Desafios de Suprimento

O acesso à energia elétrica no Brasil não se resume à existência física de conexão ao sistema elétrico. Em muitas situações, especialmente em áreas remotas ou em localidades com maior vulnerabilidade operacional, a discussão envolve também continuidade de serviço, qualidade da tensão e capacidade de resposta em situações de contingência. Segundo o Ministério de Minas e Energia, o Brasil ainda possui quase 200 sistemas isolados, além de mais de 550 mil residências e comércios atendidos por esse modelo de suprimento, alcançando cerca de 3 milhões de brasileiros. Esses dados evidenciam a relevância técnica e social de soluções capazes de ampliar a confiabilidade do fornecimento fora da lógica convencional de expansão da rede (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2024). Nesse contexto, as microrredes vêm ganhando espaço como alternativa para atendimento local com maior flexibilidade operacional, sobretudo quando associadas à geração renovável e ao armazenamento de energia. Esse movimento não aparece apenas como possibilidade conceitual. Em fevereiro de 2026, a EPE publicou o *Roadmap* de Microrredes para Sistemas Isolados no Brasil, destacando que a aplicação dessas soluções pode apoiar o planejamento energético e a formulação de políticas públicas, integrando análises técnicas, econômicas, regulatórias e socioambientais (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2026). Assim, o debate recente sobre microrredes no país indica que sua adoção vem sendo tratada como solução viável para ampliar a confiabilidade, a eficiência e a segurança do suprimento em contextos específicos.

Um exemplo representativo é o projeto implantado pela Neoenergia na comunidade de Xique-Xique, no município de Remanso, na Bahia. Segundo a empresa, a microrrede entrou em operação em 2023 para atender uma comunidade isolada localizada a cerca de 720 quilômetros de Salvador, passando a fornecer energia elétrica a aproximadamente 100 residências, além de escola, poço artesiano comunitário e associação de moradores (NEOENERGIA, 2023). A solução adotada combinou geração solar fotovoltaica com capacidade de 243 kWp e armazenamento em baterias, com autonomia de até 48 horas em períodos sem radiação solar suficiente. O caso é relevante porque mostra, de forma prática, a utilização conjunta de geração renovável e armazenamento para viabilizar o atendimento em uma localidade de difícil acesso.



Outro exemplo recente é o projeto desenvolvido pela Cemig em Serra da Saudade, em Minas Gerais, inaugurado em janeiro de 2026. Nesse caso, a microrrede foi aplicada como alternativa para aumentar a segurança energética e a resiliência do fornecimento. De acordo com a empresa, o sistema implantado possui capacidade de 2,0 MWh, utiliza geração fotovoltaica para carregamento de um banco de baterias e foi projetado para sustentar a demanda do município por até 48 horas em caso de falhas na rede principal. As informações divulgadas também indicam que a escolha da solução decorreu de análise técnica e econômica que comparou a microrrede com alternativas tradicionais de reforço de rede, reforçando a ideia de que sua adoção pode ser tecnicamente justificável e operacionalmente vantajosa em determinados cenários (CEMIG, 2026).

2.3 Microrredes

O conceito de microrrede está associado à formação de um sistema elétrico local capaz de integrar geração distribuída, cargas e dispositivos de controle dentro de uma mesma área elétrica. Em definição apresentada pelo *U.S. Department of Energy* (DOE), uma microrrede é “um grupo de cargas interconectadas e recursos energéticos distribuídos dentro de limites elétricos claramente definidos, que atua como uma única entidade controlável” (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2024). Essa definição destaca dois pontos centrais: a existência de limites elétricos bem definidos e a capacidade de o conjunto operar de forma coordenada, como uma única entidade do ponto de vista da rede. A partir dessa definição, entende-se que a microrrede não se resume à simples presença de geração próxima à carga. Seu diferencial está na coordenação entre os seus componentes, de modo que fontes geradoras, armazenamento, proteção e controle possam atuar de forma integrada. Em termos práticos, isso permite que o sistema responda de maneira mais organizada às variações de geração e de demanda, favorecendo o balanceamento local de potência e a continuidade do fornecimento em diferentes condições de operação.

Outro aspecto importante é que a microrrede pode operar conectada à rede principal ou em modo ilhado. Na operação conectada, o sistema permanece interligado à rede de distribuição, utilizando essa conexão como referência elétrica e como apoio em situações nas quais a geração local não seja suficiente para atender a demanda. Já no modo ilhado, a microrrede passa a operar de forma autônoma, exigindo maior coordenação entre geração, armazenamento e carga para manter as condições adequadas de funcionamento. Essa



característica amplia as possibilidades de aplicação da microrrede, tanto em sistemas remotos quanto em instalações que buscam maior segurança de suprimento diante de falhas ou contingências da rede externa. Sob o ponto de vista operacional, estudos como os de Guerrero et al. (2011) e Tenti et al. (2015) mostram que a estabilidade da microrrede, o compartilhamento de potência e a transição entre os modos de operação estão diretamente associados à adequada coordenação entre conversores, geração distribuída, armazenamento e carga

Além da definição conceitual, a literatura recente tem ressaltado que o desempenho de microrredes depende não apenas da presença de recursos energéticos distribuídos, mas também da forma como esses elementos são integrados e coordenados em diferentes condições de operação. Nesse sentido, Callegari et al. destacam a relevância de plataformas de teste e validação para o desenvolvimento de microrredes avançadas, especialmente em estudos envolvendo transição entre os modos conectado e ilhado, integração entre conversores e estratégias de controle. Essa perspectiva reforça que a robustez operacional da microrrede está associada tanto à sua arquitetura elétrica quanto à capacidade de coordenação entre seus recursos.

Em função dessas características, as microrredes podem ser aplicadas em comunidades isoladas, instalações industriais, edifícios comerciais e outras estruturas que demandem maior flexibilidade operacional. Sua relevância cresce especialmente em cenários com elevada participação de fontes renováveis e armazenamento, nos quais o controle local e a capacidade de transição entre modos de operação se tornam fatores importantes para a robustez do sistema.

2.4 Armazenamento, Geração de Apoio e Gestão de Cargas

Em microrredes com elevada participação de fontes renováveis, o armazenamento de energia exerce papel importante devido à variabilidade da geração solar e eólica. Os sistemas de baterias permitem armazenar excedentes em períodos de maior geração e disponibilizá-los quando a produção é insuficiente, contribuindo para o equilíbrio entre oferta e demanda. Assim, o desempenho da microrrede depende não apenas da potência instalada, mas também da coordenação entre armazenamento, geração de apoio e estratégias de gerenciamento da demanda.



3 METODOLOGIA

3.1 Abordagem

Este trabalho adota uma abordagem baseada em simulação computacional para analisar o comportamento de uma microrrede em diferentes condições de operação em ambiente controlado. Analisa-se a interação entre cargas, geração distribuída, armazenamento de energia e estratégias de controle, permitindo observar a resposta do sistema diante de diferentes arranjos operacionais.

A metodologia foi estruturada de modo a utilizar o GridLAB-D como ferramenta principal de modelagem e execução das simulações. Essa escolha está associada ao fato de o *software* ter sido concebido para estudos em sistemas de distribuição, permitindo representar com maior detalhamento a interação entre rede elétrica, cargas e recursos energéticos distribuídos. Assim, a análise desenvolvida neste trabalho concentra-se na modelagem da microrrede e na avaliação comparativa de seu comportamento em diferentes modos de operação, com ênfase no balanço de potência e no estado de carga do sistema de armazenamento.

3.2 Grid Lab-D

O GridLAB-D é um *software* de código aberto voltado à simulação de sistemas elétricos de distribuição, originalmente desenvolvido com apoio do *U.S. Department of Energy*. Entre suas características mais relevantes para este trabalho estão a estrutura modular, a modelagem orientada a objetos e a operação por meio de arquivos de texto, o que favorece tanto a flexibilidade na construção dos modelos quanto a integração com rotinas externas de tratamento de dados. A documentação do *software* destaca ainda que esse formato textual facilita a portabilidade, a escalabilidade dos estudos e a modificação progressiva dos modelos, características particularmente úteis em análises de microrredes.

Do ponto de vista estrutural, os modelos no GridLAB-D são organizados, principalmente, em arquivos. *glm*, nos quais são declarados os módulos utilizados, os objetos da rede e os parâmetros de simulação. Essa lógica orientada a objetos é central no funcionamento do *software*: cada componente do sistema elétrico é representado como uma instância específica de uma classe, e o comportamento global da rede resulta das relações estabelecidas entre esses objetos. Dessa forma, o ambiente de simulação permite construir o



sistema de maneira explícita, favorecendo a representação detalhada da topologia elétrica e da interação entre seus elementos.

No presente trabalho, a modelagem da microrrede foi baseada na combinação de módulos compatíveis com a análise proposta. O módulo *powerflow* foi utilizado para representar a estrutura elétrica da rede, incluindo barramentos, medidores e elementos de interligação. Nesse contexto, a topologia do sistema é construída principalmente a partir de objetos do tipo *node* e *line*, que funcionam, respectivamente, como pontos elétricos da rede e conexões entre esses pontos. Essa forma de representação é particularmente adequada para estudos de microrredes, pois permite descrever de forma clara a organização do barramento principal, os pontos de conexão entre geração e carga e as condições de operação da rede em diferentes cenários.

A representação dos recursos energéticos distribuídos foi realizada com apoio do módulo *generators*, que reúne modelos para sistemas fotovoltaicos, inversores e armazenamento em baterias. No caso da geração solar, o GridLAB-D utiliza parâmetros associados às características físicas do arranjo fotovoltaico, como área, eficiência e condições térmicas, produzindo inicialmente uma potência em corrente contínua que é posteriormente convertida em corrente alternada por meio de um inversor. Já no caso do armazenamento, o *software* permite definir propriedades como capacidade energética, estado de carga e eficiência, além de modos de controle associados ao inversor, o que torna possível representar diferentes estratégias operativas para a bateria ao longo da simulação.

Como a geração fotovoltaica depende diretamente das condições ambientais, foi empregado também o módulo *climate*, responsável por fornecer ao modelo variáveis meteorológicas como radiação solar, temperatura e velocidade do vento. A utilização desse módulo é relevante porque permite que a produção fotovoltaica seja vinculada a condições climáticas variáveis ao longo do tempo, aproximando a simulação de uma situação mais realista de operação. De forma complementar, o módulo *tape* foi utilizado para registrar as variáveis de interesse por meio de objetos *recorder*, possibilitando a exportação de resultados temporais em arquivos de saída. Esses registros constituem a base para a posterior análise comparativa do comportamento da microrrede, especialmente no que se refere às potências e estado de carga do sistema de armazenamento.

Do ponto de vista metodológico, uma das principais vantagens do GridLAB-D para este estudo está na possibilidade de construir modelos de complexidade crescente. Isso permite partir de uma estrutura simplificada e, gradualmente, incorporar perfis temporais, condições



climáticas, geração distribuída, armazenamento e diferentes lógicas de operação. Essa característica é especialmente importante em estudos de microrredes, nos quais a análise não depende apenas da rede elétrica em si, mas também da forma como os recursos energéticos são coordenados em função dos cenários considerados.

3.3 Python

O uso do Python neste trabalho teve caráter complementar. Sua aplicação esteve voltada principalmente à organização de arquivos de entrada e saída, ao tratamento dos dados obtidos nas simulações e à geração de gráficos para análise dos resultados. Dessa forma, embora o Python tenha contribuído para automatizar etapas do processamento e facilitar a visualização das variáveis de interesse, a modelagem elétrica e a lógica principal de simulação permaneceram concentradas no GridLAB-D.

3.4 Homer Pro

Para complementar a análise técnica da microrrede, foi utilizado o *software* HOMER Pro como ferramenta de apoio à avaliação econômica simplificada dos cenários estudados, especialmente da configuração conectada à rede. Sua aplicação teve como finalidade estimar indicadores associados à implantação e à operação do sistema, permitindo comparar alternativas de configuração sob a perspectiva técnico-econômica. Entre os principais parâmetros analisados, destacam-se o *Capital Expenditure* (CAPEX), que representa o investimento inicial necessário para implantação da microrrede; o *Net Present Cost* (NPC), que corresponde ao custo total do projeto ao longo de sua vida útil; o *Operating Cost* (OPEX), relacionado aos custos anuais de operação; e o *Levelized Cost of Energy* (LCOE), que expressa o custo médio da energia fornecida.

Também foram considerados indicadores energéticos e operacionais relevantes para a interpretação econômica do sistema, como a fração renovável, que indica a participação das fontes renováveis no atendimento da carga; a produção anual do sistema fotovoltaico; a capacidade nominal da bateria e sua capacidade acessível, correspondente à parcela efetivamente utilizável do armazenamento; a autonomia, associada ao tempo em que a bateria pode sustentar o sistema; e o *throughput* anual, que representa a energia movimentada pelo banco de baterias ao longo do ano. Ressalta-se que os valores obtidos no HOMER Pro foram



utilizados com finalidade estimativa e comparativa, de modo a apoiar a análise entre cenários, não constituindo orçamento executivo nem previsão financeira definitiva.

4 MODELAGEM DO SISTEMA

4.1 Configuração da Microrrede Simulada

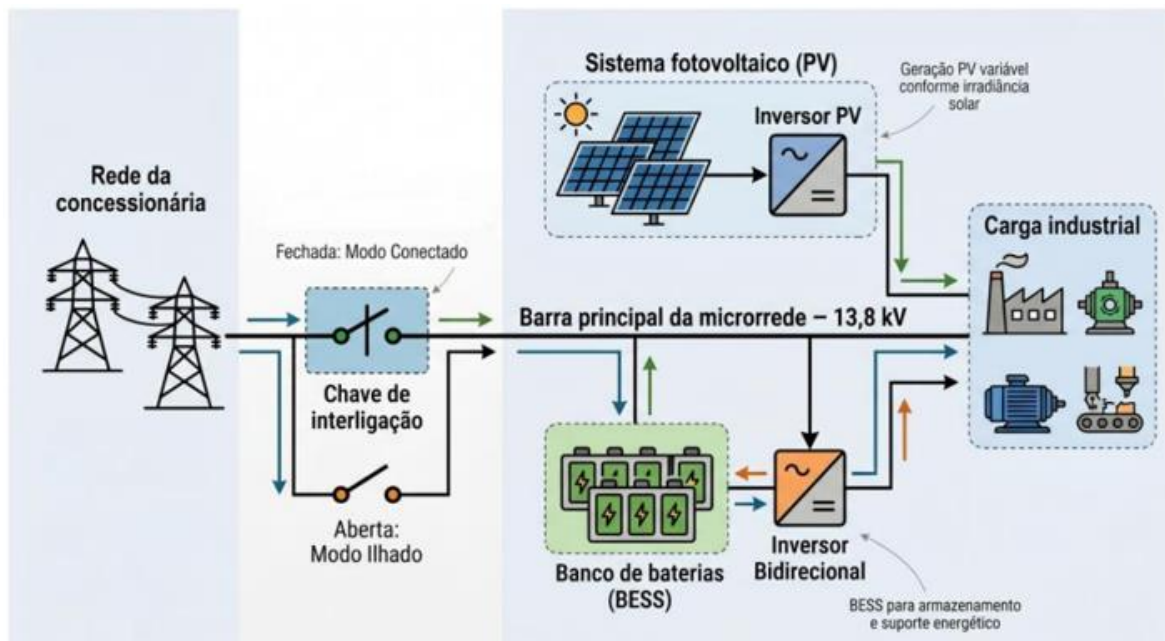
A microrrede simulada foi estruturada a partir de um barramento principal em 13,8 kV, ao qual foram conectados os três recursos centrais do estudo: a carga industrial, o sistema fotovoltaico e o banco de baterias. No modo conectado, a estrutura também inclui a rede da concessionária, o ponto de acoplamento comum e a chave de interligação, permitindo intercâmbio de potência com o sistema externo. No modo ilhado, a microrrede opera sem conexão física com a rede de distribuição, sendo mantidos apenas os recursos locais de geração e armazenamento, com o uso de uma barra de referência interna para viabilizar numericamente a solução do fluxo de potência. A Figura 1 demonstra o sistema podendo ser alterado pelos dois modos através da chave.

A carga foi modelada como trifásica equilibrada, distribuída entre as três fases, com fator de potência aproximado de 0,93 e perfil horário variável ao longo do dia. Para os dois modelos foi adotado o mesmo perfil de demanda, com pico ativo de aproximadamente 465 kW, correspondente a cerca de 500 kVA, permitindo que a comparação entre os cenários seja realizada sobre uma mesma base de consumo.

O sistema fotovoltaico foi representado por um arranjo associado a um inversor do tipo *four-quadrant*, operando em modo de fator de potência constante. Em ambos os casos, o inversor fotovoltaico foi definido com potência nominal de 1,40 MW, enquanto o arranjo solar foi configurado com tecnologia de silício monocristalino, eficiência de 20% tendo sua produção condicionada ao perfil de irradiância solar aplicado ao objeto climático.

O sistema de armazenamento foi modelado por meio de um banco de baterias de íons de lítio com capacidade nominal de 9 MWh e eficiência de ciclo de 92%, acoplado a um inversor bidirecional. No cenário conectado, o conversor do BESS foi configurado com potência nominal de 1,0 MW e estado inicial de carga de 50%. No cenário ilhado, o conversor foi definido com potência nominal de 500 kW e estado inicial de carga de 80%, mantendo-se a capacidade energética do banco.

Figura 1 — Diagrama de microrrede com PV, BESS e carga industrial em modos conectado e ilhado



Fonte: Próprio autor.

4.2 Definição dos Cenários de Operação

Foram considerados dois cenários operativos para a microrrede: conectado à rede de distribuição e ilhado. No cenário conectado, a chave de interligação permanece fechada e o sistema pode importar ou exportar potência por meio do ponto de acoplamento comum. Nessa configuração, a geração fotovoltaica atende parte da carga ao longo do dia, enquanto o banco de baterias atua de forma complementar, armazenando excedentes e fornecendo suporte energético quando a solicitação da carga aumenta ou a geração solar se reduz.

No cenário ilhado, a microrrede é analisada em operação autônoma, sem apoio explícito da concessionária. Nessa condição, o atendimento da carga depende exclusivamente dos recursos internos do sistema, ou seja, da geração fotovoltaica e do banco de baterias. Para esse caso, foi mantido o perfil de carga adotado no cenário conectado, de forma que a diferença entre os resultados reflita principalmente o efeito da ausência da rede externa e da mudança na estratégia de operação do armazenamento.

Do ponto de vista da análise, espera-se que o cenário conectado apresente maior flexibilidade operacional, uma vez que a rede externa atua como elemento de apoio ao suprimento. Já o cenário ilhado foi construído para representar a situação em que a microrrede



depende integralmente de seus próprios recursos, destacando o papel do banco de baterias no atendimento da carga e na manutenção do equilíbrio energético do sistema. Essas expectativas orientam a comparação, mas sua verificação é feita apenas na seção de resultados.

4.3 Estratégias de Operação dos Recursos Energéticos

A modelagem adotada neste trabalho possui caráter comparativo e exploratório, sendo voltada à avaliação do comportamento energético da microrrede sob dois modos distintos de operação. Para garantir a comparabilidade entre os cenários, foram mantidos o mesmo perfil de carga e o mesmo perfil de irradiância solar nas duas simulações, de modo que as diferenças observadas estejam associadas principalmente à configuração operacional da microrrede e ao modo de atuação do banco de baterias.

Entre as simplificações adotadas, considera-se a carga industrial trifásica e equilibrada, com fator de potência aproximadamente constante, bem como uma representação climática simplificada, na qual a irradiância solar varia ao longo do tempo enquanto temperatura e velocidade do vento permanecem fixas. No cenário ilhado, a barra *bus_ref* foi utilizada exclusivamente como recurso numérico para a resolução do fluxo de potência, não correspondendo a uma interligação física com a concessionária.

Além disso, admite-se que o comportamento do banco de baterias no caso ilhado seja representado por um perfil temporal de despacho, o que constitui uma simplificação em relação a estratégias de controle mais avançadas. Dessa forma, o escopo da análise concentra-se na comparação entre os modos conectado e ilhado quanto à forma de utilização dos recursos energéticos da microrrede.

5 RESULTADOS

5.1 Operação da microrrede no modo conectado

No cenário conectado, a microrrede opera com apoio da rede da concessionária, permitindo que a geração fotovoltaica e o banco de baterias atuem de forma complementar ao suprimento da carga industrial. Nessa configuração, a rede externa funciona como elemento de suporte energético, reduzindo a necessidade de que a bateria seja responsável sozinha pelo equilíbrio entre geração e demanda. A análise desse modo de operação é importante porque representa uma condição mais flexível e próxima de aplicações reais em que se busca aumentar

a segurança do fornecimento sem depender exclusivamente do funcionamento isolado da microrrede.

A Figura 2 apresenta o balanço de potência entre a geração solar e a carga ao longo de 48 horas de simulação. Observa-se a repetição do perfil diário, com crescimento gradual da geração fotovoltaica no início da manhã, pico próximo ao meio do dia e redução progressiva no final da tarde. A carga, por sua vez, mantém o comportamento variável previsto no modelo, com valores reduzidos durante a madrugada, elevação ao longo do período diurno e novo aumento no final da tarde e início da noite. Durante as horas centrais do dia, a geração fotovoltaica supera a demanda da carga, caracterizando intervalos de excedente energético; já no período noturno, a geração é nula e o atendimento da carga depende do suporte da rede e da atuação complementar do banco de baterias.

Figura 2 — Balanço de potência entre geração solar e carga ao longo de dois dias no cenário conectado



Fonte: Próprio autor.

Esse comportamento evidencia que, no modo conectado, a microrrede apresenta boa capacidade de aproveitamento da geração solar, especialmente nos períodos em que a produção fotovoltaica ultrapassa a demanda instantânea. O excedente observado durante o dia tende a reduzir a solicitação da rede da concessionária e cria uma condição favorável para o carregamento do sistema de armazenamento. Já nos intervalos em que a geração solar é insuficiente, principalmente no início da manhã e à noite, a presença da rede externa garante continuidade operacional, evitando que o sistema dependa exclusivamente da energia armazenada no Sistema de Armazenamento de Energia em Baterias, que possui a sigla em inglês BESS, para sustentar a carga.

A evolução do estado de carga (*State of charge* - SOC) da bateria é mostrada na Figura 3. Nota-se que, no início da simulação, o banco de baterias parte de aproximadamente 50% de SOC e permanece praticamente estável nas primeiras horas, indicando baixa atuação nesse intervalo. Com o aumento da geração solar e o surgimento de excedente energético, a bateria passa a ser carregada, elevando seu estado de carga para valores superiores a 70% no primeiro dia. Após esse período, ocorre uma redução moderada do SOC, associada ao uso da bateria em momentos de menor geração solar e maior exigência da carga. No segundo dia, o mesmo comportamento se repete, porém com novo acúmulo de energia, levando o SOC a valores próximos de 90% antes de encerrar a simulação acima de 80%.

Figura 3 — Variação do estado de carga da bateria (%) ao longo das 48 horas de simulação no cenário conectado



Fonte: Próprio autor.

Do ponto de vista técnico, esse resultado indica que o cenário conectado é energeticamente sustentável nas condições simuladas, uma vez que o banco de baterias não apenas evita esgotamento ao longo dos dois dias, mas termina a simulação com nível de carga superior ao inicial. Isso mostra que a geração fotovoltaica instalada, combinada com a lógica de operação adotada para o BESS, é suficiente para recompor a energia armazenada e ainda preservar uma margem de reserva. Ao mesmo tempo, o perfil do SOC sugere que a bateria não é submetida a ciclos profundos de descarga, o que tende a ser favorável à vida útil do sistema de armazenamento.

Além disso, a permanência de níveis relativamente elevados de SOC ao final do horizonte simulado sugere que o modo conectado proporciona maior robustez operacional à microrrede, pois o sistema consegue atender à carga, aproveitar a geração solar disponível e manter reserva energética para eventos de contingência. Em termos práticos, isso significa que a operação conectada pode contribuir para aumentar a confiabilidade e a segurança do

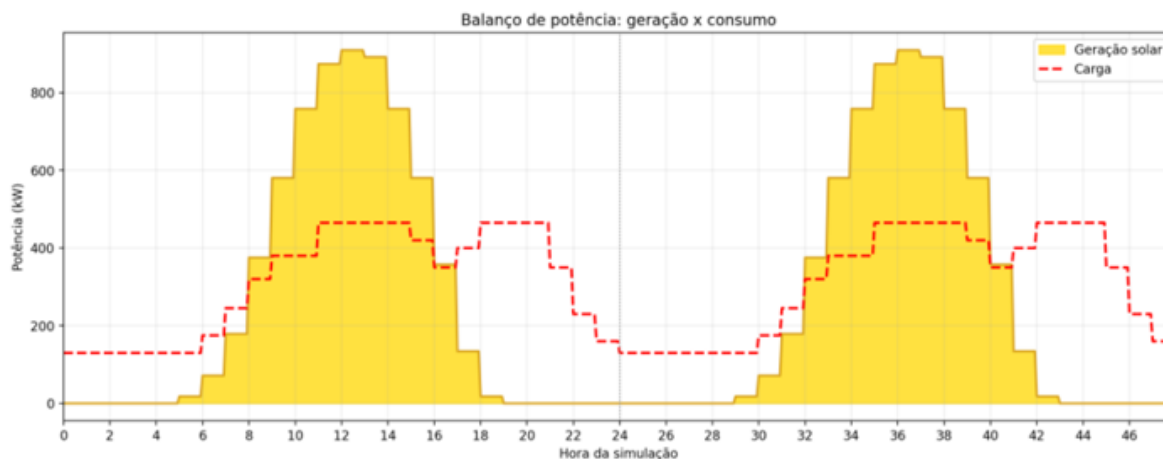
fornecimento, funcionando como uma solução intermediária entre o atendimento exclusivamente pela rede convencional e a operação totalmente ilhada. Assim, os resultados deste cenário mostram que a interligação à rede, quando combinada com geração distribuída e armazenamento, amplia a flexibilidade do sistema e reduz a vulnerabilidade da carga a variações na disponibilidade instantânea de geração solar.

5.2 Operação da microrrede no modo ilhado

No cenário ilhado, a microrrede opera sem apoio da rede da concessionária, de modo que o atendimento da carga passa a depender exclusivamente da geração fotovoltaica e do banco de baterias. Essa condição representa um caso mais exigente do ponto de vista energético, pois toda a variabilidade da geração solar e toda a demanda da carga devem ser absorvidas internamente pelo sistema. Assim, a análise desse cenário é fundamental para verificar até que ponto a microrrede consegue sustentar o fornecimento de forma autônoma e quais limitações surgem quando não existe suporte externo.

A Figura 4 apresenta o balanço de potência entre a geração fotovoltaica e a carga ao longo de 48 horas no modo ilhado. O perfil da carga mantém o comportamento adotado no cenário conectado, com valores mais baixos durante a madrugada, elevação progressiva pela manhã, pico durante o período diurno e redução parcial ao final do dia. A geração solar também repete o padrão diário esperado, com crescimento a partir das primeiras horas da manhã, pico próximo ao meio do dia e queda acentuada no fim da tarde, tornando-se nula durante a noite. Como não há rede de apoio, os intervalos em que a geração fotovoltaica não é suficiente para atender à carga exigem atuação direta do sistema de armazenamento.

Figura 4 — Balanço de potência entre geração solar e carga ao longo de dois dias no cenário ilhado



Fonte: Próprio autor.

Observando a relação entre as curvas da Figura 4, percebe-se que, nas horas centrais do dia, a geração fotovoltaica supera a carga, criando condições favoráveis para recomposição parcial da energia armazenada. Entretanto, nos períodos de menor irradiância e, principalmente, durante a noite, a geração solar não contribui para o suprimento, fazendo com que o banco de baterias assuma papel central no atendimento da demanda. Isso faz com que a operação ilhada seja muito mais sensível ao balanço energético diário e à capacidade do sistema de armazenamento do que o modo conectado.

A evolução do estado de carga da bateria é apresentada na Figura 5. No início da simulação, o banco parte de aproximadamente 80% de SOC e sofre redução progressiva nas primeiras horas, devido ao atendimento da carga em um período sem geração solar significativa. Ao longo do primeiro dia, a bateria é parcialmente recarregada com o excedente fotovoltaico, alcançando novamente valores próximos ao nível inicial. No entanto, essa recuperação não se mantém no restante da simulação. Após a transição para o segundo dia, observa-se nova tendência de depleção do SOC, com recuperação mais limitada durante o pico de geração solar e queda mais acentuada ao final do horizonte simulado, encerrando próximo de 22%.

Figura 5 — Variação do estado de carga da bateria (%) ao longo das 48 horas de simulação no cenário ilhado



Fonte: Próprio autor.

Do ponto de vista técnico, esse comportamento indica que o cenário ilhado, nas condições adotadas, apresenta maior exigência energética e menor sustentabilidade ao longo de ciclos sucessivos. Embora a geração fotovoltaica seja capaz de recompor parcialmente a energia do BESS durante o dia, a recuperação obtida não é suficiente para compensar integralmente a energia consumida nos períodos em que a carga depende predominantemente do armazenamento. Como resultado, o sistema termina o segundo dia com um estado de carga



significativamente inferior ao valor inicial, evidenciando que a microrrede, nesse arranjo, ainda não fecha o balanço energético diário de forma neutra.

Esse resultado mostra que, no modo ilhado, o banco de baterias deixa de atuar apenas como elemento de suporte e passa a ser o principal recurso de compensação entre a variabilidade da geração solar e a continuidade do atendimento da carga. Consequentemente, qualquer desbalanceamento entre energia gerada e energia consumida se reflete diretamente na trajetória do SOC. Isso evidencia a necessidade de ajustes de projeto ou de operação, como redimensionamento do armazenamento, revisão da estratégia de despacho da bateria, ampliação da geração fotovoltaica ou redução da carga atendida em regime autônomo.

Além disso, a análise do cenário ilhado reforça a importância das microrredes como solução para locais onde a continuidade do fornecimento depende da coordenação entre recursos locais de geração e armazenamento. Mesmo apresentando limitações nas condições simuladas, o modo ilhado demonstra o potencial da microrrede para manter o atendimento da carga sem suporte da rede principal durante um período. Em aplicações reais, isso tem implicações importantes para a segurança e a confiabilidade do fornecimento, especialmente em sistemas mais vulneráveis a falhas ou em localidades onde o atendimento convencional é mais restrito.

5.3 Aspectos econômicos e comparação com a expansão da rede

Com o objetivo de complementar a análise técnica apresentada nas subseções anteriores, foi utilizado o *software* HOMER Pro para estimar os principais indicadores econômicos da microrrede conectada. A ferramenta foi empregada com finalidade comparativa, permitindo obter valores aproximados de investimento inicial, custo anual de operação, custo total do projeto ao longo da vida útil e custo médio da energia fornecida. A Tabela 1 reúne os principais resultados econômicos obtidos para a configuração conectada analisada neste trabalho.

Tabela 1 – Indicadores para a microrrede conectada

Potência fotovoltaica instalada	1.400 kW
Capacidade nominal do banco de baterias	9.000 kWh
Capacidade acessível da bateria	7.200 kWh
Potência do conversor	1.000 kW
CAPEX total	R\$ 14,3 milhões
CAPEX do sistema fotovoltaico	R\$ 5.438.013
Custo operacional anual (<i>Operating Cost</i>)	R\$ 995.374/ano
NPC	R\$ 30,1 milhões
LCOE	R\$ 0,690/kWh
Fração renovável	75,5%
Produção anual do sistema fotovoltaico	2.233.588 kWh/ano
Autonomia da bateria	22,9 h
<i>Throughput</i> anual da bateria	778.498 kWh/ano

Fonte: *Software Homer Pro*

A partir dos valores apresentados, observa-se que o investimento inicial da solução proposta é fortemente influenciado pelos custos do sistema fotovoltaico e, principalmente, do banco de baterias. Nesse sentido, o CAPEX representa a principal barreira de entrada da microrrede, pois concentra o dispêndio necessário para implantação da infraestrutura energética local. Por outro lado, o OPEX obtido indica que, uma vez implantado, o sistema passa a operar com custos anuais associados à manutenção dos componentes e à energia comprada da concessionária, mas com redução da dependência exclusiva da rede convencional. O NPC, por sua vez, permite avaliar o custo total do empreendimento ao longo do horizonte de análise, enquanto o LCOE fornece uma referência útil do custo médio da energia entregue pelo sistema.

Sob a ótica comparativa, esses resultados sugerem que a análise econômica da microrrede não deve se restringir apenas ao investimento inicial, mas considerar também os ganhos associados à maior segurança de suprimento, à redução da vulnerabilidade da carga e à possibilidade de operação com elevada participação de recursos locais. Em aplicações dessa natureza, especialmente para localidades mais afastadas ou sujeitas a restrições operativas,



soluções baseadas apenas na expansão convencional da rede podem deixar de ser economicamente atrativas quando passam a exigir obras de maior porte.

Essa interpretação encontra respaldo em experiências recentes no setor elétrico mineiro. No município de Serra da Saudade, a Cemig informou que a implantação de uma microrrede com armazenamento, geração solar dedicada à recarga, automação avançada e medição inteligente demandou investimento de R\$ 7 milhões, após estudo técnico-econômico que comparou essa alternativa com reforços de rede e com a construção de novos alimentadores para estabelecimento de dupla alimentação. Segundo a própria concessionária, em localidades com características semelhantes, soluções convencionais podem ultrapassar R\$ 30 milhões, o que reforça a competitividade da microrrede em cenários nos quais a infraestrutura tradicional se torna mais onerosa ou mais demorada de implantar.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo analisar o comportamento de uma microrrede com geração fotovoltaica e armazenamento de energia aplicada ao atendimento de uma carga industrial, considerando os modos de operação conectado à rede e ilhado. A relevância do tema está diretamente associada ao cenário atual do setor elétrico, marcado pela expansão da geração distribuída, pelo aumento da participação de fontes renováveis e pelos desafios operacionais decorrentes da maior descentralização do suprimento. Nesse contexto, o estudo de microrredes mostra-se particularmente importante por oferecer uma alternativa capaz de ampliar a flexibilidade operacional, a robustez do sistema e a segurança do fornecimento em situações nas quais a rede convencional, isoladamente, pode não responder de forma satisfatória.

Do ponto de vista metodológico, a utilização do GridLAB-D mostrou-se adequada ao propósito do trabalho, uma vez que o *software* permitiu representar, com nível de detalhe compatível com a análise proposta, a interação entre barramentos, carga, geração fotovoltaica, inversores e banco de baterias. A estrutura modular do programa e a possibilidade de organizar a simulação por meio de objetos e arquivos de configuração favoreceram a construção dos dois cenários analisados, possibilitando comparar o comportamento energético da microrrede sob diferentes condições de operação. De forma complementar, o uso do Python contribuiu para o tratamento dos dados e a visualização dos resultados, enquanto o HOMER Pro foi empregado como ferramenta auxiliar para estimativa técnico-econômica simplificada do caso conectado.

Os resultados obtidos evidenciaram diferenças claras entre os modos de operação. No cenário conectado, a presença da rede da concessionária atuou como elemento de suporte ao



suprimento, permitindo que a geração fotovoltaica e o banco de baterias operassem de forma complementar. Nessa condição, observou-se maior flexibilidade operacional, bom aproveitamento da geração solar e manutenção de níveis mais elevados de estado de carga da bateria ao final do horizonte de análise, indicando maior robustez e sustentabilidade energética do arranjo. Já no cenário ilhado, a microrrede passou a depender exclusivamente de seus recursos internos, o que tornou mais evidente a importância do armazenamento no equilíbrio entre oferta e demanda. Embora o sistema tenha conseguido manter o atendimento da carga por um período significativo, a trajetória do estado de carga mostrou redução progressiva ao longo da simulação, indicando que, nas condições adotadas, o arranjo ainda não fecha o balanço energético de forma neutra em ciclos sucessivos, mas permite manter a operação da indústria mesmo em cenários de falta de suprimento energético advindos da concessionária.

Por fim, o desenvolvimento deste trabalho também permitiu observar aspectos práticos relevantes da própria atividade de modelagem e simulação. Embora o GridLAB-D tenha se mostrado uma ferramenta tecnicamente consistente para estudos dessa natureza, sua utilização exige maior familiaridade com modelagem textual e interpretação de arquivos de saída, uma vez que o software não dispõe de interface gráfica voltada à visualização direta dos resultados. Assim, a análise do comportamento da microrrede demandou o uso de ferramentas complementares para organização, tratamento e representação dos dados, o que tornou o processo metodológico mais trabalhoso, mas também mais rigoroso na compreensão das variáveis simuladas. Nesse sentido, além de contribuir para a análise técnico-operacional da microrrede estudada, o trabalho também evidencia que a aplicação de ferramentas computacionais em sistemas elétricos requer não apenas conhecimento conceitual sobre a operação da rede, mas também domínio dos procedimentos de modelagem, processamento e interpretação dos resultados.

6.1 Trabalhos Futuros

Sugere-se que estudos futuros aprofundem a análise da microrrede sob a perspectiva da concessionária no modo conectado, avaliando com maior detalhe os impactos do intercâmbio de potência no ponto de acoplamento comum e sua relação com a operação da rede de distribuição. Além disso, recomenda-se investigar estratégias mais avançadas de gestão ativa do banco de baterias e de gerenciamento da carga, incluindo a possibilidade de cortes seletivos de carga para prolongar a autonomia do sistema em operação ilhada, bem como a análise da transição entre os modos conectado e ilhado.



REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Matriz elétrica teve aumento de 10,9 GW em 2024, maior expansão da série histórica. Brasília, DF: ANEEL, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2025/matriz-eletrica-teve-aumento-de-10-9-gw-em-2024-maior-expansao-da-serie-historica>. Acesso em: 10 ABRIL. 2025.

CALLEGARI, João Marcus S.; SOUZA, Wanderson F. de; BRANDAO, Danilo I.; OLIVEIRA, Thiago R.; CARDOSO FILHO, Braz J. The UFMG Microgrid Laboratory: a Testbed for Advanced Microgrids. *Eletrônica de Potência*, [S. l.], v. 28, n. 2, p. 163-173, 2023. DOI: 10.18618/REP.2023.2.0043.

CEMIG. Solução inovadora da Cemig garante segurança energética ao menor município do Brasil. Belo Horizonte: Cemig, 2026. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/noticia/imprensa/solucao-inovadora-da-cemig-garante-seguranca-energetica-ao-menor-municipio-do-brasil/>. Acesso em: 24 JAN. 2026.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Balanço Energético Nacional 2025: relatório síntese, ano base 2024. Rio de Janeiro: EPE, 2025. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-885/topico-767/BEN_S%C3%ADntese_2025_PT.pdf. Acesso em: 07 JAN. 2026.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). EPE publica o Roadmap de Microrredes para Sistemas Isolados no Brasil. Rio de Janeiro: EPE, 2026. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/epe-publica-o-roadmap-de-microrredes-para-sistemas-isolados-no-brasil>. Acesso em: 17 ABRIL. 2026.

FERREIRA, Reginaldo Vagner; ANTUNES, Hélio Marcos André; COSTA, Thiago Mendes Germano; CORTIZO, Porfírio Cabaleiro; SILVA, Sidélmo Magalhães. Estudo e simulação de uma microrrede de energia elétrica nos modos conectado e isolado. In: CONGRESSO SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL, 10., 2015, São Paulo. Anais [...]. [S. l.: s. n.], 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/284156224_ESTUDO_E_SIMULACAO_DE_UM_A_MICRORREDE_DE_ENERGIA_ELETRICA_NOS_MODOS_CONECTADO_E_ISOLADO. Acesso em: 17 ABRIL. 2026.

GRIDLAB-D. GridLAB-D Simulation Software. [S. l.]: GridLAB-D, [s.d.]. Disponível em: <https://www.gridlabd.org/>. Acesso em: 10 ABRIL. 2025.

GUERRERO, Josep M.; VASQUEZ, Juan C.; MATAS, José; DE VICUÑA, Luis Garcia; CASTILLA, Miguel. Hierarchical control of droop-controlled AC and DC microgrids: a general approach toward standardization. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, [S. l.], v. 58, n. 1, p. 158-172, 2011. DOI: 10.1109/TIE.2010.2066534.



HOMER ENERGY. HOMER Pro - Microgrid Optimization Software. [S. l.]: HOMER Energy, [s.d.]. Disponível em: <https://www.homerenergy.com/homer-pro>. Acesso em: 01 MAIO. 2026.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). MME e EPE detalham PASI para o planejamento energético dos sistemas isolados. Brasília, DF: MME, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-e-epe-detalham-pasi-para-o-planejamento-energetico-dos-sistemas-isolados>. Acesso em: 17 ABRIL. 2025.

NEOENERGIA. Neoenergia leva energia solar à comunidade isolada na Bahia. [S. l.]: Neoenergia, 2023. Disponível em: <https://www.neoenergia.com/w/neoenergia-leva-energia-solar-a-comunidade-isolada-na-bahia>. Acesso em: 24 JAN. 2026.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). PAR/PEL 2024: sumário executivo - ciclo 2025-2029. Rio de Janeiro: ONS, 2024. Disponível em: https://www.ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/Revista%20PARPEL%20_2024_VF_27.12.24.pdf. Acesso em: 24 JAN. 2026.

TENTI, Paolo; CALDOGNETTO, Tommaso; BUSO, Simone; BRANDAO, Danilo I. Control of utility interfaces in low-voltage microgrids. *Eletrônica de Potência*, [S. l.], v. 20, n. 4, p. 373-382, 2015. DOI: 10.18618/REP.2015.4.2556.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. Microgrid Overview. Washington, DC: Grid Deployment Office, 2024. Disponível em: <https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-01/2024-01-18%20Microgrid%20Overview%20Fact%20Sheet.pdf>. Acesso em: 12 JAN. 2026.



ATA Nº 20/2026 - DEE (11.56.08)

Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO

Belo Horizonte-MG, 20 de junho de 2026.

ATA DE DEFESA DO PROJETO FINAL DE CURSO

Aos dezessete dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte e seis, realizou-se a sessão pública de defesa do projeto final de curso intitulado **“Análise e Operação de Uma Microrrede Com Fonte Renovável e Armazenamento de Energia”**, apresentado por **Fábio César Vieira De Mello**, matrícula 20203019540 do **Curso de Engenharia Elétrica – CNG**. Os trabalhos foram iniciados às 8h30 pelo Professor (Orientador) Raphael Paulo Braga Poubel, do Departamento de Engenharia Elétrica, presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros: Professora Rosilene Nietzsche Dias do Departamento de Engenharia Elétrica e Professor Rafael Silva Alípio do Departamento de Engenharia Elétrica. Após a exposição oral, o candidato foi arguido pelos componentes da banca que decidiram por **aprovar** o trabalho. Para constar, redigiu-se a presente ata que, após aprovada por todos os presentes, será assinada pelos membros da banca e pelo(a) discente.

Belo Horizonte, 17 de junho de 2026

(Assinado digitalmente em 22/06/2026 20:41)

RAFAEL SILVA ALÍPIO

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

DEE (11.56.08)

Matrícula: ###302#0

(Assinado digitalmente em 22/06/2026 07:52)

RAPHAEL PAULO BRAGA POUBEL

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

DEE (11.56.08)

Matrícula: ###934#7

(Assinado digitalmente em 22/06/2026 09:40)

ROSILENE NIETZSCH DIAS

PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO

DEE (11.56.08)

Matrícula: ###044#9

(Assinado digitalmente em 22/06/2026 10:09)

FABIO CESAR VIEIRA DE MELLO

DISCENTE

Matrícula: 2020#####0

Processo Associado: 23062.027369/2026-88

tipo: **ATA**, data de emissão: **20/06/2026** e o código de verificação: **3230c589eb**