



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E
TERRITÓRIO (ILATIT)**

ENGENHARIA DE ENERGIAS

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE RECONHECIMENTO EM UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA
COM BASE NAS NORMAS ABNT NBR ISO 50001, 50002 E 50006**

RUAN VINICIUS ROCHA DAMASCENO

Foz do Iguaçu

2025



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E
TERRITÓRIO (ILATIT)**

ENGENHARIA DE ENERGIAS

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE RECONHECIMENTO EM UMA INDÚSTRIA MOVELEIRA
COM BASE NAS NORMAS ABNT NBR ISO 50001, 50002 E 50006**

RUAN VINICIUS ROCHA DAMASCENO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Tecnologia, Infraestrutura e da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energias.

Orientador: Prof. Dr. Walber Ferreira Braga

Foz do Iguaçu

2026

RUAN VINICIUS ROCHA DAMASCENO

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE RECONHECIMENTO EM UMA INDÚSTRIA
MOVELEIRA COM BASE NAS NORMAS ABNT NBR ISO 50001, 50002 E 50006**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Tecnologia,
Infraestrutura e da Universidade Federal da
Integração Latino-Americana, como requisito
parcial à obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Energias.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Walber Ferreira Braga - UNILA

Prof. Dr. Jorge Javier Gimenez Ledesma - UNILA

Prof. Dr. Maicon Coelho Evaldt - UNILA

Foz do Iguaçu, 19 de Fevereiro de 2026

Dedicado aos meus pais, João Damasceno e Luzelena Damasceno; e à minha amada esposa Patrícia Damasceno.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pela força, perseverança e saúde que permitiram a realização deste trabalho.

Aos meus familiares, em especial os meus pais, João Damasceno e Luzelena Damasceno, e à minha amada esposa Patrícia Damasceno, pelo apoio incondicional, compreensão e incentivo contínuo ao longo de toda a minha formação.

Ao meu orientador, Professor Dr. Walber Braga, pela orientação técnica, pelos ensinamentos compartilhados e pela dedicação ao acompanhamento deste trabalho, contribuindo decisivamente para a construção deste estudo.

Aos professores e colaboradores da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA), pela formação acadêmica e pelos conhecimentos transmitidos durante a graduação.

Agradeço também à empresa analisada, PROMÓVEL – Soluções Inteligentes, pela disponibilidade em fornecer os dados necessários para a realização do diagnóstico energético e pela receptividade durante o processo de coleta de informações.

Às pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, deixo aqui minha sincera gratidão.

*“Por que a sabedoria serve de
sombra, como de sombra serve o
dinheiro; mas a excelência da
sabedoria é que ela dá vida ao seu
possuidor”*

Eclesiastes 7:12

RESUMO

Este trabalho apresenta um diagnóstico energético de reconhecimento realizado em uma fábrica moveleira localizada no município de Foz do Iguaçu – PR, com o objetivo de identificar os Usos Significativos de Energia (USEs), avaliar o desempenho energético da unidade e propor ações iniciais de melhoria, em conformidade com as diretrizes da ABNT NBR ISO 50001:2018, ABNT NBR ISO 50002:2014 e ABNT NBR ISO 50006:2024. A metodologia empregada seguiu a estrutura recomendada para auditorias de Nível 1, contemplando o levantamento de dados operacionais, análise de faturas de energia, inventário de cargas, definição de Indicadores de Desempenho Energético (IDEs) e construção de Linhas de Base Energética (LBEs) por meio de regressão linear. Os resultados demonstraram que o consumo elétrico da unidade se concentra principalmente nos processos de usinagem, acabamento e compressão de ar, os quais representam a maior parcela da demanda total. A variável metros lineares processados mostrou-se adequada para representar a intensidade produtiva e correlacionar o consumo energético setorial. As LBEs permitiram caracterizar o comportamento dos principais processos, evidenciando forte dependência da produção no setor de usinagem e comportamento essencialmente fixo nos consumos de iluminação e serviços auxiliares. A partir dessas análises, foi elaborado um plano de ação composto por medidas técnicas e operacionais compatíveis com o escopo de uma auditoria de reconhecimento, abrangendo ajustes de operação, melhorias de controle, intervenções em equipamentos e ações de conscientização. Conclui-se que o diagnóstico energético forneceu uma visão clara e fundamentada do desempenho energético da fábrica moveleira estudada, constituindo uma base sólida para a futura implementação de um Sistema de Gestão da Energia (SGE) e para auditorias de maior aprofundamento. O estudo demonstra que, mesmo com recursos limitados e utilizando exclusivamente dados internos, é possível identificar oportunidades relevantes de melhoria e fomentar práticas de eficiência energética no setor moveleiro.

Palavras-chave: eficiência energética; gestão da energia; indústria moveleira; auditoria energética; ISO 50001; ISO 50002; ISO 50006.

ABSTRACT

This study presents a Level 1 energy reconnaissance audit carried out in a furniture manufacturing facility located in Foz do Iguaçu, Brazil. The aim was to identify Significant Energy Uses (SEUs), assess the plant's energy performance, and propose initial improvement actions, in accordance with the guidelines of ISO 50001:2018, ISO 50002:2014 and ISO 50006:2024. The methodological approach followed the structure recommended for low-complexity audits, including the collection of operational data, analysis of electricity bills, equipment inventory, calculation of Energy Performance Indicators (EnPIs), and development of sector-specific Energy Baselines (EnBs) through linear regression models. Results showed that electricity consumption is mainly concentrated in the machining, finishing and compressed-air systems, which together account for the largest share of total demand. The use of processed linear meters proved to be an appropriate activity variable, enabling consistent correlation between production levels and sectoral energy consumption. The EnBs developed allowed the characterization of distinct energy behaviour patterns, revealing a strong production dependency in the machining process and predominantly fixed consumption in lighting and auxiliary services. Based on these findings, a tailored action plan was formulated, comprising technical and operational measures suitable for a Level 1 audit, such as process adjustments, operational control improvements, equipment-related interventions and awareness-raising actions. The study concludes that the diagnostic process provided a clear and sound understanding of the plant's energy performance, establishing a solid foundation for future implementation of an Energy Management System (EnMS) and for more detailed energy audits. The results also demonstrate that, even with limited resources and without advanced instrumentation, it is possible to identify relevant improvement opportunities and promote data-driven energy efficiency practices within the furniture manufacturing sector.

Keywords: energy efficiency; energy management; furniture industry; energy audit; ISO 50001; ISO 50002; ISO 50006.

RESUMEN

Este trabajo presenta un diagnóstico energético de reconocimiento realizado en una fábrica de muebles ubicada en el municipio de Foz do Iguazú, con el objetivo de identificar los Usos Significativos de Energía (USE), evaluar el desempeño energético de la instalación y proponer acciones iniciales de mejora, en conformidad con las directrices de las normas ABNT NBR ISO 50001:2018, ABNT NBR ISO 50002:2014 y ABNT NBR ISO 50006:2024. La metodología empleada siguió la estructura recomendada para auditorías de Nivel 1, incluyendo el levantamiento de datos operativos, el análisis de facturas de energía, el inventario de cargas, la definición de Indicadores de Desempeño Energético (IDEs) y la construcción de Líneas Base de Energía (LBEs) mediante regresión lineal. Los resultados mostraron que el consumo eléctrico de la unidad se concentra principalmente en los procesos de mecanizado, acabado y compresión de aire, que representan la mayor parte de la demanda total. La variable metros lineales procesados demostró ser adecuada para representar la intensidad productiva y correlacionar el consumo energético por proceso. Las LBEs permitieron caracterizar el comportamiento de los principales procesos, evidenciando una fuerte dependencia de la producción en el sector de mecanizado y un comportamiento esencialmente fijo en los consumos de iluminación y servicios auxiliares. A partir de estos análisis, se elaboró un plan de acción compuesto por medidas técnicas y operativas compatibles con el alcance de una auditoría de reconocimiento, abarcando ajustes de operación, mejoras de control, intervenciones en equipos y acciones de sensibilización. Se concluye que el diagnóstico energético proporcionó una visión clara y fundamentada del desempeño energético de la fábrica de muebles estudiada, constituyendo una base sólida para la futura implementación de un Sistema de Gestión de la Energía (SGE) y para auditorías de mayor profundidad. El estudio demuestra que, incluso con recursos limitados y utilizando exclusivamente datos internos, es posible identificar oportunidades relevantes de mejora y fomentar prácticas de eficiencia energética en la industria del mueble en América Latina.

Palabras clave: eficiencia energética; gestión de la energía; industria del mueble; auditoría energética; ISO 50001; ISO 50002; ISO 50006.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo PDCA aplicado à ISO 50001	21
Figura 2 - Localização PROMÓVEL – Soluções Inteligentes	37
Figura 3 - Distribuição do consumo de energia elétrica por uso.	53
Figura 4 - LBE Iluminação.....	60
Figura 5 - LBE Usinagem.....	61
Figura 6 - LBE Acabamento	61
Figura 7 - LBE Compressão de Ar	62
Figura 8 - LBE Serviços Auxiliares.....	62
Figura 9 - LBE Climatização	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Níveis de Auditoria segundo a ABNT NBR ISO 50002:2014	30
Quadro 2 - Síntese das normas da família ABNT NBR ISO 50000.....	35
Quadro 3 - Síntese das etapas do Diagnóstico Energético	42
Quadro 4 - Matriz de responsabilidades RACI.....	45
Quadro 5 - Plano de Ações Propostas para Melhoria do Desempenho Energético ..	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo de Energia Elétrica no período (agosto – outubro 2025).....	46
Tabela 2 - Dados de produção no período (agosto – outubro 2025).....	48
Tabela 3 - Inventário dos pontos de consumo e respectivas características elétricas	48
Tabela 4 - Consumo mensal por equipamento e classificação por processo.	50
Tabela 5 - Distribuição do consumo por processo.	52
Tabela 6 - Matriz de definição dos USEs.....	54
Tabela 7 - IDEs obtidos.	56
Tabela 8 - Linhas de Base Energéticas (LBEs).....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AEE – Ações de Eficiência Energética
ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABIMÓVEL – Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
BMS – Building Management System
CO₂ – Dióxido de Carbono
COPEL – Companhia Paranaense de Energia
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
EMIS – Energy Management Information System
ESG – Environmental, Social and Governance
FB – Face Bench (referente ao equipamento Motomil FB160)
GN – Gás Natural
GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
HP – Horsepower
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEs – Indicadores de Desempenho Energético
IEA – International Energy Agency
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
ISE – Índice de Significância Energética
ISO – International Organization for Standardization
kWh – Quilowatt hora
LBEs – Linhas de Base Energética
LED – Light Emitting Diode
M&V – Medição e Verificação
MDF – Medium density Fiberboard
m³ – Metro cúbico
m_linear – Metro linear
PDCA – Plan Do Check Act
PJ – Petajoule
PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RACI – Responsible Accountable Consulted and Informed
R² – Coeficiente de determinação
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SGE – Sistema de Gestão da Energia
TE/TUSD – Tarifa de Energia / Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
USEs – Usos Significativos de Energia
W – Watt

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa	16
1.2	Objetivos	17
1.2.1	Objetivo geral.....	17
1.2.2	Objetivos específicos	17
1.3	Delimitação e abrangência do estudo (estudo de caso)	17
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1	Normas ISO	19
2.1.1	O que são, origem e objetivos	19
2.1.2	Equivalente brasileira	19
2.2	Família ISO 50000	19
2.2.1	ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 – Sistemas de gestão da energia – Requisitos com orientação para uso	20
2.2.2	ABNT NBR ISO 50003:2023 – Sistemas de Gestão de Energia – Requisitos para organismos de auditoria e certificação de sistemas de gestão de energia	24
2.2.3	ABNT NBR ISO 50004:2021 – Sistemas de gestão da energia — Guia para implementação, manutenção e melhoria do SGE	25
2.2.4	ABNT NBR ISO 50006:2024 – Sistemas de gestão de energia – Avaliação do desempenho energético utilizando indicadores de desempenho energético e linhas de base energética	25
2.2.5	ABNT NBR ISO 50009:2022 – Sistema de gestão da energia — Orientações para implementação de um sistema comum de gestão da energia em múltiplas organizações	27
2.2.6	ABNT NBR ISO 50015:2020 – Sistemas de gestão da energia — Medição e verificação do desempenho energético	28
2.2.7	ISO 50047:2021 – Energy savings — Determination of energy savings in organizations	29
2.2.8	ABNT NBR ISO 50002:2014 – Diagnósticos Energéticos – Requisitos com orientação para uso.....	29
2.2.9	Síntese Família ISSO 50000.....	34
3	METODOLOGIA	36
3.1	Tipo de pesquisa e enquadramento normativo	36

3.2	Objeto de estudo	36
3.2.1	Estudo de Caso – PROMOVEL	36
3.3	Estrutura geral do diagnóstico energético	37
3.3.1	Planejamento do diagnóstico energético.....	38
3.3.2	Levantamento e coleta de dados.....	39
3.4	Classificação dos processos e distribuição do consumo	39
3.5	Determinação dos Usos Significativos de Energia (USEs)	40
3.6	Definição dos Indicadores de Desempenho Energético (IDEs)	40
3.7	Construção da Linha de Base Energética (LBE)	41
3.8	Elaboração do plano de ação para melhoria do desempenho energético 42	
3.9	Síntese das Etapas do diagnóstico energético	42
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
4.1	Planejamento do Diagnóstico Energético	44
4.1.1	Cronograma de execução (Anexo).....	44
4.1.2	Matriz RACI de responsabilidades	45
4.1.3	Política Energética aprovada	46
4.2	Levantamento e Coleta de Dados	46
4.2.1	Histórico de consumo elétrico.....	47
4.2.2	Dados de Produção.....	47
4.2.3	Inventário de Cargas e Levantamento de Consumo.....	49
4.2.4	Distribuição do Consumo e Análise de Processos.....	50
4.2.5	Diagrama unifilar simplificado	53
4.3	Determinação dos Usos Significativos de Energia (USEs)	54
4.4	Definição dos Indicadores de Desempenho Energético (IDEs)	56
4.4.1	Procedimento de Definição dos IDEs	56
4.4.2	Análise dos Resultados.....	57
4.5	Construção da Linha de Base Energética (LBE)	57
4.5.1	Interpretação da Linha de Base.....	59
4.5.2	Aplicação e Uso da LBE	63
4.6	Plano de Ação para Melhoria do Desempenho Energético	64
4.6.1	Procedimento adotado	65
4.6.2	Plano de Ações Propostas	65
4.6.3	Análise Técnica das ações propostas	67

4.6.4	Monitoramento e Revisão	67
4.6.5	Conclusão da Etapa	68
5	CONCLUSÃO	69
	REFERÊNCIAS	72
	ANEXO A - Cronograma de Execução do Diagnóstico energético	76
	ANEXO B – Diagramas Unifilares simplificados	77

1 INTRODUÇÃO

De acordo com a *International Energy Agency* (IEA), o setor de indústria de transformação foi responsável por aproximadamente 29% das emissões globais de CO₂ relacionadas à energia em 2022, superando o transporte rodoviário e aproximando-se do somatório dos demais usos finais de energia. A agência projeta que, se mantido o atual nível de eletricidade proveniente de usinas a carvão e gás natural, as emissões industriais podem apresentar crescimento de quase 12% até 2030, reduzindo parte dos avanços obtidos com a expansão das fontes renováveis (IEA, 2023).

Paralelamente, a agenda de sustentabilidade ambiental, social e de governança (*Environmental, Social and Governance*, ESG) consolidou-se como critério relevante para acesso a mercados e capitais. Estudo da *Bloomberg Intelligence* estima que ativos sob gestão orientados por critérios ESG possam atingir US\$ 53 trilhões em 2025, representando mais de um terço do total global (BLOOMBERG INTELLIGENCE, 2021). No setor moveleiro, a Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário ressalta que redes varejistas e importadores passaram a exigir comprovação de eficiência energética e certificações de cadeia de custódia da madeira no processo de seleção de fornecedores (ABIMÓVEL, 2024).

Nesse contexto, a eficiência energética configura-se como estratégia de curto prazo para mitigação de emissões e redução de custos. No cenário nacional, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) incluiu 26 ações prioritárias voltadas ao uso eficiente da energia no Plano Nacional de Energia 2050, entre elas a promoção de diagnósticos energéticos setoriais financiados por programas públicos (EPE, 2022).

A família de normas ISO 50000, que abrange desde requisitos de gestão (ISO 50001) e auditorias energéticas (ISO 50002) até metodologias de medição e verificação (ISO 50015) e definição de indicadores de desempenho (ISO 50006), forma um arcabouço técnico integrado e reconhecido internacionalmente para identificação, implementação e validação de oportunidades de eficiência energética.

A adoção de um Sistema de Gestão da Energia (SGE) baseado na ABNT NBR ISO 50001:2018 tem potencial para promover melhorias contínuas e mensuráveis no desempenho energético. Estudos de caso compilados pela própria ISO reportam economias típicas entre 10% e 20% no primeiro ano de implementação. A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) tem adotado o SGE como

critério para linhas de crédito e compras públicas sustentáveis, incentivando a adoção de práticas de gestão energética e a obtenção de certificações.

Segundo o Relatório Global de Certificações ISO (The ISO Survey), na edição de 2023 o Brasil não figura entre os 20 países com maior número de certificações ISO 50001. O país ocupa a 29ª posição, com 96 novas certificações emitidas em 2023, totalizando 178 certificados válidos. Entre os países do grupo BRICS, o Brasil posiciona-se à frente apenas da África do Sul, que ocupa a 52ª posição. A China não foi incluída na base de dados desta edição do relatório. No cenário global, Alemanha (25.798 certificações), França (6.332) e Espanha (4.969) ocupam as três primeiras posições (ISO, 2023). Esses números indicam que há amplo potencial para expansão da aplicação da norma no Brasil.

1.1 Justificativa

A eletricidade consolidou-se como o principal vetor energético no país, tornando seu uso indispensável tanto na indústria quanto no setor residencial. Em 2023, ela respondeu por 20% do consumo final de energia do Brasil e por 48% do insumo energético na indústria de transformação, superando, em conjunto, carvão, gás natural e biomassa (EPE, 2024). Esse cenário evidencia a gestão da energia elétrica como fator crítico de competitividade, especialmente para micro e pequenas empresas, que representam a maior parcela do parque fabril brasileiro.

No setor de transformação, o segmento moveleiro consumiu aproximadamente 11 PJ de energia em 2023, sendo 82% na forma de eletricidade, 11% de biomassa térmica e 7% de GLP ou GN (EPE, 2024). A predominância da eletricidade nesse consumo justifica a necessidade de gestão eficiente desse insumo energético.

O setor moveleiro brasileiro, predominantemente composto por micro e pequenas empresas, reúne cerca de 20.000 estabelecimentos, movimenta aproximadamente R\$ 77,1 bilhões e gera 260.000 empregos diretos, com polos industriais concentrados nas regiões Sul e Sudeste (ABIMÓVEL, 2024). Nesse contexto, restrições de capital e a escassez de especialistas adiam a adoção de ações estruturadas de gestão da energia, apesar da representatividade dos custos energéticos na composição dos custos operacionais.

No contexto regional, o Oeste do Paraná abriga aproximadamente 140 fábricas moveleiras, das quais 37 estão localizadas em Foz do Iguaçu, processando

cerca de 3.600 m³ de MDF por mês e empregando aproximadamente 1.100 trabalhadores, segundo levantamento do SEBRAE-PR e do Observatório da Indústria Paranaense (SEBRAE-PR, 2024). Devido à sua localização geográfica, o setor regional enfrenta custos logísticos superiores aos polos tradicionais, tornando a eficiência energética um diferencial competitivo relevante.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Realizar o diagnóstico energético conforme ABNT NBR ISO 50002 em uma fábrica de móveis planejados de pequeno/médio porte.

1.2.2 Objetivos específicos

- I. Elaborar e oficializar a Política Energética da empresa;
- II. Levantar as fontes de energia utilizadas e o histórico de consumo;
- III. Inventariar e classificar as cargas elétricas;
- IV. Identificar os Usos Significativos de Energia (USEs);
- V. Definir e calcular Indicadores de Desempenho Energético (IDEs);
- VI. Definição das Linhas de Base Energéticas (LBEs)
- VII. Levantar as possibilidades de Ações de Eficiência Energética (AEE).

1.3 Delimitação e abrangência do estudo (estudo de caso)

Esta seção apresenta a delimitação e a abrangência do estudo estabelecida em conjunto com a organização objeto de estudo, especificando o objeto analisado, o escopo energético considerado, os sistemas incluídos na avaliação, o horizonte temporal adotado e as exclusões necessárias para coerência metodológica.

Objeto do estudo: empresa do setor moveleiro PROMÓVEL Soluções Inteligentes, localizada no município de Foz do Iguaçu – PR.

Escopo energético: restringe-se ao consumo de energia elétrica empregado nos processos produtivos da unidade fabril.

Sistemas analisados: usinagem, acabamento, compressão de ar, iluminação, climatização e serviços auxiliares.

Horizonte temporal: dados de consumo referentes aos meses de agosto, setembro e outubro de 2025.

Exclusões: não foram considerados os seguintes elementos: emissões associadas à frota veicular, eventual geração fotovoltaica planejada, e aspectos de gestão de resíduos que não possuam relação direta com o uso de energia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para melhor compreensão do desenvolvimento deste trabalho, é apresentada uma revisão teórica.

2.1 Normas ISO

2.1.1 O que são, origem e objetivos

A Organização Internacional para Padronização (ISO, do inglês *International Organization for Standardization*), fundada em 1947 e sediada em Genebra, é composta por mais de 170 países membros para desenvolver normas técnicas que promovem qualidade, segurança e eficiência no comércio global (ISO, 2024). Seu propósito é facilitar a troca internacional de bens e serviços e desenvolver a cooperação em áreas científicas, tecnológicas e econômica (ISO, 2024).

2.1.2 Equivalente brasileira

No Brasil, as normas emitidas pela ISO são traduzidas e publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), sob a designação ABNT NBR ISO. A ABNT participa dos comitês técnicos internacionais, vota nas propostas de revisão e incorpora as normas ao acervo normativo nacional, assegurando sua validade e conformidade com a legislação brasileira (ABNT, 2024).

2.2 Família ISO 50000

A família de normas ISO 50000 abrange um conjunto de normas técnicas dedicadas à gestão de energia. Esse conjunto inclui a ISO 50001 (requisitos do Sistema de Gestão da Energia), a ISO 50002 (auditorias energéticas), a ISO 50003 (requisitos para organismos certificadores), a ISO 50004 (orientações para implementação e melhoria do SGE), a ISO 50006 (definição de indicadores de desempenho e linhas de base energéticas), a ISO 50015 (medição e verificação do desempenho energético) e a ISO 50047 (metodologias para cálculo de economias de energia). Em conjunto, essas normas constituem um arcabouço que abrange desde o

diagnóstico e planejamento até a certificação e a verificação dos resultados obtidos (ISO, 2023).

2.2.1 ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 – Sistemas de gestão da energia – Requisitos com orientação para uso

A ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 estabelece os requisitos para a implementação de um Sistema de Gestão da Energia (SGE), cujo propósito é permitir que organizações adotem uma abordagem sistemática para melhorar continuamente seu desempenho energético. A norma estrutura-se sobre o ciclo PDCA (*Plan–Do–Check–Act*) e orienta práticas relacionadas ao desenvolvimento da política energética, ao planejamento estratégico, ao monitoramento de processos, à definição de indicadores e à avaliação dos resultados.

Segundo a norma, o SGE deve assegurar que a organização seja capaz de atender aos requisitos:

- I. Monitorar e medir sistematicamente variáveis relevantes, consumos e indicadores;
- II. Atender requisitos legais e outros requisitos aplicáveis ao uso da energia;
- III. Integrar o desempenho energético ao processo decisório e à gestão corporativa.

A ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 destaca que a melhoria do desempenho energético deve ocorrer de maneira mensurável, incluindo redução de consumo, otimização de processos, aumento do rendimento de sistemas ou substituição de equipamentos por tecnologias mais eficientes. Para isso, a norma exige que a organização estabeleça mecanismos de documentação, rastreabilidade e verificação, garantindo a confiabilidade dos resultados.

Outro aspecto central é a integração do SGE com outros sistemas de gestão já existentes, como a ISO 9001 (gestão da qualidade) e a ISO 14001 (gestão ambiental). A versão 2018/Em:2024 reforça essa compatibilidade, adotando a estrutura de alto nível (HLS – High Level Structure), que facilita a implementação conjunta e reduz custos de manutenção de sistemas integrados (ABNT, NBR ISO 50001, 2018/Em:2024).

2.2.1.1 Metodologia da ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024

A ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 estrutura o Sistema de Gestão da Energia (SGE) segundo o ciclo PDCA – *Plan, Do, Check, Act* (Planejar, Executar, Verificar e Agir), modelo amplamente adotado em normas de gestão e que orienta a melhoria contínua. Contudo, a ABNT NBR ISO 50001 aprofunda cada fase com requisitos específicos para o desempenho energético, garantindo que a organização implemente práticas sistemáticas e mensuráveis. A Figura 1 ilustra o ciclo PDCA aplicado à gestão energética.

Figura 1 - Ciclo PDCA aplicado à ISO 50001.



Fonte: Be Energy (2023)

2.2.1.1.1 *Planejar (Plan)*

A etapa de planejamento corresponde à fase em que se estrutura a base analítica do Sistema de Gestão da Energia (SGE). Nessa fase, a ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 estabelece que a organização deve conduzir uma Revisão Energética detalhada, processo no qual são identificados os Usos Significativos de

Energia (USEs), bem como os fatores operacionais, produtivos, climáticos e comportamentais capazes de influenciar o consumo. A revisão também envolve o mapeamento sistemático de oportunidades de melhoria, classificadas segundo critérios de viabilidade técnica e econômica, além da verificação dos requisitos legais e outros requisitos aplicáveis ao desempenho energético.

2.2.1.1.2 *Executar (Do)*

Na fase de execução, a organização coloca em prática os Planos de Ação Energética definidos no planejamento, implementando medidas que visam melhorar o desempenho energético. Essa etapa pode envolver a substituição de equipamentos ineficientes, a adoção de melhorias operacionais, programas de capacitação técnica para operadores, implantação de sistemas de controle automático e a aplicação de critérios de projeto e aquisição que priorizem alternativas energeticamente mais eficientes (ABNT, NBR ISO, 2018/Em:2024).

A ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 estabelece que a organização deve adotar controles operacionais consistentes, além de instituir critérios formais para aquisição de produtos, serviços e equipamentos que possam impactar o desempenho energético. A norma também enfatiza a necessidade de processos estruturados de comunicação e conscientização, assegurando que todos os colaboradores que influenciam o uso da energia compreendam suas responsabilidades dentro do SGE. Assim, a etapa de execução constitui o momento em que o planejamento se converte em ação concreta, exigindo disciplina operacional, engajamento institucional e mecanismos de controle que assegurem a correta implementação das ações propostas.

2.2.1.1.3 *Verificar (Check)*

A etapa de verificação corresponde ao processo de medição, monitoramento e análise crítica dos resultados obtidos com a implementação das ações energéticas. O desempenho é comparado à Linha de Base Energética (LBE) por meio dos Indicadores de Desempenho Energético (IDEs) definidos na fase de planejamento, permitindo uma avaliação objetiva da evolução do consumo e da eficácia das medidas adotadas. Quando disponíveis, sistemas informatizados como

os EMIS (*Energy Management Information Systems*) ou BMS (*Building Management Systems*) podem apoiar essa análise ao fornecerem dados automatizados, históricos e de alta resolução, conferindo maior precisão ao acompanhamento do desempenho energético (ABNT, NBR ISO 50001, 2018/Em:2024).

A norma também exige a realização de auditorias internas periódicas, a investigação sistemática de desvios e não conformidades, a avaliação da eficácia de cada ação implementada e a manutenção de registros capazes de demonstrar conformidade com os requisitos estabelecidos. Dessa forma, a etapa de verificação assegura que o SGE opere com base em evidências e proporciona subsídios para a identificação de ajustes necessários, garantindo o aprimoramento contínuo das práticas adotadas (ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024).

2.2.1.1.4 *Agir (Act)*

Na fase final do ciclo, a Alta Direção conduz a Revisão pela Gestão, momento em que os resultados do SGE são avaliados de forma estratégica. Essa etapa envolve a atualização das metas energéticas, a redefinição de prioridades, a realocação de recursos, a revisão dos planos de ação e a incorporação das lições aprendidas ao longo do processo. A ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 reforça que essa revisão deve assegurar a continuidade e a melhoria permanente do SGE, permitindo que o sistema se adapte a mudanças internas e externas, como a introdução de novas tecnologias, alterações nos processos produtivos, oscilações nos custos de energia ou mudanças regulatórias.

Em síntese, a etapa “Agir” consolida o caráter cíclico e evolutivo do modelo PDCA, garantindo que o SGE não se limite a ações pontuais, mas funcione como um processo gerencial sistemático, documentado e auditável. Dessa forma, a norma transforma iniciativas isoladas de eficiência energética em práticas permanentes, integradas à cultura organizacional e sustentáveis ao longo do tempo.

2.2.1.1.5 *Usos Significativos de Energia (USEs)*

Os USEs constituem um dos pilares fundamentais da ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024, uma vez que representam os processos, áreas ou equipamentos cujo impacto sobre o consumo total de energia da organização é mais

relevante. Identificar corretamente esses usos é essencial para orientar esforços, priorizar intervenções e estabelecer indicadores de desempenho que reflitam, de forma consistente, a realidade operacional da unidade. A norma determina que essa identificação seja realizada com base em critérios quantitativos e qualitativos, considerando não apenas a participação percentual de cada uso no consumo total, mas também o potencial de melhoria do desempenho energético, a criticidade operacional associada, a variabilidade do consumo ao longo do tempo, o grau de controle e monitoramento existente e a presença de fatores ambientais, legais ou de segurança que possam influenciar sua classificação.

A norma destaca que a definição de USEs não se restringe aos equipamentos ou sistemas de maior porte, mas abrange aqueles cujo comportamento energético exerce influência determinante sobre a eficiência global da organização. Assim, setores de suporte ou subsistemas auxiliares podem ser considerados significativos mesmo que não participem diretamente do processo produtivo principal, desde que apresentem contribuição expressiva, risco operacional ou oportunidades relevantes de melhoria. Dessa forma, a abordagem proposta pela ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 garante uma visão mais abrangente e estratégica do uso da energia, permitindo que o diagnóstico e a gestão energética sejam fundamentados em critérios de prioridade e impacto efetivo sobre o desempenho energético global.

2.2.2 ABNT NBR ISO 50003:2023 – Sistemas de Gestão de Energia – Requisitos para organismos de auditoria e certificação de sistemas de gestão de energia

A ABNT NBR ISO 50003:2023 estabelece os requisitos específicos para os organismos responsáveis por auditar e certificar Sistemas de Gestão da Energia (SGE) conforme a ABNT NBR ISO 50001. A norma determina competências da equipe auditora, critérios de amostragem de unidades operacionais, cálculo de tempo de auditoria e verificação de melhoria de desempenho. Também detalha relatórios, gestão de imparcialidade e processos de recertificação, assegurando uniformidade e rastreabilidade no processo de certificação.

O objetivo central da norma é a necessidade de comprovação objetiva da melhoria do desempenho energético, etapa primordial na certificação da norma ISO 50001. Para isso, a norma estabelece critérios alinhados às normas ISO 50006 (IDES

e LBE) e ISO 50015 (Medição e Verificação), garantindo que a certificação avalie não apenas conformidade documental, mas também resultados energéticos mensuráveis. Esses requisitos harmonizam o processo nacional de certificação com as práticas internacionais de acreditação (ABNT, NBR ISO 50003, 2023).

2.2.3 ABNT NBR ISO 50004:2021 – Sistemas de gestão da energia — Guia para implementação, manutenção e melhoria do SGE

A ABNT NBR ISO 50004:2021 fornece orientações práticas para apoiar organizações na implementação, manutenção e melhoria contínua de Sistemas de Gestão da Energia (SGE) em conformidade com a ABNT NBR ISO 50001. A norma apresenta abordagens operacionais, exemplos de procedimentos, estruturas de documentação e listas de verificação que auxiliam as organizações a integrarem os requisitos do SGE à sua rotina gerencial. A norma é estabelecida como um guia não certificável, cujo objetivo é detalhar o “como fazer” da implementação, facilitando sua adoção por empresas de diferentes portes e seguimentos.

A norma também aborda temas como engajamento da alta direção, identificação de riscos e oportunidades, comunicação interna, competências necessárias e integração do SGE com outros sistemas de gestão, como ISO 9001 e ISO 14001. Além disso, esclarece atividades relacionadas ao planejamento energético, definição das responsabilidades organizacionais, controle operacional e avaliação de desempenho, apoiando o processo de ciclo PDCA aplicado à gestão da energia. Dessa forma, a ABNT NBR ISO 50004:2021 funciona como um guia técnico complementar que facilita a eficácia e a consistência do SGE ao longo do tempo (ABNT, ISO NBR 5004, 2021).

2.2.4 ABNT NBR ISO 50006:2024 – Sistemas de gestão de energia – Avaliação do desempenho energético utilizando indicadores de desempenho energético e linhas de base energética

A ABNT NBR ISO 50006:2024 estabelece diretrizes para a definição, seleção, implementação e monitoramento dos Indicadores de Desempenho Energético (IDEs) e das Linhas de Base Energética (LBEs), componentes fundamentais de um Sistema de Gestão de Energia (SGE), embora podendo ser

aplicados em organizações que não possuem um SGE, conforme a ABNT NBR ISO 50001. A norma fornece fundamentos metodológicos para que organizações possam medir, acompanhar e demonstrar melhorias reais no desempenho energético, garantindo que as variações observadas no consumo sejam corretamente atribuídas às ações de eficiência e não a flutuações externas, como produção ou variáveis climáticas.

A norma destaca que tanto os IDEs quanto as LBEs devem ser construídos com rastreabilidade, embasamento estatístico e coerência operacional, assegurando transparência e comparabilidade ao longo do tempo. Dessa forma, a ISO 50006 torna-se um guia essencial na estruturação de análises energéticas, oferecendo metodologias para tratar variáveis de influência, ajustar dados e interpretar tendências de consumo energético (ABNT, NBR ISO, 2024).

2.2.4.1 *Indicadores de Desempenho Energético (IDEs)*

Os IDEs representam métricas quantitativas utilizadas para avaliar a relação entre o consumo de energia e uma ou mais variáveis relevantes do processo. Segundo a ABNT NBR ISO 50006:2024, devem possibilitar comparações significativas ao longo do tempo, refletindo o comportamento energético da organização de forma objetiva e verificável.

A norma orienta que a seleção dos IDEs deve considerar:

- I. variáveis de influência (produção, clima, tempo de operação, ocupação etc.);
- II. variáveis estáticas (características estruturais que não mudam com frequência);
- III. variáveis de ajuste, utilizadas para normalizar desvios de consumo que não são relacionados a ações de eficiência.

A ISO 50006 recomenda que os IDEs sejam expressos por razões ou índices (por exemplo, *kWh/unidade produzida*), possibilitando comparar períodos distintos mesmo quando o nível de atividade produtiva varia. Além disso, a norma destaca que os IDEs devem manter rastreabilidade documental e metodológica, permitindo auditorias e revisões futuras (ABNT, NBR ISO 50006, 2024).

2.2.4.2 *Linhas de Base Energética (LBEs)*

A LBE é definida pela norma como a referência quantitativa utilizada para comparar o desempenho energético entre períodos distintos. Ela representa o consumo energético esperado para determinada condição operacional e é fundamental para identificar melhorias ou desvios de desempenho (ABNT, NBR ISO 50006, 2024).

A ABNT NBR ISO 50006:2024 destaca três elementos-chave na construção da LBE:

- I. Seleção de variáveis relevantes, especialmente aquelas que influenciam o consumo (produção, clima, tipo de produto, horas trabalhadas etc.);
- II. Aplicação de métodos estatísticos, com destaque à regressão linear, para correlacionar consumo e variáveis independentes;
- III. Atualização periódica, garantindo que a LBE reflita mudanças estruturais ou significativas na operação.

Segundo a norma, o uso de regressão linear é recomendado porque permite separar o consumo em duas partes:

- I. Componente fixo (intercepto), independente da produção;
- II. Componente variável (inclinação), que representa a sensibilidade do consumo à produção.

Essa distinção é fundamental para identificar quando uma redução de consumo representa realmente uma melhoria de eficiência e quando é apenas uma consequência natural da redução da atividade produtiva (ABNT, NBR ISO 50006, 2024).

2.2.5 ABNT NBR ISO 50009:2022 – Sistema de gestão da energia — Orientações para implementação de um sistema comum de gestão da energia em múltiplas organizações

A ABNT NBR ISO 50009:2022 estabelece orientações para a implementação de um Sistema de Gestão da Energia (SGE) comum aplicado a múltiplas organizações que compartilham instalações, processos, serviços ou metas energéticas conjuntas. A norma busca facilitar a coordenação entre entidades independentes como consórcios, condomínios industriais, redes de fornecedores ou

unidades de uma mesma corporação, permitindo que adotem práticas comuns de gestão energética. O documento detalha princípios de governança, definição de papéis e responsabilidades, métodos de coleta conjunta de dados e mecanismos de tomada de decisão compartilhada.

Além disso, a norma aborda estratégias de integração de objetivos, metas e indicadores energéticos comuns, alinhando-os aos requisitos da ABNT NBR ISO 50001. Inclui diretrizes para monitoramento e comunicação entre as partes, gestão colaborativa de riscos e oportunidades, controle operacional e verificação conjunta de desempenho energético. Dessa forma, a ABNT NBR ISO 50009:2022 oferece um modelo estruturado para operações que desejam otimizar resultados através de sinergias energéticas, ampliando a efetividade das ações e promovendo economia de escala na gestão da energia (ABNT, NBR ISO 50009, 2022).

2.2.6 ABNT NBR ISO 50015:2020 – Sistemas de gestão da energia — Medição e verificação do desempenho energético

A ABNT NBR ISO 50015:2020 estabelece diretrizes para a medição e verificação (M&V) do desempenho energético de sistemas, processos e equipamentos dentro de um Sistema de Gestão da Energia (SGE). A norma define princípios, procedimentos e critérios para garantir que a avaliação do desempenho energético seja conduzida de forma precisa, transparente e rastreável. Incluem orientações para definição de escopo, seleção de variáveis relevantes, elaboração de planos de M&V e determinação de incertezas associadas às medições, assegurando confiabilidade técnica no processo.

O documento também especifica requisitos para coleta de dados, tratamento estatístico, documentação e comunicação dos resultados, permitindo que organizações demonstrem economias de energia de forma consistente e verificável. A norma fortalece a integração com a ABNT NBR ISO 50006 (IDEs e LBE), estabelecendo métodos que permitem comparações entre períodos distintos ou após a implementação de ações de eficiência. Dessa forma, a ABNT NBR ISO 50015:2020 contribui para comprovar melhorias de desempenho energético, requisito essencial para auditorias internas e certificações externas do SGE.

2.2.7 ISO 50047:2021 – Energy savings — Determination of energy savings in organizations

A ISO 50047:2021, ainda sem tradução pela ABNT NBR, apresenta métodos e diretrizes para determinar economias de energia em organizações, fornecendo abordagens padronizadas que permitem comparar consumos antes e depois da implementação de ações de eficiência. A norma descreve métodos “*top-down*” e “*bottom-up*”, abordando desde análises globais da instalação até avaliações específicas de equipamentos ou processos. Também estabelece critérios para seleção de períodos de comparação, definição de condições de referência e identificação de fatores que influenciam o consumo energético.

Além disso, o documento orienta o uso de ajustes normalizados, tratamento de incertezas, elaboração de relatórios e documentação necessária para comprovar melhorias de desempenho energético. A ISO 50047 reforça a integração com a ISO 50006 (IDEs e LBE) e a ISO 50015 (medição e verificação), garantindo coerência metodológica dentro da família ISO 50000. Dessa forma, a norma apoia organizações na validação técnica de resultados energéticos e na demonstração transparente das economias obtidas (ISO 50047, 2021).

2.2.8 ABNT NBR ISO 50002:2014 – Diagnósticos Energéticos – Requisitos com orientação para uso

A ABNT NBR ISO 50002:2014 estabelece diretrizes para a execução de diagnósticos energéticos, definindo princípios, etapas mínimas, requisitos de qualidade dos dados e níveis de profundidade da auditoria. A norma descreve como avaliar o desempenho energético de uma instalação, identificar USEs e determinar oportunidades de economia, servindo como base metodológica para elaboração de planos de ação e tomada de decisões.

A norma define três níveis de auditoria, classificados conforme o detalhamento da análise, a profundidade das medições e o rigor na modelagem dos resultados. O Quadro 1 apresenta a síntese dos três níveis.

Quadro 1 - Níveis de Auditoria segundo a ABNT NBR ISO 50002:2014

Nível	Descrição resumida
1 – Auditoria de Reconhecimento	Avaliação baseada em dados prontamente disponíveis, como faturas, inventário simplificado de cargas e registros operacionais. Pode incluir inspeção visual e entrevistas com operadores e gestores. Permite identificar perfis de consumo por área, apontar USEs preliminares e propor oportunidades de baixo investimento. As medições são opcionais, pontuais e não intrusivas, utilizadas apenas para estimar ordens de grandeza (ABNT, NBR ISO 50002, 2014).
2 – Auditoria Detalhada	Exige planejamento formal de medições, incluindo instrumentos, pontos, duração e critérios de qualidade. Utiliza submedições temporárias com analisadores de energia e coleta de dados de operação, permitindo construir balanços de energia, indicadores por processo e estimativas quantificáveis de economia. As recomendações incluem premissas, cálculos de engenharia e análise preliminar de viabilidade técnico-econômica (ABNT, NBR ISO 50002, 2014).
3 – Auditoria Abrangente	Aplicada quando há investimentos significativos. Envolve campanhas de medição de longo prazo, avaliação de incertezas, rastreabilidade metrológica, modelagem detalhada (correlações energia–produção) e análise aprofundada de cenários. Normalmente integra as normas ISO 50006 (LBE e IDEs) e ISO 50015 (medição e verificação), garantindo comparabilidade e confiabilidade dos resultados (ABNT, NBR ISO 50002, 2014; ABNT, NBR ISO 50006, 2019).

Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO 50002:2014; ABNT NBR ISO 50006:2019.

Cada nível define escopo, metodologia de coleta de dados e critérios de priorização de medidas. Ele exige análise de viabilidade técnica e financeira, permitindo comparar cenários de atualizações ou mudança operacional. Ao final, gera-se um relatório estruturado que serve de base para o plano de ação do SGE ou para decisões de investimento em eficiência (ABNT, NBR ISO 50002, 2014).

2.2.8.1 Diagnóstico energético – conceito

Segundo a ABNT NBR ISO 50002:2014, um diagnóstico energético é um processo sistemático destinado a analisar o uso e o consumo de energia de uma instalação, identificar os USEs, avaliar o desempenho atual e apontar oportunidades de melhoria técnica e gerencial. O diagnóstico deve gerar conhecimento detalhado sobre o comportamento energético da organização e fornecer recomendações estruturadas, que servirão de base para decisões estratégicas e implementação de ações de eficiência.

2.2.8.2 Planejamento do diagnóstico energético

O planejamento estabelece os fundamentos operacionais do diagnóstico energético e define a estrutura que orientará todas as etapas subsequentes. Nessa fase, determinam-se os objetivos da auditoria, considerando seu escopo, profundidade e nível de complexidade, bem como os limites físicos da instalação, os processos incluídos e os equipamentos que serão avaliados. Também são definidas a composição da equipe auditora, suas responsabilidades e o cronograma detalhado das atividades, além dos critérios de confidencialidade e acesso às informações necessárias. A norma recomenda que sejam avaliados previamente os requisitos legais aplicáveis, as restrições operacionais da empresa auditada e a disponibilidade de dados históricos, de modo a construir uma estratégia consistente que garanta a efetividade do diagnóstico energético (ABNT, NBR ISO 50002, 2014).

2.2.8.3 Reunião de abertura

A reunião de abertura marca o início formal do diagnóstico energético e deve contar com a participação da alta direção e das áreas operacionais envolvidas. Estabelece-se a metodologia que será utilizada durante a auditoria, esclarecem-se as etapas previstas, as responsabilidades dos envolvidos e o cronograma estabelecido. A reunião também tem a finalidade de confirmar o acesso às informações, documentos e instalações, assegurando que a equipe auditora disponha dos insumos necessários para realizar as análises. A norma enfatiza que esse alinhamento inicial é fundamental para garantir a fluidez do processo e a precisão dos dados que serão coletados ao longo do diagnóstico (ABNT, NBR ISO 50002, 2014).

2.2.8.4 Coleta de dados

A coleta de dados constitui a base informacional do diagnóstico energético e deve ser conduzida de forma estruturada. Conforme a ABNT NBR ISO 50002:2014, essa etapa envolve a obtenção de faturas de energia elétrica, registros de produção, inventário de cargas, diagramas elétricos e características operacionais dos equipamentos, além de informações relativas a turnos, horários e condições reais de operação. A norma ressalta que a qualidade dos dados, especialmente quanto à

abrangência, coerência e período de referência, deve ser verificada antes da realização das análises, assegurando que os resultados obtidos sejam confiáveis e representativos da realidade da instalação.

2.2.8.5 Plano de medições

Quando os dados disponíveis não são suficientes para caracterizar adequadamente o desempenho energético, a ABNT NBR ISO 50002 determina a elaboração de um plano de medições. Esse plano deve especificar os instrumentos a serem utilizados, os pontos e circuitos que serão medidos, a duração das medições, a estimativa de incerteza associada e os requisitos de calibração e rastreabilidade dos equipamentos. As medições devem seguir boas práticas metrológicas e considerar a variabilidade das cargas, como picos de demanda, regimes intermitentes e variações sazonais. Em auditorias de Nível 1, essas medições são pontuais e opcionais; entretanto, tornam-se obrigatórias nas auditorias de Níveis 2 e 3, dada a profundidade requerida pela análise.

2.2.8.6 Condução da visita ao local

A visita técnica permite validar as informações obtidas documentalmente e fornecer observações diretas sobre o funcionamento dos processos e sistemas consumidores de energia. Durante a visita, a equipe auditora deve inspecionar os sistemas elétricos e mecânicos, verificar as condições reais de operação dos equipamentos e identificar comportamentos relacionados ao uso da energia. Além disso, são coletadas evidências por meio de registros fotográficos, confirmados os pontos de medição previamente definidos e realizadas entrevistas com operadores responsáveis pelos processos. Essa etapa assegura que o diagnóstico represente fielmente a realidade operacional da instalação (ABNT, NBR ISO 50002, 2014).

2.2.8.7 Análise do desempenho energético atual

A análise do desempenho energético atual consiste em examinar como a energia é distribuída e utilizada nos diferentes processos e setores da instalação. De acordo com a norma, essa etapa pode incluir a construção de balanços de energia, a

determinação da participação percentual dos setores no consumo total, a análise de fatores de carga e demanda, a identificação de perdas e desperdícios e a elaboração de diagramas como Sankey e Pareto. Também pode envolver comparações com indicadores de referência internos ou externos. O conjunto dessas análises fornece a base técnica necessária para identificar oportunidades de melhoria consistentes e alinhadas às características da instalação (ABNT, NBR ISO 50002, 2014).

2.2.8.8 Identificação das oportunidades de melhoria

Com base nos dados coletados e nas análises realizadas, a norma orienta que sejam identificadas oportunidades de melhoria capazes de reduzir o consumo de energia ou aumentar a eficiência dos processos. Para cada oportunidade, devem ser estimados os ganhos em kWh e em valores monetários, os investimentos necessários, os impactos operacionais envolvidos, o prazo de implementação e a viabilidade técnico-econômica. As ações identificadas podem ser organizadas em curto, médio e longo prazo, considerando o retorno financeiro, a complexidade executiva e os recursos disponíveis para implementação (ABNT, NBR ISO 50002, 2014).

2.2.8.9 Relatório do diagnóstico energético

O relatório final deve sintetizar de forma estruturada e clara todas as etapas do diagnóstico energético, apresentando o escopo e os limites da auditoria, a metodologia adotada, o inventário de cargas, as análises realizadas e a lista de oportunidades priorizadas. Também devem ser incluídas estimativas de economia, anexos técnicos contendo dados, gráficos e medições, além de recomendações direcionadas à alta direção. A norma estabelece que o relatório seja elaborado de forma objetiva, rastreável e suficientemente detalhada para permitir verificações futuras ou auditorias de acompanhamento (ABNT, NBR ISO 50002, 2014).

2.2.8.10 Reunião de encerramento

A reunião de encerramento formaliza o término do diagnóstico energético e apresenta os principais resultados à organização auditada. Nessa ocasião, são expostas as conclusões do estudo, as oportunidades de melhoria identificadas e as

recomendações estratégicas decorrentes da análise. Também é reservado um momento para esclarecimento de dúvidas da equipe da empresa, garantindo compreensão plena dos resultados. O relatório assinado e a ata da reunião constituem a entrega oficial do diagnóstico energético, conforme estabelecido pela (ABNT, NBR ISO 50002, 2014).

2.2.9 Síntese Família ISO 50000

A família ISO 50000 constitui um conjunto de normas projetadas para orientar organizações na adoção de práticas sistemáticas de gestão da energia, avaliação de desempenho e verificação de resultados. Cada documento aborda uma etapa específica do tema, formando um arcabouço integrado que se complementam para conduzir a organização desde o diagnóstico inicial até a demonstração auditável da melhoria contínua.

De forma geral, o ciclo lógico entre as normas segue:

- A ABNT NBR ISO 50002:2014 estabelece a metodologia para execução do diagnóstico energético, etapa inicial em que são identificados os USEs e oportunidades de melhoria.
- Os resultados desse diagnóstico servem como insumo direto para a 50001:2018/Em:2024 que define os requisitos para implementação do SGE, incluindo política, metas, planos de ação e controles operacionais.
- A ABNT NBR ISO 50006:2024 orienta como desenvolver a LBE e os IDEs, essenciais para medir e comparar o desempenho ao longo do tempo.
- A ABNT NBR ISO 50015:2020 estabelece diretrizes para Medição e Verificação (M&V), garantindo que as economias energéticas declaradas sejam demonstradas com rigor técnico e rastreabilidade.
- A ABNT NBR ISO 50003:2023 define requisitos mínimos para organismos certificadores, garantindo a padronização e credibilidade das auditorias de certificação em nível internacional.
- A ABNT NBR ISO 50004:2021 funciona como um guia prático de implementação, especialmente útil para pequenas e médias organizações que necessitam de orientações operacionais, listas de verificação e exemplos.

- A ISO 50047:2021 padroniza métodos de cálculo de economias de energia, especialmente úteis quando múltiplas ações são implementadas simultaneamente ou quando há necessidade de calcular economias por métodos *bottom-up* ou *top-down*.

Esse encadeamento favorece a adoção de um processo de gestão energética contínuo, verificável e alinhado às melhores práticas internacionais. O Quadro 2 apresenta a síntese da família ABNT NBR ISO 50000.

Quadro 2 - Síntese das normas da família ABNT NBR ISO 50000

Norma	Tema central	Finalidade	Correspondente Brasileira
ISO 50001:2018	Sistema de Gestão da Energia (SGE)	Requisitos, política energética, metas, planos de ação e melhoria contínua	ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024
ISO 50002:2014	Diagnósticos energéticos	Metodologia para levantamentos, análise e identificação de oportunidades	ABNT NBR ISO 50002:2014
ISO 50003:2021	Certificação do SGE	Requisitos para organismos certificadores e auditorias externas	ABNT NBR ISO 50003:2023
ISO 50004:2020	Implementação do SGE	Guia prático para implementação, manutenção e melhoria do SGE	ABNT NBR ISO 50004:2021
ISO 50006:2021	IDEs e LBE	Seleção, cálculo e uso de indicadores e linhas de base	ABNT NBR ISO 50006:2024
ISO 50009:2021	SGE comum em múltiplas organizações	Diretrizes para gestão de energia entre várias organizações	ABNT NBR ISO 50009:2022
ISO 50015:2019	M&V do desempenho energético	Métodos e diretrizes para medição e verificação	ABNT NBR ISO 50015:2020
ISO 50047:2021	Cálculo de economias	Métodos " <i>bottom-up</i> " e " <i>top-down</i> " para estimar economias	Sem tradução ABNT

Fonte: Elaborado pelo autor (2025) a partir de ABNT NBR ISO 50001:2018; ABNT NBR ISO 50002:2014; ABNT NBR ISO 50003:2023; ABNT NBR ISO 50004:2021; ABNT NBR ISO 50006:2024; ABNT NBR ISO 50009:2022; ABNT NBR ISO 50015:2020; ISO 50047:2021.

3 METODOLOGIA

3.1 Tipo de pesquisa e enquadramento normativo

Este estudo consiste em um estudo de caso de natureza aplicada, com abordagem predominantemente quantitativa e caráter descritivo. O objeto de estudo é uma fábrica moveleira de pequeno porte, e a investigação concentra-se no levantamento, análise e interpretação do seu desempenho energético, visando a identificação de melhorias.

A metodologia adota como referência principal as normas da família ISO 50000, em especial a ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 (sistema de gestão da energia), a ABNT NBR ISO 50002:2014 (diagnósticos energéticos) e a ABNT NBR ISO 50006:2023 (indicadores de desempenho e linhas de base energéticas). O diagnóstico energético é estruturado como auditoria de reconhecimento (Nível 1), conforme definido na ABNT NBR ISO 50002, por ser compatível com os recursos disponíveis e com o objetivo de realizar um diagnóstico preliminar do uso da energia na organização.

3.2 Objeto de estudo

O objeto do estudo é uma fábrica de móveis planejados em MDF, localizada no município de Foz do Iguaçu – PR, enquadrada como empresa de pequeno porte.

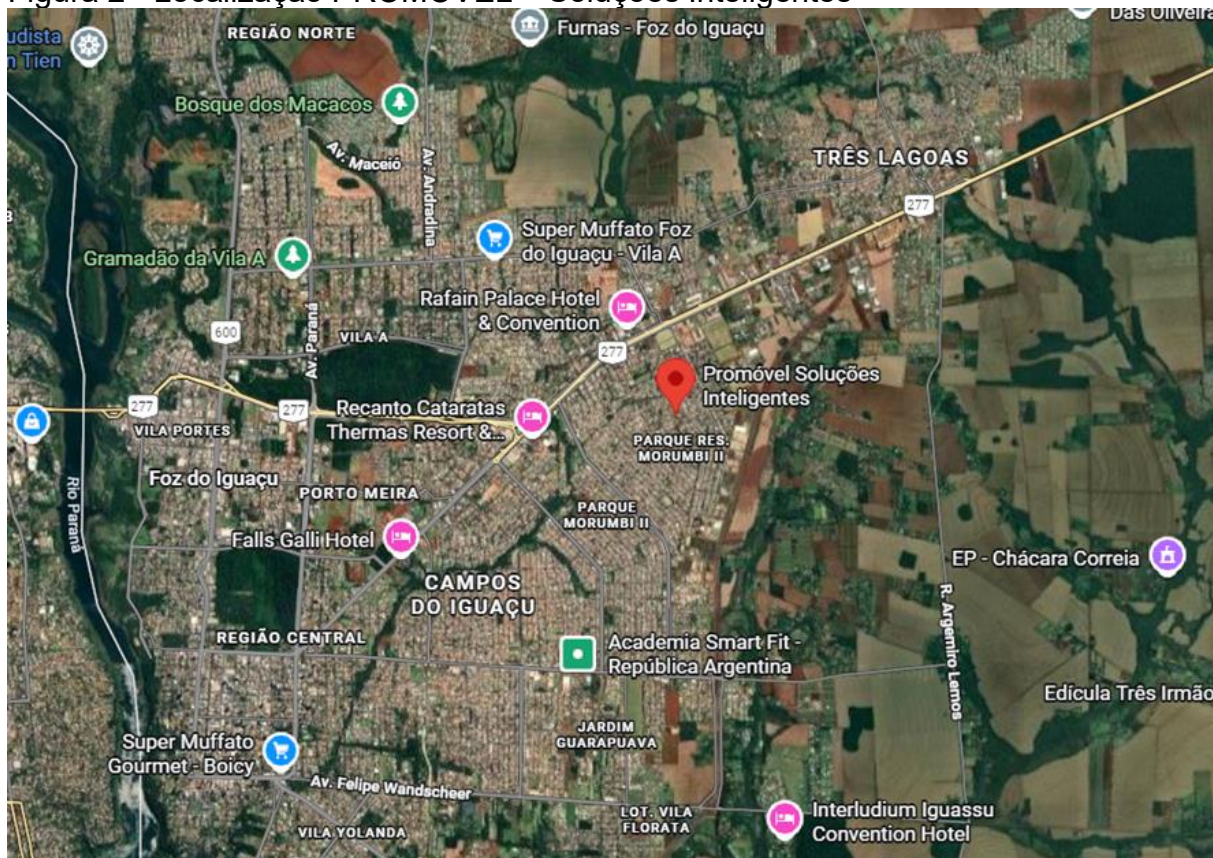
3.2.1 Estudo de Caso – PROMÓVEL

A PROMÓVEL – Soluções Inteligentes é uma empresa do ramo moveleiro de pequeno porte fundada em 2017 situada em Foz do Iguaçu – PR, (Figura 2 – Localização PROMÓVEL – Soluções Inteligentes). A fábrica atua na produção de móveis planejados com uso majoritário de Placa de Fibra de Média Densidade (do inglês, *Medium-density Fiberboard*, MDF) como matéria prima. São algumas características da organização:

- Quadro de colaboradores - Atualmente (período de análise) a organização conta com 03 colaboradores.

- Area fabril – A fábrica possui uma área total de 250 m², distribuída entre: Área de usinagem, acabamento, montagem e serviços auxiliares (banheiro, almoxarifado, copa e escritório).

Figura 2 - Localização PROMÔVEL – Soluções Inteligentes



Fonte: Maps:2025

A escolha da unidade fundamenta-se na disponibilidade de dados, na relevância do setor moveleiro para a economia regional e no interesse da direção em estruturar ações de melhoria do desempenho energético a partir de um diagnóstico normativamente orientado.

3.3 Estrutura geral do Diagnóstico Energético

A metodologia organiza o diagnóstico energético em etapas, alinhadas às diretrizes da ABNT NBR ISO 50002:2014 e aos requisitos da ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 e da ABNT NBR ISO 50006:2024, elaborando-se a seguinte estrutura para o desenvolvimento do trabalho:

- I. Planejamento do diagnóstico e definição de responsabilidades;
- II. Potencial de melhoria (% de redução possível); Levantamento e coleta de dados de consumo, produção e equipamentos;
- III. Classificação dos processos e distribuição do consumo por uso da energia;
- IV. Determinação dos Usos Significativos de Energia (USEs);
- V. Definição dos Indicadores de Desempenho Energético (IDEs);
- VI. Construção da Linha de Base Energética (LBE);
- VII. Elaboração de um plano de ação para melhoria do desempenho energético.

Todas essas etapas utilizam dados internos da organização (faturas, registros de produção, inventário de cargas e informações operacionais), com declaração formal da direção quanto à veracidade e representatividade das informações.

3.3.1 Planejamento do diagnóstico energético

O planejamento do diagnóstico estabelece os parâmetros que orientam a execução das atividades. Define-se como objetivo central a realização de um diagnóstico energético de reconhecimento (Nível 1), com identificação dos USEs, definição de IDEs, construção de LBE e proposição de ações de melhoria.

O período de referência adotado corresponde aos meses de agosto, setembro e outubro de 2025, selecionados por representarem um regime típico de operação da fábrica. Os limites físicos abrangem toda a unidade fabril, incluindo setores produtivos e de apoio.

A metodologia prevê a participação do autor do estudo, dos responsáveis de produção e manutenção, da direção da empresa. Para organizar esse envolvimento são utilizados três instrumentos principais: um cronograma detalhado de execução, uma matriz RACI de responsabilidades e uma política energética aprovada pela alta direção. Esses instrumentos asseguram alinhamento de expectativas, acesso às informações necessárias e rastreabilidade das decisões metodológicas.

3.3.2 Levantamento e coleta de dados

O levantamento e a coleta de dados têm por finalidade caracterizar o perfil de consumo e a intensidade produtiva da organização. Em conformidade com a ABNT NBR ISO 50002:2014 para auditorias de reconhecimento, utilizam-se exclusivamente dados já disponíveis na empresa, sem medições instrumentadas.

3.3.2.1 Dados de consumo de energia elétrica

O consumo elétrico global da unidade é caracterizado a partir das faturas de energia elétrica emitidas pela concessionária Copel para o período de interesse. São considerados o consumo mensal faturado em kWh, o valor total em reais, o intervalo de leitura e as observações operacionais registradas. A partir desses dados calcula-se o consumo médio mensal e o custo médio do kWh, que passam a representar o comportamento energético global do período analisado.

3.3.2.2 Inventário de cargas elétricas

O inventário de cargas consiste na listagem dos principais equipamentos consumidores de energia elétrica da unidade, com suas características fundamentais. O levantamento utiliza registros da empresa, catálogos de fabricantes e observações de campo. Para cada equipamento são registrados, no mínimo, a tensão nominal, o número de fases e a tensão de linha, além da identificação do setor ou processo ao qual está associado.

O inventário das cargas fornece a base para estimar a participação relativa de cada conjunto de equipamentos no consumo global e para agrupar cargas e processos quanto ao uso da energia.

3.4 Classificação dos processos e distribuição do consumo

A classificação dos processos é realizada a partir do inventário de cargas e das informações operacionais coletadas na fábrica, permitindo agrupar os equipamentos conforme sua função e uso da energia. Essa organização possibilita

representar de maneira estruturada como a energia elétrica é empregada na rotina produtiva.

Com base nos dados de potência e tempo de operação, estima-se o consumo mensal individual dos equipamentos para os três meses de referência. Em seguida, consolida-se a distribuição do consumo por processo, expressa em kWh e em percentual do consumo total. Essa análise evidencia quais processos concentram as maiores parcelas da demanda elétrica e fornece suporte direto para a etapa seguinte de identificação dos Usos Significativos de Energia (USEs).

3.5 Determinação dos Usos Significativos de Energia (USEs)

Os Usos Significativos de Energia (USEs) são definidos de acordo com as diretrizes da ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 e da ABNT NBR ISO 50002:2014, que recomendam a consideração de critérios quantitativos e qualitativos, sendo:

- I. Magnitude de consumo (kWh/ano);
- II. Potencial de melhoria (% de redução possível);
- III. Grau de controle (capacidade de intervenção da empresa);
- IV. Impacto na produção ou na qualidade.

A soma ponderada dos quatro critérios gera um índice comparativo.

Cada critério recebe uma pontuação de 1 a 5 e um peso específico, resultando em um Índice de Significância Energética (ISE) para cada processo, calculado como média ponderada. Os processos com maior ISE são classificados como USEs e passam a ser foco preferencial na definição dos indicadores de desempenho, na construção da LBE e na formulação do plano de ação.

3.6 Definição dos Indicadores de Desempenho Energético (IDEs)

A definição dos Indicadores de Desempenho Energético (IDEs) segue as orientações da ABNT NBR ISO 50006:2023. Para cada processo considerado, relaciona-se o consumo de energia elétrica com as variáveis de análise selecionadas.

Os indicadores assumem a forma geral, Equação (1):

$$IDE = \frac{E}{X} \quad (1)$$

em que:

IDE, representa o Indicador de Desempenho Energético;

E , representa o consumo de energia elétrica em kWh;

X , representa a unidade de produção sob análise.

Esses índices permitem a comparação da eficiência relativa entre processos e entre períodos, além de fornecerem parâmetros para o acompanhamento futuro de eventuais melhorias.

3.7 Construção da Linha de Base Energética (LBE)

A Linha de Base Energética (LBE) é construída com base na metodologia proposta pela ABNT NBR ISO 50006:2023, que recomenda o uso de modelos estatísticos para relacionar consumo e variáveis de atividades. Neste estudo, adota-se a regressão linear simples entre a unidade de consumo de energia elétrica e a unidade de produção analisada.

O modelo geral utilizado é, Equação (2):

$$E = aX + b \quad (2)$$

em que:

E , representa o consumo de energia em kWh;

X , é a unidade de produção analisada;

a , é o coeficiente angular (inclinação);

b , é o coeficiente linear (intercepto).

O coeficiente de determinação R^2 é utilizado para avaliar a qualidade do ajuste.

A LBE é construída de forma setorial, ou seja, para cada uso da energia, o que permite analisar separadamente o comportamento energético de cada setor identificado na organização. A interpretação conjunta de a , b e R^2 possibilita diferenciar processos de consumo essencialmente fixo daqueles fortemente

dependentes da produção e identificar comportamentos mistos influenciados por fatores externos.

3.8 Elaboração do plano de ação para melhoria do desempenho energético

A etapa final da metodologia consiste na elaboração de um plano de ação voltado à melhoria do desempenho energético da unidade. Esse plano é construído a partir da síntese dos resultados das etapas anteriores: distribuição do consumo por processo, classificação dos USEs, IDEs calculados e LBE setorial.

Cada ação proposta considera as recomendações da ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 e da ABNT NBR ISO 50002:2014 quanto à definição de prioridades e avaliação de viabilidade. São analisados, para cada medida, aspectos como adequação técnica, impacto operacional e, tempo de tempo de implementação.

Esse plano de ação encerra o ciclo metodológico, estabelecendo um elo claro entre o Diagnóstico Energético e a perspectiva de implementação de melhorias, em consonância com o princípio de melhoria contínua que orienta a família de normas ISO 50000.

3.9 Síntese das Etapas do diagnóstico energético

O Quadro 3 sintetiza as etapas do diagnóstico energético.

Quadro 3 - Síntese das etapas do Diagnóstico Energético

Etapa da Metodologia	Descrição da Atividade	Referência Normativa	Produtos
1. Planejamento do diagnóstico	Definição dos objetivos, limites físicos, escopo, equipe, responsabilidades e cronograma; preparação da política energética e da matriz RACI.	ABNT NBR ISO 50002:2014 (planejamento); ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 (política, responsabilidades).	Cronograma, matriz RACI, política energética aprovada
2. Coleta e organização dos dados	Levantamento de faturas, registros de produção, inventário de cargas elétricas e informações operacionais. Utilização exclusivamente de dados internos, conforme auditoria Nível 1.	ABNT NBR ISO 50002:2014 (auditoria nível 1 – dados existentes).	Base de dados consolidada (consumo, produção, equipamentos)
3. Inventário de cargas	Identificação dos principais equipamentos consumidores, suas	ABNT NBR ISO 50002:2014 (levantamento técnico).	Tabela de cargas e classificação inicial por processo

Etapa da Metodologia	Descrição da Atividade	Referência Normativa	Produtos
	características elétricas e associação aos processos produtivos e de apoio.		
4. Classificação dos processos e distribuição do consumo	Agrupamento dos equipamentos em processos de uso da energia (usinagem, iluminação, climatização etc.). Estimativa do consumo por processo para os meses analisados.	ABNT NBR ISO 50002:2014 (caracterização do uso da energia).	Distribuição do consumo (kWh e %) por processo
5. Determinação dos Usos Significativos de Energia (USEs)	Aplicação de critérios quantitativos e qualitativos (consumo, potencial de melhoria, controle e impacto produtivo) com pesos definidos. Cálculo do ISE para cada processo.	ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 (identificação de USEs); ABNT NBR ISO 50002:2014.	Classificação energética: USE, relevante ou não significativo
6. Definição dos Indicadores de Desempenho Energético (IDEs)	Cálculo dos indicadores de desempenho para cada processo, correlacionando consumo e produção.	ABNT NBR ISO 50006:2024 (conceitos de IDE e variáveis de atividade).	Tabela de IDEs por processo e mês
7. Construção da Linha de Base Energética (LBE)	Aplicação de regressão linear simples. Determinação de consumo fixo, consumo variável e qualidade do ajuste (R^2). Elaboração de LBE setorial.	ABNT NBR ISO 50006:2024 (métodos para LBE).	Modelos matemáticos para cada processo + gráficos
8. Interpretação dos modelos energéticos	Análise dos coeficientes da regressão para cada processo (a, b e R^2). Identificação de padrões fixos, dependentes da produção ou mistos.	ABNT NBR ISO 50006:2024.	Interpretação técnica consolidada da LBE e comportamento dos processos
9. Elaboração do Plano de Ação	Construção de medidas técnicas e gerenciais com análise de viabilidade, custos, economia potencial e prioridade.	ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 e ABNT NBR ISO 50002:2014.	Plano de ação estruturado com prazos, responsáveis e impactos previstos
10. Consolidação da metodologia	Integração das etapas e definição da estrutura analítica dos resultados. Base para monitoramento futuro e para implantação gradual de um SGE.	ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 (melhoria contínua).	Base metodológica para avaliação contínua e recomendações finais

Fonte: Elaborado pelo autor (2025), a partir de ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024; ABNT NBR ISO 50002:2014; ABNT NBR ISO 50006:2024.

A síntese apresentada permite visualizar de forma integrada o encadeamento lógico da metodologia adotada, evidenciando como cada etapa se articula com os requisitos normativos e com os objetivos do diagnóstico energético.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O diagnóstico energético foi conduzido sob a forma de auditoria de reconhecimento (Nível 1), conforme a classificação da ABNT NBR ISO 50002:2014, por ser compatível com os recursos disponíveis e com os objetivos do estudo, que é o diagnóstico preliminar de uso da energia. Conforme a modalidade, foram utilizados dados fornecidos pela organização, como faturas e registros operacionais.

4.1 Planejamento do Diagnóstico Energético

O planejamento do diagnóstico energético foi conduzido em conformidade com a ABNT NBR ISO 50002:2014, estabelecendo os parâmetros necessários para a execução estruturada da auditoria. Nesta etapa foram definidos o escopo, os limites físicos da instalação, os objetivos específicos do diagnóstico, as responsabilidades dos envolvidos e o período de referência adotado. A aprovação da direção garantiu acesso às instalações, disponibilidade dos dados e apoio operacional durante todas as fases do estudo.

O desenvolvimento do estudo foi estruturado com base em três instrumentos principais: (i) o cronograma detalhado de execução, que orientou a sequência e o tempo destinado a cada atividade; (ii) a matriz RACI, que formalizou as responsabilidades; e (iii) a Política Energética, que serviu como diretriz para todas as ações e análises realizadas. Esses instrumentos reforçam a coerência do processo, mesmo em auditorias de Nível 1, onde a norma não exige formalizações extensas, mas recomenda alinhamento entre auditor e organização.

4.1.1 Cronograma de execução (Anexo)

A elaboração do cronograma foi baseada na estimativa de tempo necessária para cada etapa do diagnóstico energético, considerando os recursos disponíveis e o escopo definido para uma auditoria de reconhecimento. O planejamento contemplou o período de agosto a outubro de 2025 e seguiu as diretrizes da ABNT NBR ISO 50002:2014 para organização das atividades.

O ANEXO A apresenta o cronograma de execução das etapas do Diagnóstico Energético, permitindo visualizar a sequência das atividades, os marcos de conclusão

e as dependências entre etapas. Essa estruturação garante rastreabilidade e previsibilidade ao processo, assegurando coerência metodológica e alinhamento com os objetivos do estudo.

4.1.2 Matriz RACI de responsabilidades

A Matriz RACI, Quadro 4, define as responsabilidades dos envolvidos no diagnóstico energético. Embora a ABNT NBR ISO 50002:2014 não exija esse instrumento para auditorias de Nível 1, sua utilização contribui para aumentar a transparência do processo, formalizar a participação das áreas técnicas e garantir rastreabilidade das decisões.

Quadro 4 - Matriz de responsabilidades RACI.

Atividade	Alta Direção	Responsável Técnico	Produção	Manutenção	Administração / Finanças
Planejamento do diagnóstico	A	R	I	I	I
Levantamento de dados e faturas.	I	R	C	C	I
Inventário de cargas e processos.	I	R	C	C	I
Validação das informações fornecidas.	A	R	C	C	I
Análise dos dados.	I	R	C	C	I
Elaboração do relatório técnico.	A	R	C	C	I
Apresentação dos resultados à direção.	A	R	C	C	I
Arquivamento e encerramento.	A	R	I	I	I

Fonte: Elaborado pelo autor (2025), a partir de ABNT NBR ISO 50002:2014 e ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024.

Legenda:

R = Responsável (executa a atividade).

A = Aprova (autoriza ou valida a entrega).

C = Consultado (fornece dados ou opiniões técnicas).

I = Informado (mantido ciente dos resultados).

4.1.3 Política Energética aprovada

A Política Energética foi elaborada pelo autor e analisada e aprovada pela alta direção antes do início do diagnóstico, em conformidade com a ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024. O documento estabelece os compromissos institucionais relacionados ao uso racional da energia e orienta todas as decisões e ações decorrentes deste estudo.

Por se tratar de uma auditoria de reconhecimento, a política estabelece princípios e compromissos proporcionais à realidade da organização, sem demandar a implantação imediata de um SGE, mas estruturando a sua futura implementação.

Missão Energética

Gerenciar de forma eficiente o uso da energia em todas as etapas da fabricação de móveis planejados, promovendo sustentabilidade, melhoria contínua do desempenho energético, atendimento aos requisitos legais e segurança operacional.

Visão Energética

Tornar-se referência regional em eficiência energética na indústria moveleira, integrando tecnologias adequadas, uso responsável de recursos e engajamento dos colaboradores, com foco na redução contínua da intensidade energética.

Valores Energéticos

A empresa baseia sua atuação em valores fundamentais que sustentam o compromisso com a eficiência e a responsabilidade energética.

- I. Conformidade: compromisso permanente com requisitos legais, normativos e regulatórios;
- II. Transparência: comunicação clara e manutenção de registros confiáveis;
- III. Eficiência: busca contínua por otimização dos recursos energéticos;
- IV. Inovação: incentivo à adoção de tecnologias e práticas modernas;
- V. Colaboração: participação ativa dos colaboradores e parceiros no uso responsável da energia.

4.2 Levantamento e Coleta de Dados

O levantamento e a coleta de dados tiveram como finalidade reunir as informações necessárias para caracterizar o perfil de consumo de energia elétrica da organização, identificar os principais sistemas consumidores e subsidiar a determinação dos Usos Significativos de Energia (USEs), dos Indicadores de Desempenho Energético (IDEs) e da Linha de Base Energética (LBE). A abordagem

adotada seguiu as recomendações da ABNT NBR ISO 50002:2014 para auditorias de reconhecimento, utilizando exclusivamente dados já disponíveis na empresa.

Por se tratar de um diagnóstico de Nível 1, não foram realizadas medições instrumentadas adicionais, sendo assegurada a rastreabilidade e a veracidade das informações mediante declaração formal da direção. A coleta contemplou dados de faturas de energia e registros de produção, possibilitando a elaboração do inventário de cargas, distribuição do consumo por processos e o diagrama unifilar, permitindo construir um panorama representativo do comportamento energético da organização.

4.2.1 Histórico de consumo elétrico

Foram analisadas as faturas de energia elétrica referentes aos meses de agosto, setembro e outubro de 2025, fornecidas pela concessionária Copel Distribuição S.A. Os dados contemplam o consumo ativo (kWh), o valor total faturado e o período de leitura correspondente, representando o uso global da unidade fabril no trimestre de referência.

A Tabela 1 apresenta o consumo faturado e o período de leitura para cada mês analisado. O consumo médio trimestral foi de 432,595 kWh/mês, enquanto o custo médio da energia elétrica no período foi de R\$ 1,06/kWh, refletindo de forma consistente o comportamento energético da instalação durante o período.

Tabela 1 - Consumo de Energia Elétrica no período (agosto – outubro 2025).

Mês de Referência	Período de Leitura	Consumo Faturado (kWh)	Valor Total (R\$)	Dias de Faturamento
Agosto/2025	18/07/2025 – 19/08/2025	481,408	472,71	32
Setembro/2025	19/08/2025 – 18/09/2025	443,982	474,57	30
Outubro/2025	18/09/2025 – 21/10/2025	372,394	415,82	33
Média Trimestral	—	432,595 kWh/mês	454,37/mês	—

Fonte: Elaborado pelo autor (2025), com base nas faturas de energia da concessionária Copel Distribuição S.A.

4.2.2 Dados de Produção

Foram obtidos dados de produção referentes aos meses agosto, setembro e outubro de 2025, período correspondente as faturas elétricas adotadas. Os dados foram fornecidos e validados pela direção da organização, assegurando sua

fidedignidade e correspondência com os registros de produção real. As variáveis adotadas para a quantificação da intensidade produtiva foram definidas de modo a refletir adequadamente a natureza do processo e permitir a correlação com o consumo energético, conforme segue:

- I. Metros cúbicos de materiais processados (m^3) – Essa variável representa o volume total de painéis de MDF processados ao longo do período analisado. Embora o MDF possua uma medida de área comercial padronizada, há variação significativa nas espessuras utilizadas, geralmente entre 6 mm e 25 mm, o que altera o volume efetivamente processado. Dessa forma, a adoção da unidade metro cúbico (m^3) permite normalizar a produção e eliminar distorções causadas pelas diferentes espessuras do material, resultando em uma medida de produção consistente e comparável entre períodos distintos;
- II. Transparência: Metros lineares de materiais processados (m_{linear}) – A variável metros lineares de material processado foi adotada para representar a complexidade e intensidade operacional associada à fabricação dos móveis. Essa unidade contempla não apenas a quantidade de matéria-prima processada, mas também as operações adicionais de corte, colagem, usinagem e acabamento, que variam conforme o tipo e o design do móvel produzido. Assim, o metro linear expressa de forma mais abrangente e representativa a demanda energética, permitindo diferenciar processos de maior ou menor complexidade produtiva mesmo quando o volume de MDF utilizado é semelhante.

Em conjunto, as variáveis m^3 e m_{linear} permitem construir IDEs mais precisos e realistas, relacionando diretamente o consumo elétrico com a intensidade produtiva da fábrica. Essa abordagem está em conformidade com as recomendações da ABNT NBR ISO 50006:2018, que estabelece a necessidade de correlação entre as variáveis de consumo e as variáveis de atividade, garantindo a comparabilidade temporal do desempenho energético. A Tabela 2 apresenta os dados de produção obtidos.

Os dados de produção foram obtidos para os períodos correspondentes as faturas de energias adotadas, padronizando os períodos de análises.

Tabela 2 - Dados de produção no período (agosto – outubro 2025).

Mês de Referência	Período de Análise	M ³ processados (m ³)	m_{linear} (m)	Dias de análise	Observações
Agosto/2025	18/07/2025 – 19/08/2025	2,289	1012	32	Operação normal, demanda estável.
Setembro/2025	19/08/2025 – 18/09/2025	1,907	937	30	Operação normal, demanda estável.
Outubro/2025	18/09/2025 – 21/10/2025	1,602	858	33	Pequena redução no ritmo de produção.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025), a partir dos registros internos de produção.

4.2.3 Inventário de Cargas e Levantamento de Consumo

O inventário de cargas foi elaborado com base em registros internos, catálogos dos fabricantes e inspeções realizadas *in loco*. Foram identificados todos os pontos de consumo de energia elétrica da unidade fabril, juntamente com suas principais características elétricas, como tensão de operação, número de fases e tensão de linha. A Tabela 3 apresenta o inventário completo.

Tabela 3 - Inventário dos pontos de consumo e respectivas características elétricas

Equipamento	Tensão/Fase (V)	Nº de Fases (ϕ)	Tensão de Linha (V)
Serra esquadrejadeira MJ6130	127	3	220
Serra esquadrejadeira VIMA SE2900IR	127	3	220
Plaina bancada Rockwell	127	3	220
Tupia estacionária Invicta TP30	127	3	220
Serra fita Ruas 600	127	3	220
Lixadeira de topo	127	3	220
Coletor de pó 2 tambores WEG	127	3	220
Coletor de pó Minelli 2 bags	127	3	220
Compressor 5 HP	127	3	220
Lixadeira de Cinta MARKITA MBS400 940W	127	3	220
Serra Tico Tico DeWalt 550W	127	3	220
Furadeira bancada Motomil FB160	127	2	220
Furadeira JIG Hettich	127	2	220
Moto esmeril Motomil MMI-50	127	2	220
Coladeira bordas Minelli Horizontal	127	2	220
Refiladeira de bordas Minelli Horizontal	127	2	220
Ventilador/Climatizador Climattize	127	2	220
Climatizador Joape Guarujá	127	2	220
Ventilador Tron parede	127	2	220
2× Ventilador Delta Premium	127	2	220

Equipamento	Tensão/Fase (V)	Nº de Fases (φ)	Tensão de Linha (V)
4× Bulbo LED grande 30W	127	1	127
Bulbo LED pequeno 9W	127	1	127
3× fluorescente bancada 40W (2×20W)	127	1	110
Carregador bateria 12V 2Ah	127	1	220
Carregador bateria 18V 4Ah	127	1	220
Geladeira	127	2	220
Micro-ondas	127	2	220
Chaleira elétrica	127	2	220
Liquidificador	127	2	220
Sanduícheira	127	2	220
Bulbo LED pequeno 9W (Copa)	127	2	220
Bulbo LED pequeno 9W (Lavabo)	127	1	127
Bulbo LED pequeno 9W (Almoxarifado)	127	1	127
Ar-condicionado split	127	2	220
Frigobar	127	2	220
Computador	127	2	220
Impressora	127	2	220
Televisor	127	2	220
Aquário	127	2	220
2× Bulbo LED pequeno 9W (Escritório)	127	2	127
4× Fita LED	127	2	127
Monitor	127	2	127

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

O levantamento permitiu quantificar a potência instalada e subsidiar as etapas de classificação dos processos, distribuição do consumo e identificação dos USEs, garantindo coerência metodológica com a ABNT NBR ISO 50002:2014.

4.2.4 Distribuição do Consumo e Análise de Processos

Esta etapa objetivou estimar a distribuição do consumo de energia elétrica dos principais setores e processos da organização, sendo estes:

- I. Iluminação – Agrupa toda a iluminação da organização (Escritório, área de produção, copa, lavabo e almoxarifado). A iluminação está majoritariamente setorizada, sendo utilizada de forma independente de acordo ocupação de cada microárea da fábrica;
- II. Usinagem - Envolve os processos de cortes e rebalços de peças;
- III. Acabamento - Setor de preparação e realização de acabamentos;

- IV. Compressão de Ar - Setor responsável pelo fornecimento de ar comprimido para todos os processos.
- V. Serviços Auxiliares - Envolve as atividades realizadas em escritório, copa e montagem.
- VI. Climatização – Inclui todos os pontos de climatização mecanizada da organização, dentre esses aires condicionados, ventiladores e climatizadores. A climatização é setorizada, e atua de forma independente em cada pequena área da organização.

A Tabela 4 apresenta o consumo mensal de cada equipamento e sua respectiva classificação por processo. A partir desses dados, foi possível determinar a participação percentual de cada setor no consumo total da unidade, permitindo identificar os processos mais intensivos em energia e subsidiar a determinação dos USEs.

Tabela 4 - Consumo mensal por equipamento e classificação por processo.

Equipamento	Agosto (kWh)	Setembro (kWh)	Outubro (kWh)	Classificação
Serra esquadrejadeira MJ6130	193,567	105,953	63,465	Usinagem
Serra esquadrejadeira VIMA SE2900IR	3,376	14,937	9,150	Usinagem
Plaina bancada Rockwell	3,420	6,191	4,607	Usinagem
Tupia estacionária Invicta TP-30	1,060	1,117	0,908	Usinagem
Serra fita Ruas 60”0	0,878	0,928	0,753	Usinagem
Lixadeira de topo	0,828	1,322	0,710	Usinagem
Coletor de pó 2 tambores WEG	56,969	31,187	18,684	Usinagem
Coletor de pó Minelli 2 bags	2,425	10,468	6,555	Usinagem
Compressor 5 HP	12,418	16,548	13,244	Compressão de Ar
Lixadeira de cinta Makita MBS400 940W	16,665	19,998	24,996	Acabamento
Serra tico-tico DeWalt 550W	0,077	0,119	0,170	Usinagem
Furadeira bancada Motomil FB160	0,442	0,314	0,367	Usinagem
Furadeira JIG Hettich	0,124	0,256	0,256	Usinagem
Moto esmeril Motomil MMI-50	0,042	0,019	0,014	Usinagem
Coladeira de bordas Minelli horizontal	39,978	62,847	49,973	Acabamento
Refiladora de bordas Minelli horizontal	0	0	0	Acabamento
Ventilador/Climatizador Climattize	2,446	22,017	11,837	Climatização
Climatizador Joape Guarujá	18,840	8,985	17,391	Climatização
Ventilador Tron parede	1,833	1,785	1,571	Climatização
2× Ventilador Delta Premium	4,843	4,719	4,151	Climatização
4× Bulbo LED 30 W	19,403	16,353	18,702	Iluminação

Equipamento	Agosto (kWh)	Setembro (kWh)	Outubro (kWh)	Classificação
Bulbo LED 9 W	4,989	4,869	4,809	Iluminação
3× Fluorescente bancada 40 W	8,483	3,169	8,176	Iluminação
Carregador de bateria 12V 2Ah	1,809	1,508	1,508	Serviços auxiliares
Carregador de bateria 18V 4Ah	0,410	0,342	0,342	Serviços auxiliares
Geladeira	29,121	30,748	29,121	Serviços auxiliares
Micro-ondas	0,494	0,741	0,494	Serviços auxiliares
Chaleira elétrica	0	0	1,163	Serviços auxiliares
Liquidificador	0	0	0	Serviços auxiliares
Sanduicheira	0	0	0	Serviços auxiliares
Bulbo LED 9 W	0,306	0,267	0,427	Iluminação
Bulbo LED 9 W	0,347	0,267	0,214	Iluminação
Bulbo LED 9 W	0,383	0,935	0,748	Iluminação
Ar-condicionado Split	2,625	19,846	22,798	Climatização
Frigobar	7,722	7,722	7,722	Serviços auxiliares
Computador	5,346	6,534	6,534	Serviços auxiliares
Impressora	0,071	0,012	0,018	Serviços auxiliares
Televisor	1,607	1,429	1,786	Serviços auxiliares
Aquário	26,704	26,704	26,704	Serviços auxiliares
Bulbo LED 9 W	1,621	1,870	1,995	Iluminação
Fita LED	4,392	6,679	7,124	Iluminação
Monitor	5,343	4,275	3,206	Serviços auxiliares
Consumo Total Calculado	481,408	443,982	372,394	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A determinação do consumo energético de cada ponto de consumo foi realizada a partir dos dados de potência nominal e tempo de operação dos respectivos consumidores.

A distribuição do consumo por processo é apresentada na Tabela 5.

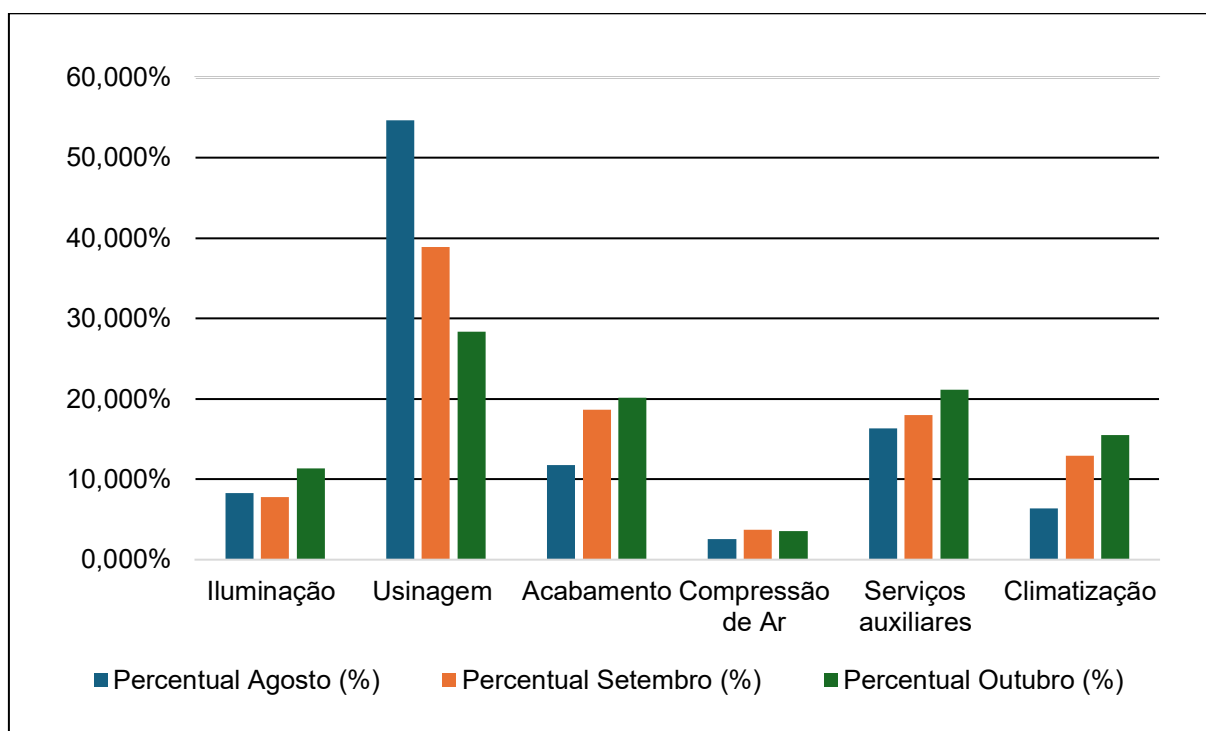
Tabela 5 - Distribuição do consumo por processo.

Processo (Uso da energia)	Agosto		Setembro		Outubro	
	Percentua I (%)	Consumo (KWh)	Percentua I (%)	Consumo (KWh)	Percentua I (%)	Consumo (KWh)
Iluminação	8,293%	39,924	7,750%	34,410	11,331%	42,196
Usinagem	54,675%	263,208	38,923%	172,813	28,368%	105,641
Acabamento	11,766%	56,644	18,660%	82,845	20,132%	74,969
Compressão de Ar	2,579%	12,418	3,727%	16,548	3,556%	13,244
Serviços auxiliares	16,333%	78,627	18,022%	80,013	21,106%	78,597
Climatização	6,354%	30,587	12,918%	57,352	15,507%	57,748

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A Figura 3 apresenta a distribuição do consumo por uso da energia elétrica durante o período.

Figura 3 - Distribuição do consumo de energia elétrica por uso.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.2.5 Diagrama unifilar simplificado

Os diagramas unifilares simplificado, reproduzido a partir dos Quadros de Distribuição de Força e Luz (QDFL) existentes na organização, apresentados no ANEXO A, ilustra a configuração geral da distribuição elétrica da unidade fabril, evidenciando a relação entre o ponto de entrega da concessionária, os quadros de

distribuição e os principais circuitos alimentadores. Embora não seja um requisito obrigatório para auditorias de reconhecimento segundo a ABNT NBR ISO 50002:2014, sua inclusão contribui para a compreensão do fluxo de energia elétrica na instalação, auxiliando na análise de cargas, na classificação dos processos e na verificação da coerência dos dados levantados.

4.3 Determinação dos Usos Significativos de Energia (USEs)

A identificação dos Usos Significativos de Energia (USEs) teve como objetivo determinar os processos e sistemas com maior relevância no consumo de energia da organização, direcionando os esforços de gestão para os pontos de maior impacto energético. Essa etapa foi conduzida em conformidade com a ABNT NBR ISO 50001:2018 e com os procedimentos estabelecidos pela ABNT NBR ISO 50002:2014.

A determinação dos USEs baseou-se na consolidação dos dados obtidos nas etapas de levantamento de cargas, análise de consumo e distribuição do uso da energia. Foram utilizados exclusivamente dados existentes na organização, validados pela equipe técnica e compatíveis com auditorias de reconhecimento. Os processos foram avaliados segundo quatro critérios ponderados recomendados pela ABNT NBR ISO 50002:2014:

- C1 – Magnitude do consumo (40%): participação percentual no consumo total;
- C2 – Potencial de melhoria (30%): possibilidade técnica de redução do consumo;
- C3 – Grau de controle (20%): facilidade de monitoramento, gestão e operação;
- C4 – Impacto na produção (10%): importância para continuidade operacional.

A pontuação total de cada processo foi calculada pela média ponderada dos critérios, resultando no Índice de Significância Energética (ISE).

A Tabela 6 apresenta os resultados consolidados obtidos a partir dos dados fornecidos pela organização, onde foram aplicados os critérios e pesos supracitados.

Tabela 6 - Matriz de definição dos USEs

Setor / Processo	C1 (Consumo, 40%)	C2 (Melhoria, 30%)	C3 (Controle, 20%)	C4 (Impacto, 10%)	ISE (Resultado)	Classificação
Iluminação	2	1	3	3	2,0	Não significativo
Usinagem	5	4	4	5	4,5	USE

Setor / Processo	C1 (Consumo, 40%)	C2 (Melhoria, 30%)	C3 (Controle, 20%)	C4 (Impacto, 10%)	ISE (Resultado)	Classificação
Acabamento	3	2	5	5	3,3	Relevante
Compressão de Ar	3	3	2	5	3,0	Relevante
Serviços Auxiliares	3	2	2	3	2,5	Não significativo
Climatização	1	2	3	2	1,8	Não significativo

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Critérios de Avaliação (Pontuação de 1 a 5):

- i. C1 – Magnitude do consumo (kWh/ano): 1=muito baixo (<5%), 2=baixo (5–10%), 3=médio (10–20%), 4=alto (20–35%), 5=muito alto (>35%).
- ii. C2 – Potencial de melhoria (%): 1=<5%, 2=5–10%, 3=10–20%, 4=20–30%, 5=>30%.
- iii. C3 – Grau de controle: 1=sem controle, 2=baixo, 3=médio, 4=bom, 5=total.
- iv. C4 – Impacto na produção: 1=sem impacto, 2=baixo, 3=médio, 4=alto, 5=crítico.

Classificação:

- i. $ISE \geq 4 \rightarrow$ USE;
- ii. $3 \leq ISE < 4 \rightarrow$ Relevante;
- iii. $ISE < 3 \rightarrow$ Não significativo.

Nota: Para a determinação dos USEs, adotou-se como referência o consumo médio mensal calculado a partir de três meses consecutivos (agosto, setembro e outubro de 2025), a abordagem é justificada pelo fato de o consumo elétrico ser a única variável diretamente proporcional à intensidade produtiva, variando de forma coerente com o ritmo de operação da fábrica.

Com base nos resultados obtidos, foram definidos:

1. Usinagem (USE): apresenta a maior intensidade energética, operação contínua e elevada criticidade para o fluxo produtivo, sendo o principal consumidor da unidade;
2. Acabamento (Relevante): embora envolva menos equipamentos, possui alta intensidade operacional e relevante consumo agregado;
3. Compressão de Ar (Relevante): sistema de apoio essencial e presente em múltiplos processos, cuja operação influencia diretamente a produtividade.

A soma desses três processos corresponde a aproximadamente 60% do consumo elétrico total da unidade, de acordo com os dados do trimestre analisado, evidenciando sua representatividade no desempenho energético global.

A delimitação dos USEs permite priorizar os sistemas de maior impacto energético e orientar de forma eficaz a construção dos Indicadores de Desempenho Energético (IDEs). Além disso, fundamenta as ações propostas no Plano de Ação, garantindo coerência técnica e metodológica ao diagnóstico energético.

4.4 Definição dos Indicadores de Desempenho Energético (IDEs)

O objetivo desta etapa foi definir Indicadores de Desempenho Energético (IDEs) que possibilitam monitorar e comparar a eficiência do uso da energia elétrica entre os diferentes processos da unidade fabril. A definição dos IDEs foi baseada nos USEs determinados no item anterior e nas informações de consumo e produção apresentadas nas seções anteriores.

4.4.1 Procedimento de Definição dos IDEs

A construção dos IDEs considerou as seguintes diretrizes:

- I. Utilização de dados de consumo energético (kWh) por setor, previamente apresentados;
- II. Correlação com variáveis de produção, adotou-se a variável m_{linear} , previamente apresentada. A definição dessa variável é justificada pois engloba a quantidade de matéria prima processada e ainda a complexidade dos móveis fabricados.

Os indicadores foram calculados conforme a expressão geral, (3):

$$IDE = \frac{E}{X} \quad (3)$$

Onde:

E , é o consumo de energia elétrica (kWh).

X , é a variável associada a produção (m_{linear}).

A Tabela 7 apresenta os IDEs calculados para cada processo e mês analisado.

Tabela 7 - IDEs obtidos.

Processo (Uso da energia)	KWh/ m_{linear} Agosto	KWh/ m_{linear} Setembro	KWh/ m_{linear} Outubro
Iluminação	0,039451	0,036724	0,049179
Usinagem	0,260087	0,184432	0,123124
Acabamento	0,055972	0,088415	0,087377
Compressão de Ar	0,012270	0,017661	0,015435
Serviços auxiliares	0,077695	0,085393	0,091605
Climatização	0,030224	0,061208	0,067306

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.4.2 Análise dos Resultados

Os resultados indicam que o processo de usinagem apresenta, em todos os meses, o maior consumo específico de energia por metro linear produzido, confirmando sua condição de principal Uso Significativo de Energia (USE). Observa-se, entretanto, uma tendência de redução do IDE de usinagem ao longo do trimestre (0,26; 0,18; 0,12 kWh/ m_{linear}), o que pode estar associado a maior aproveitamento da capacidade produtiva, melhor organização das ordens de produção ou à variabilidade operacional do período.

Os serviços auxiliares e a climatização apresentam IDEs menores em termos absolutos, porém com comportamento crescente ao longo dos meses, indicando aumento relativo da sua participação no consumo total, especialmente em outubro. Já a iluminação mantém consumo específico baixo e relativamente estável, caracterizando um uso predominantemente fixo. A definição desses IDEs consolida as métricas que serão utilizadas tanto no acompanhamento do desempenho energético quanto na construção das Linhas de Base Energética (LBEs) setoriais, apresentadas na subseção seguinte.

4.5 Construção da Linha de Base Energética (LBE)

A Linha de Base Energética (LBE) estabelece a referência quantitativa do desempenho energético da organização, servindo como ponto de comparação para medições futuras e para a verificação de melhorias. Em conformidade com a ABNT NBR ISO 50006:2024, a LBE deve refletir condições normais de operação e um período representativo de consumo, permitindo avaliar a evolução do desempenho energético ao longo do tempo.

A construção da LBE foi realizada utilizando regressão linear simples.

A regressão linear usada para a LBE tem a forma:

$$E = aX + b \quad (4)$$

Onde:

E (variável dependente), é o consumo de energia elétrica (kWh).

X (variável independente), é a variável de produção (m_{linear}).

a - Inclinação (coeficiente angular), representa o consumo específico (IDE médio), ou quanto o consumo varia para cada unidade de produção.

b - Intercepto (coeficiente linear), representa o consumo fixo, independente da produção.

R^2 - Coeficiente de determinação, mede a qualidade do ajuste (0 a 1).

Optou-se pela elaboração de LBEs setoriais, representando os principais processos e setores consumidores, de modo a possibilitar a análise individualizada e o acompanhamento contínuo das áreas de maior impacto energético.

Os parâmetros obtidos para cada processo estão apresentados na Tabela 8, a partir dos dados de consumo e produção dos meses de agosto, setembro e outubro de 2025. Os dados de entrada foram fornecidos pela organização e validados pelos responsáveis técnicos, garantindo coerência com o período e as condições operacionais analisadas.

Tabela 8 - Linhas de Base Energéticas (LBEs)

Processo (Uso da energia)	Variável Independente (X)	Variável Dependente (E)	Inclinação (a)	Intercepto (b)	R^2	Interpretação Técnica
Iluminação	Produção (m_{linear})	Consumo (kWh)	-0,003	53,16	0,62	Consumo predominantemente fixo, com leve tendência de redução relativa à produção.
Usinagem	Produção (m_{linear})	Consumo (kWh)	0,502	-304,32	0,99	Correlação quase perfeita com a produção; processo dominante no consumo total.
Acabamento	Produção (m_{linear})	Consumo (kWh)	0,000	56,64	0,90	Correlação moderada; pequenas variações relacionadas à complexidade das peças.
Compressão de Ar	Produção (m_{linear})	Consumo (kWh)	0,079	-11,48	0,59	Consumo intermitente, com forte influência do perfil operacional.
Serviços auxiliares	Produção (m_{linear})	Consumo (kWh)	-0,000	78,22	0,00	Sem correlação direta; consumo essencialmente fixo e independente da produção.
Climatização	Produção (m_{linear})	Consumo (kWh)	-0,132	138,88	0,84	Correlação moderada, influenciada por fatores

Processo (Uso da energia)	Variável Independente (X)	Variável Dependente (E)	Inclinação (a)	Intercepto (b)	R ²	Interpretação Técnica
						externos temperatura e ocupação.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A consolidação dos modelos apresentados evidencia que cada processo possui um comportamento energético distinto, refletido nos valores de inclinação, intercepto e coeficiente de determinação. Esses parâmetros permitem compreender a proporção entre consumos fixos e variáveis e identificar a dependência dos processos em relação à produção.

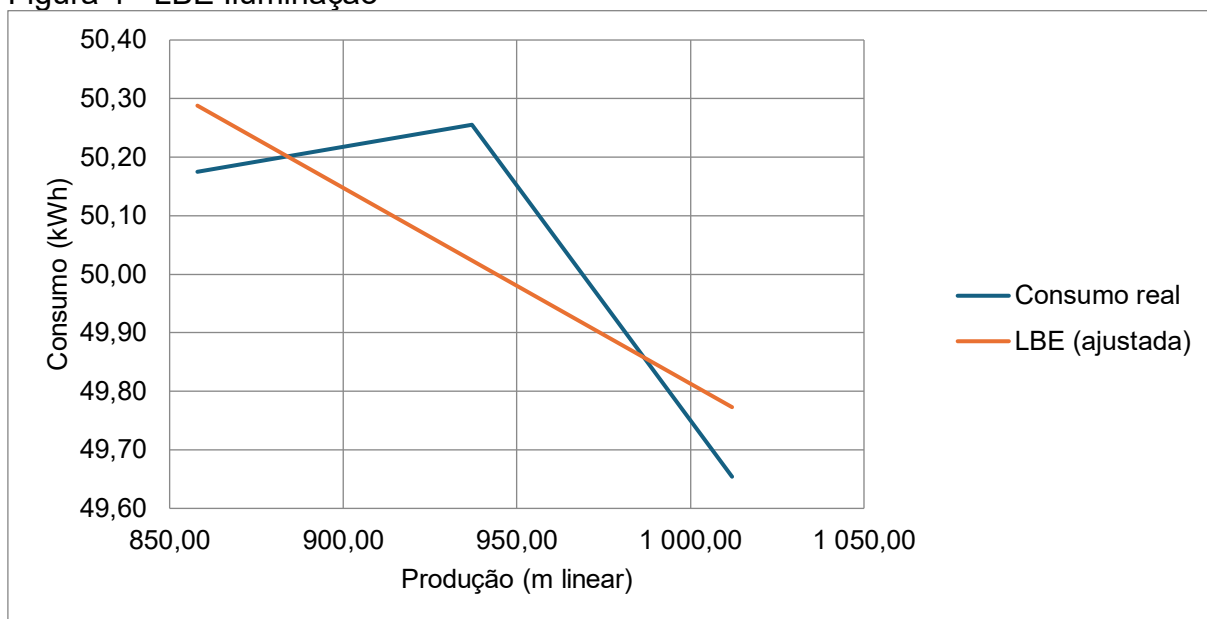
4.5.1 Interpretação da Linha de Base

A análise dos modelos de regressão linear obtidos para cada processo permite distinguir o comportamento energético setorial a partir dos parâmetros inclinação (a), intercepto (b) e coeficiente de determinação (R²). De forma geral, a inclinação representa o componente variável de consumo associado à produção, o intercepto indica o componente fixo e o R² expressa o grau de correlação entre consumo e produção.

No setor de **Iluminação**, Figura 4, a inclinação negativa e de pequena magnitude ($a \approx -0,003 \text{ kWh/m}_{\text{linear}}$) e o intercepto em torno de 53 kWh indicam um consumo predominantemente fixo, que se dilui à medida que a produção aumenta. O R² moderado ($\approx 0,62$) confirma que o comportamento do consumo não está diretamente ligado à produção, mas a padrões de uso relativamente constantes.

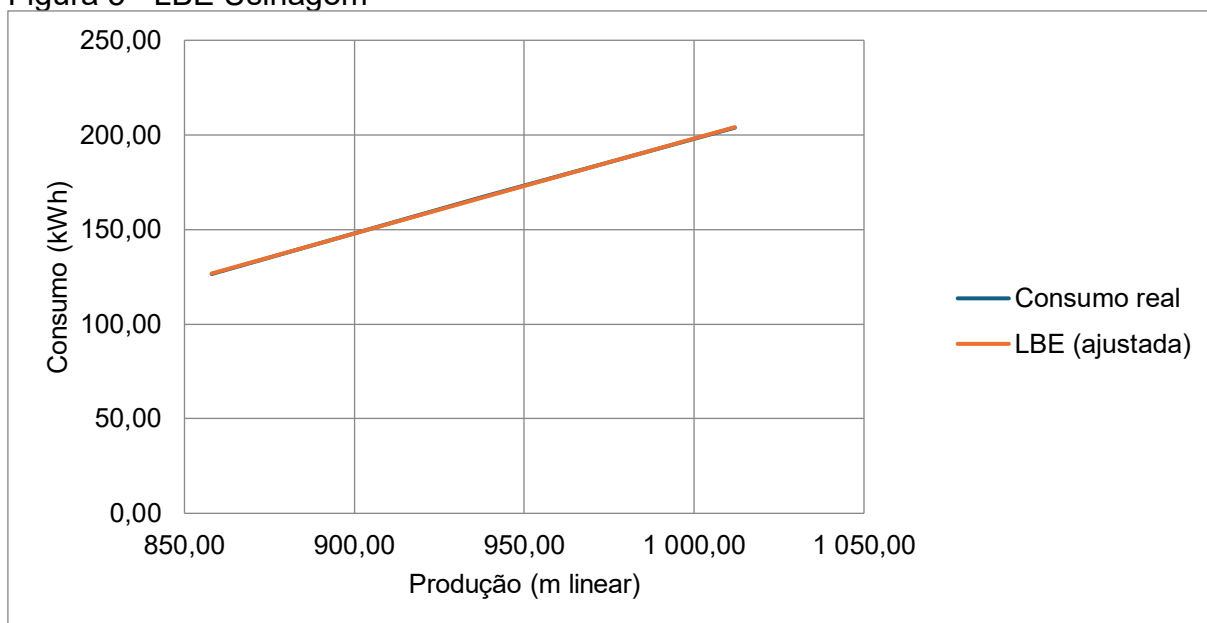
Na **Usinagem**, Figura 5, o valor elevado e positivo da inclinação ($a \approx 0,50 \text{ kWh/m}_{\text{linear}}$) e o R² próximo de 1 evidenciam forte dependência do consumo em relação à produção, confirmando esse setor como principal uso significativo de energia da unidade. Pequenas variações de produção resultam em variações proporcionais de consumo, o que torna a LBE um bom instrumento para monitoramento e verificação de desempenho nesse processo.

Figura 4 - LBE Iluminação



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

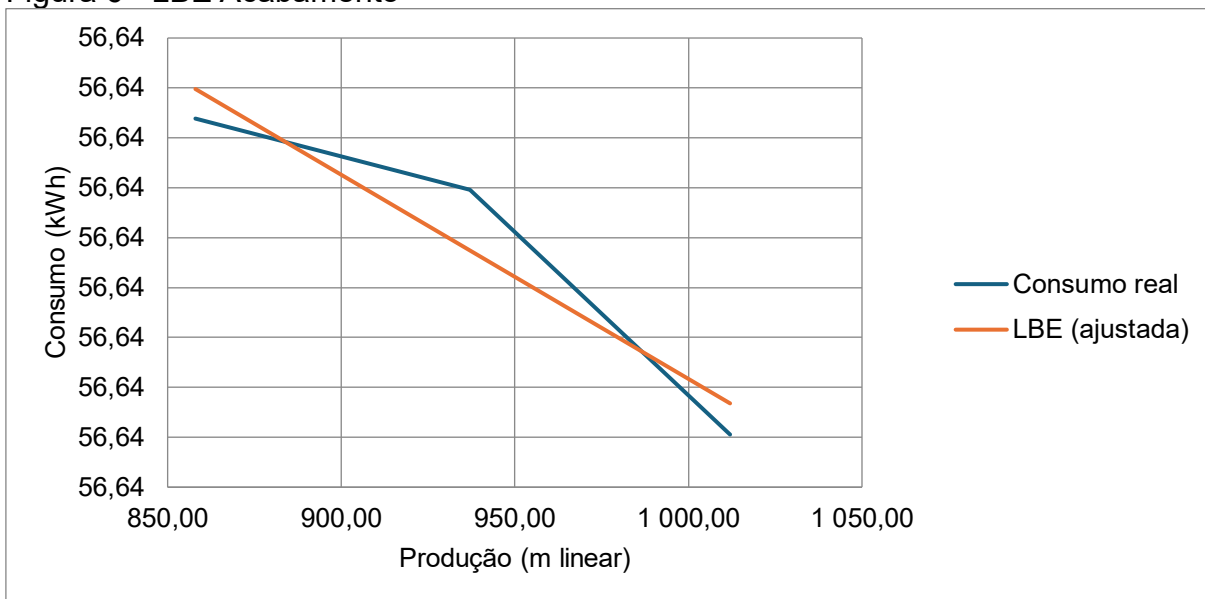
Figura 5 - LBE Usinagem



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Para o **Acabamento**, Figura 6, a inclinação praticamente nula ($a \approx 0$ kWh/ m_{linear}) e o intercepto em torno de 56 kWh indicam consumo quase totalmente fixo, com pouca sensibilidade à variação da produção. O R^2 elevado ($\approx 0,90$) mostra que, embora o consumo absoluto seja relativamente baixo, o comportamento do setor é estável e previsível ao longo do período analisado.

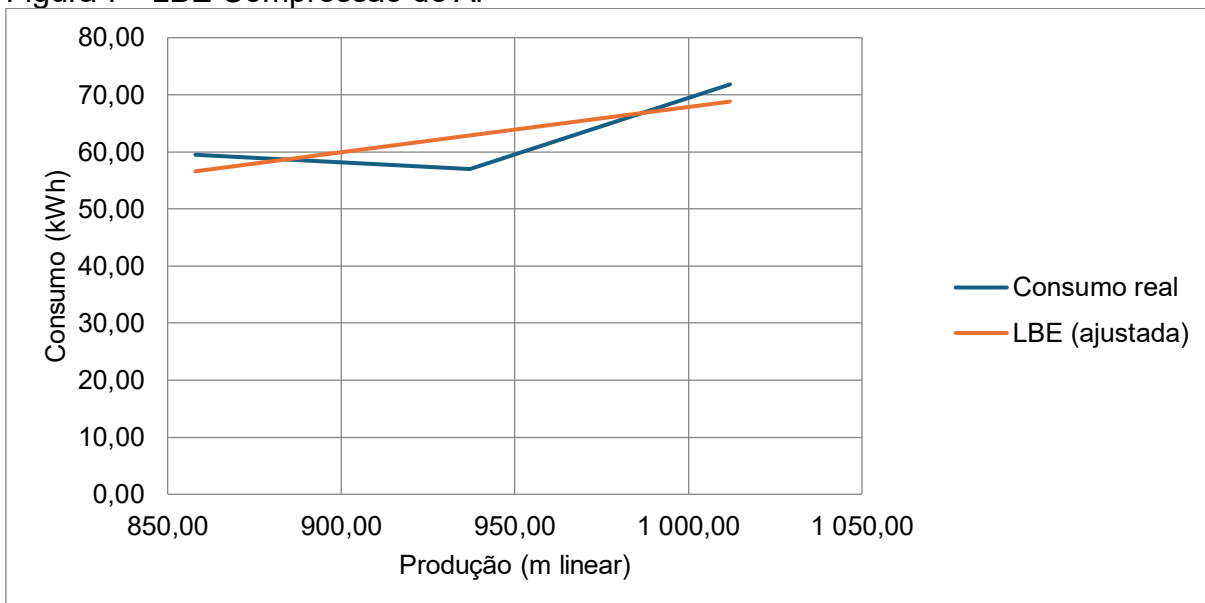
Figura 6 - LBE Acabamento



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

No sistema de **Compressão de Ar**, Figura 7, a inclinação positiva moderada ($a \approx 0,08 \text{ kWh}/m_{linear}$) e o R^2 em torno de 0,59 apontam para uma correlação intermediária com a produção. O consumo aumenta com o volume produzido, porém sofre influência de fatores operacionais, como padrão de acionamento das ferramentas pneumáticas e eventuais vazamentos na rede.

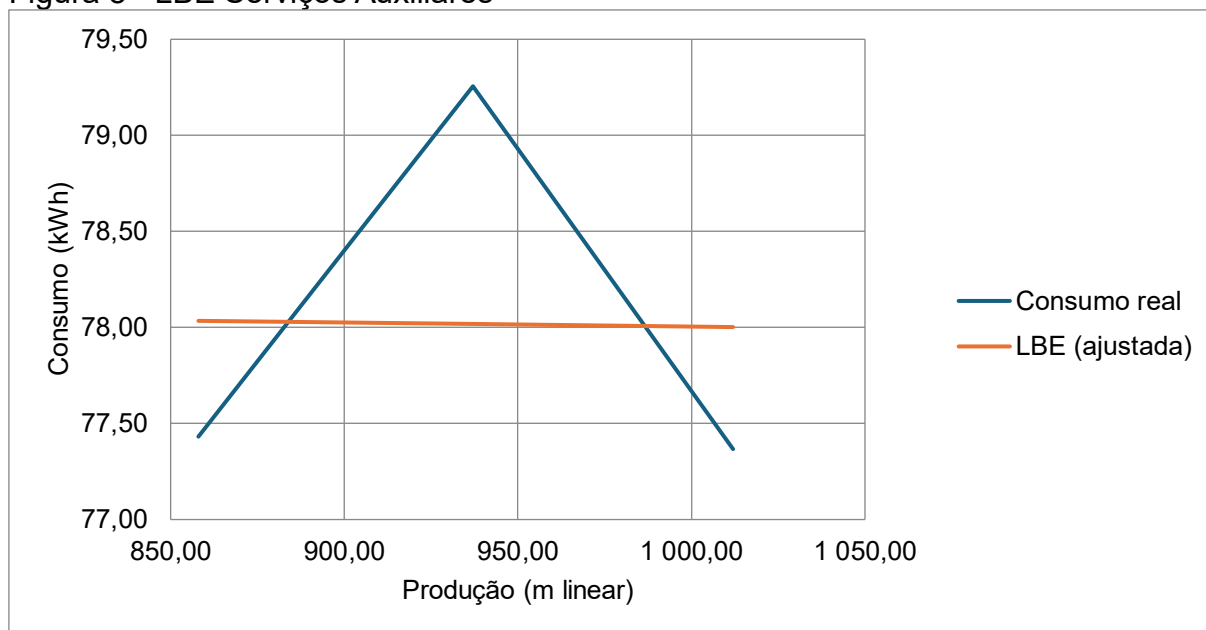
Figura 7 - LBE Compressão de Ar



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Os **Serviços auxiliares**, Figura 8, apresentam inclinação muito próxima de zero e R^2 praticamente nulo, caracterizando um consumo essencialmente fixo e independente da produção. O intercepto em torno de 78 kWh está associado a cargas permanentes, como equipamentos de copa, escritório e eletrônicos em modo de espera, reforçando a natureza estática desse uso.

Figura 8 - LBE Serviços Auxiliares

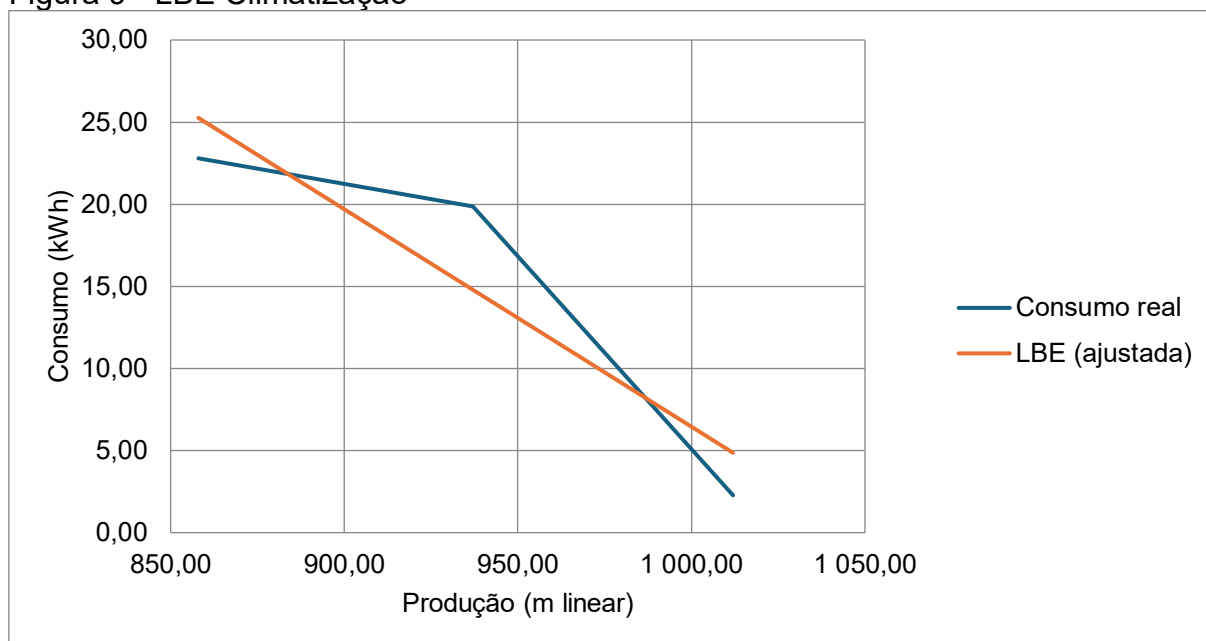


Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Por fim, na **Climatização**, Figura 9, a inclinação negativa moderada ($a \approx -0,13 \text{ kWh}/m_{linear}$) e o R^2 elevado ($\approx 0,84$) indicam que o consumo é influenciado principalmente por condições ambientais (temperatura, ventilação natural e ocupação) e não pela produção em si. À medida que o período se torna energeticamente mais favorável (menores temperaturas externas), o consumo tende a reduzir, mesmo com manutenção ou aumento da produção.

A interpretação das LBEs setoriais mostra que apenas a usinagem e, em menor grau, a compressão de ar possuem consumo fortemente associado à produção, enquanto iluminação, serviços auxiliares e climatização apresentam perfil de consumo predominantemente fixo ou condicionado a variáveis externas. Essa distinção é fundamental para orientar o planejamento das ações de eficiência energética, priorizando os processos com maior componente variável e maior potencial de melhoria.

Figura 9 - LBE Climatização



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.5.2 Aplicação e Uso da LBE

A Linha de Base Energética (LBE) estabelece o desempenho energético de referência da organização, permitindo avaliar a eficiência dos processos ao longo do tempo. A partir dos modelos de regressão obtidos, a LBE passa a funcionar como instrumento de comparação entre o consumo real e o consumo esperado para um determinado nível de produção, conforme preconiza a ABNT NBR ISO 50006:2024.

Em análises futuras, o consumo real poderá ser confrontado com os valores previstos pela LBE, possibilitando identificar desvios positivos (melhor desempenho) ou negativos (pior desempenho). Essa comparação é essencial para verificar a efetividade de ações de melhoria, identificar falhas operacionais, apoiar decisões de manutenção e orientar ajustes nos processos produtivos.

A LBE também permite o monitoramento contínuo dos setores de maior impacto energético, especialmente aqueles com forte correlação entre consumo e produção, como usinagem e compressão de ar. Já nos setores com consumo predominantemente fixo, a LBE funciona como referência para acompanhamento de variações operacionais e para identificação de desperdícios não relacionados ao ritmo produtivo.

Recomenda-se a atualização da LBE sempre que ocorrerem alterações significativas no processo produtivo, substituição de equipamentos principais, mudanças na jornada de trabalho ou modificações nas condições operacionais que alterem o comportamento do consumo. Dessa forma, a LBE permanece coerente com a realidade operacional da organização e continua cumprindo seu papel como ferramenta de suporte ao Sistema de Gestão da Energia.

4.6 Plano de Ação para Melhoria do Desempenho Energético

O presente item apresenta o conjunto de ações voltadas ao aprimoramento do desempenho energético da organização, com foco nos processos identificados como USEs e nos setores que, segundo os IDEs e as LBEs, demonstraram maior potencial de otimização. O plano de ação constitui a etapa final do diagnóstico energético de reconhecimento, traduzindo os resultados obtidos em intervenções viáveis e alinhadas às recomendações da ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 e da ABNT NBR ISO 50002:2014.

As ações propostas possuem caráter técnico-operacional e foram definidas de forma compatível com o escopo de uma auditoria de Nível 1, priorizando medidas de implementação simples, de baixo custo e que não exigem análises econômicas detalhadas. Dessa forma, o plano cumpre o propósito deste estudo ao oferecer diretrizes iniciais que podem orientar a futura implantação de um Sistema de Gestão da Energia (SGE).

4.6.1 Procedimento adotado

A definição das ações considerou três eixos analíticos:

1. Indicadores de Desempenho Energético, que evidenciam a relação entre consumo e atividade produtiva;
2. Linhas de Base Energética, que caracterizam o comportamento dos principais processos;
3. Boas práticas de eficiência energética aplicáveis ao setor moveleiro.

Em conformidade com a ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 e a ABNT NBR ISO 50002:2014, os seguintes critérios foram adotados para orientar a seleção e priorização das ações:

1. Viabilidade técnica: capacidade de execução com os recursos e infraestrutura existentes;
2. Complexidade operacional: nível de alteração requerido nas rotinas internas;
3. Potencial de melhoria energética: capacidade da ação de influenciar positivamente o desempenho energético;
4. Relevância para a continuidade operacional: impacto sobre produtividade e confiabilidade do processo.

Esses critérios permitem organizar as ações de forma objetiva, mesmo na ausência de uma análise econômica detalhada, o que é compatível com o escopo da metodologia adotada neste trabalho.

4.6.2 Plano de Ações Propostas

Com base nos critérios definidos, foi elaborado o Plano de Ações para Melhoria do Desempenho Energético, apresentado no Quadro 5 . O plano contempla medidas direcionadas aos setores de maior impacto energético, bem como ações organizacionais e comportamentais voltadas à redução de consumos fixos.

Quadro 5 - Plano de Ações Propostas para Melhoria do Desempenho Energético

Setor / Processo	Ação Proposta	Descrição Técnica	Responsável	Prazo (meses)	Prioridade
Usinagem	Substituição de motores antigos por modelos de maior eficiência	Adoção de motores de maior rendimento e controle eletrônico de velocidade, reduzindo perdas e adequando a operação à demanda real.	Manutenção / Engenharia	3	Alta
Acabamento	Adequação do regime de trabalho	Organização do uso das máquinas do setor, concentrando atividades em períodos específicos e reduzindo o funcionamento ocioso.	Administrativo	2	Alta

Setor / Processo	Ação Proposta	Descrição Técnica	Responsável	Prazo (meses)	Prioridade
Compressão de Ar	Redução de vazamentos e ajuste de pressão	Inspeção de rede, correção de vazamentos e adequação da pressão (6,0 e 6,5 bar.)	Manutenção	1	Média
Iluminação	Substituição por LED e sensores de presença	Troca de lâmpadas por modelos LED e instalação de sensores em áreas de circulação e baixa permanência.	Manutenção	4	Média
Serviços Auxiliares	Programa de conscientização	Treinamento dos colaboradores para uso racional dos equipamentos de apoio, desligamento após uso e boas práticas.	Recursos Humanos	1	Baixa
Climatização	Ajuste de operação e controle automático	Adequação dos horários e condições de uso, associada a controle automático de acionamento e potência conforme temperatura e ocupação.	Manutenção	3	Média

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

4.6.3 Análise Técnica das ações propostas

A análise das LBEs e dos IDEs demonstra que os maiores potenciais de melhoria se concentram nos processos de usinagem, acabamento e compressão de ar, que apresentam maior dependência da produção, maior variação do consumo e maior potencial de otimização operacional.

As ações propostas para esses setores incluem intervenções técnicas e operacionais capazes de elevar a eficiência sem a necessidade de investimentos significativos, tais como ajustes no regime de trabalho, controle sistematizado do uso dos equipamentos, manutenção preventiva e adoção de tecnologias de maior rendimento.

Nos setores com consumo predominantemente fixo (iluminação, climatização e serviços auxiliares) as medidas propostas possuem caráter organizacional e comportamental, mas contribuem para a redução de desperdícios e para a consolidação de uma cultura interna de uso racional da energia. Essas ações são coerentes com o perfil de consumo desses setores, conforme evidenciado pelos

baixos valores de inclinação e pela fraca correlação com a produção apresentados nas LBEs.

4.6.4 Monitoramento e Revisão

Após a implementação das ações propostas, recomenda-se o monitoramento contínuo dos indicadores energéticos e a atualização periódica das LBEs, ou sempre que ocorrerem mudanças significativas no processo produtivo, na jornada de trabalho ou na infraestrutura.

Cada ação deve ser acompanhada por um IDE correspondente, permitindo comparar o consumo real antes e depois da intervenção. O acompanhamento pode ser realizado por meio de planilhas de controle ou sistemas digitais de gestão energética, caso estejam disponíveis.

Esse processo assegura conformidade com o ciclo PDCA, estabelecido pela ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024, e garante a melhoria contínua do desempenho energético da organização.

4.6.5 Conclusão da Etapa

O Plano de Ação proposto orienta a organização nas etapas iniciais de aprimoramento do desempenho energético, direcionando esforços para os processos mais relevantes e promovendo intervenções de baixo custo e alta efetividade. A adoção das medidas sugeridas fortalece as bases para a futura implantação de um Sistema de Gestão da Energia e amplia a capacidade da empresa de controlar seus consumos, reduzir desperdícios e melhorar sua eficiência ao longo do tempo.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo aplicar os princípios da ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024, em conjunto com as diretrizes metodológicas das normas ABNT NBR ISO 50002:2014 e ABNT NBR ISO 50006:2024, para realizar um diagnóstico energético de reconhecimento (Nível 1) em uma fábrica moveleira localizada no município de Foz do Iguaçu – PR. A partir dessa aplicação, buscou-se identificar os Usos Significativos de Energia (USEs), quantificar indicadores de desempenho energético (IDEs), desenvolver Linhas de Base Energética (LBEs) setoriais e propor um conjunto de ações voltadas à melhoria contínua do desempenho energético da unidade. A metodologia empregada demonstrou plena adequação ao nível de auditoria adotado, sendo compatível com o contexto operacional da empresa e com o uso exclusivo dos dados fornecidos pela organização, conforme previsto pela ABNT NBR ISO 50002:2014 para auditorias de reconhecimento.

A realização do diagnóstico permitiu compreender de maneira estruturada a distribuição do consumo energético, os padrões de utilização dos equipamentos, a influência da produção sobre o consumo e o potencial de melhoria associado às práticas de eficiência energética. Os resultados obtidos indicaram que os maiores consumidores de energia são os setores de usinagem, acabamento e compressão de ar, que juntos representam a parcela predominante da demanda elétrica da unidade. A utilização da variável metros lineares (m_{linear}) como indicador de produção mostrou-se adequada para correlacionar o consumo com a atividade produtiva, possibilitando análises coerentes entre os diferentes setores.

A construção das LBEs por meio de modelos de regressão linear permitiu identificar com clareza o comportamento energético de cada processo. Os coeficientes de inclinação, intercepto e determinação (R^2) revelaram que a usinagem apresenta forte dependência da produção, sendo o principal uso significativo de energia, que setores como iluminação e serviços auxiliares possuem consumo essencialmente fixo, e que climatização e compressão de ar apresentam comportamento misto, influenciado tanto por fatores operacionais quanto por variáveis externas, como condições ambientais e padrões de uso.

Com base nesses resultados, foi elaborado um Plano de Ação contendo medidas técnicas e operacionais alinhadas às necessidades identificadas durante o diagnóstico. As ações propostas contemplam desde intervenções simples de

organização e controle operacional até recomendações estruturais de aprimoramento no uso dos equipamentos, mantendo aderência ao escopo de uma auditoria de Nível 1 e viabilidade dentro da realidade da empresa. O conjunto das ações demonstrou potencial efetivo para reduzir desperdícios, otimizar o uso da energia e fortalecer as bases para a implementação futura de um Sistema de Gestão da Energia (SGE).

O trabalho apresenta contribuições relevantes ao demonstrar a aplicabilidade prática das normas ABNT NBR ISO 50001, 50002 e 50006 em uma empresa de pequeno porte do setor moveleiro, evidenciando que é possível estabelecer um processo de gestão energética estruturado mesmo em contextos com recursos limitados. Além disso, disponibiliza indicadores energéticos e LBEs que podem ser utilizados posteriormente pela empresa no monitoramento contínuo do seu desempenho energético, bem como fornece uma metodologia simples, objetiva e replicável para outras organizações de porte semelhante.

Como limitações inerentes ao escopo da auditoria realizada, destaca-se a ausência de medições instrumentadas, o que restringe a precisão absoluta dos valores, o período reduzido de análise (três meses), ainda que suficiente para auditorias de reconhecimento, a influência de oscilações naturais da produção sobre alguns resultados da regressão e a ausência de dados para realização de uma análise de viabilidade técnica-econômica detalhada. Essas limitações, contudo, não comprometem a validade do diagnóstico, uma vez que são compatíveis com o nível metodológico adotado e plenamente aceitáveis dentro dos requisitos da ABNT NBR ISO 50002:2014 para auditorias Nível 1.

Com base nos resultados alcançados, recomenda-se que a empresa implemente o Plano de Ação proposto e acompanhe sistematicamente seus indicadores nos próximos meses, que avance, em uma etapa posterior, para uma auditoria energética de Nível 2 com medições instrumentadas nos setores críticos, que fortaleça as rotinas de monitoramento e controle de dados de produção e consumo e que evolua gradualmente para a implantação de um Sistema de Gestão da Energia conforme a ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024.

Conclui-se que o diagnóstico energético realizado atingiu plenamente os objetivos propostos, oferecendo uma visão clara, fundamentada e tecnicamente robusta do desempenho energético da fábrica moveleira estudada. O trabalho demonstrou que, mesmo sem instrumentação avançada e com recursos limitados, é possível estruturar um processo eficaz de análise energética, identificar oportunidades

de melhoria e propor ações de alto impacto técnico e operacional. A aplicação prática das normas ABNT NBR ISO permitiu estabelecer diretrizes realistas e viáveis para aprimorar o desempenho energético da organização, contribuindo para a redução de custos, otimização dos recursos e fortalecimento da sustentabilidade dos processos produtivos.

6 REFERÊNCIAS

ABIMÓVEL. Relatório anual do setor moveleiro 2024. Brasília: Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário, 2024. Disponível em: <https://www.abimovel.org.br/relatorio2024.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2025.

ABIMÓVEL. Panorama do Setor Moveleiro Brasileiro 2024. Brasília: Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário, 2024.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 50001:2018/Em:2024 – Sistemas de gestão da energia — Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 50002:2014 – Diagnósticos energéticos — Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 50003:2023 – Sistemas de gestão de energia — Requisitos para organismos de auditoria e certificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 50004:2021 – Sistemas de gestão da energia — Guia para implementação, manutenção e melhoria do SGE. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 50006:2024 – Sistemas de gestão de energia — Avaliação do desempenho energético utilizando indicadores de desempenho energético e linhas de base energética. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 50009:2022 – Sistema de gestão da energia — Orientações para implementação de um sistema comum de gestão da energia em múltiplas organizações. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 50015:2020 – Sistemas de gestão da energia — Medição e verificação do desempenho energético. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 414/2010 — Condições gerais de fornecimento de energia elétrica. Brasília: ANEEL, 2010.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Tarifas de Energia Elétrica – Estrutura Tarifária TE/TUSD. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 19 jul. 2025.

BE ENERGY. ISO 50001: Sistema de Gestão de Energia. Disponível em: <https://beenergy.com.br/iso-50001/>. Acesso em: 1 dez. 2025.

BLOOMBERG INTELLIGENCE. ESG assets may hit \$53 trillion by 2025. Nova Iorque, 2021. Disponível em: <https://www.bloomberg.com/company/press/esg-assets-53-trillion>. Acesso em: 19 jul. 2025.

COPEL Distribuição S.A. Tabelas Tarifárias – Consumidores do Grupo B. Curitiba: COPEL, 2025. Disponível em: <https://www.copel.com>. Acesso em: 19 jul. 2025.

COPEL Distribuição S.A. Faturas de energia elétrica – Agosto, Setembro e Outubro de 2025. Arquivo interno fornecido à pesquisa, 2025.

CREDER, H. Instalações Elétricas. 17. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

CULLEN, J.; ALLWOOD, J. The Efficient Use of Energy: Tracing the Global Flow of Energy from Fuel to Service. *Energy Policy*, 2010.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2050 – Eficiência Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2022.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2024 – Ano Base 2023. Rio de Janeiro: EPE, 2024.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. Dados do Setor Industrial. Rio de Janeiro: EPE, 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Industrial Anual – Indústrias de Transformação. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

IEA – International Energy Agency. Energy Efficiency 2023. Paris: IEA, 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2023>. Acesso em: 19 jul. 2025.

IEA – International Energy Agency. Energy Efficiency Indicators. Disponível em: <https://www.iea.org>. Acesso em: 19 jul. 2025.

IEA – International Energy Agency. World Energy Outlook 2023. Paris: IEA, 2023.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Sixth Assessment Report – Synthesis Report. Genebra: IPCC, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr>. Acesso em: 19 jul. 2025.

ISO – International Organization for Standardization. ISO 50001: Energy management systems — Requirements with guidance for use. Genebra: ISO, 2018.

ISO – International Organization for Standardization. ISO 50047:2021 – Energy savings — Determination of energy savings in organizations. Genebra: ISO, 2021.

ISO – International Organization for Standardization. The ISO Survey of Management System Standard Certifications – 2023. Genebra: ISO, 2024. Disponível em: <https://www.iso.org/the-iso-survey.html>. Acesso em: 19 jul. 2025.

PROCEL. Relatório Anual de Resultados 2018 – PROCEL Indústria. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2018.

PROMÓVEL. Inventário de cargas e dados de produção — 2025. Documento interno fornecido à pesquisa.

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial. Eficiência Energética na Indústria Moveleira – Guia Técnico. Brasília: SENAI/DN, 2022.

TORRES, P. B.; SILVA, M. L. Gestão energética industrial: princípios e práticas. São Paulo: Érica, 2021

ANEXOS

ANEXO A - CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Etapa / Semana	Agosto				Setembro				Outubro			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Planejamento do diagnóstico	■	■	●									
Reunião de abertura e alinhamento		■	●									
Coleta e organização dos dados		■	■	■	●							
Inventário de cargas			■	■	■	●						
Classificação dos processos e distribuição do consumo				■	■	●						
Determinação dos USEs					■	■	●					
Definição dos IDEs						■	■	●				
Construção da LBE							■	■	■	●		
Interpretação dos modelos energéticos								■	■	●		
Elaboração do Plano de Ação									■	■	●	
11. Consolidação da metodologia e prévia dos resultados										■	■	●

Fonte: O autor, 2025.

Legenda: ■ = atividade em execução | ● = marco de conclusão

Período: Agosto – Outubro de 2025

Duração total: 12 semanas.

Equipe envolvida: O Autor, equipe de manutenção, produção e direção.