

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANDRÉ JARDIM PRATES

GERENCIAMENTO ENERGÉTICO EM CANTEIROS DE OBRAS: LIÇÕES  
APRENDIDAS NA CONSTRUÇÃO DA UHE BAIXO IGUAÇU

CURITIBA

2025

ANDRÉ JARDIM PRATES

GERENCIAMENTO ENERGÉTICO EM CANTEIROS DE OBRAS: LIÇÕES  
APRENDIDAS NA CONSTRUÇÃO DA UHE BAIXO IGUAÇU

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao curso de Pós-Graduação em MBA em Gestão Estratégica em Energias Naturais Renováveis, do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias (PECCA), Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Energias Renováveis.

Orientador: Prof. Dr. Thiago José da Luz.

CURITIBA

2025

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, expresso minha profunda gratidão a Deus, que é o alicerce e a direção da minha vida, guiando-me em cada passo dessa jornada. À minha esposa Alyne, pelo amor incondicional, pelo companheirismo e pelo apoio constante. Ao meu filho Joaquim, minha maior fonte de alegria e perseverança, cuja presença ilumina meus dias e motiva minhas conquistas. Agradeço ao meu pai, aos meus irmãos, cunhados e sobrinhas, pelo carinho e pela presença essencial em minha caminhada. Aos meus sogros, por suas orações e por sempre acreditarem no meu potencial. Sou imensamente grato aos professores, pelo empenho, dedicação e pelas valiosas orientações ao longo dessa trajetória. E, por fim, aos meus colegas de classe e professores, que compartilharam comigo experiências enriquecedoras e aprendizados inesquecíveis.

## RESUMO

A crescente demanda por energia elétrica e a urgência de seu uso sustentável têm se consolidado como pautas centrais em debates globais e locais. Apesar disso, muitas empresas ainda enfrentam desafios para implementar estratégias eficazes de gestão energética. Este trabalho destaca a importância do controle tarifário como ferramenta essencial para a redução de custos operacionais, promovendo eficiência e equilíbrio no consumo, especialmente em ambientes de alta demanda energética, como os canteiros de obras. Apresenta também metodologias para garantir o fornecimento confiável de energia elétrica e água, recursos indispensáveis à continuidade das atividades e à segurança dos trabalhadores. Nesse contexto, os sistemas off-grid se revelam alternativas viáveis, ao proporcionarem autonomia, sustentabilidade e resiliência em locais com infraestrutura limitada. A pesquisa evidencia os impactos positivos da gestão eficiente, reforça a necessidade de acompanhar as inovações tecnológicas do setor e ressalta o cumprimento das legislações ambientais como fator estratégico para a sustentabilidade e o desenvolvimento responsável na construção civil.

**Palavras-chave:** gestão energética; demanda energética; sustentabilidade e construção civil.

## **ABSTRACT**

The growing demand for electricity and the urgency of its sustainable use have become central issues in global and local debates. Despite this, many companies still face challenges in implementing effective energy management strategies. This paper highlights the importance of tariff control as an essential tool for reducing operating costs, promoting efficiency and balance in consumption, especially in high-energy demand environments such as construction sites. It also presents methodologies to ensure the reliable supply of electricity and water, resources that are indispensable for the continuity of activities and the safety of workers. In this context, off-grid systems prove to be viable alternatives, providing autonomy, sustainability, and resilience in locations with limited infrastructure. The research highlights the positive impacts of efficient management, reinforces the need to keep up with technological innovations in the sector, and emphasises compliance with environmental legislation as a strategic factor for sustainability and responsible development in civil construction.

**Keywords:** energy management; energy demand; sustainability and civil construction.

## SUMÁRIO

|                                                       |           |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                             | <b>6</b>  |
| 1.1 OBJETIVO GERAL .....                              | 8         |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                        | 8         |
| <b>2 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>                   | <b>8</b>  |
| 2.1 O MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....                | 8         |
| 2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....    | 9         |
| 2.3 SOLUÇÕES OFF-GRID PARA CANTEIROS DE OBRA .....    | 11        |
| <b>3 METODOLOGIA .....</b>                            | <b>13</b> |
| 3.1 OBJETIVO .....                                    | 13        |
| 3.2 INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE USINA .....              | 14        |
| 3.3 TARIFAS ENERGÉTICAS .....                         | 15        |
| 3.4 FORNECIMENTO DE ENERGIA.....                      | 16        |
| 3.5 FORNECIMENTO DE ÁGUA.....                         | 17        |
| 3.6 SISTEMAS <i>OFF-GRID</i> .....                    | 18        |
| <b>4 RESULTADOS .....</b>                             | <b>18</b> |
| 4.1 TARIFAS ENERGÉTICAS NA UHE BAIXO IGUAÇU .....     | 18        |
| 4.2 FORNECIMENTO DE ENERGIA NA UHE BAIXO IGUAÇU ..... | 20        |
| 4.3 FORNECIMENTO DE ÁGUA NA UHE BAIXO IGUAÇU .....    | 25        |
| 4.4 SISTEMAS OFF-GRID EM OBRAS ATUAIS .....           | 26        |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                   | <b>27</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                               | <b>30</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2024), o consumo final de eletricidade no país em 2024 cresceu 5,5%. Os setores que mais contribuíram para este avanço em valores absolutos foram o Residencial que cresceu 13,6TWh (+8%), seguido pelo Comercial que aumentou o seu consumo em 7,7TWh (+7,4%) e pelo Industrial, que cresceu em 9,3TWh (+4,1%).

A energia elétrica representa parcela significativa dos custos operacionais das empresas, sendo essencial a adoção de medidas de eficiência energética para garantir competitividade e sustentabilidade (CASTRO, 2010).

A busca por estratégias eficazes de redução de custos no ambiente corporativo tornou-se um diferencial competitivo e uma preocupação central para empresas em escala global. Para garantir a competitividade de seus produtos e serviços no mercado, é essencial que as organizações identifiquem e implementem soluções que otimizem seus recursos. Nesse contexto, iniciativas pautadas em critérios ESG (*Environmental, Social and Governance*) têm ganhado destaque, promovendo não apenas eficiência econômica, mas também responsabilidade socioambiental. Conforme destaca GRI (*Global Reporting Initiative*), “a integração de práticas sustentáveis é parte fundamental de uma gestão corporativa eficaz e voltada para o futuro” (GRI, 2023). Dentre os fatores críticos para a produção industrial ou implantação de novos projetos, destaca-se o consumo e o custo da energia elétrica, cuja gestão eficiente pode gerar impactos positivos tanto financeiros quanto ambientais.

Um estudo anual da Associação Brasileira da Infraestrutura e Indústrias de Base (ABDIB) publicado em dezembro de 2023, apontou que construção civil é um dos setores que mais consome recursos naturais e energia, desempenhando papel significativo nos impactos ambientais e globais. Grandes obras, como barragens, pontes, usinas, edifícios comerciais e a própria infraestrutura urbana, demandam elevados volumes de energia em diversas formas, dentre elas destacam elétrica, térmica e combustível, durante todas as etapas do ciclo construtivo, desde a extração de matérias-primas até a operação e manutenção das edificações (ABDIB, 2023).

A transição energética que vivemos hoje tem a emergência climática como principal impulso motivador. Estamos passando por transformações em direção a uma economia centrada em processos de produção e consumo de energia com menor

emissão de gases de efeito estufa (GEE). Essas transformações passam pela expansão das fontes renováveis de geração de energia elétrica e pelo uso mais frequente de combustíveis e de vetores energéticos com menor emissão de GEE (ENEEL, 2025).

A integração de estratégias de eficiência energética, uso de fontes renováveis e tecnologias inovadoras é essencial para reduzir os impactos ambientais das construções e promover um ambiente construído mais sustentável (KIBERT, 2019). No cenário atual, a adoção de soluções sustentáveis no setor da construção civil tornou-se uma necessidade urgente. A implementação de práticas voltadas para a eficiência energética, especialmente nas instalações elétricas, tem se destacado como uma estratégia eficaz para reduzir o consumo de energia, minimizar os impactos ambientais e otimizar os custos operacionais. Nesse contexto, a integração de tecnologias inovadoras, o uso racional da energia e a incorporação de fontes renováveis, como a solar fotovoltaica, se consolidam como medidas essenciais, particularmente em grandes obras. Essas iniciativas não só contribuem para a redução de custos, mas também promovem um futuro mais responsável do ponto de vista ambiental.

De acordo com o *World Green Building Council* (2021), "A construção de edifícios eficientes em termos energéticos é uma das formas mais eficazes de reduzir a pegada de carbono global e contribuir para a sustentabilidade ambiental. A incorporação de tecnologias verdes não é apenas uma tendência, mas uma necessidade para o futuro do setor." Essa perspectiva reforça a importância de adotar práticas sustentáveis durante a construção, visando não apenas o bem econômico, mas também o benefício global.

Além da viabilidade econômica, a sustentabilidade tornou-se um aspecto fundamental para o sucesso empresarial. Empresas que adotam práticas sustentáveis não apenas reduzem seus custos, mas também fortalecem sua imagem corporativa e conquistam uma posição estratégica diferenciada. No contexto da eficiência energética, a implementação de medidas sustentáveis não apenas diminui significativamente o custo do produto, mas também contribui para um desenvolvimento equilibrado e responsável.

Diante de um mercado cada vez mais competitivo, a adoção de práticas sustentáveis na construção de grandes obras, como a eficiência energética, torna-se um fator decisivo para o sucesso do empreendimento. Este trabalho explora a

aplicação dessas estratégias durante a construção da Usina Hidrelétrica do Baixo Iguaçu, em Capanema (PR), demonstrando como a gestão racional da energia pode contribuir para uma abordagem mais eficiente e sustentável na engenharia moderna.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Este relatório tem como objetivo apresentar um plano estratégico para gerenciamento energético em canteiros de obras, promovendo práticas mais sustentáveis e eficazes no uso de recursos.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar melhorias em processos durante a construção de obras civis, visando o correto controle de demanda;
- Apresentar os benefícios na implantação de uma central de geração própria, e sua utilização durante o horário de ponta;
- Analisar a viabilidade econômica da implementação de tecnologia *off-grid*.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 O MERCADO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O mercado de infraestrutura tem um papel fundamental no cenário econômico nacional e é responsável pela geração de milhares de empregos para o país.

Segundo dados Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED, 2024), o setor da construção civil possui 2,5 milhões de trabalhadores formais.

Somente em 2022, o setor apresentou um crescimento de 8,42% no número de profissionais com carteira assinada, representando 194.444 novos empregos.

Além da geração de emprego, o setor de infraestrutura pesada movimenta anualmente bilhões de reais. Somente o Ministério de Infraestrutura destinou cerca de R\$ 6,6 BI do seu orçamento para o setor de construção civil. Um estudo anual da Associação Brasileira da Infraestrutura e Indústrias de Base (Abdib) publicado em dezembro de 2021 estima que os setores de transporte e saneamento devem receber cerca de R\$ 160 bilhões em investimentos até 2026, considerando iniciativas de

concessão e parcerias público-privada (PPPs) federais, estaduais e municipais (CNN, 2021).

O segmento da infraestrutura pesada possui uma grande demanda de equipamentos. No ano de 2022, em um ambiente desafiador, deflagrado pelos efeitos da pandemia nos últimos três anos, o setor mostra uma resiliência impressionante ao manter um sólido crescimento desde 2018. Segundo o relatório “ABIMAQ em Números 2022”, disponível no site oficial da Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ), foram aproximadamente 65.000 equipamentos comercializados no mercado nacional.

A construção civil representa 6,2% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, consolidando-se como um dos pilares da economia nacional. Seu impacto vai além da geração de empregos e renda: o setor é responsável por impulsionar o desenvolvimento urbano, reduzir o déficit habitacional e fomentar melhorias em infraestrutura e saneamento básico (FEICON, 2022).

Diante dessa relevância, torna-se indispensável investir em eficiência nos processos construtivos, buscando soluções tecnológicas, práticas sustentáveis e modelos de gestão inovadores. Essa transformação não apenas potencializa os resultados econômicos, como também prepara o setor para enfrentar os desafios futuros, tema que será tratado na próxima seção.

## 2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Ao longo dos anos a visão sobre o que é construção sustentável foi se modificando e aprofundando. No começo falava-se a respeito de edifícios mais eficientes energeticamente. Após, começou-se a falar do entulho gerado pela obra; depois, da água; em seguida, do lixo dos moradores e usuários. Nos últimos tempos, os grandes problemas são as emissões de CO<sub>2</sub> e os gases responsáveis pelo efeito estufa e o aquecimento global. Percebe-se que construção sustentável é uma nova forma de pensar sobre a construção e tudo envolvido nela e não um modelo para resolução de problemas pontuais. O objetivo é preservar o meio ambiente, em escala evolutiva e recuperando-o. (ARAÚJO, 2008).

A construção civil enfrenta uma série de desafios significativos em relação à eficiência energética e ao uso sustentável de recursos. Um dos principais obstáculos é a resistência à adoção de novas tecnologias e práticas sustentáveis. Muitas vezes,

construtores e desenvolvedores estão acostumados a métodos tradicionais, o que pode dificultar a implementação de soluções inovadoras que promovam a eficiência energética (TEIXEIRA, 2023).

A crescente preocupação com os impactos das atividades humanas no meio ambiente tem colocado a eficiência energética no centro das discussões sobre sustentabilidade. No setor da construção civil, essa temática ganha ainda mais relevância, considerando seu elevado consumo de energia e de recursos naturais (IEA, 2022).

Esta indústria, uma das mais antigas e fundamentais da humanidade, possui uma capacidade única de influenciar como e quanto consumimos. A eficiência energética na construção civil é mais do que apenas uma tendência, é uma necessidade.

O setor da construção civil é um dos maiores responsáveis pelo consumo de energia em nível global, tanto durante o processo construtivo quanto na operação dos edifícios. De acordo com o relatório da Agência Internacional de Energia (IEA, 2022), os edifícios e o setor da construção foram responsáveis por cerca de 30% do consumo final global de energia e 27% das emissões globais de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) em 2021. Grande parte desse consumo está relacionado à climatização, iluminação, aquecimento de água e uso de equipamentos. Diante desse cenário, a busca por maior eficiência energética e o uso de fontes renováveis têm se tornado indispensáveis para mitigar os impactos ambientais, reduzir os custos operacionais e atender às diretrizes de sustentabilidade no setor. Como destaca a IEA (2022), “a eficiência energética é uma das formas mais rápidas, baratas e eficazes de lidar com a crise climática e reduzir a demanda de energia no setor da construção”. Portanto, qualquer melhoria na eficiência desse setor terá um impacto significativo no consumo global de energia. Não só isso, com o crescimento contínuo da urbanização e a necessidade de mais infraestrutura, a demanda por construções eficientes só vai aumentar. Além disso, investir em eficiência energética na construção civil oferece um retorno financeiro significativo.

Os desafios energéticos enfrentados pela construção civil são complexos e multifacetados, demandando uma abordagem integrada para sua superação. Nesse sentido, torna-se imprescindível investir em educação e capacitação técnica, fomentar o desenvolvimento e a adoção de tecnologias eficientes, assegurar o cumprimento rigoroso das normas regulatórias e estimular a cooperação interdisciplinar entre os

diversos atores do setor. Além disso, a incorporação de sistemas de certificação ambiental, como o AQUA-HQE (Alta Qualidade Ambiental), orienta práticas de ecoconstrução com ênfase na redução dos impactos ambientais. Essa certificação, baseada em padrões internacionais de sustentabilidade e adaptada a realidade brasileira é gerida pela Fundação Vanzolini (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2024).

Já o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), reconhecido internacionalmente por avaliar o desempenho sustentável de edificações tem se consolidado como uma estratégia eficaz para elevar os padrões de sustentabilidade na construção. Mais informações podem ser encontradas no site oficial do GBC Brasil, representante da certificação no país (GBC BRASIL, 2025). Paralelamente, a adoção da ISO 50001, norma internacional voltada à gestão eficiente de energia, promove a melhoria contínua do desempenho energético das organizações, contribuindo para a redução dos custos operacionais e das emissões de gases de efeito estufa. Essa norma estabelece requisitos para a implementação de um Sistema de Gestão de Energia (SGE), permitindo que empresas de todos os portes adotem práticas sistemáticas para aumentar a eficiência energética, reduzir o consumo e melhorar o desempenho ambiental.

A implementação de práticas de gestão ambiental nos canteiros de obra, incluindo o manejo adequado de resíduos, o uso racional de recursos naturais e a mitigação dos impactos ambientais locais, é igualmente fundamental para garantir a sustentabilidade desde as fases iniciais do empreendimento. Dessa forma, somente por meio de uma abordagem integrada e sistêmica será possível avançar de maneira consistente rumo a um futuro sustentável na construção civil (TEIXEIRA, 2023).

## 2.3 SOLUÇÕES OFF-GRID PARA CANTEIROS DE OBRA

A utilização de sistemas *off-grid* em canteiros de obras constitui uma alternativa viável e sustentável para o fornecimento de energia elétrica em locais remotos ou de difícil acesso à rede convencional. Esses sistemas operam de forma independente, combinando tecnologias como painéis fotovoltaicos, baterias de armazenamento e sistemas geradores híbridos, garantindo autonomia energética aos empreendimentos.

Um estudo recente apresentado na *Journal of Advanced Applied Sciences* descreve o projeto e a aplicação de um sistema solar fotovoltaico *off-grid* na Turquia.

O sistema desenvolvido para suprir as necessidades energéticas de uma fazenda, conseguiu suprir aproximadamente 37,7 % do consumo anual e alcançou o retorno do investimento em cerca de 7,8 anos. Esse resultado demonstra a viabilidade técnica e econômica do uso de sistemas solares com armazenamento em situações isoladas (Emiralioglu, 2024).

No Brasil, os sistemas híbridos têm mostrado um retorno sobre o investimento cada vez mais competitivo, especialmente entre 5 e 6 anos, dependendo do perfil de consumo e da região (Greener, 2025).

No contexto da construção civil, especialmente em canteiros de obra, esses sistemas podem ser dimensionados para alimentar escritórios temporários, iluminação, cabines operacionais e pequenas máquinas, com configuração modular e escalável conforme a demanda. O guia sobre arquitetura *off-grid* destaca que os sistemas modulares são particularmente úteis em obras móveis ou de curta duração, por permitirem rápida instalação e realocação (Souza, 2021).

A adoção de sistemas *off-grid* em canteiros de obras visa atender à demanda energética de forma autônoma, especialmente em locais remotos. O processo envolve a análise do consumo, dimensionamento da demanda e estudo de viabilidade técnica e econômica, considerando alternativas como energia solar, híbrida e outras fontes renováveis, com foco em eficiência e retorno do investimento.

Um exemplo prático e relevante de uso de sistema *off-grid* na construção civil é o canteiro de obras da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, localizada no Pará, Brasil (EPE, 2018).

Durante a fase inicial de implantação da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, um dos maiores projetos de infraestrutura do Brasil, o canteiro principal da obra foi instalado em uma região com infraestrutura elétrica precária e sem ligação estável à rede pública. Para garantir a autonomia e continuidade das atividades, foi adotado um sistema híbrido *off-grid*, composto não apenas por geradores a diesel, mas com sistema fotovoltaico complementar, armazenamento por baterias e automatização de cargas. (EPE, 2018).

É evidente que o alto investimento na construção da UHE Belo Monte impulsionou o desenvolvimento de tecnologias de ponta. No entanto, os resultados positivos obtidos com a utilização de sistemas *off-grid* contribuíram significativamente para o avanço do empreendimento, demonstrando que, atualmente, soluções semelhantes são essenciais para o sucesso de obras dessa magnitude, alinhando-se

às diretrizes de sustentabilidade e às exigências de um futuro mais responsável com o meio ambiente.

### 3 METODOLOGIA

Diante do histórico e dos desafios enfrentados na implantação e na operação de canteiros de obras, é possível identificar distintas abordagens e metodologias adotadas em grandes empreendimentos da construção civil. Neste contexto, o presente trabalho apresenta um estudo de caso voltado à construção de uma usina hidrelétrica, cuja estrutura está organizada da seguinte maneira:

- Objetivo;
- Informações gerais sobre a usina;
- Tarifas energéticas;
- Fornecimento de energia;
- Central de geração a diesel;
- Fornecimento de água;
- Sistemas *off-grid*.

#### 3.1 OBJETIVO

Objetivo é a definição clara de um resultado desejado, indicando a direção a seguir, possibilitando o planejamento de ações e a medição do progresso no diagnóstico energético (Barros et al, 2015). Este estudo de caso tem como propósito avaliar as oportunidades de melhoria da eficiência energética na construção da Usina Hidrelétrica de Baixo Iguaçu, cuja atividade principal é a geração de energia elétrica. Por meio dessa avaliação, busca-se identificar gargalos e potenciais aprimoramentos na gestão energética e nas rotinas operacionais, com foco na elevação do desempenho energético.

### 3.2 INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE USINA

A Usina Hidrelétrica Baixo Iguaçu (UHE Baixo Iguaçu) está localizada no rio Iguaçu, no sudoeste do Paraná, entre os municípios de Capanema e Capitão Leônidas Marques e foi construída pelo Consórcio Empreendedor Baixo Iguaçu, formado pela Copel e Neoenergia. A construção da usina, que teve início em julho de 2013, foi concluída em 2019, com um investimento de R\$ 2,3 bilhões. A usina possui capacidade instalada de 350 MW, suficiente para abastecer mais de um milhão de pessoas, e opera com três grupos geradores. Serão abordadas informações sobre a Usina Hidrelétrica Baixo Iguaçu, tendo em vista que se trata de um projeto no qual o autor teve a oportunidade de atuar durante o período de construção. Essa experiência permitiu o acesso a dados relevantes que podem contribuir significativamente para a análise e o desenvolvimento deste trabalho.

O empreendimento utiliza a tecnologia “usina a fio d’água”, conforme apresentado na Figura 1. Possui três turbinas tipo Kaplan e são movidas pela vazão natural do rio. O empreendimento possui uma barragem de enrocamento com núcleo de argila, no leito do rio Iguaçu e sobre a margem direita, permitindo a formação do reservatório de água. O vertedouro, localizado entre barragem e o canal de adução, na margem esquerda do rio, possui vazão de 53.585 m<sup>3</sup>/s com comportas tipo segmento e é uma estrutura de concreto. Nele ficam posicionadas 16 comportas para permitir a passagem das águas das cheias e das que não passarem pelas turbinas, e possui uma extensão de 480 metros.

Figura 1 – Foto da Usina Hidrelétrica de Baixo Iguaçu.



Fonte: Neoenergia (2019).

### 3.3 TARIFAS ENERGÉTICAS

Do ponto de vista econômico, as medidas de eficiência energética visam à redução dos custos com energia elétrica. Para que sejam eficazes, é fundamental compreender a estrutura tarifária vigente, permitindo uma contratação mais eficiente do fornecimento de energia e a aplicação otimizada das ações de eficiência energética.

As modalidades tarifárias são um conjunto de tarifas aplicáveis ao consumo de energia elétrica e à demanda de potência ativa. Elas são definidas de acordo com o Grupo Tarifário, segundo as opções de contratação definidas na Resolução Normativa ANEEL nº 1.000/2021 e no Módulo 7 dos Procedimentos de Regulação Tarifária - Proret:

Para o Grupo A: Unidades consumidoras da Alta Tensão (Subgrupos A1, A2 e A3), Média Tensão (Subgrupos A3a e A4), e de sistemas subterrâneos (Subgrupo AS).

Horária azul: tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários). Disponibilizada para todos os subgrupos do grupo A; e

Horária Verde: tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários), e de uma única tarifa de demanda de potência. Disponível para os subgrupos A3a, A4 e AS.

Durante o horário de ponta, intervalo de três horas consecutivas em dias úteis, a tarifa de energia elétrica sofre um acréscimo significativo, podendo custar até quatro vezes mais em relação ao valor cobrado fora desse período. Essa diferença tarifária representa um impacto direto nos custos operacionais de consumidores em alta tensão, como indústrias e grandes estabelecimentos comerciais. Ao deslocar o consumo para horários fora de pico, empresas e até residências podem obter uma economia expressiva, o que se tornou um dos fatores estratégicos avaliados intensamente durante a construção da Usina Hidrelétrica Baixo Iguaçu, visando à otimização do uso energético e à sustentabilidade financeira do empreendimento.

Qual será o consumo de energia elétrica? Como economizar energia elétrica na construção da UHE Baixo Iguaçu? Como controlar a conta de energia? Qual programa de eficiência energética será adequado para obra? Será benéfico contratar um serviço de gerenciamento e supervisão? Essas foram as primeiras perguntas que surgiram logo no início da construção da Usina.

### 3.4 FORNECIMENTO DE ENERGIA

Por se tratar de uma área rural, a rede elétrica da região não atendia às exigências técnicas necessárias para a construção da Usina Hidrelétrica Baixo Iguaçu. O fornecimento de energia elétrica era obsoleto, com interrupções frequentes e instabilidade no serviço. Diante desse cenário, era previsível que ocorrências como sobretensões e variações na qualidade do fornecimento se tornassem constantes ao longo do desenvolvimento do projeto, comprometendo sua viabilidade técnica e operacional. Além disso, havia riscos significativos à segurança, uma vez que o aumento da carga elétrica poderia sobrecarregar as redes existentes, que não estavam dimensionadas para suportar tal demanda.

Demanda é definida como a média das potências instantâneas solicitadas à concessionária de energia pela unidade consumidora, integradas em um determinado intervalo de tempo (período de integração), existindo, portanto, apenas após o encerramento desse período.

A correta definição da demanda contratada é um fator crítico na gestão energética. O sobredimensionamento implica em custos fixos elevados e subutilização de recursos, enquanto o subdimensionamento pode ocasionar ultrapassagens da demanda contratada, sujeitas a penalidades financeiras. De acordo com a Resolução Normativa ANEEL nº 1000/2021, é permitida uma margem de até 5% acima da demanda contratada sem incidência de multa, reforçando a importância de uma análise criteriosa no momento da contratação.

Muitas vezes, uma medida aparentemente segura é aumentar o valor da demanda contratada, prevenindo multas elevadas por ultrapassagem. No entanto, embora essa estratégia evite penalizações, ela não garante a redução dos custos, pelo contrário, se a demanda contratada for superior à necessidade real, a fatura de energia poderá ser significativamente onerada.

No Brasil, adota-se um período de integração de 15 minutos. Assim, ao longo de um mês, são registrados aproximadamente 3.000 valores de demanda ( $30 \text{ dias} \times 24 \text{ horas} \times 4 \text{ intervalos por hora} = 2.880 \text{ intervalos}$ ), que servem como base para o cálculo de parte da fatura de energia elétrica.

A concessionária cobra com base na maior demanda registrada no mês, sendo este valor, no mínimo, igual ao contratado. Por isso, é fundamental realizar um acompanhamento constante da demanda contratada. O sistema de gestão implantado

permite essa avaliação contínua, viabilizando análises em ciclos de 15 minutos. Como as fases da construção envolvem etapas distintas, cada uma com diferentes níveis de consumo de energia, torna-se necessário um controle rigoroso da demanda contratada. Para evitar a aplicação de multas por ultrapassagem, ajustes constantes precisam ser planejados e executados de forma antecipada, assegurando o enquadramento do consumo dentro dos limites estabelecidos pelos contratos de fornecimento.

Considerando os fatores previamente identificados, constatou-se a necessidade de implementar metodologias viáveis voltadas à otimização da gestão energética. Embora a replicação de práticas adotadas em projetos anteriores tenha sido inicialmente considerada, questionou-se sua efetividade frente ao contexto daquela época. Para mitigar os impactos na execução da obra, foi imprescindível envolver a alta liderança na análise dos riscos e promover a integração dos setores mais impactados na busca por soluções eficientes.

### 3.5 FORNECIMENTO DE ÁGUA

A gestão do fornecimento de água em canteiros de grandes obras civis, como a construção de usinas hidrelétricas, é um fator determinante para o bom andamento do cronograma físico, a segurança dos trabalhadores e o cumprimento das exigências ambientais. Devido à complexidade desses projetos, a demanda por água se divide em três categorias principais: consumo humano, uso industrial/construtivo e controle ambiental.

Na maioria dos casos, a captação de água é feita diretamente de cursos d'água próximos do próprio rio onde será instalada a usina. No entanto, essa captação precisa atender a critérios legais e ambientais, geralmente exigindo:

- ✓ Outorga de uso da água, conforme determinado pela Agência Nacional de Águas (ANA) ou órgãos estaduais.
- ✓ Monitoramento constante da qualidade da água, conforme os parâmetros do CONAMA nº 357/2005.

Sistemas de tratamento simplificado para consumo humano (filtração, cloração) e para uso técnico (decantação de sólidos, controle de pH etc.).

Em locais com acesso restrito a fontes naturais, também podem ser utilizados poços artesianos ou transporte por caminhões-pipa, embora estas sejam alternativas menos eficientes e mais caras.

Durante a construção da UHE Baixo Iguaçu, foi imprescindível cumprir as normas vigentes e promover ações voltadas à sustentabilidade do sistema. Esse tema será explorado com mais profundidade nas sessões posteriores.

### 3.6 SISTEMAS *OFF-GRID*

A implantação de sistemas *off-grid* durante a construção de grandes obras configura-se como uma estratégia decisiva para o sucesso dos projetos, especialmente em cenários marcados pela instabilidade no fornecimento de energia. Com o objetivo de encontrar soluções mais eficientes, foram conduzidos estudos, durante a construção da UHE Baixo Iguaçu, voltados à viabilidade de sistemas fotovoltaicos que garantissem maior autonomia energética diante de eventuais interrupções no suprimento pela concessionária.

Naquele período, contudo, o mercado ainda dispunha de poucas alternativas viáveis, e os custos envolvidos eram consideravelmente elevados. Além disso, foi identificada a necessidade de armazenamento da energia gerada, o que implicaria a instalação de um extenso banco de baterias. Essa exigência, por sua vez, suscitou preocupações ambientais, tendo em vista que as diretrizes para o descarte adequado desses materiais ainda não estavam suficientemente consolidadas, representando um potencial passivo ambiental.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 TARIFAS ENERGÉTICAS NA UHE BAIXO IGUAÇU

Os estudos iniciais apontavam consumos elevados de energia elétrica, que acarretaria um alto custo das faturas, podendo chegar aos valores próximos a R\$ 800.000,00 por mês. O primeiro passo na busca por essas respostas foi agendar uma reunião com a COPEL, Companhia Paranaense de Energia, para definir qual seria o sistema de tarifação e quais seriam os primeiros valores de demanda contratada.

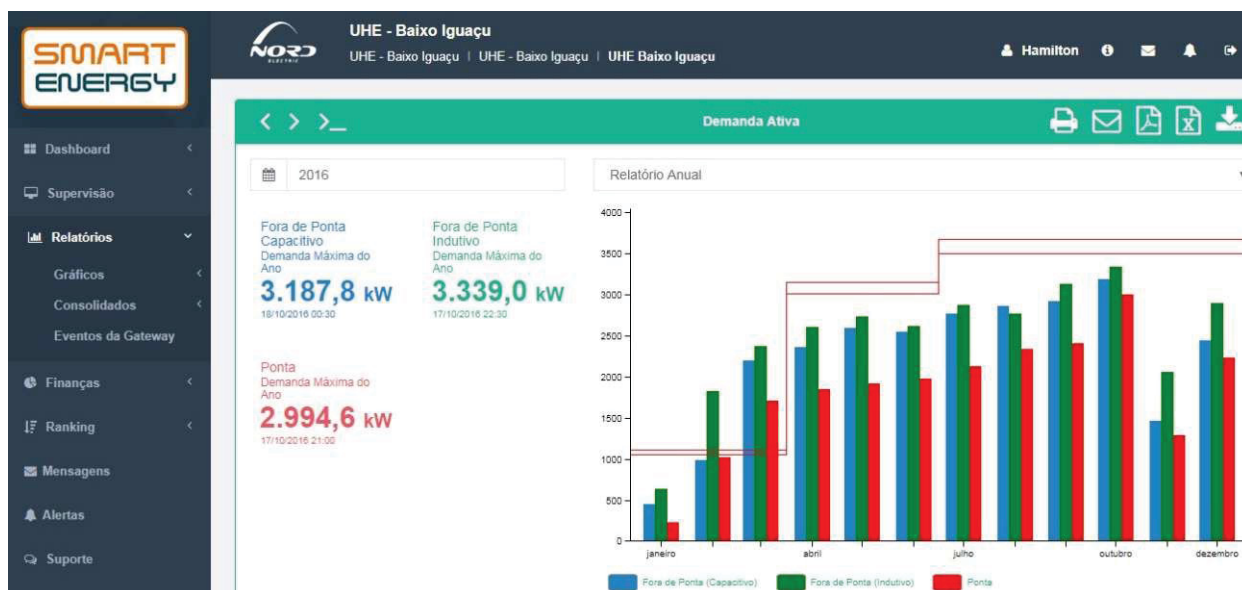
Diante das informações coletadas, revisou-se o estudo de carga e orçamento para fornecimento de energia elétrica. Com a tarifa horossazonal já definida, o contrato de fornecimento de energia elétrica foi assinado e em novembro de 2013 a unidade consumidora foi energizada. O contrato tinha o objetivo de regular o fornecimento de energia elétrica, pela Distribuidora e pelo Consumidor, com a estrutura tarifária horossazonal verde, subgrupo A3a, classificado para fins industriais, garantindo o fornecimento de energia elétrica por todo período de construção.

Durante a fase de construção da Usina Hidrelétrica Baixo Iguaçu, foi implementado o sistema *SMART ENERGY*, uma solução tecnológica de gerenciamento de energia elétrica baseada em plataforma web. Esse sistema foi adotado com o objetivo de promover uma gestão energética mais eficiente, transparente e orientada por dados.

Dentre os principais benefícios proporcionados pelo *SMART ENERGY*, destacam-se:

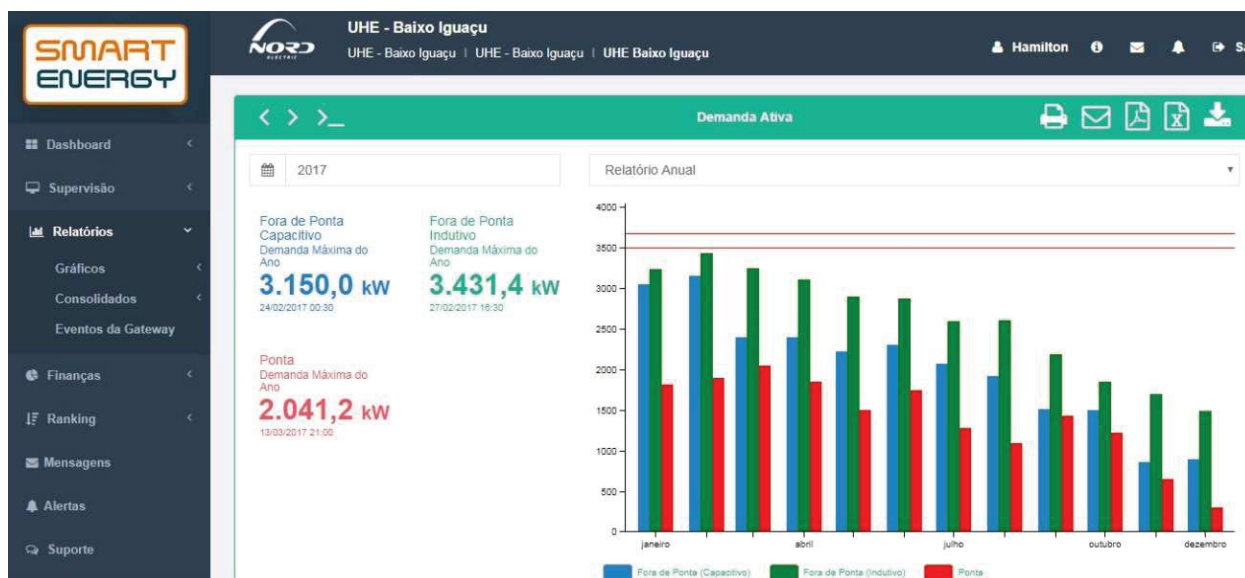
- ✓ Monitoramento em tempo real do consumo energético, permitindo o acompanhamento contínuo de cada etapa do projeto.
- ✓ Geração automatizada de relatórios, contribuindo para o registro histórico e a análise de performance energética.
- ✓ Suporte à tomada de decisões, com base em dados atualizados e indicadores operacionais.

Figura 2 – Controle de Demanda Ano 2016.



Fonte: O autor (2016).

Figura 3 – Controle de Demanda Ano 2017.



Fonte: O autor (2017).

Os gráficos apresentados nas Figuras 2 e 3 ilustram a demanda contratada ao longo das diferentes fases do projeto de construção, destacada por uma linha horizontal vermelha. Conforme observado na Figura 2, houve a necessidade de ajustes na demanda contratada durante o ano de 2016.

No primeiro trimestre desse ano, ocorreu uma ultrapassagem da demanda contratada, ocasionada pela antecipação da contratação da mão de obra prevista e pela disponibilização antecipada da planta industrial de concreto. Esse descompasso resultou em aplicação de multa, o que evidenciou a importância de um planejamento mais rigoroso.

Diante disso, foi necessário readequar o planejamento energético para evitar recorrência de situações semelhantes, o que pode ser observado na Figura 3, assegurando maior alinhamento entre a execução física do projeto e a demanda contratada de energia.

#### 4.2 FORNECIMENTO DE ENERGIA NA UHE BAIXO IGUAÇU

Durante o processo de construção da Usina, tornou-se necessária a realização de uma intervenção significativa na rede elétrica, visando atender às demandas específicas de consumo energético. A estrutura original apresentava níveis críticos de confiabilidade, o que impôs a necessidade de uma reconfiguração da

infraestrutura elétrica. Entre as principais ações realizadas, destacam-se a modernização da rede e a implementação de controladores de tensão, recursos essenciais para garantir maior estabilidade, segurança operacional e eficiência no fornecimento de energia elétrica ao empreendimento.

A Concessionária comprometeu-se a executar as intervenções necessárias na rede elétrica. No entanto, determinados prazos propostos não atendiam às exigências do cronograma da obra. Como alternativa viável, foi acordado com a COPEL que o consórcio responsável pela construção assumiria parte dos custos e terceirizaria a execução da reforma, contratando uma empresa previamente autorizada. Essa estratégia permitiu o avanço das etapas previstas no cronograma, além de garantir maior confiabilidade no fornecimento de energia elétrica logo no início da implantação do canteiro de obra.

Outra estratégia adotada para maximizar os ganhos foi a implantação e operação de uma central de geração a diesel durante o horário de ponta e em caso de falta no fornecimento de energia. A central de geração implementada era composta por quatro grupos moto geradores a diesel, somando uma potência instalada de 2.000 kVA. Essa estrutura viabilizou uma expressiva redução nos custos operacionais com energia elétrica.

A implantação de uma central de geração própria de energia representou uma estratégia eficiente e sustentável, proporcionando maior autonomia energética. Entre os principais benefícios está a significativa redução de custos com eletricidade, uma vez que o consumidor passa a gerar parte ou a totalidade da energia que consome.

Na construção da UHE Baixo Iguaçu, a central de geração a diesel, que podemos ver na Figura 4, desempenhou um papel estratégico diante dos possíveis impactos negativos causados pela ausência de fornecimento de energia elétrica no alojamento da obra. Devido à distância dos centros urbanos, o alojamento abrigava cerca de 1.000 colaboradores. Interrupções no fornecimento, especialmente em momentos críticos como os períodos de banho e descanso, poderiam comprometer significativamente o bem-estar dos trabalhadores e a continuidade das atividades. Nesse cenário, a disponibilidade da central de geração mostrou-se essencial para mitigar esses riscos, assegurando a estabilidade energética e oferecendo suporte direto à rotina operacional do canteiro de obras, com reflexos positivos para o andamento do empreendimento.

A central passou a suprir parte da demanda do canteiro de obras por meio de transferência automática de carga, operando em paralelismo com a rede da concessionária. Esse sistema automatizado conferiu maior segurança à operação, eliminando a necessidade de intervenções na rede de alta tensão. Além disso, a transferência ocorria de forma praticamente imperceptível, sem causar interrupções nas atividades e mantendo os níveis de produtividade.

Figura 4 – Central de Geração à Diesel.



Fonte: O autor (2014).

A tensão gerada em 440V é elevada por um transformador de 2.500KVA para tensão de 13.800V, possibilitando a interligação com a rede de distribuição do canteiro.

Em caso de falta de fornecimento de energia pela concessionária, a central de geração possibilitava a alimentação de energia das cargas principais do empreendimento. As cargas a serem alimentadas dependiam principalmente das necessidades do momento. Durante o período de construção da obra, ocorreram algumas interrupções em função das condições climáticas adversas e da realização de manutenções nas redes elétricas de alimentação. Nesses momentos, a central de geração desempenhou um papel fundamental para garantir o cumprimento do cronograma e a continuidade dos trabalhos.

Apesar dos benefícios mencionados anteriormente, a central de geração utilizava uma fonte de combustível fóssil, o que contraria os esforços voltados à redução das emissões de CO<sub>2</sub>.

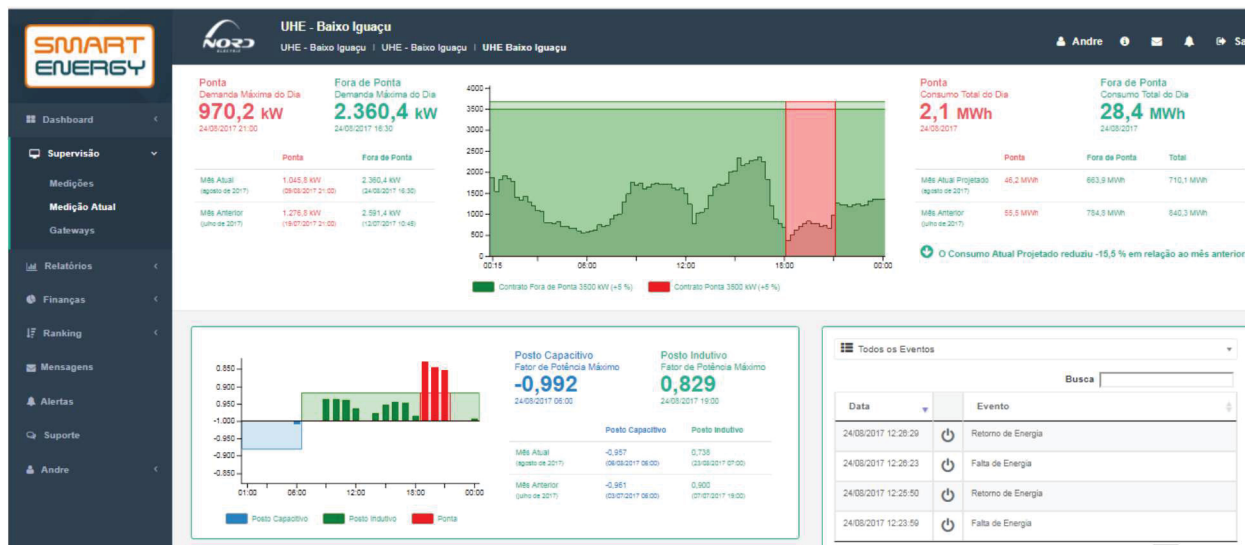
Por se tratar da construção de uma grande obra civil, a utilização de plantas industriais de grande porte torna-se necessária, o que acarreta, conseqüentemente, um elevado consumo de energia. A partir do controle e monitoramento do gerenciamento energético, identificou-se que a central de britagem exigia atenção especial, uma vez que apresentava uma demanda significativa de energia elétrica em comparação às demais instalações do canteiro

A Central de Britagem instalada no canteiro de obras possuía capacidade de 350 toneladas/hora, sendo o britador primário com uma potência instalada de aproximadamente 350KW e a rebitagem 1.000KW. Toda essa carga sendo utilizada sem controle elevaria o consumo e, conseqüentemente, aumentariam os custos com energia elétrica.

Observou-se que, além da necessidade de rigorosa otimização e alto desempenho da planta, não era recomendável operar a central de britagem durante o horário de ponta, devido ao elevado custo da energia elétrica nesse período, conforme já mencionado. Como estratégia, definiu-se o horário de ponta como o intervalo diário destinado à realização da manutenção preventiva da central de britagem. Essa abordagem permitiu, além da significativa redução nos custos com energia elétrica, a manutenção da disponibilidade mecânica média da central acima de 90%, contribuindo para a confiabilidade e continuidade operacional do projeto.

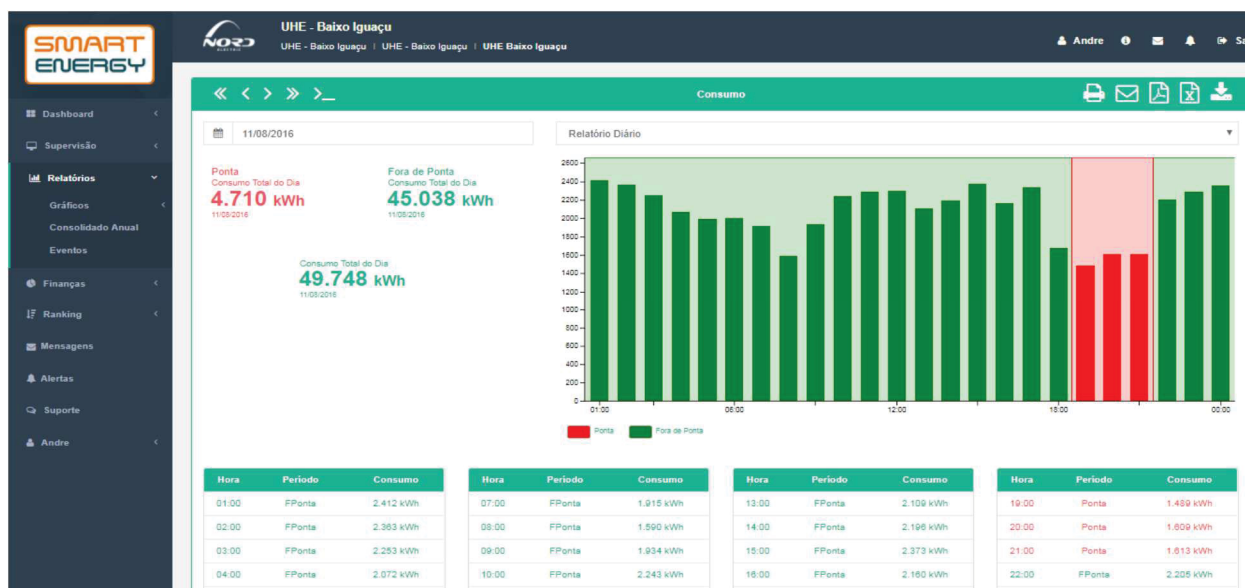
Com o uso do sistema de monitoramento *SMART ENERGY*, foi possível controlar o consumo de energia e promover uma otimização mais eficiente dos custos operacionais, representado na Figura 5.

Figura 5 – Sistema de Gestão.



Fonte: O autor (2016).

Figura 6 – Gestão de Ponta Agosto 2016.



Fonte: O autor (2016).

No gráfico apresentado na figura 6, é possível observar reduções significativas no consumo de energia durante o horário de ponta, destacado em vermelho. Essa diminuição da demanda nesse período é resultado direto das ações implementadas por meio de um processo contínuo de identificação, análise e execução de medidas voltadas à eficiência energética.

Atualmente, esse tipo de sistema passou por atualizações que possibilitam análises mais dinâmicas e precisas. Outro aspecto relevante é a interatividade com o usuário, que facilita a utilização após uma simples capacitação. Durante a operação no Baixo Iguaçu, o sistema ainda apresentava limitações em comparação com as versões atuais, exigindo uma observação constante. Naquela época, era necessário monitorar continuamente o consumo de energia para identificar os desvios. Diferentemente do presente, os sistemas modernos detectam automaticamente as necessidades de correção e enviam notificações em tempo real aos usuários, indicando as ações necessárias para otimização.

#### 4.3 FORECIMENTO DE ÁGUA NA UHE BAIXO IGUAÇU

Durante a construção da UHE Baixo Iguaçu, a água desempenhou um papel fundamental em diversas etapas da obra. Um dos principais usos foi na preparação do concreto, que, além de demandar um grande volume, exigia rigoroso controle de qualidade para garantir a resistência e a durabilidade do material. Também foi comum o uso de caminhões-pipa para umedecer o solo, contribuindo para a eficiência da compactação e a redução da emissão de poeira.

Além disso, uma quantidade significativa de água foi destinada à supressão de pó, irrigação de áreas verdes e combate a incêndios, como parte das medidas de controle ambiental. No que se refere ao consumo humano, a água foi utilizada em bebedouros, refeitórios, sanitários e alojamentos, seguindo os padrões de qualidade estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, que regulamenta os critérios de potabilidade e segurança da água para consumo humano.

Como método de gestão e eficiência energética, foi construído um reservatório para armazenamento da água utilizada no canteiro de obras, garantindo o fornecimento contínuo mesmo em situações de falha ou interrupção na captação. Além de aumentar a segurança operacional, essa estratégia permitiu a otimização do sistema de bombeamento, evitando acionamentos durante os períodos de maior custo de energia elétrica. Sempre que possível, também se aproveitou o desnível topográfico para o uso da gravidade no abastecimento, reduzindo o consumo energético associado ao bombeamento mecânico.

#### 4.4 SISTEMAS OFF-GRID EM OBRAS ATUAIS

Durante a construção da UHE Baixo Iguaçu, as condições para a adoção de sistemas off grid eram significativamente distintas das atuais. Naquele período, por volta da década de 2010, o setor de energia solar no Brasil ainda se encontrava em estágio inicial de desenvolvimento, com oferta restrita de equipamentos, escassez de fornecedores especializados e tecnologias em processo de consolidação. A ausência de incentivos financeiros e regulatórios consistentes dificultava a viabilidade econômica de projetos fotovoltaicos de maior porte, tornando essa alternativa pouco acessível e, em muitos casos, inviável sob os parâmetros técnicos e financeiros vigentes.

No entanto, os resultados desta pesquisa demonstram que o cenário atual apresenta condições substancialmente mais favoráveis à implementação de sistemas off grid em obras de infraestrutura. A evolução tecnológica, a ampliação da cadeia de suprimentos e a queda nos custos dos equipamentos contribuíram para tornar essa solução mais acessível e eficiente. A Resolução Normativa ANEEL nº 1000/2021, ao consolidar as diretrizes da geração distribuída, também desempenha papel relevante ao oferecer maior segurança regulatória e fomentar a adoção de fontes renováveis.

Nos últimos anos, os avanços tecnológicos e a escalabilidade da produção de baterias têm promovido uma queda expressiva nos custos de armazenamento de energia. Segundo relatório da *International Energy Agency* (IEA), o preço das baterias de íon-lítio caiu aproximadamente 90% desde 2010, passando de US\$ 1.400 por kWh para menos de US\$ 140 por kWh em 2023, tornando-se uma das tecnologias energéticas com maior redução de custo na história recente. Essa queda significativa viabiliza economicamente a substituição de geradores a diesel por sistemas de armazenamento, especialmente em aplicações *off-grid* (IEA, 2025).

Dessa forma, verifica-se que, diferentemente do contexto enfrentado na construção da UHE Baixo Iguaçu, projetos contemporâneos podem considerar a utilização de sistemas fotovoltaicos *off-grid* como uma alternativa viável, sustentável e alinhada às exigências técnicas e ambientais atuais.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o desenvolvimento deste trabalho, conclui-se que a eficiência energética desempenha um papel estratégico na construção de grandes obras civis, contribuindo diretamente para a sustentabilidade ambiental, a redução de custos operacionais e a otimização dos recursos disponíveis. Evidenciou-se, ainda, que a implantação de um sistema de gestão energética eficiente é decisiva para o sucesso dos empreendimentos, especialmente diante das exigências de um mercado cada vez mais competitivo, complexo e regulado.

Inicialmente, destacou-se a importância de avaliar criteriosamente os custos das tarifas energéticas e os impactos de decisões mal planejadas, que podem comprometer a viabilidade financeira do projeto. Foram apresentadas as necessidades de melhorias na infraestrutura de fornecimento de energia, bem como as ações necessárias para sua adequação às demandas específicas da obra.

Observou-se também a relevância de um acompanhamento preciso e contínuo do consumo energético em todas as etapas do projeto. Em empreendimentos modernos, essa atenção torna-se ainda mais crucial, dado o aumento da complexidade dos sistemas e da exigência por maior eficiência. Os riscos associados a desvios de consumo são amplificados, podendo resultar em penalidades financeiras significativas, como multas por ultrapassagem da demanda contratada ou por fator de potência inadequado, o que pode comprometer seriamente o fluxo de caixa da obra.

Nesse contexto, o uso de ferramentas avançadas de monitoramento em tempo real, análise de dados e automação na gestão energética deixou de ser apenas recomendável, tornando-se essencial para a viabilidade técnica e financeira dos projetos.

Além disso, a implantação de sistemas de geração própria proporcionou maior previsibilidade nos gastos com energia, reduzindo a exposição a oscilações de preço e a crises no fornecimento, como as que ocorrem em períodos de seca ou alta demanda. Essa autonomia energética favorece o planejamento estratégico das empresas e pode se transformar em um diferencial competitivo, ao permitir o reinvestimento da economia obtida em áreas essenciais do negócio.

Obras de grande porte, por sua natureza, demandam plantas industriais, sistemas de iluminação e bombeamento que exigem fornecimento constante de

energia. Nesses casos, a implantação de uma central de geração evita interrupções que possam comprometer atividades críticas e atrasar etapas do projeto. Em situações de falha na rede principal, a central atua como sistema de backup, garantindo continuidade operacional e evitando prejuízos com paralisações. No entanto, o uso de combustíveis fósseis como fonte primária vai na contramão da transição energética e não contribui para os objetivos de preservação ambiental que se tornam cada vez mais urgentes.

Diante desse cenário, para futuros empreendimentos, será essencial avaliar alternativas mais sustentáveis, com o objetivo de substituir fontes convencionais por soluções energeticamente eficientes e ambientalmente responsáveis. Entre as opções mais viáveis, destacam-se os sistemas fotovoltaicos, as turbinas eólicas de pequeno porte e as tecnologias baseadas em biomassa, que podem ser integradas de forma híbrida para garantir maior confiabilidade no suprimento energético e alinhamento com os princípios da construção sustentável.

Também ficou evidente a importância de atender rigorosamente às normas e regulamentações relacionadas ao consumo de água, reconhecendo que tais diretrizes não apenas garantem a conformidade legal do empreendimento, como também promovem práticas que contribuem efetivamente para um mundo mais sustentável. Foram identificadas e implementadas adequações na infraestrutura hídrica, com foco na otimização do uso dos recursos e na conformidade com as exigências ambientais.

Como complemento para futuros empreendimentos, recomenda-se a adoção de sistemas de reuso de água, tecnologias de captação e aproveitamento da água da chuva e equipamentos com baixo consumo hídrico, que contribuem significativamente para a redução do desperdício, a preservação dos recursos naturais e a minimização dos impactos ambientais durante todas as fases da obra. Essas soluções não apenas promovem maior eficiência operacional, como também reforçam o compromisso do setor com práticas sustentáveis e responsáveis.

Por fim, evidenciou-se que os constantes avanços tecnológicos exigem acompanhamento contínuo, uma vez que, em curtos intervalos de tempo, surgem novos métodos e soluções inovadoras que contribuem significativamente para a construção de um mundo mais sustentável. Nesse contexto, foram demonstradas as condições técnicas, operacionais e ambientais necessárias para a aplicação de sistemas *off-grid*, bem como os avanços já conquistados nessa área, que incluem

melhorias na eficiência energética, na autonomia dos sistemas e na integração com fontes renováveis, como a solar e a eólica.

## REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo**. 2024. Disponível em: <https://www.absolar.org.br>. Acesso em: 12 jun. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **A transição energética no Brasil**. Brasília: ANEEL, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel>. Acesso em: 12 jun. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INFRAESTRUTURA E INDÚSTRIAS DE BASE (ABDIB). **Relatório Anual 2023**. São Paulo: ABDIB, 2023. Disponível em: Relatório Anual ABDIB 2023 – AEAMESP

ARAUJO, Márcio Augusto. **A moderna construção sustentável**. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br>. Acesso em: 14 jun. 2025.

BARROS, B. F.; BORELLI, R.; GEDRA, R. L. **Eficiência energética: técnicas de aproveitamento, gestão de recursos e fundamentos**. São Paulo: Érica, 2015.

BARROS, B. F.; BORELLI, R.; GEDRA, R. L. **Gerenciamento de energia: ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica**. 3. ed. São Paulo: Érica, 2020.

BRASIL. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz energética e elétrica**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br>. Acesso em: 15 jun. 2025.

BRASIL. TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO. **Contas do governo da República: exercício de 2009: relatório**. Brasília: TCU, 2010. Disponível em: <https://sites.tcu.gov.br>. Acesso em: 14 jun. 2025.

BURSZTYN, Marcel. **Fundamentos de política e gestão ambiental**. 2. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2020.

CASTRO, Newton Duarte de. **Eficiência energética: uma abordagem prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.

CNN Brasil. **Novos contratos de obras indicam retomada da infraestrutura no Brasil, dizem analistas**. São Paulo, 22 dez. 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br>. Acesso em: 4 ago. 2025.

EMIRALIOGLU, S., KARATAY, S., & ERKEN, F. (2024). *The Design and the Application of Off Grid Solar Power System for a House in Kastamonu*. *Journal of Advanced Applied Sciences*, 3(1), 23–31.

EPE. **Plano Nacional de Energia – PNE 2050**. 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br>. Acesso em: 14 jun. 2025.

EPE. **Relatório Síntese 2025 – Ano Base 2024**. 2024. Disponível em: <https://www.epe.gov.br>. Acesso em: 14 jun. 2025.

FEICON. **Entendendo a participação da construção civil no PIB brasileiro ao longo dos anos**. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.feicon.com.br>. Acesso em: 4 ago. 2025.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Certificação AQUA-HQE – Alta Qualidade Ambiental**. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://vanzolini.org.br>. Acesso em: 4 ago. 2025.

GRENER, **Caminhos da Geração distribuída e do Armazenamento de Energia no Brasil, 2025**. Disponível em: <https://www.youtube.com/live/zeLTrYiowQU?t=4161s>. Acesso em: 24 ago. 2025.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE. **GRI Standards 2023: Universal Standards. Amsterdam: GRI, 2023**. Disponível em: *Global Reporting Initiative – Portal do ESG*.  
INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Batteries and Secure Energy Transitions – Executive Summary*. Paris, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/batteries-and-secure-energy-transitions/executive-summary>. Acesso em: 25 ago. 2025.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Tracking Buildings 2022**. Paris: IEA, 2022. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings-2022>. Acesso em: 19 jul. 2025.

KIBERT, Charles J. **Edificações sustentáveis: projeto, construção e operação**. Porto Alegre: Bookman, 2019.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br>. Acesso em: 11 jun. 2025.

NEOSOLAR. **Transição energética: o que é, desafios e o papel do Brasil**. São Paulo: Neosolar, 2022. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br>. Acesso em: 11 jun. 2025.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cresesb, 2014.

PROCEL. **Conhecimento Procel**. 2023b. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br>. Acesso em: 11 jun. 2025.

SOUZA, E. (2021, 17 de junho). **Um guia para arquiteturas "off-grid"**. ArchDaily Brasil. Acessado em [data], de ArchDaily Brasil.

TEIXEIRA, Rudy Marcell Moura et al. **A imersão da sustentabilidade no universo da engenharia civil**. Epitaya *E-Books*, v. 1, n. 50, p. 187–204, 2023.

WORLD GREEN BUILDING COUNCIL. **Annual Report 2021/22**. London: WorldGBC; 2022.