

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

FELIPE EDUARDO SCHNEIDER

**PROJETO PILOTO PARA SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA:
GESTÃO DE USO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM CONFORMIDADE
COM A ISO 50001**

**São Leopoldo
2019**

FELIPE EDUARDO SCHNEIDER

PROJETO PILOTO PARA SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA:
GESTÃO DE USO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM CONFORMIDADE
COM A ISO 50001

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica, pelo Curso de
Engenharia Elétrica da Universidade do
Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS

Orientador: Prof. Me. Armando Leopoldo Keller

São Leopoldo

2019

Dedico este trabalho a minha amada noiva e a minha família, pela assistência incansável em minha jornada por conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela oportunidade de estar aqui presente e as incontáveis dádivas que me destes ao longo destes 25 anos de vida.

Agradeço a toda minha família. Ao meu pai Elio, por todos os ensinamentos e a inspiração com suas diversas noites de estudo enquanto cursava suas pós-graduações. A minha mãe Lara, por ser esta rocha inabalável me suportando de todas as formas possíveis e impossíveis ao longo de todo trajeto. A minha irmã Maíse, também fonte de inspiração e exemplo de dedicação.

Um agradecimento especial a minha futura esposa Fernanda, que me acompanhou e sempre esteve ao meu lado nesta sinuosa e longa jornada de 8 anos. Não apenas tive o seu companheirismo em diversas horas de estudo, enquanto ainda cursava o seu bacharel, mas tive o seu infinito amor e paciência nos anos que se sucederam. Por mais longas que fossem as horas de trabalho, as horas de estudo, as manhãs, as tardes, as noites, as madrugadas, os sábados e domingos, sempre permanecesstes bem pertinho de mim. Compartilhando os seus sonhos com os meus, realizando os que estavam ao alcance e semeando os demais para o amanhã. Te amo muito!

Agradeço ao meu orientador, pelas inúmeras perguntas respondidas e apontamentos sugeridos. Agradeço também a todos os demais professores e colegas de trabalho que contribuíram para a minha formação.

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante de meus olhos”.

(Isaac Newton)

RESUMO

O Brasil é um dos dez maiores consumidores de energia elétrica do mundo, cuja fatia de pouco mais de 36% do total é representada pelo setor industrial. O país se destaca também em índices da América Latina pela sua baixa eficiência na produção de riquezas a partir do consumo energético. Estatísticas da ABESCO (2017) também apontam que em três anos o desperdício de energia elétrica chega ao valor de 61,7 bilhões de reais em maquinário desatualizado, iluminação, entre outros. Em meio a este cenário, este trabalho ilustra o desenvolvimento de um sistema de gerenciamento de energia, uma ferramenta ainda pouco explorada pelo país para reduzir custos com o desperdício energético. O sistema foi desenvolvido seguindo as principais diretrizes estabelecidas pela norma ISO 50001 e preparado para servir de base para implementação em plantas industriais. O trabalho também conta com um estudo de caso, descrevendo como foi a implementação prática do método em uma indústria multinacional e os resultados obtidos, que, além de uma redução de 5% no desperdício energético, cerca de 120 mil reais no ano, também foi percebido a fomentação do consumo consciente nos colaboradores da empresa.

Palavras-chave: ISO 50001. Sistema de gestão de energia elétrica. Redução de desperdício energético. Eficiência energética.

ABSTRACT

The Brazil is one of the ten bigger electrical energy consumers in the world, with more than 36% of the total amount of power consumed by the industrial sector. The country also detach in indexes from Latin America for his low efficiency in generating riches from energetic consumption. Statistics from ABESCO (2017) also point out that in the last three years the electrical energy waste reaches the value of 61,7 billions brazilian reais in outdated machines, lighting, and others. In the midst of this scenario, the present work illustrate the development of a energy management system, a tool still little explored by the country to reduce cost with the energetic waste. The system was developed following the main guidelines settled down by the ISO 50001 and prepared to serve as a base for implantation on industrial plants. The work also count with a case of study, describing how was the practical implantation of the method in a local multinational industry and the results obtained, in which besides a 5% reduce in energetic waste, around 120 thousand Brazilian reais in a year, also was perceived the fomentation of electrical energy awareness in the company's employees.

Keywords: ISO 50001. Energy management system. Energetic waste reduction. Energy efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Multimedidor ABB IDM 96.	17
Figura 2: Multimedidor ABB Nexus II.	17
Figura 3: Topologia típica de Multimedidores.....	18
Figura 4: Exemplo de diagrama unifilar.....	20
Figura 5: Exemplo de diagrama de Pareto.....	20
Figura 6: Etapas do programa de eficiência.....	22
Figura 7: Ciclo PDCA proposto pela ISO 50001.....	24
Figura 8: Método utilizado na Toyota SA em 2011.....	27
Figura 9: Fluxograma completo do método.....	30
Figura 10: Fluxo de revisão administrativa.....	31
Figura 11: Fluxo de coleta de informações genéricas.....	32
Figura 12: Fluxo de avaliação para equipamentos elétricos.....	35
Figura 13: Fluxo de acompanhamento das USEs.....	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Exemplo de linha de base energética.....	33
Gráfico 2: Histórico de consumo da mini fábrica.....	43
Gráfico 3: Histórico de produção da mini fábrica.....	43
Gráfico 4: Linha de base energética.....	44
Gráfico 5: Pareto de equipamentos avaliados.....	45
Gráfico 6: Distribuição de ocorrências de interrupções e paradas. ..	Error! Bookmark not defined.
Gráfico 7: Comparação do consumo real e calculado.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Indicadores propostos.	36
Quadro 2: Informações operacionais coletadas.	44
Quadro 3: Média dos Indicadores.	46
Quadro 4: Indicadores médios do período.	53

LISTA DE SIGLAS

A	Ampère
ABB	Asia Brown Boveri
ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
CEPAL	Comissão econômica para a América Latina e Caribe
CRISP-DM	Processo padrão de cruzamento industrial de dados para mineração (<i>Cross Industry Standart Process for Data Mining</i>)
DSC	Diálogo semanal de conscientização
EE	Energia Elétrica
EPE	Empresa de eficiência energética
HNP	Horas não produtivas
HP	Horas produtivas
IDE	Indicadores de desempenho energético
IEC	Comissão internacional de eletrotécnica (<i>Internacional Eleetrotechnical Commission</i>)
IP	Protocolo de internet (<i>Internet protocol</i>)
ISO	Organização internacional de padronização (<i>Internacional Organization for Standardization</i>)
LBE	Linha de base energética
OSI	Interconexão aberta de sistemas (<i>Open system interconnection</i>)
PA	Plano de ação
PDCA	Planejar, fazer, conferir, ajustar
PIB	Produto interno bruto
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
QDBT	Quadro de distribuição de baixa tensão
QGBT	Quadro geral de baixa tensão
RTU	Unidade terminal remota (<i>Remote Terminal Unit</i>)
SCADA	Supervisório de controle e aquisição de dados (<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>)
SEU	Uso significativo de energia (<i>Significant Energy Use</i>)
SGE	Sistema de gerenciamento de energia
TC	Transformador de corrente

TCP	Protocolo de controle de transferência (<i>Transfer Control Protocol</i>)
USE	Uso significativo de energia
V	Volt
VA	Volt-Ampère
VCA	Volt em corrente alternada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 CONCEITOS BÁSICOS	16
2.1.1 MULTIMEDIDORES DIGITAIS	16
2.1.2 SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS	18
2.1.3 DIAGRAMA UNIFILAR	19
2.1.4 DIAGRAMA DE PARETO	20
2.1.5 CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA	21
2.1.5.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	21
2.1.5.2 PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	22
2.1.5.3 ISO 50001	23
2.2 TRABALHOS CORRELATOS	24
2.2.1 MOTIVOS PARA IMPLEMENTAR UM SGE	25
2.2.2 DIFICULDADES PARA IMPLEMENTAR UM SGE	26
2.2.3 MÉTODOS DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM SGE	26
2.2.4 BENEFÍCIOS DE UM SGE	28
3 METODOLOGIA	30
3.1 PLANEJAMENTO	31
3.2 EXECUÇÃO	38
3.3 MONITORAMENTO	39
3.4 MELHORIA.....	40
4 ESTUDO DE CASO	41
4.1 PLANEJAMENTO	41
4.2 EXECUÇÃO	47
4.3 MONITORAMENTO	51
4.4 MELHORIA.....	54
4.5 ANÁLISE DE RESULTADOS.....	56
5 CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS	61
APÊNDICE B – DIAGRAMA UNIFILAR DO QGBT	63
APÊNDICE C – QUADRO DE AVALIAÇÃO DE EQUIPAMENTOS	64
APÊNDICE D – DIAGRAMA UNIFILAR DA MINI FABRICA	65

APÊNDICE E – PLANO DE AÇÃO DO SGE	67
APÊNDICE F – REGISTRO DE AUDITORIA.....	68
APÊNDICE G – REGISTRO DE INDICADORES	69

1 INTRODUÇÃO

A utilização de energia transformou a natureza dos processos de manufatura na revolução industrial que ocorreu entre os anos de 1760 e 1840, substituindo bancadas de trabalhos manuais por equipamentos e máquinas. Esse processo contribuiu para o crescimento na demanda de energia, utilidade esta que se tornou primordial para o setor industrial e conseqüentemente para o crescimento econômico mundial. A globalização e terceirização impõe às organizações uma grande competição para garantir a sobrevivência no mercado, ofertando produtos e serviços com preços atrativos. Diante deste cenário de otimização e competitividade, a redução de custos com energia elétrica (EE) nas plantas de manufatura se tornou essencial. (KANNEGANTI et al., 2017)

Conforme o anuário estatístico de 2018 da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o Brasil se manteve entre os dez maiores consumidores de EE do mundo em 2017, com crescimento de 1,2% no consumo. O setor industriário se destaca com quase 36% dos 467,161 GWh consumidos. Para ABESCO (2017), o desperdício com maquinário industrial desatualizado, iluminação, entre outros, chega a 61,7 bilhões de reais em três anos, enquanto que dados estatísticos da comissão econômica para a América Latina e Caribe (CEPAL) classificam o Brasil em 17º colocado no índice de intensidade energética do produto interno bruto (PIB), com o valor de 0,7 milhões de dólares gerados por milhar de barris de petróleo consumidos.

A conservação e eficiência energética não são temas recentes e vêm sendo fomentados pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) desde sua criação em 1985. Diante destas estatísticas, a indústria brasileira precisa desenvolver processos de melhoria contínua para redução de custos através de eficiência energética em suas plantas de manufatura. Uma das soluções praticadas para melhorar o desempenho energético é o estabelecimento de sistemas de gerenciamento de energia (SGE), que propõem o acompanhamento de consumo, desenvolvimento de indicadores, adoção de metas, entre outros, tendo todos estes como requisito comum a necessidade de dados de consumo das instalações. O ideal é a medição de todas as cargas da planta, identificando os equipamentos e processos, assim como a sua contribuição na fatura mensal da unidade. Porém, tal instalação é onerosa e muitas vezes impraticável por falta de infraestrutura.

Este trabalho tem como objetivo analisar uma parcela das instalações dentro de um parque industrial e desenvolver um SGE piloto em conformidade com a norma internacional de padronização de gestão de energia e utilidades, a ISO 50001. Desta forma, o sistema leva os colaboradores a identificar consumos significativos, potenciais de redução de consumo, instalar medição quando necessário, desdobrar indicadores, promover planos de ação, auditar e verificar a sua eficácia, de maneira a auxiliar na priorização de futuros investimentos da área. O objetivo específico é destacar a importância de um SGE diante das organizações, para monitorar a eficiência das instalações e equipamentos, e identificar continuamente novos potenciais de redução no consumo de EE.

O trabalho é dividido em cinco capítulos. A introdução busca trazer uma breve ideia da estrutura e do tema abordado no trabalho. Na revisão bibliográfica são apresentados os conceitos necessários para compreensão do texto desenvolvido e publicações que abordam os assuntos principais, motivando o método proposto. A metodologia apresenta de forma analítica e sistemática o desenvolvimento teórico de um SGE a partir do zero. O estudo de caso evidencia a implementação prática do método proposto, descrevendo a criação de um programa piloto na indústria. Ao final do capítulo é realizada uma análise de todos os resultados obtidos. Por último, a conclusão traz uma síntese dos elementos constantes no decorrer do trabalho, unindo ideias e fechando as questões apresentadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentadas as revisões bibliográficas necessárias para o entendimento deste trabalho, uma vez que engloba os temas de medição de EE, técnicas de gerenciamento, normas internacionais de padronização, teoria de eficiência energética, entre outros, no desenvolvimento do projeto piloto.

2.1 CONCEITOS BÁSICOS

Para ter um melhor entendimento da metodologia proposta se faz necessária a compreensão de alguns conceitos básicos, abordados ao longo desta seção, como instrumentos de medição, diagramas e aquisição de dados de consumo, fundamentais para levantar e representar os dados a serem analisados.

2.1.1 MULTIMEDIDORES DIGITAIS

O multimedidor digital é um instrumento eletrônico de medição de grandezas elétricas preciso, com erro de 0,5% e funcionamento baseado em amostragens de tensão e corrente. Ele digitaliza as grandezas para posterior tratativa matemática com controladores programáveis, cujo resultado da análise permite conhecer os valores de potência aparente, potência ativa, potência reativa, fator de potência, energia, entre outros.

Pela facilidade de uso e instalação, além da possibilidade de armazenar e exportar dados, os multimedidores digitais se difundiram na indústria e são fundamentais para aquisição de dados desta pesquisa. A seguir são especificados ligeiramente os modelos mais utilizados na planta industrial avaliada.

O multimedidor IDM 96 da Asia Brown Boveri (ABB), mostrado na Figura 1, foi desenvolvido para sistemas monofásicos e trifásicos, capaz de medir 56 variáveis elétricas. A sua instalação usualmente é feita em quadros de distribuição de baixa tensão (QDBT), lendo um conjunto de disjuntores e circuitos. (ABB, 2012).

O dispositivo é alimentado por uma entrada auxiliar de até 265 Volts de corrente alternada (VCA), geralmente uma das fases, e consome 6 VA. Sua interligação tem conexão com as 3 fases que são avaliadas, juntamente com 1 TC em cada,

possibilitando medições com classe de precisão de 0,5%. As variáveis de interesse do trabalho são as tensões de fase com neutro, tensões de fase com fase, correntes de fase, potência ativa e reativa, fator de potência e energia consumida. (ABB, 2012).

Figura 1: Multimetro ABB IDM 96.



Fonte: Fabricante ABB. (2012)

Apenas algumas das informações são disponibilizadas no display LED do dispositivo, porém, todas as 56 variáveis são acessíveis através de leitura no buffer de comunicação, cuja interface opcional utiliza protocolo Modbus em camada física TCP/IP ou RS485. (ABB, 2012).

O multimetro ABB Nexus II é um dos sucessores do modelo IDM 96, com funcionamento muito semelhante. O medidor pode ser visto na Figura 2. Nessa versão o fabricante revela que a taxa de amostragem é de 64 pontos por ciclo, informação não disponibilizada em modelos anteriores. (ABB, 2017).

Figura 2: Multimetro ABB Nexus II.



Fonte: Fabricante ABB. (2017)

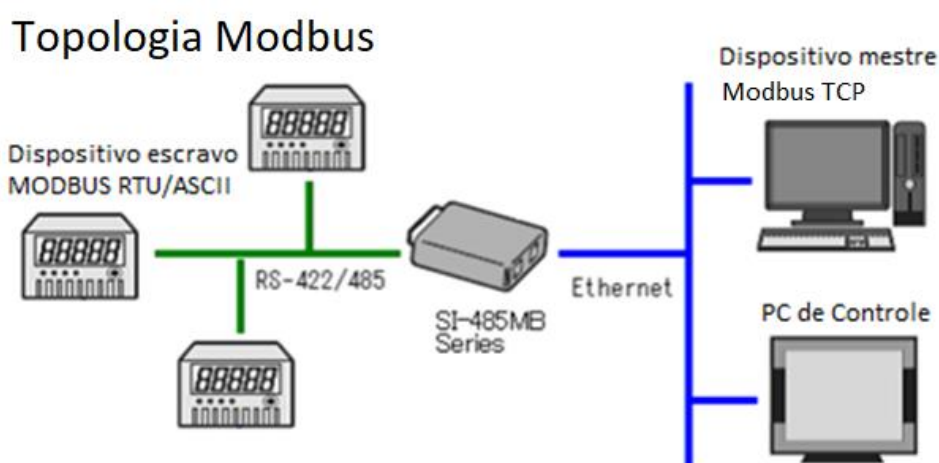
2.1.2 SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Os dados são recursos cada vez mais importantes e fundamentais, em virtude de serem pré-requisitos para análise de cenários, criação de indicadores e tomada de decisão. A seguir se conceituam redes de comunicação e softwares para leitura e armazenamento de dados.

Segundo REYNDERS; MACKAY; WRIGHT (2005), diante da grande proliferação de sistemas fechados de comunicação, a ISO definiu em 1978 um modelo de referência para comunicação entre sistemas abertos, o *Open System Interconnection* (OSI). Este modelo essencialmente padroniza uma estrutura hierárquica para comunicações, sendo base para praticamente todos os protocolos hoje conhecidos.

Para REYNDERS; MACKAY; WRIGHT (2005), o Modbus é um protocolo de comunicação baseado no modelo OSI com camada física RS485 ou TCP/IP, difundido na automação industrial e sendo utilizado por fabricantes de componentes e dispositivos deste nicho de mercado. O protocolo implementa uma arquitetura mestre e escravo, operando com requisição e resposta. Todos os multimedidores referenciados nesta pesquisa têm pré-disposição para operar como escravos RS485, possibilitando o fornecimento de dados para o mestre, que é o supervisor de controle e aquisição de dados (SCADA). A Figura 3 apresenta uma topologia típica, na qual os multimedidores são interligados através de uma rede física serial, se conectando à camada *ethernet* através de um conversor de rede, desta forma transmitindo os dados ao dispositivo mestre.

Figura 3: Topologia típica de Multimedidores.



Fonte: Adaptado do fabricante LINEEYE. (2018).

O SCADA é um sistema combinado de controle supervisorio e aquisição de dados, sendo ele a principal interface entre o ambiente real, de parâmetros físicos do processo, e o ambiente computacional, que é digital. Em aplicações industriais, a aquisição de dados para monitoramento e controle do processo deve ser feita em tempo real, ou seja, dentro de uma janela de tempo aceitável. Monitora-se o estado de sensores que medem variáveis interessantes do processo, a fim de gerar alarmes e armazenar dados para posterior análise ou diagnóstico. (RIBEIRO, 2001)

A aplicação geralmente dispõe de um conjunto de telas, onde o usuário pode visualizar o processo com diferentes níveis de detalhamento, desde o status de uma válvula até uma visão geral de todo o sistema. Além da coleta de dados, é possível realizar atuações de válvulas, motores, alterar parâmetros de processo, realizar cálculos matemáticos, gerar relatórios e gráficos. (RIBEIRO, 2001)

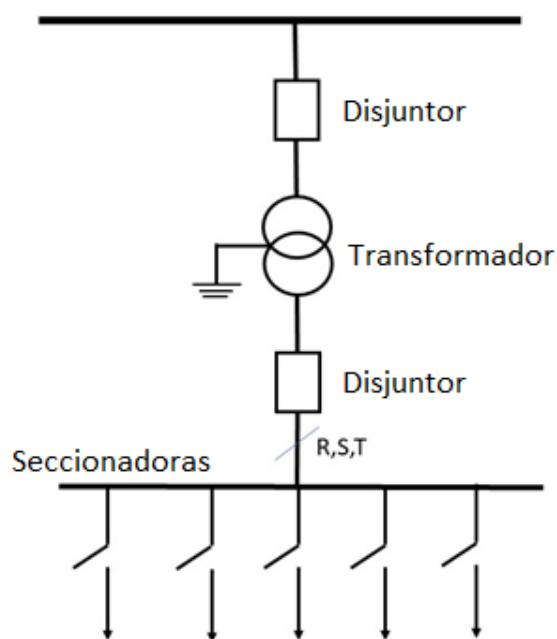
Uma aplicação SCADA possibilita transformar um microcomputador em um mestre Modbus, comunicando com uma série de medidores escravos, coletando dados, armazenando em um banco de dados e posteriormente permitindo a sua análise através de relatórios e gráficos.

2.1.3 DIAGRAMA UNIFILAR

Os sistemas elétricos trifásicos são constituídos de três linhas de potência, conectando cada uma das fontes associadas, com mesma amplitude de tensão e ângulo de fase de 120 graus, a sua respectiva carga. Em sistemas desequilibrados a corrente elétrica comumente não tem valores iguais de amplitude. Visto que as fases são semelhantes, pode-se desenhar diagramas de sistemas trifásicos de maneira mais simplificada utilizando apenas uma linha para representar as três fases do sistema de potência real. Os desenhos que utilizam desta técnica são denominados diagramas unifilares. (CHAPMAN, 2012)

Estes diagramas unifilares são mais compactos e representam perfeitamente as interconexões do sistema. A Figura 4 apresenta um exemplo deste diagrama, que tipicamente incluem todos os componentes de um sistema, tais como geradores, transformadores, linhas de transmissão, cargas, proteções, entre outros. Informações como nível de tensão, tipo de conexão, potência, nível de curto circuito, entre outros, também são apresentadas no diagrama. (CHAPMAN, 2012)

Figura 4: Exemplo de diagrama unifilar.



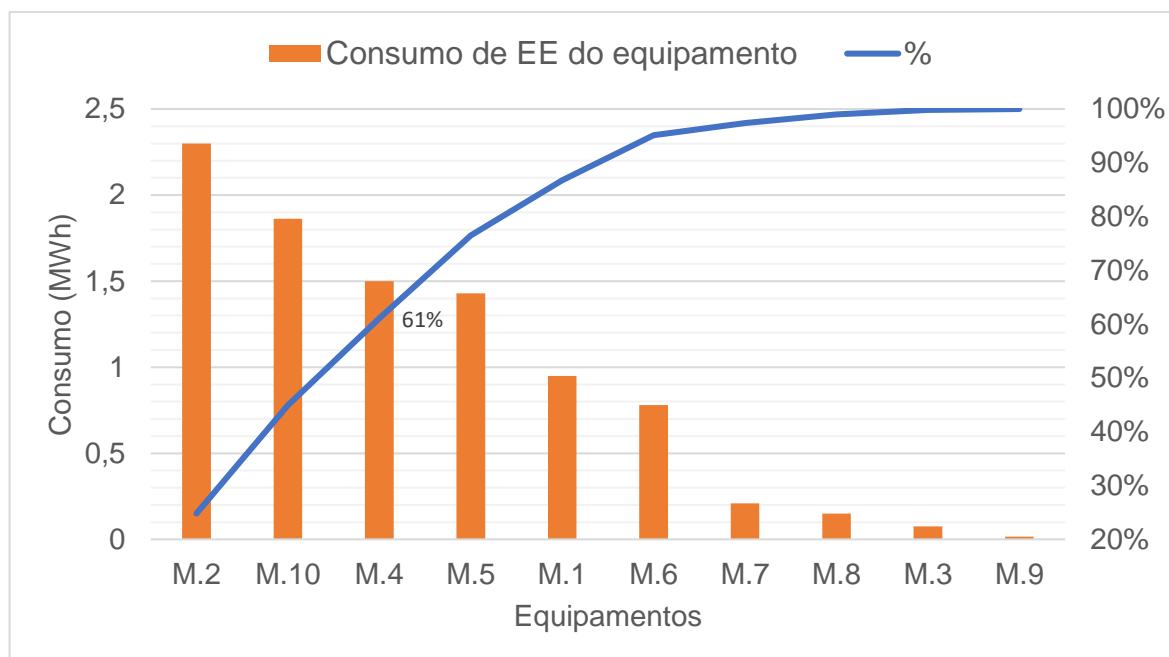
Fonte: Elaborado pelo autor.

2.1.4 DIAGRAMA DE PARETO

O gráfico de Pareto recebeu este nome em homenagem a um economista Italiano que formulou a teoria de que, em algumas economias, grande parte da riqueza pertence à minoria da população. Desta forma, a tese recebeu o seu nome, sendo conhecida como o princípio de Pareto. (HINES et al, 2006)

Segundo HINES et al (2006), o diagrama indica, através de barras, a frequência de ocorrências ou magnitude de dados no eixo vertical e as categorias de classificação deles no eixo horizontal. É muito importante que as categorias estejam ordenadas de maneira decrescente pelo seu valor numérico, ou seja, o valor mais representativo fica à esquerda, seguido pelo segundo maior, e assim por diante. Além das barras ordenadas, o diagrama recebe uma linha sobreposta chamada de percentil, que representa o quanto a soma, acompanhando o decréscimo das barras, representa percentualmente no total do conjunto de dados.

Figura 5: Exemplo de diagrama de Pareto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

HINES et al (2006) também destacam que a ferramenta é muito útil na análise de diversos conjuntos de dados e em processos de tomada de decisão ou gestão da qualidade, uma vez que realça as categorias mais impactantes do todo, facilitando a priorização de problemas, visualização de lucros de um conjunto de modelos, entre outros. A Figura 5 traz um exemplo deste diagrama, no qual se identifica os equipamentos com maior custo do exemplo, e se compreende, por exemplo, que 3 equipamentos representam 61% do consumo total do cenário.

2.1.5 CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Segundo SANTOS et al. (2006), a conservação de energia se trata de um conceito socioeconômico que visa adiar investimentos futuros na expansão da matriz energética do país, através da remoção do desperdício no sistema. Este entendimento se apoia em duas ferramentas, a mudança cultural de hábitos e a eficiência energética.

2.1.5.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A essência da eficiência no âmbito da energia é o desenvolvimento de um determinado trabalho, seja ele uma instalação ou equipamento, com redução

significativa no consumo de energia sem comprometimento da entrega final. Estas reduções são alcançadas por intermédio de novas técnicas e tecnologias, e são aplicados à iluminação, motores, processos de refrigeração, processos de aquecimentos, entres outros. Buscando atingir todos os tipos de consumos energéticos que podem ser encontrados em um parque industrial. (SANTOS et al. , 2006).

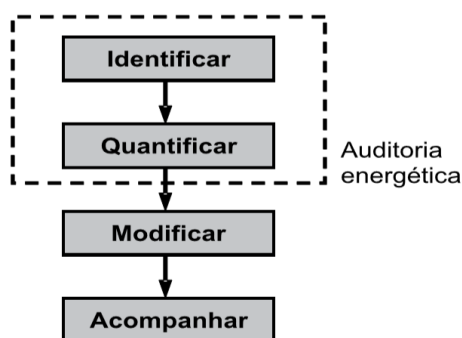
2.1.5.2 PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O programa de eficiência energética, para SANTOS et al. (2006), é um modelo de gerenciamento do uso e consumo de energia em uma organização, que emprega os conhecimentos de engenharia, economia e administração nas instalações, sistemas, equipamentos e processos, com a finalidade de identificar perdas, quantifica-las e propor ações para reduzi-las. O produto para o qual um parque industrial é projetado define seus processos e instalações, fazendo com que sejam muito diversificados. Desta forma, a implementação de um gerenciamento tem de recorrer a um método abrangente, que possibilite a execução em qualquer local que se julgar necessário.

Basicamente, deve ser conduzido um estudo, ou uma auditoria energética, analisando sistematicamente os fluxos de energia com a finalidade de discriminar perdas e conseguir responder a três perguntas que SANTOS et al. (2006, p.157) propõem, “Quanta energia está sendo consumida? Quem está consumindo? Como se está consumindo energia, com qual eficiência?”. Quando deparadas com este questionamento, a grande maioria das organizações consegue responder apenas a primeira pergunta, carecendo de dados para fundamentar as demais respostas.

Para que seja possível responder aos questionamentos de SANTOS et al. (2006, p.157), é necessário levantar dados da planta, caracterizar os consumos energéticos com base no fluxo de materiais e produtos, avaliar perdas e estudar alternativas para reduzir o consumo. A Figura 6 apresenta o processo proposto por SANTOS et al. (2006), constituído de quatro etapas e necessitando do acompanhamento e gerenciamento contínuo por profissional capacitado, comumente utilizando indicadores para realizar comparações ao longo do tempo.

Figura 6: Etapas do programa de eficiência.



Fonte: SANTOS et al. (2006, p.157)

2.1.5.3 ISO 50001

A *International Organization for Standardization* (ISO) é uma organização independente, não governamental e internacional com adesão de mais de 164 órgãos de normatização. Ela busca desenvolver e publicar padrões internacionais para compartilhar conhecimentos, consensos relevantes e apoiar inovação e soluções com caráter global.

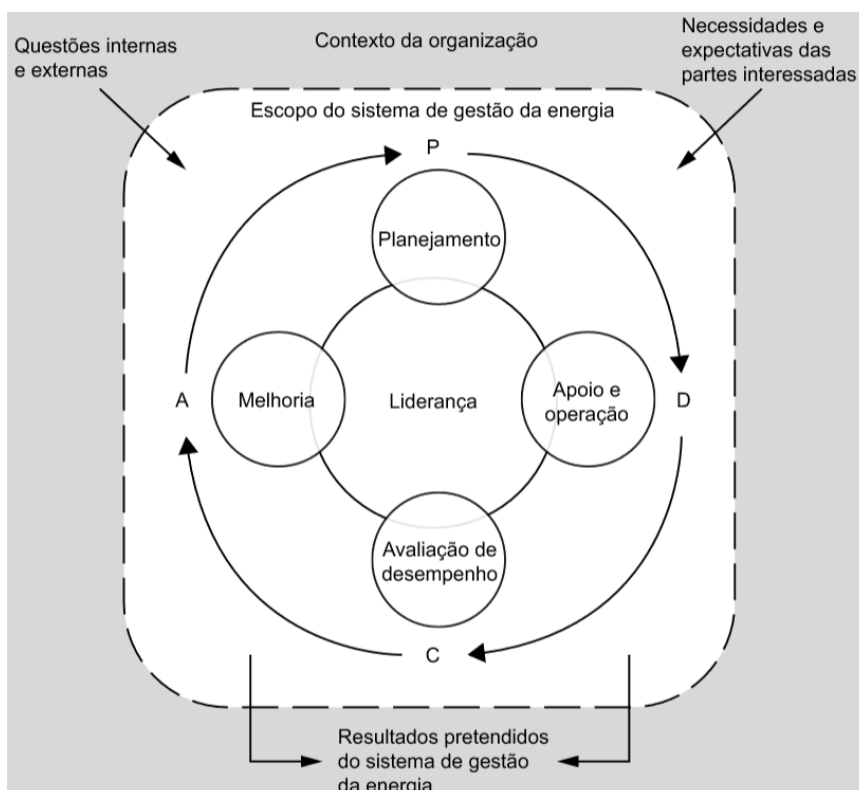
A ISO 50001 de Sistema de Gerenciamento de Energia, é baseada no modelo de gestão de melhoria contínua e ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA). O documento teve sua última revisão em 2018 e objetiva auxiliar as organizações a estabelecer, implementar, manter e melhorar seu desempenho energético através de um sistema de gerenciamento orientado por dados e fatos, proveniente de medições comparáveis ao longo do tempo. (ISO, 2018).

Para implementar esse modelo deve-se formar um time de gerenciamento, definir políticas de energia, tais como intenções, direções e compromimentos, envolvendo a alta direção da organização de maneira a prover autoridade e recursos necessários à equipe. Estes colaboradores deverão desenvolver e operacionalizar o SGE baseado nas quatro etapas do ciclo PDCA. (ISO,2018).

Estas etapas são ilustradas na Figura 7, onde a primeira é a de Planejar, composta da formação do time, estabelecimento de políticas, estudos de levantamentos de dados, avaliação energética, identificação de uso significativo de energia (USE), definição de indicadores de desempenho energéticos (IDE) e linhas de bases energéticas (LBE). A consolidação da etapa ocorre quando os objetivos, metas e ações necessárias para atingir o resultado ficam claros. A segunda etapa é a de Executar, na qual são implementadas as ações definidas anteriormente pela

equipe. A terceira etapa é a de Monitorar, onde a implementação é medida através de auditorias, novos estudos são conduzidos para atualizar os IDE e aferir a efetividade do sistema. A partir destes, prospecta-se o surgimento de não conformidades e novas propostas de correções ou aumento de eficiência, caracterizando-se como a quarta etapa, a Melhoria, na qual o ciclo se reinicia.

Figura 7: Ciclo PDCA proposto pela ISO 50001.



Fonte: ISO 50001 (2018)

2.2 TRABALHOS CORRELATOS

Este subcapítulo aborda os principais assuntos com relação ao trabalho, visto que os conhecimentos necessários para o entendimento foram revisados anteriormente. Os casos apresentados serviram como base para o desenvolvimento do método, levando em consideração os motivos, dificuldades e benefícios obtidos por outros autores com a implementação de um SGE, revisando métodos e lições aprendidas com todos estes trabalhos correlatos.

2.2.1 MOTIVOS PARA IMPLEMENTAR UM SGE

Para que seja possível responder aos três questionamentos feitos por SANTOS et al. (2006), os autores sugerem estudos e avaliações, seguidos da necessidade de um gerenciamento energético contínuo através de profissionais qualificados. Da mesma forma, a ISO 50001 e todos os padrões que à antecederam, procuram compartilhar conhecimentos e práticas com o mundo em prol de um uso mais eficiente da EE. Mas o que de fato leva as organizações a buscar este conhecimento e empenhar tempo e esforço na implementação de um gerenciamento de energia?

MARIMON; CASADESUS (2017) concluíram através de um questionário, no qual 57 empresas espanholas certificadas pela ISO 50001 responderam voluntariamente, que seus principais motivos em implementar um SGE e buscar a certificação eram obter vantagem competitiva, melhorar eficiência energética, conscientizar funcionários sobre o consumo, o aumento no preço da EE e a melhoria da imagem da empresa. Já KANNEGANTI et al. (2017), acreditam que avaliações e estudos energéticos em uma unidade produtiva, com a posterior efetivação das recomendações que surgem de tais iniciativas, tem o potencial de redução de até 15% do total de energia consumida.

Ainda que uma organização compreenda os motivos para implementar um gerenciamento contínuo, porém, não tenha como prover os investimentos necessários para a certificação, o padrão pode ser utilizado pelos benefícios que o sistema traz para a organização. KANNEGANTI et al. (2017) afirmam que a ISO 50001 guia a organização a desenvolver e implementar uma política para encontrar áreas de consumo significativo de energia e adotar ações para redução, atendendo a um grande número de requisitos.

De forma similar, VELÁZQUEZ et al. (2012) compreendem que a prática de um SGE é o método com melhor custo benefício e garantias de atingir melhorias em eficiência energética. No caso específico de indústrias de refinaria de petróleo, ele acredita ter potencial de até 20% de economia através da implementação do SGE.

Portanto, com base nas opiniões e dados das referências citadas, conclui-se que a prática do gerenciamento contínuo de EE é válida e futuramente será essencial para a indústria, assim como para o comércio e demais setores.

2.2.2 DIFICULDADES PARA IMPLEMENTAR UM SGE

Outros aspectos relevantes a serem analisados são as dificuldades que as equipes responsáveis pela implementação de um SGE encontrarão, em virtude de ser uma prática ainda não fomentada em suas corporações.

MARIMON; CASADESUS (2017) identificaram em sua pesquisa que as principais dificuldades para implantar um SGE foram operacionais e organizacionais. Os obstáculos operacionais eram compostos pela necessidade de ferramentas para medição contínua e a complexidade dos dados obtidos. Já os contratempos organizacionais foram a falta de investimentos, a mudança de hábitos e a incerteza dos benefícios.

No caso da Toyota SA, segundo WESSELS (2011), uma das maiores oposições à implementação do SGE, conforme a ISO 50001, também foram os costumes dos colaboradores, que tiveram objeções em compreender que a redução no custo de energia não necessariamente impacta em segurança, qualidade ou tempo de produção. Outro aspecto foi a dificuldade técnica e de infraestrutura para instalar um sistema de medição em tempo real. Uma vez que a medição está concretizada, não se deve definir a linha de base energética sem que se identifiquem todas as variáveis de consumo. Ambos os aspectos reafirmam as observações de MARIMON; CASADESUS (2017).

Diante destas considerações, os dois pilares da conservação e eficiência de SANTOS et al. (2006), a mudança cultural e a necessidade de tecnologia, acabam se relacionando com os desafios que as organizações encontram na elaboração de um SGE.

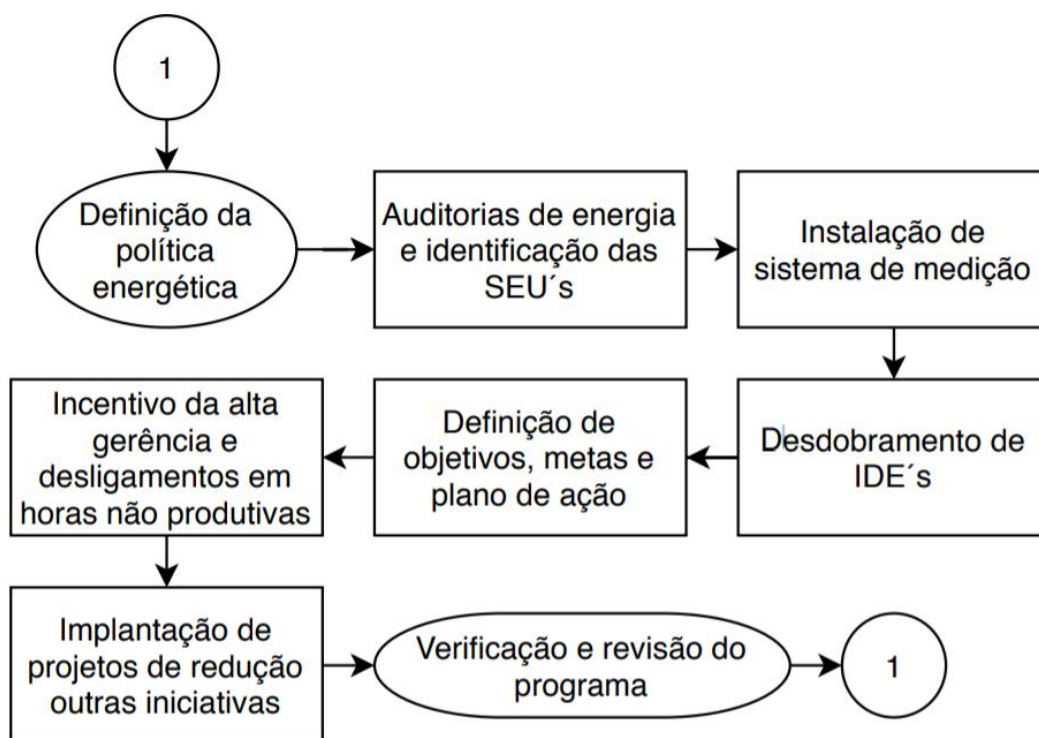
2.2.3 MÉTODOS DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM SGE

Conforme revisado na seção 2.1.5.2, é o produto fim que define os processos, sistemas e conseqüentemente arranjo de equipamentos e instalações de uma unidade industrial. Esta diversidade traz complexidade no desenvolvimento de uma análise e na implementação de um SGE, já que isso requer conhecimento das despesas e variáveis que afetam o consumo de EE.

Com a análise do infográfico de NCPC (2013), a respeito do caso Toyota AS de 2011, verifica-se a definição de uma política de investimentos com retorno inferior a 2

anos, que sucedeu em mais de 55 iniciativas de otimização descentralizadas. A média de retorno destas iniciativas foi de 1,09 anos. A Figura 8 explana o passo a passo da estratégia adotada pela empresa e motivo ao qual decidiram criar um departamento de gerenciamento energético. O departamento era composto por 1 gerente e 4 engenheiros, divididos de acordo com a perícia em determinadas áreas do negócio. Na Figura 8, foram organizados os oito passos da estrutura que a Toyota implementou. Inicialmente foi definida a política energética da organização, seguida de auditorias e identificação de cargas significativas, instalação de sistema de medição, desdobramento de indicadores energéticos, definição de objetivos, metas e plano de ação. Compreende-se que estas 5 etapas se assemelham a ações descritas no planejamento da ISO50001, seguido da execução do plano de ações com apoio da alta gerência, execução de melhorias e revisão do programa.

Figura 8: Método utilizado na Toyota SA em 2011.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de documento da NCPC (2013).

No caso de DERU; FIELD (2014), propõem-se uma aproximação ao método da ISO 50001, destacando-se a importância de utilizar efetivamente assistência técnica, consultorias e treinamentos para capacitar os colaboradores em gerenciamento de EE. Também se indica uma execução prática de ações, deixando as etapas de documentação em segundo plano, de maneira a garantir primeiro o retorno

econômico. Visto que a iniciativa sucede em prédios comerciais, o escopo do SGE teve que ser cuidadosamente definido considerando a estrutura da organização e um nível de aplicação tangível. Por último, destaca-se a relevância de manter os gerentes e proprietários informados a respeito do progresso e resultado das iniciativas.

A pesquisa de VELÁZQUEZ et al. (2012) utiliza a técnica *Cross Industry Standart Process for Data Mining* (CRISP-DM), de mineração de dados para compreender, processar, modelar e desdobrar ações. Porém, tem como requisito massivas quantidades de dados de medição das instalações e processos para aplicar a estratégia. O caso destaca a importância de conhecer os fatores que influenciam no consumo, classificando-os como internos e externos.

Outro aspecto significativo é a demonstração de que todas as ações tomadas para reduzir o consumo de energia estão gerando resultado e justificando os investimentos. Portanto, nenhuma melhoria deve ser implementada antes da definição da linha de base, facilitando a posterior identificação de economias.

Outro entendimento que VELÁZQUEZ et al. (2012) destacam, é que alertar os funcionários a respeito de uma performance ruim tem eficácia, visto que eles serão capazes de identificar os desperdícios em sua rotina e discriminá-los ou corrigi-los. Já para KANNEGANTI et al. (2017), é importante desenvolver práticas para equipamentos, sistemas e processos economizarem energia, além de identificar pessoas que efetivamente contribuem para a performance energética.

Diferente dos demais autores, KANNEGANTI et al. (2017) não realizaram nenhuma implementação prática, se limitando a uma revisão completa de métodos de avaliação e gerenciamento energético. Propõem-se fluxos de inspeções energéticas das corporações, procedimentos nos quais se caminha pelas instalações e aferem-se equipamentos elétricos. Também reafirma-se o valor de uma boa identificação de todas as variáveis de consumo, para ter maior assertividade na definição dos IDE e LBE.

2.2.4 BENEFÍCIOS DE UM SGE

Além das motivações que levam as organizações a elaborar um SGE, as dificuldades encontradas e os métodos revisados, entende-se que a compreensão dos

principais benefícios resultantes do gerenciamento contínuo do recurso em questão também se fazem relevantes para a contextualização deste trabalho.

Dentre as empresas que responderam os questionamentos de MARIMON; CASADESUS (2017), os principais privilégios são ecológicos, com a redução do impacto ambiental e a conscientização dos colaboradores, e operacionais, com a diminuição no consumo de energia e otimização do processo. Para VELÁZQUEZ et al. (2012), a iniciativa executada em uma planta de refinaria de *Naphtha*, onde se identificou um potencial de redução de 9,5 GWh anuais, foi atingida uma economia de 2,82 GWh no primeiro ano, quase 7% do dispêndio da planta. Segundo WESSELS (2011), o programa implantado na TOYOTA AS, da África do Sul, atingiu economia próxima de 1,3 milhões de reais na moeda local em dois anos, fazendo com que os investimentos tivessem retorno em 1,09 anos.

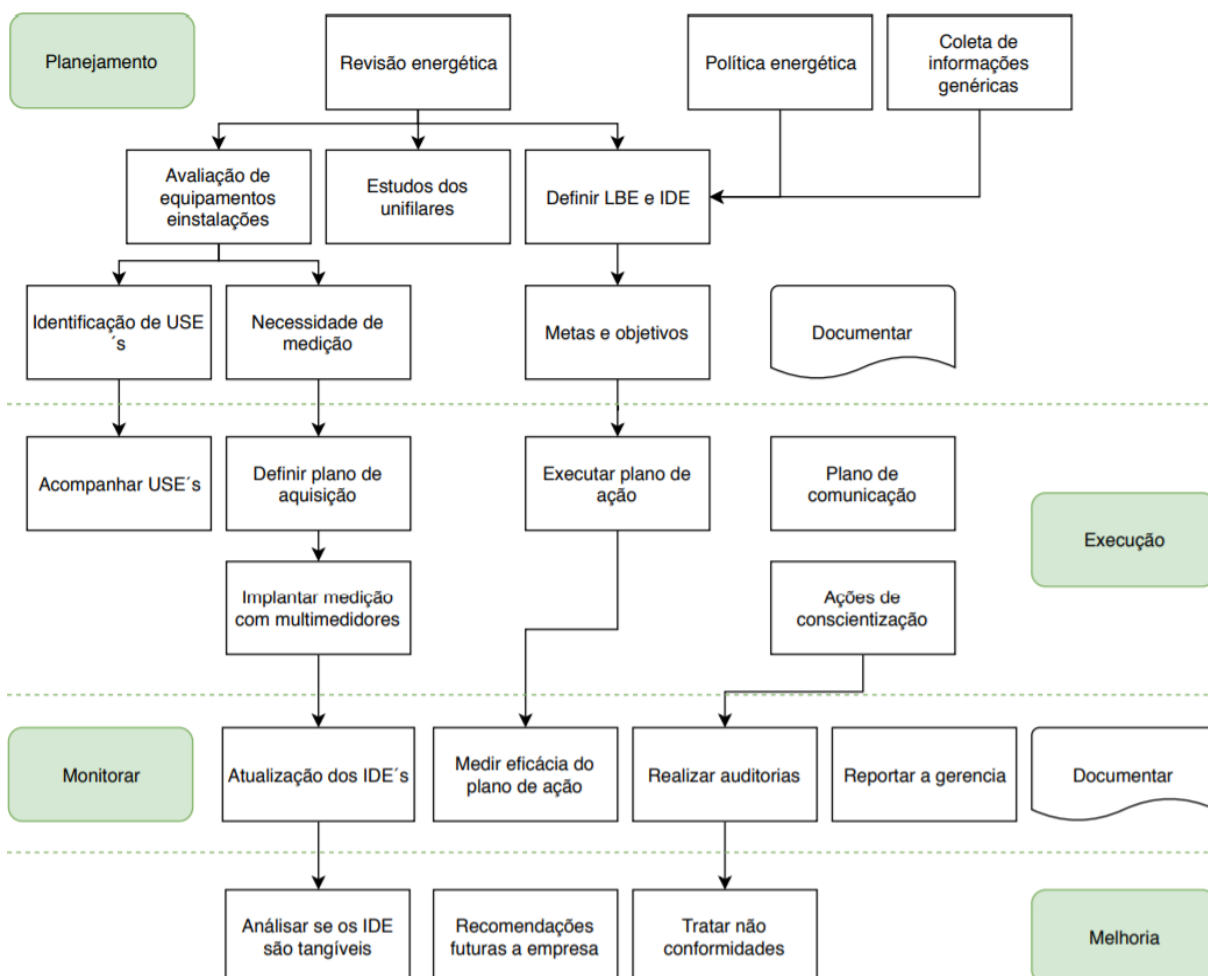
Além dos retornos financeiros, DERU; FIELD (2014) fomentam que os SGEs entregam também um comportamento novo e incrementam o conhecimento das entidades. Os participantes do projeto piloto em prédios comerciais notaram avanços nas conexões intraorganizacionais, interesse dos gerentes pela melhoria contínua, aumento do consumo consciente, identificação de falhas nas práticas atuais, economia de energia e maior consideração pela mesma em tomadas de decisão.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentadas as etapas necessárias para o desenvolvimento do método de implementação de um SGE, incluindo todas as análises essenciais para o planejamento e posterior sequência do projeto piloto. Para melhor compreensão de todas as atividades elementares de cada etapa, os passos da implementação foram organizados em um fluxo completo que pode ser visualizado na Figura 9. As explanações dos passos são encontradas no decorrer do texto.

Conforme explicado na seção 2.2.3, a elaboração de um SGE é única para cada conjunto de processos, sistemas, equipamentos e instalações de um parque industrial. A partir disto foram revisados métodos já utilizados em implementações correlatas, cujo funcionamento trouxe economia comprovada, destacou-se aspectos considerados importantes e o padrão PDCA apresentado pela ISO 50001.

Figura 9: Fluxograma completo do método.



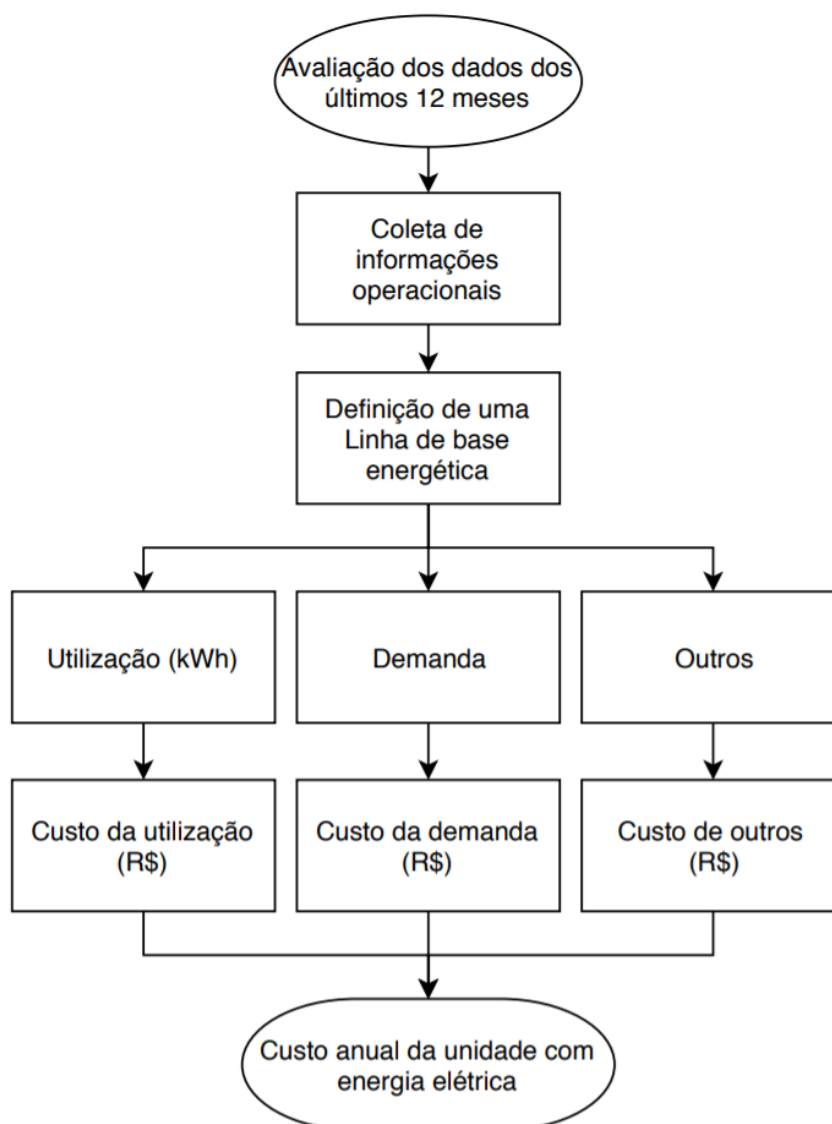
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1 PLANEJAMENTO

Inicialmente, o SGE de uma organização precisa da definição das políticas energéticas, delimitando escopo, fronteiras, retorno de investimentos, equipe de gestão e os recursos necessários, posteriormente documentando estas decisões.

Subsequente a definição da política, vem a revisão energética. O fluxo desta etapa é ilustrado na Figura 10. Inicialmente se deve tomar conhecimento do histórico de consumo, demanda e custo de EE dos últimos doze meses, o que pode ser consultado através da fatura mensal enviada pela concessionária que fornece energia para a unidade.

Figura 10: Fluxo de revisão administrativa.



Fonte: Adaptado de KANEGANTI et al. (2017)

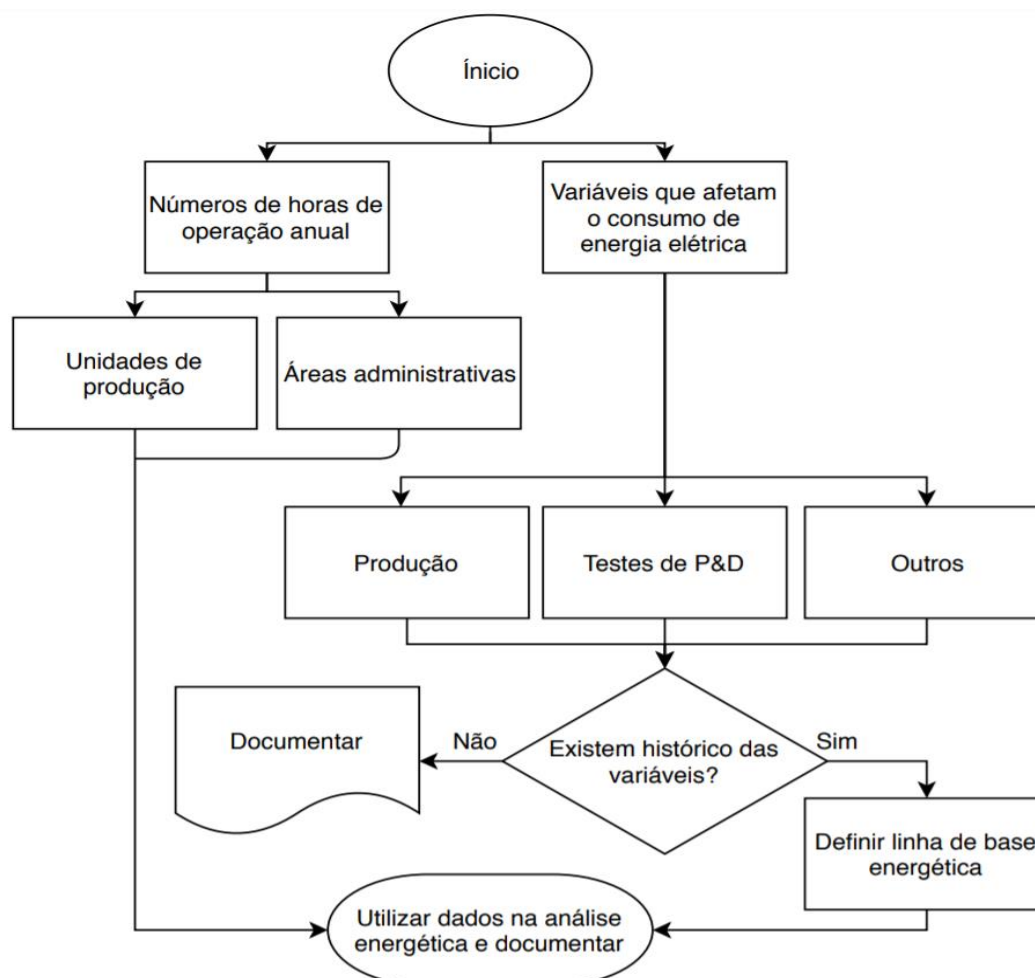
Quando a delimitação do sistema é restrita apenas a uma parcela das instalações, o histórico deve ser construído através de medição auxiliar ou cálculos. A utilização da ferramenta de cálculo serve para encontrar a fração do consumo total que a parcela de interesse representa, sendo necessário verificar através do diagrama unifilar a carga instalada e a total da unidade, posteriormente utilizando a Equação 1 para encontrar o resultado.

$$\text{Consumo}_{\text{parcela}} = \text{Consumo}_{\text{total}} \times \frac{\text{Carga instalada}_{\text{parcela}}}{\text{Carga instalada}_{\text{total}}} \quad (1)$$

A partir do histórico de dados levantados, a equipe estuda o perfil de consumo, compreendendo sazonalidade, demanda em horário de ponta e fora ponta, e outras características. Tal identificação auxilia na elaboração de um plano de ação condizente e efetivo com o processo da unidade.

A Figura 11 apresenta um fluxo para execução de uma coleta de informações operacionais cuja conclusão vai ao encontro da Figura 10.

Figura 11: Fluxo de coleta de informações genéricas



Fonte: Adaptado de KANEGANTI et al. (2017)

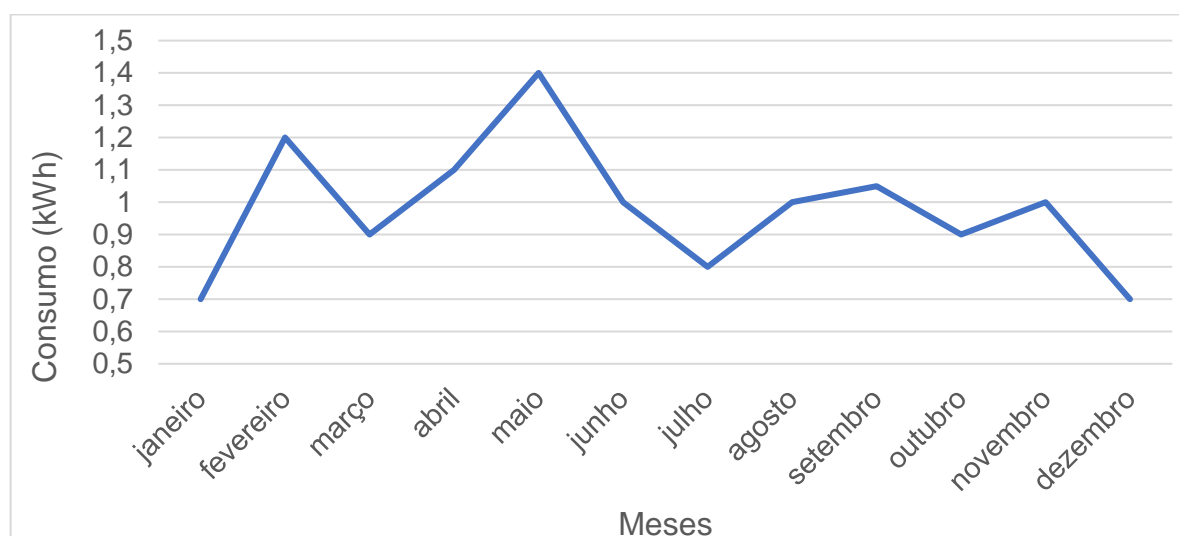
A coleta de informações operacionais consiste na coleta de dados necessários para a definição da linha de base energética, tais como horas de operação anual das áreas administrativas, das áreas produtivas, horas não produtivas (HNP), volumes de produção dos últimos meses, volumes planejados para os próximos meses, variáveis que influenciam direta ou indiretamente no consumo e uso de EE e indicar a necessidade de documentação destas variáveis, quando um histórico não estiver disponível.

Com as informações coletadas, obtém-se os valores de consumo e produção do último período. Elas possibilitam calcular o consumo médio de EE por peça ou unidade padrão, no caso de diversos produtos. Uma vez que os volumes de produção planejados são conhecidos, e tem-se o custo médio por peça, calcula-se os dispêndios futuros mensais com EE utilizando a Equação 2.

$$\text{Consumo}_{LBE} = \text{Volume de produção} \times \frac{\text{Consumo últimos 12 meses}}{\text{Produção últimos 12 meses}} \quad (2)$$

O resultado deve ser apresentado graficamente e utilizado como referência, para compreender o consumo e uso esperado no próximo período, conforme exibido no exemplo do Gráfico 1. Além de viabilizar a compreensão do consumo e do uso de EE esperados, a forma gráfica também ajuda na visualização de mudanças ocasionadas no decorrer dos trabalhos do PA. É interessante sempre trabalhar com consumo em kWh, uma vez que o custo pode oscilar em função da flutuação da tarifa de EE e mascarar a análise do resultado do SGE, cujo foco é redução de consumo energético.

Gráfico 1: Exemplo de linha de base energética.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A revisão energética também contempla a compreensão do conjunto de equipamentos, sistemas, processos e máquinas que compõem a planta. Com o estudo do diagrama unifilar, toma-se conhecimento de cargas instaladas e sistemas atuais de medição, quando existentes. Soma-se a esta exploração, a avaliação de todos os equipamentos e máquinas elétricas, a fim de identificar os USEs e potenciais significativos de redução de uso e consumo de EE.

Uma vez que a USE se trata apenas de um conceito, não existe um método definido e exato para tal classificação. Para este SGE definiu-se o uso de uma ferramenta visual para auxiliar na compreensão do consumo das cargas: o Diagrama de Pareto. Através desse diagrama, pode-se visualizar não apenas o valor individual, mas também a composição percentual dentro do cenário global de cargas instaladas. A partir deste, a equipe deve definir um critério de corte baseado nas condições atuais, tais como instrumentos de medição disponíveis, disponibilidade de homem hora, potenciais de economia, entre outros.

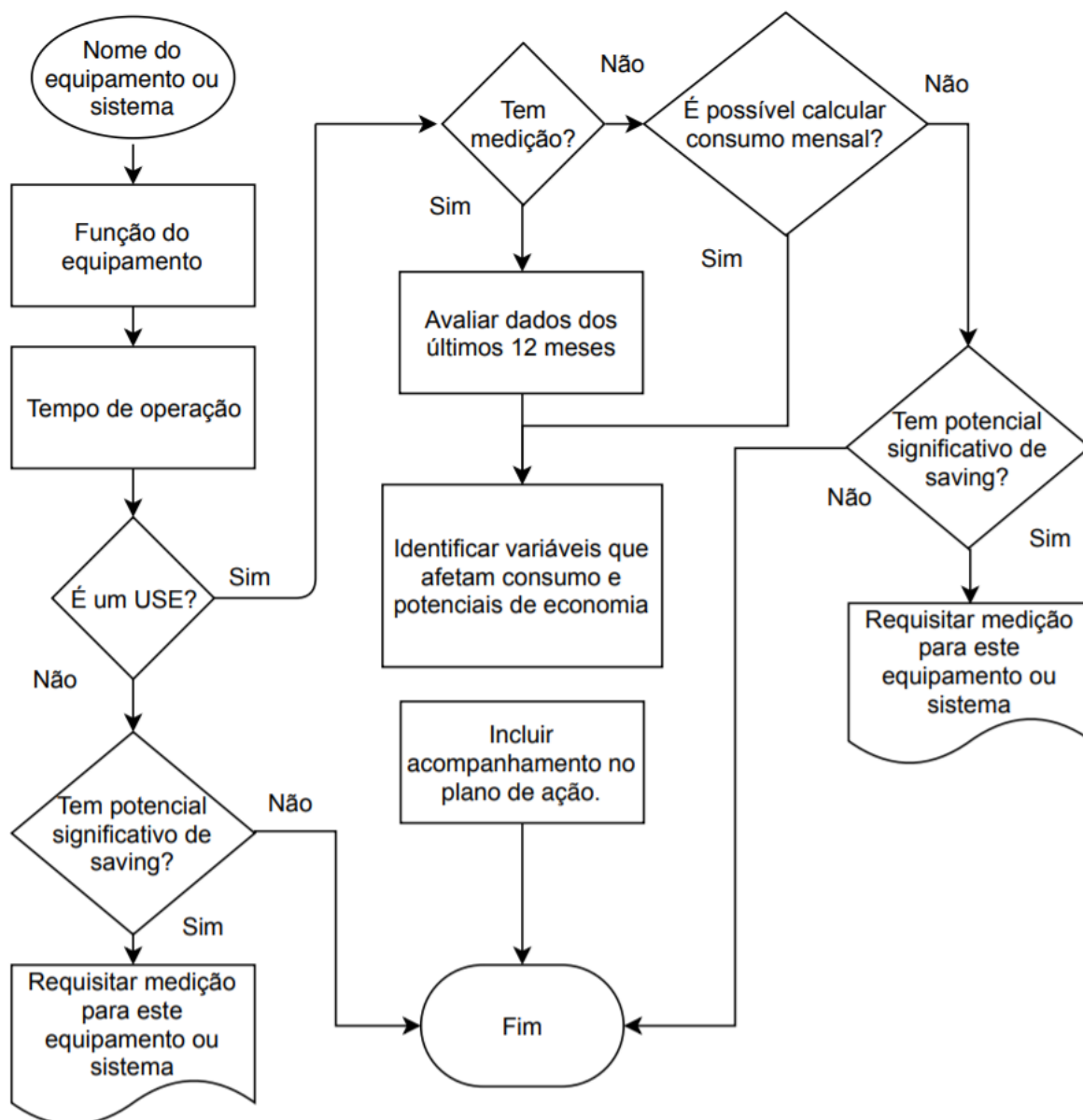
Depois que o critério for desenhado e as USEs definidas, deve-se instalar imediatamente os instrumentos de medição, com o equipamento ou verba de investimento disponíveis, para que se possa seguir para as próximas etapas.

Com o domínio do time sobre o diagrama unifilar, além do Pareto desenvolvido, deve-se conhecer todas as cargas, assim como as suas funções dentro do processo, o período de operação e caso não seja uma USE, documentar as oportunidades de melhoria existentes para instalação futura de medição. Caso seja uma USE com medição, avalia-se o histórico de consumo da mesma maneira que o setor em análise, calculando a LBE, identificando variáveis de consumo, para iniciar imediatamente o plano de ação e acompanhar os resultados.

Quando a USE não tiver medição, mas o processo é bem definido e temos como calcular o seu consumo, realiza-se o mesmo procedimento que a USE com medição. Na hipótese de não ser possível calcular o consumo e ela apresentar potencial significativo de redução, o primeiro e mais comum dos problemas de uma organização, documenta-se a requisição de medição futura para a carga quando novos investimentos estiverem disponíveis. Todo este fluxo pode ser verificado na Figura 12. Em consequência da execução destes passos, gera-se um relatório para a alta gerência apresentando o cenário atual, de todas as cargas significativas, LBE identificadas e as necessidades de investimentos identificadas. (KANEGANTI et al., 2017).

O próximo passo, uma vez se tem posse dos dados, é a criação dos IDE, essencialmente em acordo com a política energética definida e tangíveis ao processo, definição do método e intervalos de atualização, metas, objetivos e a organização do plano de ação.

Figura 12: Fluxo de avaliação para equipamentos elétricos



Fonte: Adaptado de KANEGANTI et al. (2017)

Neste trabalho são propostos alguns indicadores básicos, o que não impede ao time o desenvolvimento de itens mais específicos para as cargas em observação. Os indicadores propostos são baseados nos dados coletados anteriormente, verificando consumo por ciclo padrão de produção, custo por ciclo padrão de produção, consumo

em horas produtivas (HP), consumo em horas não produtivas, desperdício por ineficiência e o indicador de retorno financeiro. O método de cálculo dos indicadores pode ser verificado no Quadro 1. O indicador que representa o desperdício provavelmente será o que mais chama atenção, pois é ele que mensura a perda de EE, cujo comportamento esperado são valores inicialmente altos e que tendem a diminuir com o tempo, visto que a cada ciclo a planta ficará mais eficiente. Indiretamente, o indicador reflete a eficiência do SGE. Além disso, ele também servirá para dar origem ao indicador de retorno financeiro, que mensura a redução no desperdício, apresentando como economia ou ganho financeiro.

Além destes, também deverá ser criado um indicador de eficiência de equipamentos similares, originado da comparação dos resultados obtidos por consumo de ciclo padrão. Para este indicador, apenas é observado aquela cuja economia se destaca e é calculado em percentual a diferença de consumo em relação aos outros, onde quanto maior for o percentual, maior é a ineficiência. Desta maneira, são destacados os desperdícios e somados, para uso no respectivo indicador.

Por fim, com todos os indicadores determinados, a equipe deve definir os intervalos de medição, lembrando que quanto menor, maior será a quantidade de dados para analisar. Pelo estudo de caso se tratar de algo novo na organização e algumas informações não se tinha precedente, definiu-se a coleta de dados integralizados uma vez ao dia, bem como a atualização semanal de todos os indicadores.

Quadro 1: Indicadores propostos.

Indicador	Método de cálculo	Unidade
Consumo por ciclo padrão de produção.	$IDE^1 = \frac{\sum \text{Energia Consumida em HP}}{\text{Volume produzido}}$	kW / peça
Custo por ciclo padrão de produção	$IDE^2 = \frac{\sum (\text{Energia Consumida em HP}) * \text{Custo kW}}{\text{Volume produzido}}$	R\$ / peça
Consumo em horas não produtivas	$IDE^3 = \sum \text{Energia consumida em HNP}$	kW
Desperdício por ineficiência	$IDE^4 = \sum (\text{Consumo ciclo}_{dia} - \text{Consumo de ciclo}_{média}) * \text{Custo kW}$	kW
Desperdício total	$IDE^5 = IDE^3 + IDE^4$	kW

Retorno financeiro acumulada	$IDE^6 = \sum (Energia\ não\ consumida) * Custo\ kW$	R\$
------------------------------	--	-----

Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste ponto do ciclo, acredita-se que benéfico coletar os dados energéticos por um período de pelo menos duas semanas, atualizando os indicadores e observando atentamente o processo. Este intervalo, somado a todos os potenciais de redução de consumo identificados anteriormente, deve auxiliar na definição de metas mais tangíveis para todos os IDEs.

Da mesma forma que o critério de avaliação das USEs, a definição de metas não é uma ciência exata, e deve ser analisada a cada caso. Embasado nos resultados dos trabalhos correlatos, onde KANENGANTI et al. (2017) demonstra que é possível obter um retorno de 15% de economia em EE no primeiro ciclo, e VÉLAZQUEZ et al. (2012) teorizam ser possível atingir até 20% de economia, porém, na prática obtiveram retornos de 4% a 7% por ciclo nos seus casos. Desta forma, definiu-se uma meta de redução de 5% para todos os indicadores. Por fim, o programa deve definir um objetivo geral, suportado pelas metas dos indicadores, como por exemplo, uma determinada quantia de economia, acordada com a alta gerência, para manter o programa ou conseguir mais investimentos.

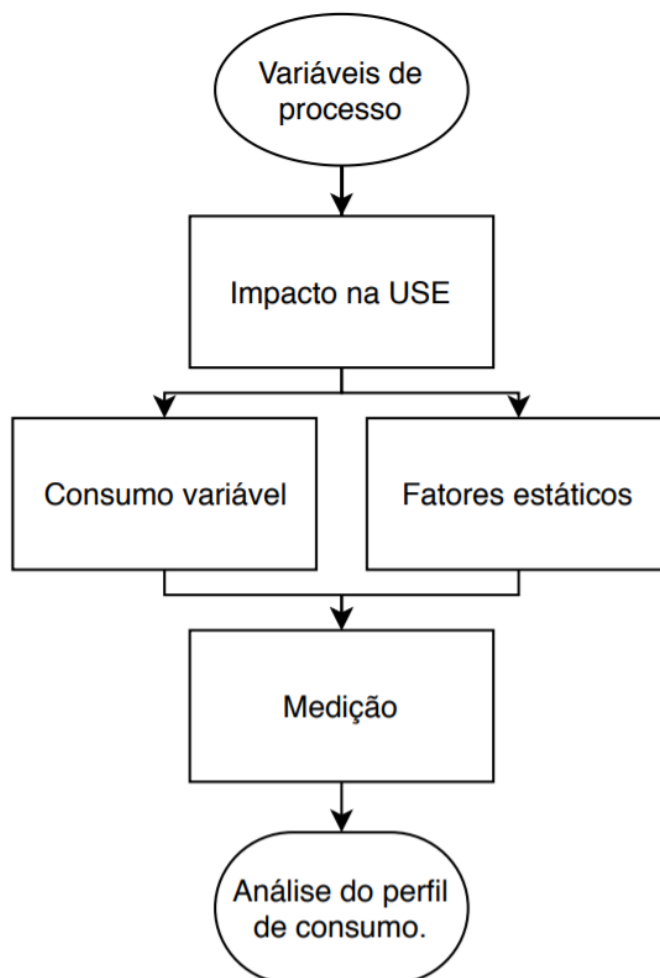
Finalmente, na última etapa do planejamento deve ser definido o plano de ação (PA), onde devem ser documentadas todas as ações que serão executadas de maneira a atingir as metas desejadas. Também compreende-se que neste passo é válido documentar toda e qualquer tentativa da equipe, como por exemplo, análises de classificações tarifárias, remanejamento de cargas em horário de ponta, substituição de peça ou equipamento ineficientes, planos de conscientização, cogeração, entres outros. Sempre levando em consideração técnicas de conservação e eficiência amplamente conhecidas no mercado. Com relação à documentação do plano, ele deve apresentar as atividades propostas, recurso necessário, responsável, início e fim bem determinados, um acompanhamento de *status* e um espaço para observações, para descrever o resultado esperado da ação, por exemplo.

3.2 EXECUÇÃO

Esta fase possui um período bem definido, em que devem ser executadas as ações mapeadas anteriormente no PA, desenvolvido no planejamento, com recursos, prazos e responsáveis bem desenhados. Todas estas ações objetivam auxiliar o SGE no atingimento das metas traçadas para todos os IDEs.

Também deve-se manter um acompanhamento contínuo da aquisição de dados, uma vez que as leituras são ininterruptas com o sistema em andamento, adequando o plano de aquisição de dados, caso necessário, acompanhando as USEs e identificando a composição de seu consumo em parcelas estática e dinâmica, conforme apresentado na Figura 13. As medições possibilitam a identificação destas parcelas através de uma análise dos períodos que a máquina está em produção e fora de produção.

Figura 13: Fluxo de acompanhamento das USEs.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Eventualmente são identificadas oportunidades de economia após o planejamento, no decorrer das atividades em execução, que devem ser agregadas ao PA para manter histórico e executadas imediatamente quando houver compatibilidade com o prazo do ciclo atual. Caso contrário, ela deve ser reavaliada no próximo planejamento e inserida na próxima rodada. Compreendem-se como oportunidades boas práticas para equipamentos e instalações, ideias originadas dos operadores de máquinas e sistemas, melhorias no processo, entre outros.

Por fim, o desenvolvimento de um plano de comunicação, no qual os avanços das ações e indicadores são reportados a alta gerência e divulgados aos demais setores envolvidos no uso e consumo de energia. O plano também reforça a existência do programa, explicando seus indicadores e a sistemática de funcionamento. Similarmente, é cativante promover ações de conscientização e apresentar a empresa os números do desperdício, contextualizando por exemplo, quantas peças terão que ser vendidas para pagar por ele, ou, quantas casas poderiam ser abastecidas no município com a energia desperdiçada.

3.3 MONITORAMENTO

Neste passo deve ser analisada a assertividade de execução do PA, registrando as ações finalizadas e os motivos pelos quais as demais permaneceram em aberto. Além disso, devem ser comparados o consumo real de EE com o planejado da LBE, de maneira que a eficiência do SGE seja mensurada. Também devem ser realizadas auditorias, buscando não conformidades, não cumprimento do PA, procedimentos incorretos, falta de adesão das boas práticas, desperdícios em horas não produtivas, entre outros.

Além da comparação com a LBE, também deve ser verificado se a atualização semanal dos indicadores e o plano de comunicação estão sendo cumpridos semanalmente, visto que da mesma forma que a coleta de dados, eles devem ocorrer ininterruptamente uma vez que é dado início ao projeto piloto. Posteriormente, realiza-se o fechamento de indicadores do ciclo, confrontando-os com as metas.

Finaliza-se a etapa com a edição do relatório do ciclo para informar a gerência de todos os esforços realizados, apresentando o cenário de indicadores do período e resultados das auditorias.

3.4 MELHORIA

Na etapa de melhoria deverão ser realizados um conjunto de ações no intuito de avaliar tudo o que foi vivenciado até o momento com a implementação do projeto piloto, utilizando-se destas informações para finalizar o relatório do ciclo iniciado na fase de monitoramento. Contemplam-se nele as análises e tratamentos de todas as não conformidades encontradas através das auditorias, avaliação de efetividade das ações que constituíam o PA, tendo sido possível, ou não, o atingimento de metas, e também propondo novas soluções para o próximo ciclo. Da mesma forma, deve ser feita uma avaliação do SGE como um todo, compreendendo não apenas se o PA foi eficaz, mas se todo conjunto desenvolvido no ciclo PDCA está, ou não, no rumo certo. Um dos critérios fundamentais para ser utilizado é o IDE de retorno financeiro do sistema, ou a redução do desperdício total. Este indicativo, por exemplo, deve apresentar um retorno ao investimento inicial com medição e incentivar novos investimentos, além da manutenção do projeto e sua transformação em um programa da empresa.

Por se tratar de um ciclo, deve se reiniciar a etapa de planejamento, avaliando novamente se os indicadores são os mais adequados, identificando se as cargas antes significativas se mantêm, entre outros. Sugere-se Sempre levar em consideração a importância de uma boa documentação de todo o SGE implantado, uma vez que, este é um requisito para uma organização certificar-se futuramente pela ISO (2018). Além deste, outro requisito fundamental é que o programa apresente melhorias contínuas nos indicadores e aumento de eficiência, caso contrário, ele deixou de ser efetivo e já não será mais certificado pelos órgãos responsáveis.

4 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é explicado como foi a implementação da metodologia de maneira prática, como um estudo de caso, o qual serviu para testar o sistema proposto, coletar dados e posteriormente tornar possível uma análise da eficácia do método.

Este trabalho propôs o desenvolvimento de um SGE piloto em uma multinacional localizada na cidade de São Leopoldo, no Rio Grande do Sul, cujo foco principal da planta é a fabricação de produtos para atender o mercado da América Latina e abastecimento de peças para o próprio grupo.

No parque industrial existem 9 subestações, uma sendo a entrada, reduzindo de 138 kV para 23 kV, enquanto as demais são todas subestações industriais rebaixadoras, com saída trifásica em 380 V para equipamentos e instalações. Mais especificamente na subestação de maior capacidade, no disjuntor de saída para uma mini fábrica de fundição, que se dará o enfoque deste gerenciamento.

Os prazos são pensados levando em consideração o conservadorismo da empresa e os contratemplos que mudanças de hábitos apresentam, motivos estes que levam as etapas a possuírem intervalos entre si. Outro ponto relevante é o não fechamento do ciclo, em virtude do tempo proposto ser inferior a seis meses, então é possível executar apenas uma vez a estrutura. Desta forma, a organização decide sobre o futuro das práticas apresentadas.

4.1 PLANEJAMENTO

A etapa de planejamento do projeto piloto é a base para aplicação do ciclo de melhoria como um todo, contendo toda a estrutura do sistema e compreensão do cenário atual. A partir disto, a equipe de gestão foi composta pelo autor do trabalho e o seu gestor dentro da empresa, no qual os cargos ocupados são de técnico em infraestrutura elétrica e supervisor de infraestrutura, respectivamente.

A partir de duas reuniões foram definidas as políticas energéticas do piloto, levando-se em consideração a opinião dos demais colegas de infraestrutura elétrica através de diálogos informais. Desta forma, definiu-se que o SGE objetiva conhecer o uso e consumo de energia das instalações e processos, reduzindo o desperdício de energia, conscientizando colaboradores para o uso eficiente da mesma e promovendo a conservação do meio ambiente através de melhores hábitos.

Com relação a alta governança da empresa, a proposta foi apresentada ao gerente de infraestrutura e também aos supervisores, dos setores de infraestrutura, produção, manutenção. Além dos supervisores, também foram envolvidos alguns operadores multifuncionais. A fronteira do sistema se restringe a própria mini fábrica, dispendendo horas homem como forma de investimento no programa e todas as propostas de redução de desperdício que tiverem origem no ciclo de gestão deveriam apresentar um retorno de investimento inferior a três anos.

Uma vez que as políticas foram definidas, foi verificado que os históricos de consumo de EE da concessionária não atendem, pois interessa à equipe as informações de apenas uma parte da unidade. Desta forma, verificou-se inicialmente o diagrama unifilar da planta para identificar a medição existente mais próxima do conjunto de cargas de interesses, para posterior cálculo de consumo baseado na potência instalada.

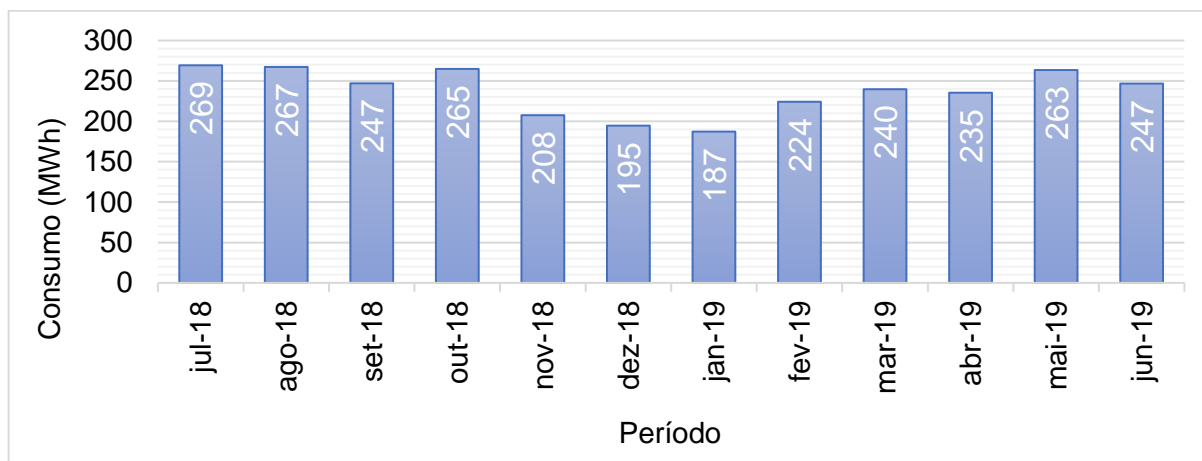
No diagrama da subestação, foi identificado que o Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) possui medição através de um multimedidor ABB IDM 96, sendo a carga de interesse um dos disjuntores presentes no painel. A partir do projeto elétrico, também verificou-se a potência instalada do setor, que representa 27,5% do total do painel. Uma vez que todas as cargas são equipamentos semelhantes e utilizam o mesmo fator de demanda, multiplicou-se todo o histórico do medidor do QGBT pelo percentual que representa a carga de interesse, dando origem ao histórico de consumo apresentado no Gráfico 2. O diagrama unifilar se encontra no apêndice A.

A partir deste histórico calculado, foi verificado um perfil de consumo em redução no mês de novembro, com menor registro apontado no período de dezembro à janeiro, onde ocorrem as paradas coletivas de férias, com duração média de 20 dias. Apesar do intervalo sem produção, notou-se que o mês de menor consumo, janeiro, representa 69% do consumo do mês mais significativo, que é julho. Com a produção parada, são conduzidos serviços de manutenção de maquinários e processos, porém, não se justifica o consumo elevado.

Outro fator verificado, foi a utilização de cerca de 40% de EE de um dia normal produtivo aos Domingos, significando um grande potencial de redução. Compreendeu-se que estas instalações possuem um consumo estático muito elevado, apenas mantendo as condições básicas do processo, quando comparado com o consumo dinâmico, que são de fato as máquinas em ciclo produtivo. Nos demais meses do ano, o consumo é muito estável, apresentando pequenas oscilações

em função do volume de produção. Além disso, foi identificado o custo de EE do setor, considerando o custo unitário médio do último ano de 26 centavos por kWh, valor superior a R\$ 740 mil reais. Cerca de 5% do custo anual com EE da planta.

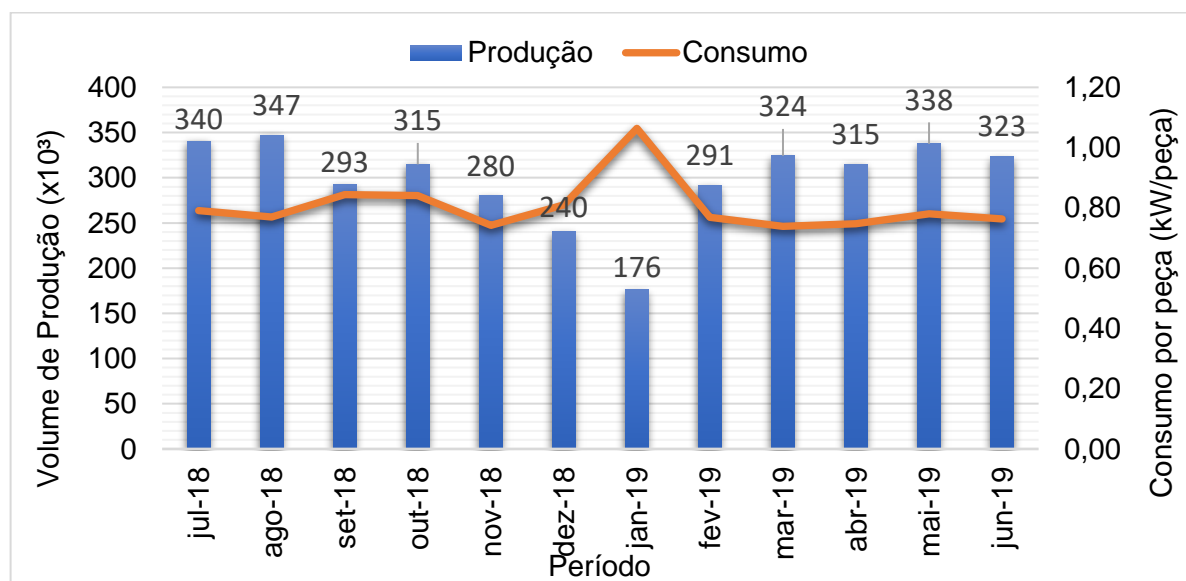
Gráfico 2: Histórico de consumo da mini fábrica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Outro aspecto importante foi o levantamento de histórico de produção, com o qual se calculou o consumo de EE por peça padrão produzida através de uma divisão matemática simples pelo histórico de consumo. Ambas as informações são apresentadas no Gráfico 3, onde o volume de produção é apresentado no formato de barras e consumo por peça através de uma linha. A média dos últimos doze meses encontrada foi de 0,81 kWh por peça produzida.

Gráfico 3: Histórico de produção da mini fábrica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Apesar de conhecer os dados que representam o último período, também foi necessário o levantamento de horas produtivas, horas não produtivas, produção planejada para o período de implementação do projeto piloto e as possíveis variáveis que afetariam o consumo, entre setembro e outubro. Os dados são apresentados no Quadro 2.

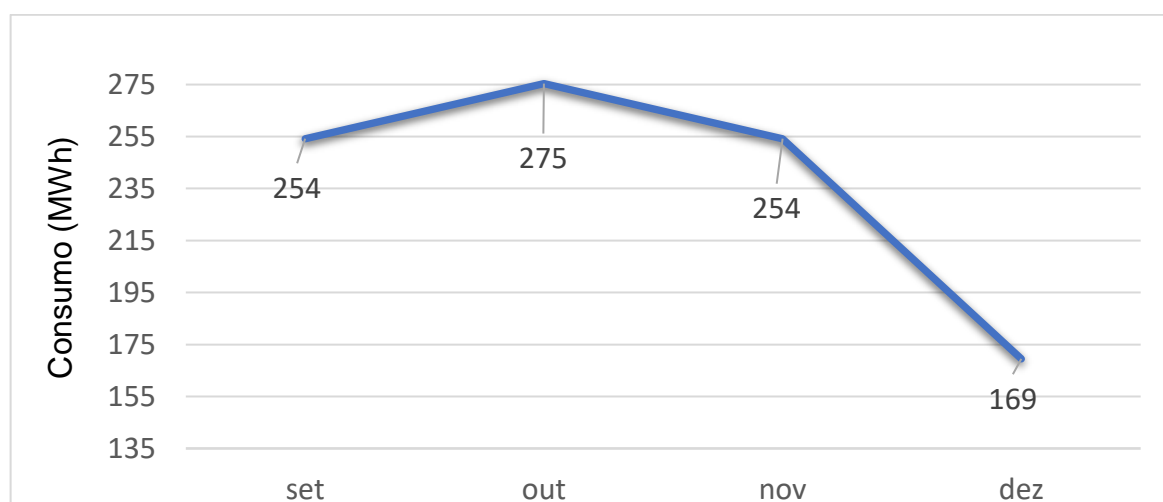
Quadro 2: Informações operacionais coletadas.

1 - Análise de horas produtivas				2 - Análise de horas não produtivas				3 - Produção planejada	4 - Variáveis que afetam consumo?
Produção		Administração		Produção		Administração		Peças	Volume de produção Sucata Desperdício
Horas	Dia	Horas	Dia	Horas	Dia	Horas	Dia		
1200	50	378,4	43	264	11	158,4	18	653.783	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir das informações históricas de consumo médio por peça padrão e do volume planejado para os próximos 3 meses, foi possível definir a LBE do conjunto de equipamentos, item fundamental para comparações futuras e detecção de mudanças. O Gráfico 4 apresenta a linha de base energética do estudo de caso.

Gráfico 4: Linha de base energética.



Fonte: Elaborado pelo autor.

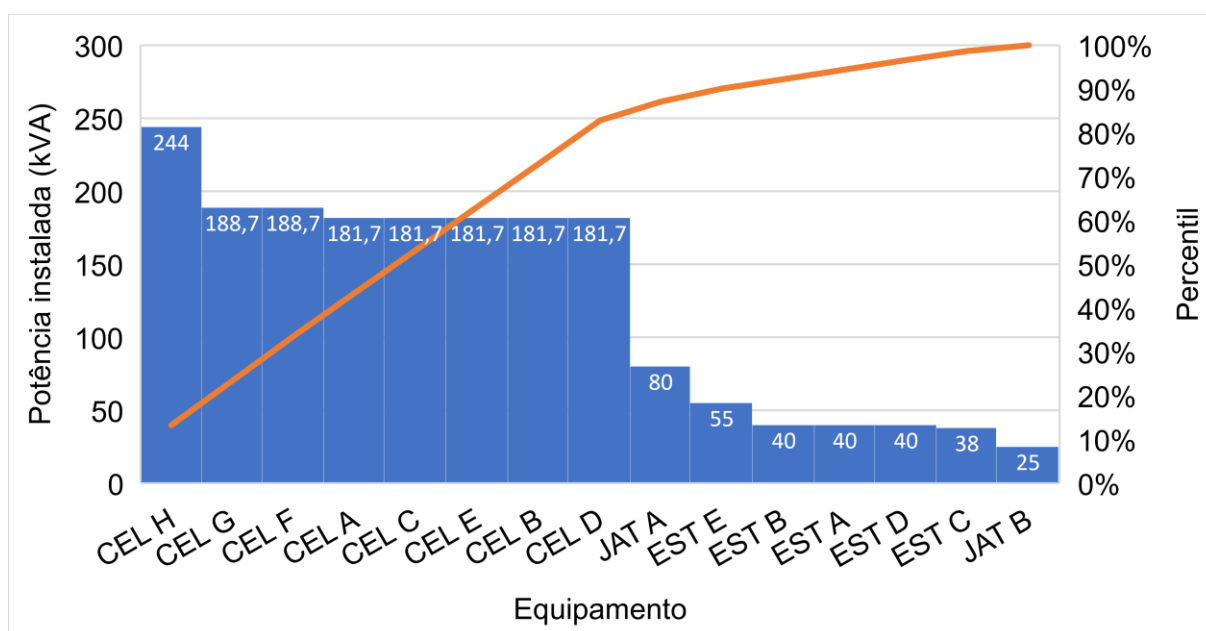
O próximo passo foi o reconhecimento de todos os equipamentos, aplicando na prática as investigações sugeridas no fluxo da Figura 12. Foram identificados no total 90 máquinas e dispositivos, tais como injetoras de câmara fria, fornos de resistência, dosadores de metal líquido, robôs manipuladores, prensas hidráulicas,

termorreguladores, esteiras, ventilação de conforto, estufas e jatos de granalha. O apêndice B traz um relação destes equipamentos.

A potência elétrica total instalada é superior a 1800 kVA, e em função de uma característica específica do processo, que é seriado, ou seja, possui diversos conjuntos produtivos independentes, foi possível agrupar equipamentos com interdependências em pequenas células de produção automáticas. Desta maneira, a investigação retornou 15 rótulos, formados por 8 células de injeção, 2 jatos de granalha e 5 estufas para tratamento térmico.

Com posse dos dados foi elaborado o diagrama de Pareto apresentado no Gráfico 5, onde se visualizou que as células de injeção representam mais de 80% da carga instalada e são as USEs do caso. Aqui cabe uma ressalva na qual a célula K (CEL K) teve que ser desconsiderada no estudo, por que permaneceu durante todo período do projeto em comissionamentos e testes.

Gráfico 5: Pareto de equipamentos avaliados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Um outro aspecto verificado, é que apenas as 3 máquinas mais novas possuíam instrumentos de medição. Os multimetroes são do modelo Nexus II, do fabricante ABB, porém, nunca haviam sido configurados e testados. Desta maneira, não se tinha nenhum perfil de consumo medido.

De maneira a prosseguir com o projeto piloto, durante os meses de agosto e setembro, foram providenciados o comissionamento das medições existentes e a

instalação de multimedidores ABB IDM 96 e Nexus II nas demais 3 células, cobrindo assim 6 de todas as USEs do caso. Neste mesmo período, foi dispendido um pequeno investimento em infraestrutura de rede para formar a rede serial Modbus, porém, por restrições estruturais existentes e custo, apenas 3 dispositivos foram colocados em rede. Como o objetivo inicial era a leitura de 1 valor integralizado por dia, seguiu-se com uma rotina diária de coleta manual de dados de energia consumida nestes 3 dispositivos.

O fluxo é finalizado com a análise de potencial de redução de custo, o que sem dúvidas está presente nestas células automáticas, nas quais rapidamente se identificou a necessidade de desligamentos mais ágeis dos motores principais quando em HNP, aferição de calibrações hidráulicas do equipamento, hábitos ruins de operação, entre outros. Apesar de uma parcela significativa de consumo ser estático, mantendo as condições de processo da USE, o consumo dinâmico apresenta variações de acordo com o modelo de peça em produção, o volume de peças ou ciclos que o equipamento executa por hora e alguns fatores comportamentais durante interrupções de produção por motivos diversos, como manutenção, ajuste de ferramenta, ociosidade, entre outros.

Com a coleta de dados durante as duas primeiras semanas de setembro, foram construídos os indicadores propostos no método, para todas as USEs, apresentando as médias individuais e do conjunto no Quadro 3.

Quadro 3: Média dos Indicadores.

Data	Equip.	Consumo p/ ciclo	Custo p/ ciclo	Consumo HNP	Ineficiência	Desperdício total	Custo do Desperdício
Semana 1	CEL A	1,24	R\$0,33	0,00	927,57	927,57	R\$250,44
	CEL B	1,35	R\$0,36	1093,00	6059,33	7152,33	R\$1.931,13
	CEL C	1,44	R\$0,39	715,54	2027,27	2742,81	R\$740,56
	CEL D	0,64	R\$0,17	478,14	1889,22	2367,35	R\$639,19
	CEL E	1,92	R\$0,52	0,00	3579,53	3579,53	R\$966,47
	CEL F	1,21	R\$0,33	887,00	2486,23	3373,23	R\$910,77
	Média	1,30	R\$0,35	528,95	16969,15	20142,82	R\$5.438,56
Meta	1,23	R\$0,33	502,50	16120,69	19135,68	R\$5.166,63	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste posto foi imprescindível a utilização de um recurso interno da empresa, um software para gerenciamento de produção, a partir do qual foram coletadas toda e qualquer informação não relacionada a energia e necessária para cálculo dos IDEs,

tais como volume produção, dados de parada, disponibilidade, entre outros. Também foram calculadas as metas de cada indicador, de maneira a compreender o valor a ser atingindo. Inicialmente, não são apresentados os dados gerais do setor, considerando os demais equipamentos, pois compreende-se que este acompanhamento dos maiores consumos seja efetivo para a mini fábrica como um todo.

O IDE de desperdício por ineficiência foi construído avaliando o consumo médio por ciclo de cada máquina e contabilizando todo o excedente da média, excusos casos isolados e consumo durante paradas não planejadas, que foram agregadas ao consumo em HNP. Apesar de todos equipamentos serem originados do mesmo fabricante e serem originalmente idênticos, eles apresentaram comportamentos muito diferentes entre si. Entre a máquina de maior e menor eficiência, foi verificada uma diferença de quase 56% no consumo por ciclo.

O último item a ser definido durante esta etapa de planejamento, são as atividades do PA que objetivam modificar o perfil de consumo da mini fábrica, de maneira que as metas sejam atingidas. O período transcorrido foi de 2 meses, utilizando-se de julho e agosto para consumação do planejamento, seguido da primeira quinzena de setembro para compreender os indicadores de partida. Da mesma maneira que a presente etapa, a ideia na execução foi a de utilizar homem hora como principal recurso, não se atendo a soluções tecnológicas e disruptivas para tornar o processo mais econômico, mas sim atuar no pilar de mudança cultural, reduzindo desperdícios e ineficiência operacional, livres de investimentos pesados.

Inicialmente foram mapeadas cinco ações para o PA, sendo elas a padronização de desligamento de equipamentos após jornada de trabalho, condução de diálogos semanais de conscientização, avaliação presencial de consumo energético em Domingos, temporizar desligamento de motores fora de ciclo e avaliar micro paradas de equipamento a fim de encontrar o melhor tempo para desligamento de motores. O PA pode ser visto em maiores detalhes no apêndice D.

4.2 EXECUÇÃO

Na fase de execução o PA foi operacionalizado com grande enfoque em ineficiência e consumo em HNP. Isto se deve em grande parte ao consumo elevado

em Domingos, quando a empresa não gera nenhum produto ou serviço e são dispendidos custos com energia elétrica sem motivo aparente.

Por conseguinte, no primeiro final de semana do período de execução foi conduzido uma avaliação da mini fábrica de maneira presencial. Verificou-se que diversas cargas permaneciam ligadas, dentre elas termorreguladores aquecendo os moldes de processo, dois motores hidráulicos em baixa carga, muitas luminárias, ventiladores e até os televisores de acompanhamento de outros programas da organização. Apesar do consumo ser inferior ao de um dia produtivo, todo este valor deveria ser reduzido para próximo de zero. A equipe compreendeu, a partir desta primeira ação a falta de um padrão, e também de comprometimento com relação a redução de desperdícios em HNP.

Portanto, a ação em sequência foi a ponderação entre todos os dispositivos que poderiam ser desligados em HNP sem causar interferência no processo ou na manutenção de condições básicas do equipamento. Verificou-se que não existia nenhum procedimento formalizando o desligamento das máquinas, ou, definindo como desligá-las. Deste modo, foi conduzida uma investigação para compreender melhor o consumo das células de injeção, como um conjunto.

Uma célula parada, pronta para produzir, possui um consumo médio de 54 kWh. Ao desligar os termorreguladores, que mantém o molde aquecido na temperatura de processo, este valor reduziu para 36 kWh, e com o desligamento do hidráulico caiu para números entre 2 e 8 kWh. Essa flutuação de consumo instantâneo não foi investigada a fundo, pois pode ser originada de configurações e periféricos específicos de cada célula, não agregando valor a pesquisa. Apesar disso, valores na faixa de 8 kWh não eram aceitáveis.

Outro aspecto importante, é que os fornos elétricos receberam ramais alimentadores vindos direto de um Quadro alimentado por geradores, não estando atualizado este detalhe no unifilar e desta forma, ficando de fora das medições do SGE. Portanto, com a remoção do aquecimento de matéria prima e o desligamento dos termorreguladores devido ao período de 24 horas sem produção, a célula não apresentava mais nenhuma exigência de manutenção do processo. Desta forma, para não desligar totalmente o equipamento e consumir as baterias dos controladores lógicos programáveis e computadores industriais, chegou-se a um consenso com a equipe de manutenção em manter a máquina no estado de emergência.

A condição de emergência ocorre quando um dispositivo de segurança é atuado. Neste caso, o pressionamento de um botão de emergência, por exemplo, leva o equipamento ao estado seguro no qual toda alimentação de força é cortada, mantendo apenas as fontes 24 V de controle ligadas. O consumo da célula neste estado caiu para cerca de 300 Wh, um valor considerado aceitável e com consumo não significativo. Desta forma, definiu-se então que o estado de emergência, ou estado seguro, era o ponto ótimo para permanência dos equipamentos em HNP.

O padrão de desligamento de máquinas foi enviado ao setor de produção, para ser transformado em uma norma técnica operacional e ser avaliada oficialmente nas auditorias do SGE. Esta primeira ação teve um período de observação de duas semanas, se concretizando depois de mais duas semanas, prazo informado a administração da produção para treinar os operadores com relação ao novo procedimento de desligamento de máquinas.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, a equipe tinha a intenção de reduzir os consumos em momentos não produtivos, realizou-se a mesma abordagem para paradas não planejadas ao longo do expediente. A parada de emergência não pode ser aplicada a todos os casos, uma vez que limita funcionalidades do equipamento durante paradas de ajuste de ferramentas, manutenção, entre outros. Em paradas curtas, os termorreguladores precisam permanecer ligados, assim, o foco foi dado aos grandes motores das centrais hidráulicas.

Averiguou-se que o fabricante já fornecia um opcional de desligamento dos motores principais das injetoras, configurado em 10 minutos, porém, em dois equipamentos apresentou funcionamento. Foi solicitada a correção ao setor responsável e replicada a ideia para os hidráulicos de prensas e demais motores. Por último, os robôs manipuladores permaneciam ligados, frenados magneticamente. Em contrapartida, a automação de desligamento requeria investimentos consideráveis em programação, sem um retorno expressivo. Esta última ideia foi documentada para planejamento em próximos ciclos.

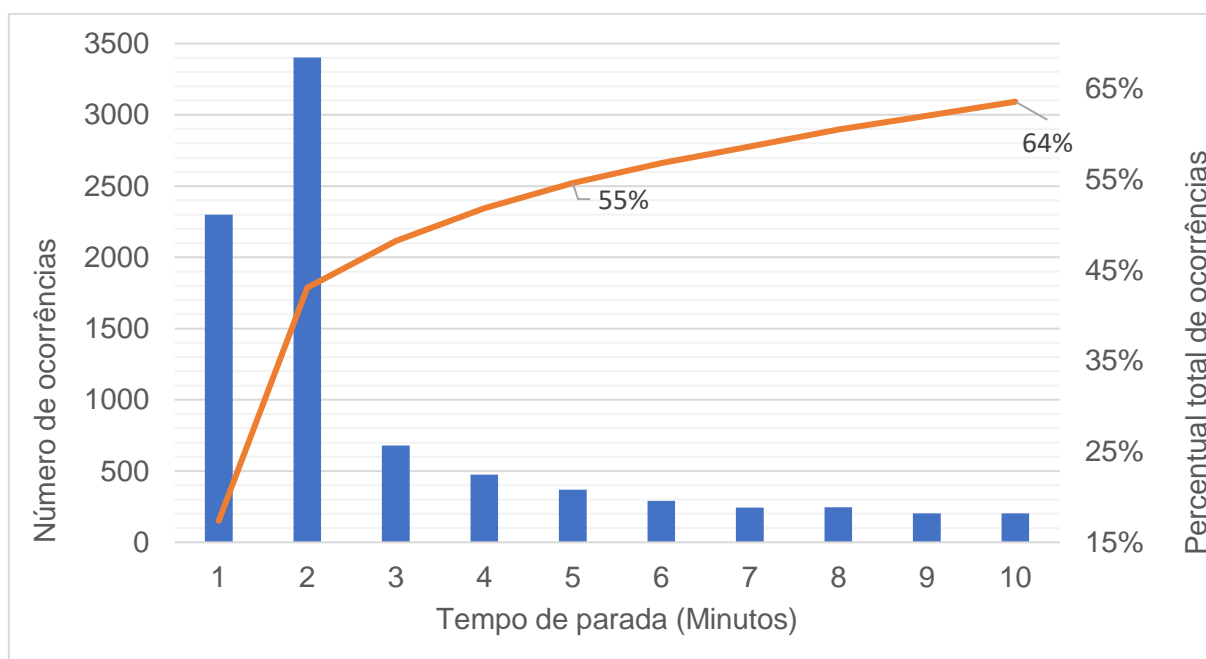
Em consequência da abordagem a temporização de desligamentos de motores, as células ficaram todas adequadas para redução de cargas em paradas curtas e médias durante o expediente, cabendo a avaliação do operador prever longas paradas e desligar também as demais cargas que mantêm condições de processo, tais como termorreguladores, robôs, lâmpadas e ventiladores.

Inicialmente utilizou-se o parâmetro de tempo apresentado pelo fabricante, com desligamento de motores após 10 minutos de inatividade. Porém, para se certificar se o valor era adequado, foi criado um item específico no PA para esta verificação, avaliando as paradas mais comuns do setor e compreendendo se o valor de tempo escolhido era cabível.

A equipe buscou auxílio com a supervisão de produção, para consultar e extrair do software de gerenciamento um histórico referentes a todas as paradas do último mês, totalizando 13331 paradas e interrupções. Nos dados constavam horário de início, horário de término, motivo da parada, equipamentos, entre outros, com os quais foi possível calcular a duração de cada interrupção e agrupá-las em conjuntos que variam de 1 minuto a 60 minutos ou mais de duração.

Em posse destes dados, se utilizou uma estratégia um pouco diferente do Pareto, calculado a participação percentual de cada um dos grupos com relação ao todo, porém, sem ordenar as classificações de maneira decrescente. Com esse conjunto de dados se elaborou o Gráfico 6, que apresenta o número de ocorrências por tempo de duração, organizado em ordem crescente de tempo e acompanhado por uma linha sobreposta que representa o percentil.

Gráficos 6: Distribuição de ocorrências de interrupções e paradas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base nas informações levantadas, verificou-se que 55% das interrupções tem duração igual ou menor que 5 minutos, tempo este, que é a metade do desligamento de motores atual. Além disto, 8% das interrupções ocorrem entre 5 minutos e 10 minutos. Assim sendo, concluiu-se que um tempo bom para o desligamento de motores é de 5 minutos. Uma vez que paradas rápidas não são afetadas por um desligamento inesperado no momento de retomada de produção e as interrupções com duração maior que 10 minutos, representando 36% dos casos, recebem um desligamento antecipado em 10 minutos. A projeção de economia para o ano é superior a nove mil horas de motor ligado.

Em paralelo as demais ações e ao plano de comunicação, conduziu-se diálogos semanais de conscientização. Nas conversas a equipe aproveitou-se para reforçar as instruções de desligamentos de máquinas e sistemas de iluminação, além de incentivar o comportamento e a mudança cultural em hábitos que transcendem os limites da corporação. Também eram relacionados consumo e uso de energia elétrica com a produção da semana e repassado os valores de energia considerados como desperdícios. Essencialmente, utilizou-se o valor de desperdício da semana para calcular quantas residências (com consumo médio de 150 kWh) ele representava. Com este número de casas que poderiam ser supridas com a ineficiência, conduziu-se a parte final do diálogo, comentando também pequenos exemplos visualizados ao longo do período.

Baseado em todas as ações descritas, a etapa de execução compreendeu-se como concluída, utilizando-se do período planejado de trinta dias e em virtude do cumprimento do PA proposto, restando, destarte, o monitoramento e melhoria para o fechamento do ciclo.

4.3 MONITORAMENTO

Na etapa de monitoramento, a equipe sessou os esforços que vinham sendo empenhados na execução, com intuito reunir os dados referentes ao período de execução e documenta-los, resumizando desta forma informações necessárias para posteriormente concluir o ciclo como um todo.

Primeiramente, o SGE se reuniu para avaliar como transcorreu o cumprimento do PA, registrando todos os informes coletados. O desenvolvimento de uma norma operacional padrão para desligamento de equipamentos em HNP foi realizada dentro

do prazo, formalizando o procedimento perante a gestão da produção e solicitando o início imediato das práticas. Além deste trabalho, o item 3 do PA foi executado e serviu de complemento para todos os demais, revelando como os equipamentos permaneciam aos Domingos e reforçando a tese de que se fazia necessário uma grande mudança cultural, disseminando a eficientização. A ação também foi ao encontro do item 2 do PA, reforçando a importância dos diálogos semanais de conscientização, que chegou a ser revelado que em uma semana desperdiçamos energia o suficiente para abastecer 93 residências durante o período de um mês. Paralelo aos diálogos, o plano de comunicação inerente ao processo do SGE foi praticado, mantendo todos os envolvidos atualizados.

A penúltima ação, que tratou de avaliar e acompanhar a implementação de temporizações para desligamentos de motores, junto a equipe de manutenção, foi concluída parcialmente. Isso se deve ao fato de não ter sido possível finalizar o desligamento de robôs através de software.

Por último, a avaliação de micro paradas também foi concluída, assumindo-se a partir da avaliação do histórico coletado, que o tempo de 5 minutos é um valor muito bom para desligamento de motores, reduzindo pela metade o tempo de consumo em mais de 30% dos casos.

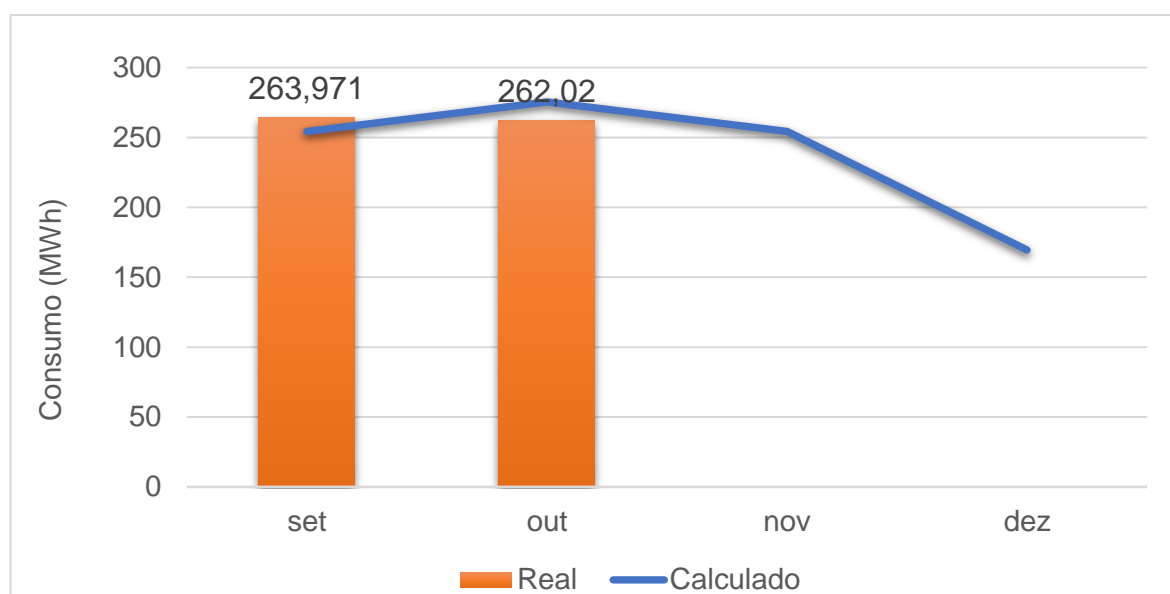
A partir do PA, avaliou-se o consumo real total do mês de setembro e o mês de outubro até o dia 20, calculando-se uma projeção para os trinta dias, comparando desta forma o consumo real com o consumo calculado da LBE. O resultado encontrado foi um consumo 4 % superior e 5% inferior, no meses de setembro e outubro, respectivamente. O Gráfico 7 apresenta estas duas informações, o consumo real e o planejado pela LBE. Além da avaliação de consumo, também se consolidou o volume de produção que ficou numa faixa de 2 e 3 % abaixo do valor planejado para os meses em análise.

Ao avaliar rapidamente o Gráfico 7, quando se compara o consumo real com a LBE, o mês de Outubro apresentou um valor inferior ao planejado e conseqüentemente uma melhora na eficiência geral de toda a mini fábrica em 2%, ao longo da realização do primeiro ciclo.

Apesar do resultado positivo, realizou-se duas auditorias no final da etapa, onde identificou-se que toda iluminação da mini fabrica estava acesa, duas televisões ligadas, quatro células de injeção fora do estado de emergência, um termorregulador ligado, um motor hidráulico de prensa e um motor hidráulico de injetora. Ao todo, foram

registradas 10 não conformidades que vão de encontro ao que foi proposto no PA e tratado em todos os diálogos conduzidos aos envolvidos. O apêndice F apresenta parcialmente a documentação da auditoria que foi desenvolvida em uma plataforma *online* chamada Check List Fácil®.

Gráfico 7: Comparação do consumo real e calculado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base no resultado anterior, também se realizou o fechamento geral dos indicadores do período, com intuito de averiguar se as metas foram alcançadas e compreender a efetividade das ações tomadas. O Quadro 4 apresenta a média dos valores reais obtidos no período, comparando-os com a meta e indicando a diferença em porcentagem atingida. Os resultados completos se encontram no apêndice G.

Quadro 4: Indicadores médios do período.

Indicador	Consumo p/ ciclo	Custo p/ ciclo	Desperdício em HNP	Ineficiência	Desperdício total	Custo em HNP e ineficiência
Meta	1,23	R\$0,33	502,50	16120,69	19135,68	R\$5.166,63
Real	1,42	R\$0,38	364,67	7382,06	9570,09	R\$2.583,92
Diferença	11,51%	11,51%	-27,43%	-54,21%	-49,99%	-49,99%

Fonte: Elaborado pelo autor.

O IDE de consumo por ciclo não atingiu o resultado esperado, enquanto que os custos de desperdício apresentaram uma redução além do esperado. Um aspecto muito importante foi o plano de comunicação, onde o gerente de infraestrutura se manteve informado com relação às ações e IDEs, agindo de maneira fundamental ao

influenciar as demais áreas a colaborar com as diretivas da equipe do SGE em prol dos objetivos do programa.

Por fim, o acompanhamento dos dados energéticos das USEs para melhorar a compreensão das variáveis que influenciam o consumo, conforme é fomentado no fluxo da Figura 13, se mostrou uma tarefa complexa por que as características do processo seriado estão intimamente conectadas ao comportamento do operador, e não revelaram um padrão ao longo do período. Desta maneira, a etapa se concluiu com diversos aspectos positivos e algumas não conformidades identificadas.

4.4 MELHORIA

A etapa de melhoria assinala a proximidade com o final do primeiro ciclo do piloto, carregando a importante missão de avaliar os resultados obtidos na etapa de monitoramento e principalmente, avaliar o programa como um todo.

Os IDEs apresentaram um resultado inicialmente positivo, mas que necessitou de uma análise para melhor compreensão dos números encontrados. O consumo por ciclo apresentou uma piora de pouco mais de 11%, porém, ele está fortemente associado ao volume de produção e o número de interrupções que as células produtivas apresentam. Como consequência, problemas de manutenção, ferramentas, entre outros, também são refletidos no indicador. Isto ocorre por que o volume de peças menor prejudica a diluição do consumo energético que possui uma parcela estática majoritária.

Já a redução do consumo em HNP, está diretamente relacionada ao trabalho realizado para padronização de desligamentos em domingos. O indicador revela que as ações tomadas surtiram efeito, reduzindo em quase 28% o desperdício neste caso específico.

Em síntese, o IDE de desperdício por ineficiência apresentou uma redução desejável, que foi ocasionada por dois principais fatores. O primeiro deles foi o trabalho de temporizar o desligamento de motores e a revisão do parâmetro de tempo, enquanto que o segundo fator foi a piora apresentada no consumo por ciclo, uma vez que indicado é baseado em uma comparação ao longo do tempo. Assim, se o equipamento apresentar uma performance ruim e estável durante um período de tempo, esta comparação vai apresentar variações menores para posterior interpretação.

Uma vez que a sobrevivência do programa depende do retorno dado a organização, o aspecto com maior peso é sem dúvidas a redução desperdícios, que apresentou uma economia de pouco mais de dez mil reais no período, representando 14% do custo do setor. Desta forma, as metas foram parcialmente cumpridas, porém, o objetivo, de reduzir custos, foi atingido.

Apesar disso, as auditoria expuseram diversas não conformidades que realçam a importância da mudança cultural dentro da organização, por que apesar do programa ser de conhecimento de todos, muitas cargas permaneceram ligadas em HNP. Este item precisa ser tratado com a alta governança, que pode auxiliar com medidas mais efetivas para transformação cultural da organização. Também foram encontrados alguns motores, cujo desligamento não funcionou pelo controle de tempo. Estes itens deverão ser tratados pontualmente com a equipe de manutenção.

Com relação ao PA planejado, não apenas apresentou um índice alto de realização, mas também mostrou elevado grau de vínculo com o resultado dos IDEs ao final do período, confirmando a sua eficácia e alinhamento com os objetivos apresentados.

Seguramente, o SGE apresentou resultados que comprovam a sua eficiência, traçando metas em conformidade com a política energética, um PA em alinhamento com os objetivos e principalmente, despertando uma mudança cultural nos colaboradores da organização, que têm a consciência energética fomentada através do programa. Para o próximo ciclo, recomenda-se o planejamento de ações mais impactantes e disruptivas na mudança cultural do colaboradores, pois eles possuem grande influência sobre o consumo dos equipamentos.

Além disso, é sugerido o investimento em uma integração de ambos os supervisórios presentes na empresa (gestão da produção e gestão energética), possibilitando desta forma a atualização automática dos IDEs e facilitando também a emissão de relatórios e plano de comunicação. Por último, a criação de um novo IDE, específico do processo para trazer maior transparência na relação do consumo com volume produzido, disponibilidade e ociosidade de equipamento

4.5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Nesta seção são verificados os resultados obtidos com a implementação do método proposto, de maneira integral durante o estudo de caso, analisando quais foram as dificuldades encontradas, os benefícios e aspectos importantes a serem considerados nos ciclos futuros.

Inicialmente, a etapa de planejamento foi vital para compreensão do cenário no qual a equipe estava imersa. A delimitação do escopo também foi essencial, logo no começo do estudo, trazendo maior foco nas análises e descartando agilmente todas as questões não relacionadas as fronteiras do programa piloto.

Com relação a política energética, foi muito importante a sua definição de maneira clara e sucinta, facilitando a transmissão do recados aos demais envolvidos e tendo uma excelente aceitação com a alta gerência. Já o contrário, uma política com textos extensos e linguagem técnica, dificulta a passagem de recados e não atinge os colaboradores na sua essência. Apesar destes aspectos importantes, a etapa tomou mais tempo que o previsto, utilizando-se de quase dois meses para sua conclusão. Além disso, a coleta dos diversos dados e informações necessárias para o planejamento dependeu da cooperação com diversas áreas e setores dentro da organização, tornando o processo moroso e repleto de questionamentos e solicitações de autorização. Neste momento foi essencial a transparência dos objetivos do projeto e o alinhamento com a gerência da área.

Uma vez que as instalações foram estudadas, a falta de medição no disjuntor de saída da mini fabrica implicou no uso do artifício de cálculos para projetar o consumo do mesmo em relação ao consumo de todo o QGBT. Esta técnica é uma solução que pode acarretar em um percentual de erro em função dos diferentes fatores de carga de cada circuito. Porém, a avaliação do consumo histórico revelou um perfil muito estável, da mesma maneira que as demais saídas do quadro também possuíam cargas com fator estático alto, quando comparado com o dinâmico. Em função destes dois aspectos, acreditasse que o erro seja desprezível neste caso em particular. Um outro ponto que surpreendeu muito foi o consumo elevado em dias não produtivos, convergindo todo o foco da equipe para este potencial.

No que se refere a LBE, a sua elaboração foi compreendida como um pré-requisito para elaboração dos IDEs e posterior definição de um PA, por que ela serviu de referência para apresentar o cenário atual e compreender o consumo futuro

planejado, também reforçando a passagem desta mensagem aos demais envolvidos de maneira visual. Igualmente temos a utilização do diagrama de Pareto, na identificação de USEs e especificação de um critério de corte, priorizando a instalação de medição. A ferramenta atendeu muito bem a necessidade identificada, além de trazer agilidade ao processo e ser muito genérica, facilitando a aplicação em qualquer caso.

Ao final do planejamento, a instalação e comissionamento de ferramentas de medição de dados energéticos demonstrou ser um grande desafio, uma vez que não se dispunha de infraestrutura própria para rede de dados, o número de ferramentas era insuficiente para monitorar todas as USEs do caso simultaneamente e o investimento era inexistente em função do retorno incerto da iniciativa. Todos estes aspectos confirmaram as dificuldades de MARIMON; CASADESUS (2017) e WESSELS (2011), cujos relatos apontavam o sistema de medição como o primeiro grande obstáculo a implementação do SGE e obtenção da certificação.

Uma vez que as medições estavam instaladas e operantes, o método propôs um período de duas semanas para a coleta inicial e interpretação de dados, auxiliando no aprendizado de atualização dos IDEs. Embora tenha sido um período breve, foi muito importante para testar e ajustar as formulações com os dados na maneira como estavam disponíveis para coleta. Outro aspecto muito importante é que potenciais extras de redução de consumo podem ser identificados nesta etapa, ainda em tempo de ajustar o PA para torna-lo mais efetivo e condizente com o cenário encontrado. Porém, recomenda-se utilizar um período de no mínimo um mês nesta interpretação inicial, para que a definição de metas seja tomada em cima de uma fotografia muito próxima da normalidade de operação da planta. Um período de duas semanas pode registrar um momento atípico de quebras, ou de produção muito alta, atrapalhando as comparações posteriores no decorrer da implementação.

Com relação aos indicadores, eles foram pensados para serem genéricos e possibilitar a aplicação em qualquer caso necessário. Mesmo tendo esta característica de abrangência, eles se encaixaram muito bem no piloto, medindo o consumo médio por ciclo padrão produtivo, registrando os consumos em HNP e revelando a ineficiência dos equipamentos enquanto em produção. O desperdício total foi o indicador que mais causou impacto para todos envolvidos no SGE. Ao avaliar os melhores dias produtivos do período e calcular o consumo médio por ciclo, para posterior comparação com o dia anterior, houveram casos onde o equipamento

apresentou uma produção baixa, não diluindo o seu consumo estático e sendo todo o consumo do dia acusado como ineficiência ou desperdício. Em síntese, o IDE⁵ revelou dias ineficientes de produção cujas causas eram diversas, de maneira que inúmeras variáveis podiam ser identificadas através do indicador.

Afora este primeiro desafio das medições, ele foi seguido da dificuldade de interpretação dos dados, nos quais a relação de consumo com performance, produtividade, tempo de produção, ociosidade, entre outros parâmetros, muitas vezes se mostrou complexa e levou a cenários as vezes inconclusivos. O equipamento que mais produz, não necessariamente foi o que apresentou a melhor eficiência, da mesma maneira que aquele cuja eficiência foi a mais baixa, não apresentava o maior consumo do período. Justamente por se tratar de uma prática nova na organização, o número de variáveis e o desempenho energético demonstraram estar intimamente ligados ao setor da produção.

Em função destes fatores, indica-se para a posterioridade do SGE o desenvolvimento de indicadores mais específicos, com a intenção de medir separadamente a participação de cada variável que influencia energeticamente o equipamento. Leiam-se variáveis como tempo de parada, tipo de parada, volume de produção, consumo enquanto em parada, entre outros. Facilitando desta forma, a visualização de relações entre o consumo e cada uma destas variáveis individualmente. Na condição como o sistema foi implantado, se fez necessário a avaliação de todo o cenário para compreensão de quais variáveis eram as causadoras das variações em cada IDE. A partir do momento em que o SGE iniciar sua expansão, esta análise manual se tornará inviável.

A etapa da execução compõe basicamente a implementação do PA, que neste caso foi enxuto. As cinco ações mapeadas foram direcionadas a soluções sem a necessidade de investimento, buscando estabelecer padrões inexistentes até então, para o desligamento de equipamentos em HNP e durante paradas não planejadas. Também se buscou atuar fortemente nos DSC. Outro aspecto que se destacou, uma vez que o PA foi cumprido e a LBE apresentou uma diferença entre o valor real e o calculado, comprovando as reduções de desperdício e melhora na eficiência energética, foram as não conformidades registradas nas auditorias realizadas. Elas confirmaram os relatos de MARIMON; CASADESUS (2017) e WESSELS (2011), da dificuldade de mudança de hábitos e costumes dos colaboradores da área produtiva. Apesar de todos os DSCs e plano de comunicação efetivados, uma parte do potencial

de redução identificado não foi atingido em função desta dificuldade. Este fato também reforça a importância das auditorias, como ferramenta chave para cumprimento de tudo o que é definido e implementado pelo SGE em prol da melhora na eficiência energética.

Apesar do trabalho contemplar apenas uma passagem completa no ciclo PDCA, compreende-se que o problema cultural requer um longo período para ser ajustado e pode ser um problema constante para o SGE, enquanto ele existir na organização. Com base neste problema observado, indica-se relacionar o programa e seus indicadores aos programas de benefícios ou participação de lucros, condicionando o atingimento das metas energéticas ao prêmio máximo.

Em síntese, a aplicação do método foi efetiva, uma vez que trouxe a equipe do SGE e todos os envolvidos maior conhecimento sobre as instalações e o consumo e uso de energia, ganho este que é inerente ao processo e vai ao encontro com a afirmação de DERU; FIELD (2014), no qual o conhecimento sobre a entidade é um dos benefícios do programa. Além disso, através da LBE observamos uma redução de 5% no consumo planejado para o mês de outubro. Mesmo com um volume de produção ligeiramente inferior ao planejado, as medições e os indicadores mostram que o consumo é predominantemente estático, mantendo os requerimentos de processo, enquanto que o número de ciclos de máquina, conseqüentemente o volume de produção, representa a parcela dinâmica e menos significativa. Assim sendo, o método atingiu a redução dos quase 5% previstos, muito próximo ao resultado encontrado por VÉLAZQUEZ et al. (2012), que apresentaram variação de 4% a 7% por ciclo.

5 CONCLUSÃO

A proposta deste trabalho é o desenvolvimento de um sistema piloto de gerenciamento de energia em conformidade com a ISO 50001, com o objetivo específico de promover o SGE como uma importante ferramenta a disposição das organizações que buscam redução de custos em suas plantas de manufatura com o aumento em eficiência energética.

Através da realização do trabalho, foi possível concluir que os sistemas de gerenciamento de energia, em conformidade com a ISO 50001, são ferramentas efetivas para o aumento de eficiência energética. Com o piloto proposto e aplicado em uma indústria multinacional na cidade de São Leopoldo, verificou-se que a execução do primeiro ciclo resultou em uma redução de 5 % no consumo de energia elétrica, retornando imediatamente os recursos investidos, sendo eles no formato de instrumentos, infraestrutura e 80 horas de um profissional qualificado. Apesar da limitação de tempo, no qual foi realizado apenas uma passagem pelo ciclo completo, a economia projetado para 1 ano, considerando a redução do custo do desperdício se repetindo ao longo dos próximos meses, é de cerca de 456MWh. Esta energia na tarifa atual tem custo de cerca de 120 mil reais. Ademais, a cada ciclo que se passa, a planta vai se tornando mais eficiente, porém, eventualmente se alcança um patamar onde o retorno decai conforme a dificuldade em identificar novos potenciais de redução de desperdícios aumenta.

Também verificou-se que o envolvimento dos colaboradores no acompanhamento de indicadores despertou o consumo consciente, desempenhando importante papel no resultado atingido, formado pela eliminação de desperdícios em horas não produtivas. Similarmente, confirmou-se as dificuldades de autores correlatos, no que diz respeito a instalação de sistemas de medição em função da falta de investimentos e infraestrutura insuficiente.

Além disso, a ferramenta ainda não foi totalmente explorada com o estudo de caso, uma vez que os indicadores básicos não exteriorizavam problemas causados por apenas uma variável, mas sim, englobavam todas as oscilações do cenário em estudo. Para o crescimento futuro do sistema, abrangendo maior número de cargas, o desenvolvimento de indicadores mais específicos, destacando cada variável, são um ponto essencial a serem explorados em trabalhos futuros. Do contrário, a análise de dados poderá se tornar inviável.

REFERÊNCIAS

- ABB. **Ficha Técnica: IDM 96 Multimetro**. 2012. Disponível em: <[https://library.e.abb.com/public/8781e5722a834bf783257d4d004b36cd/IDM96\(N00407\)rev3.pdf](https://library.e.abb.com/public/8781e5722a834bf783257d4d004b36cd/IDM96(N00407)rev3.pdf)>. Acesso em: 27 abr. 2019.
- ABB. **Ficha Técnica: Nexus II**. 2015. Disponível em: <[http://rhmateriaiseletricos.com.br/static/arquivos-produto/Catálogo Nexus.PDF](http://rhmateriaiseletricos.com.br/static/arquivos-produto/Catálogo%20Nexus.PDF)>. Acesso em: 27 abr. 2019.
- CHAPMAN, STEPHEN J. **Fundamentos de Máquinas Elétricas**. 5ª Edição. Nova York: Mc Graw Hill, 2012.
- COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE/ CEPAL. **Anuário Estadístico de América Latina y el Caribe**. [s.l.]: United Nations publication, 2018.
- DERU, Michael; FIELD, Kristin; PUNJABI, Sonia. ISO 50001 for Commercial Buildings : Lessons Learned From U.S. DOE Pilot Project Preprint. *In: 2014 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*. [s.l.: s.n.], 2014, p. 1–11.
- EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION/ ABESCO. Desperdício de energia atinge R\$ 61,7 bi em três anos. 2017. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/novidade/desperdicio-de-energia-atinge-r-617-bi-em-tres-anos/>>. Acesso em: 27 abr. 2019.
- EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION/ ABESCO. Medição e Verificação de Performance Conceitos e Opções para a Determinação. **Abesco**, v. 1, 2012. Disponível em: <http://www.abesco.com.br/wp-content/uploads/2015/07/PIMVP_2012-PTBR.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2019.
- EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION/ ABESCO. Potencial de eficiência energética no Brasil. 2017.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA/ EPE. Anuário Estatístico 2018 EPE. p. 6, 2018. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/Paginas/Anuario-Estatistico.aspx>>. Acesso em: 25 abr. 2019.
- HINES, William W; MONTGOMERY, Douglas C; GOLDSMAN, Dave; *et al.* Probabilidade e estatística na engenharia. 2006. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/978-85-216-1953-6>>.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO. ISO 50001:2018 – Sistemas de gestão de energia. 2018.
- JOURNAL, International; ENGINEERING, O F. International journal of engineering sciences & research technology building energy management system using iso 50001 standard. v. 5, n. 5, p. 510–516, 2016.

KANNEGANTI, Harish; GOPALAKRISHNAN, Bhaskaran; CROWE, Ed; *et al.* Specification of energy assessment methodologies to satisfy ISO 50001 energy management standard. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 23, n. September, p. 121–135, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.seta.2017.09.003>>. Acesso em: 27 abr. 2019.

LINEEYE. **Conversor Modbus SI-485MB**. Disponível em: <http://www.lineeye.com/html/p_SI-485MB.html>. Acesso em: 27 abr. 2019.

MARIMON, Frederic; CASADESÚS, Martí. Reasons to adopt ISO 50001 Energy Management System. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 10, p. 1–16, 2017.

NCPC. Introduction and Implementation of an Energy Management System and Energy Systems Optimization case study : Toyota South Africa. **National cleaner production centre**, 2013. Disponível em: <http://ncpc.co.za/files/CaseStudies/EnMS_2013_ArcelorMittal_Suldanah_Works_CS.pdf>.

PURKAIT, PRITHWIRAJ. BISWAS, BUDHADITYA. DAS, SANTANU. KOLEY, Chiranjib. **Electrical and Electronics Measurements and Instrumentation**. [s.l.]: McGraw Hill Education, 2013.

REYNDERS, Deon; MACKAY, Steve; WRIGHT, Edwin. **Practical Industrial Data Communication**. [s.l.]: IDC Technologies, 2005.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Automação Industrial**. 4. ed. [s.l.: s.n.], 2001.

SANTOS, Afonso Henriques Moreira; SIMÕES, Alexandre Augusto; MARTINS, André Ramon Silva; *et al.* Conservação de energia. **Eletróbrás / Procel Educação e Universidade Federal de Itajubá**, p. 597, 2006.

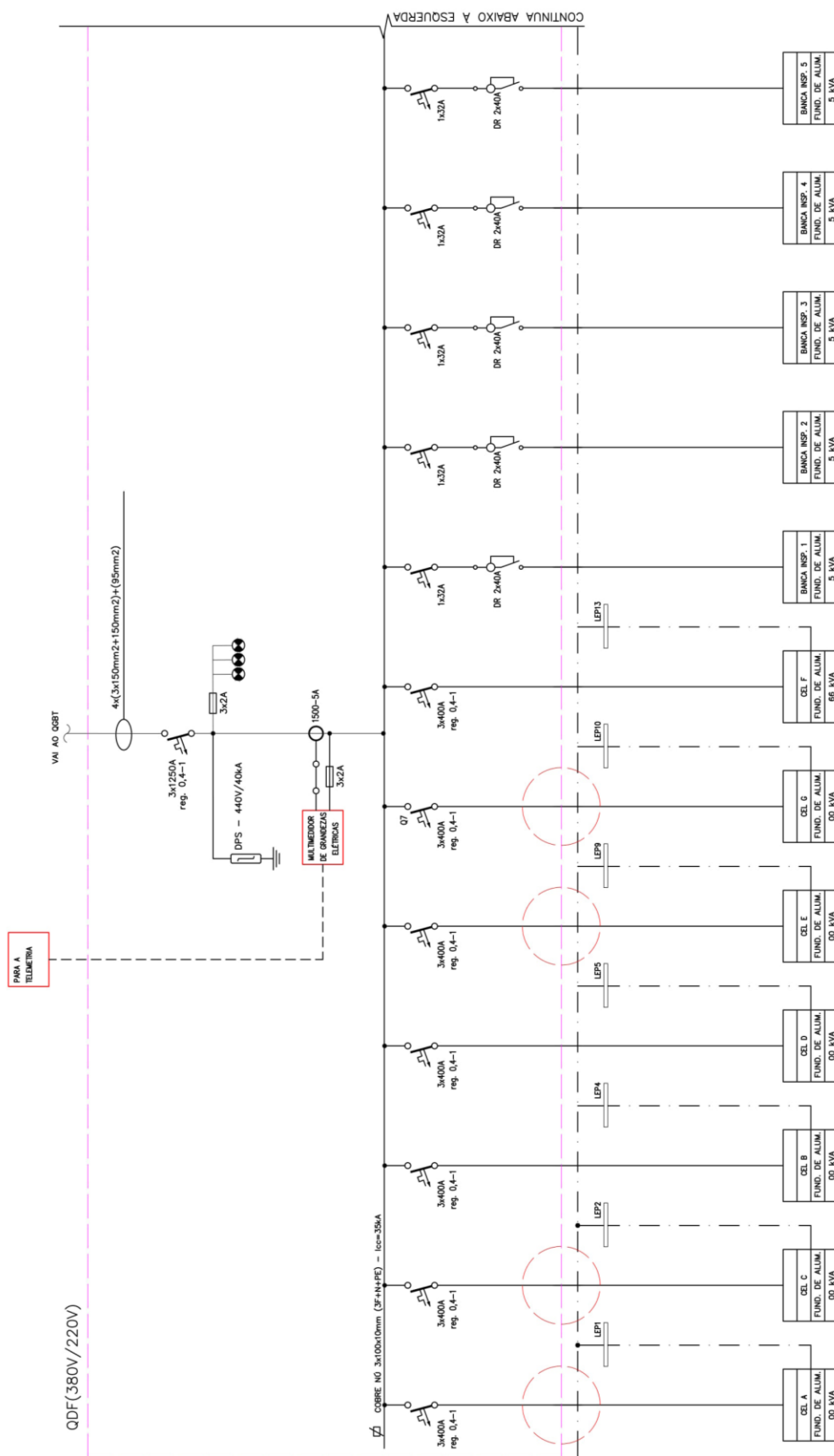
VELÁZQUEZ, David; GONZÁLEZ-FALCÓN, Rocío; PÉREZ-LOMBARD, Luis; *et al.* Development of an energy management system for a naphtha reforming plant: A data mining approach. **Energy Conversion and Management**, v. 67, p. 217–225, 2013.

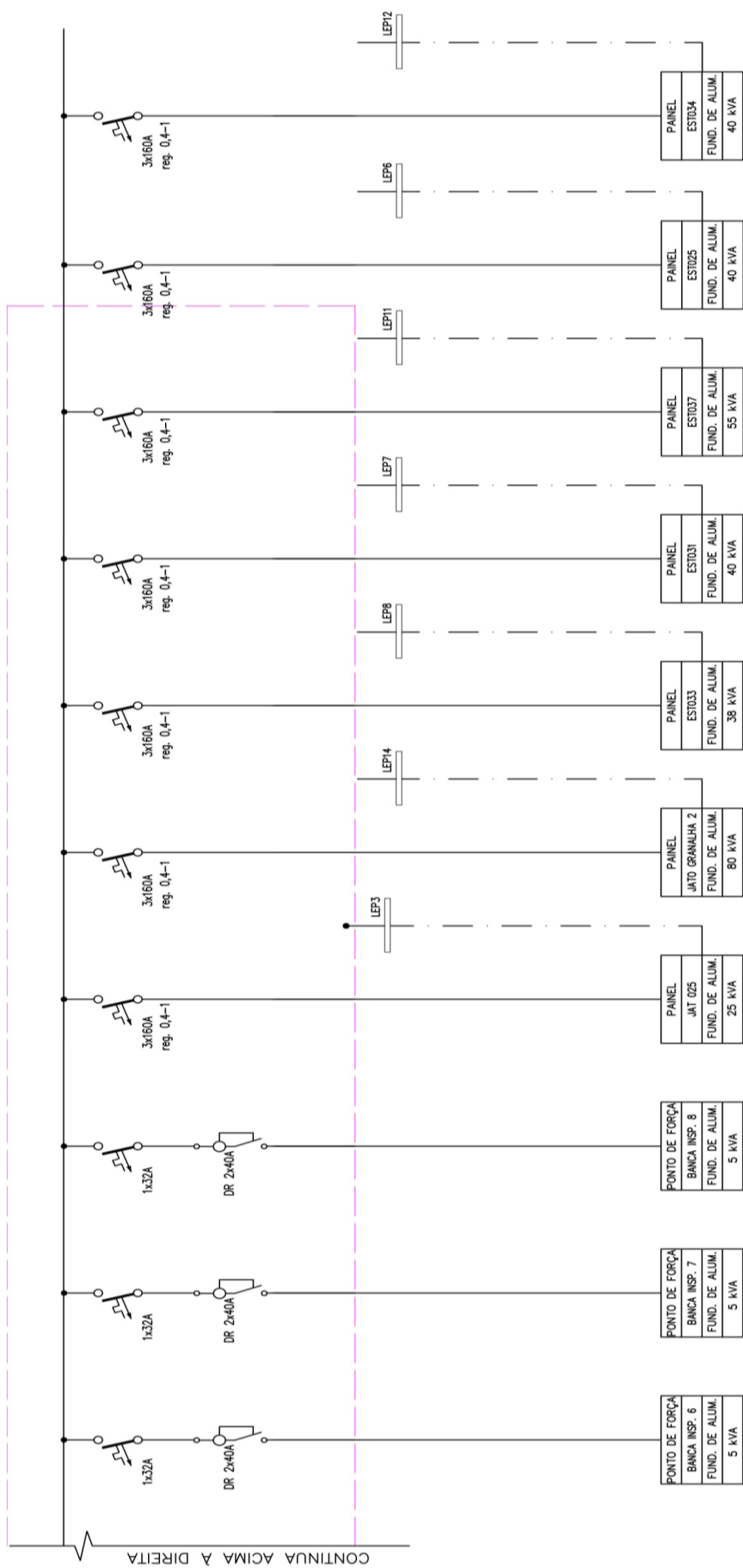
WESSELS, ARDEN. Energy management system implementation at Toyota SA. *In: Proceedings of the 8th Conference on the Industrial and Commercial Use of Energy*. Cape Town, South Africa: IEEE, 2011. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6033081>>. Acesso em 20 de Julho de 2019.

APÊNDICE B – QUADRO DE AVALIAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

EQUIPAMENTOS	Célula de Injeção A	Célula de Injeção B	Célula de Injeção D	Célula de Injeção F	Célula de Injeção J	Célula de Injeção C	Célula de Injeção E	Célula de Injeção K	JAT A	JAT B	EST A	EST B	EST C	EST D	EST E
Injetora	66	66	66	66	66	66	66	60	0	0	0	0	0	0	0
Forno	20	20	20	20	20	20	20	20	0	0	0	0	0	0	0
Dosador Meltec	7	7	7	7	7	7	7	7	0	0	0	0	0	0	0
Robô Extrator	10	10	10	10	10	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0
Robô Pulverizador	7	7	7	7	7	7	7	7	0	0	0	0	0	0	0
Robô Rebarbador	0	0	0	7	0	0	7	10	0	0	0	0	0	0	0
Prensa Hidráulica	24	24	24	24	24	24	24	22	0	0	0	0	0	0	0
Tanque de resfriamento	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
IECI	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
Thermocast	41,7	41,7	41,7	41,7	41,7	41,7	41,7	0	0	0	0	0	0	0	0
Esteira	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2	0	0	0	0	0	0	0
Ventiladores	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0	0	0	0	0	0	0
Estufa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	40	55	40	40
Jato de Granalha	0	0	0	0	0	0	0	0	80	25	0	0	0	0	0
Iluminação	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0	0	0	0	0	0	0
Total electric power (kVA)	181,7	181,7	181,7	188,7	181,7	181,7	188,7	244,09	80	25	38	40	55	40	40
Possui medição?	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
É um USE?	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Potência total instalada (kVA)	1847,99														

APÊNDICE C – DIAGRAMA UNIFILAR DA MINI FABRICA





APÊNDICE D – PLANO DE AÇÃO DO SGE

PLANO DE AÇÃO - SGE						
Objetivo:		Exemplo: Atingir economia planejada para ganhar mais investimentos.				
Item	Atividade	Recurso	Responsável	Data de início	Data de término	Status
1	Desenvolver uma NOP padrão para desligamento de equipamentos após jornada de trabalho.	HH	Felipe S.	15/set	15/out	Auditar mini fábrica em um final de semana e verificar o consumo instantâneo dos equipamentos. Gerar relatório e repassar para produção formalizar a NOP.
2	Preparar DSC sobre consumo consciente.	HH	Felipe S.	15/set	15/out	Será conduzido em reunião semanais com a produção.
3	Avaliar o alto consumo identificado em finais de semana.	HH	Felipe S.	27/set	11/out	Visitar a fábrica na madrugada de Domingos.
4	Implementar temporização de desligamento de motores por ociosidade em máquinas sem o recurso.	HH	Felipe S.	23/set	23/out	Identificar equipamentos que carecem deste recurso, e informar a equipe de manutenção para correção imediata.
5	Avaliar micro paradas de produção e verificar se faz sentido reduzir tempo de desligamento de motores de 10 para 5 minutos, por exemplo.	HH	Felipe S.	23/set	16/out	Analisar dados de disponibilidade de máquina para definir o tempo bom de desligamento.

APÊNDICE E – REGISTRO DE AUDITORIA

Z FA - P31

(Peso: 1) Sistemas de iluminação



Resultado:

Comentário:

Sistema de iluminação totalmente ligado.



O item possui as seguintes mídias :

Imagens

2

(Peso: 1) Equipamentos de ventilação e climatização.



Resultado:

(Peso: 1) Computadores e televisões



Resultado:

Comentário:

Televisores de KPI e do MES ligados.



O item possui as seguintes mídias :

Imagens

2

(Peso: 1) Equipamentos: Injetores



Resultado:

Comentário:

Para reduzir o consumo de EE na CEL, recomenda-se manter a máquina em estado de emergência, desligando assim todas as cargas de força e baixo o consumo para menos de 1kW.

Avaliando este consumo em Domingos no ano, o valor soma mais de 10TBRL.

Se levar em consideração a CEL068, encontrada com o hidráulico ligado, estamos falando de mais 10TBRL.

	Instantâneo	Dia	Mês	Ano	Custo
CEL066	7,54	180,96	723,84	8686,08	2432,10
CEL064	12,8	307,2	1228,8	14745,6	4128,76
CEL063	4,37	104,88	419,52	5034,24	1409,58

APÊNDICE F – REGISTRO DE INDICADORES

Data	Equipamento	Consumo p/ ciclo [kWh]	Custo p/ ciclo padrão [R\$]	Consumo em HNP [kWh]	Ineficiência [kWh]	Consumo em HNP e ineficiência	Custo em HNO e ineficiência
Semana 1	CEL A	1,24	R\$0,33	0,00	927,57	927,57	R\$250,44
	CEL B	1,35	R\$0,36	1093,00	6059,33	7152,33	R\$1.931,13
	CEL C	1,44	R\$0,39	715,54	2027,27	2742,81	R\$740,56
	CEL D	0,64	R\$0,17	478,14	1889,22	2367,35	R\$639,19
	CEL E	1,92	R\$0,52	0,00	3579,53	3579,53	R\$966,47
	CEL F	1,21	R\$0,33	887,00	2486,23	3373,23	R\$910,77
	Média	1,30	R\$0,35	528,95	16969,15	20142,82	R\$5.438,56
Semana 2	CEL A	1,27	R\$0,34	733,50	58,58	792,08	R\$213,86
	CEL B	1,22	R\$0,33	384,00	2784,34	3168,34	R\$855,45
	CEL C	1,23	R\$0,33	377,00	195,67	572,67	R\$154,62
	CEL D	0,52	R\$0,14	437,17	0,00	437,17	R\$118,04
	CEL E	1,26	R\$0,34	474,40	193,44	667,84	R\$180,32
	CEL F	1,06	R\$0,29	472,00	854,39	1326,39	R\$358,13
	Média	1,09	R\$0,30	479,68	4086,42	6964,49	R\$1.880,41
Semana 3	CEL A	1,46	R\$0,39	0,00	676,13	676,13	R\$182,56
	CEL B	1,44	R\$0,39	826,00	3296,33	4122,33	R\$1.113,03
	CEL C	3,49	R\$0,94	1118,60	1381,33	2499,93	R\$674,98
	CEL D	1,06	R\$0,29	0,00	619,40	619,40	R\$167,24
	CEL E	1,26	R\$0,34	0,00	909,91	909,91	R\$245,68
	CEL F	0,98	R\$0,26	0,00	263,90	263,90	R\$71,25
	Média	1,61	R\$0,44	324,10	7147,00	9091,60	R\$2.454,73
Semana 4	CEL A	1,29	R\$0,35	0,00	61,86	61,86	R\$16,70
	CEL B	1,40	R\$0,38	397,00	5086,10	5483,10	R\$1.480,44
	CEL C	1,39	R\$0,38	301,00	440,50	741,50	R\$200,20
	CEL D	1,18	R\$0,32	0,00	1300,25	1300,25	R\$351,07
	CEL E	2,49	R\$0,67	523,10	2269,23	2792,33	R\$753,93
	CEL F	1,21	R\$0,33	445,00	714,73	1159,73	R\$313,13
	Média	1,49	R\$0,40	277,68	9872,67	11538,77	R\$3.115,47
Semana 5	CEL A	1,98	R\$0,54	21,40	1173,98	1195,38	R\$322,75
	CEL B	1,22	R\$0,33	17,50	3703,53	3721,03	R\$1.004,68
	CEL C	1,27	R\$0,34	380,00	0,00	380,00	R\$102,60
	CEL D	1,41	R\$0,38	16,36	1430,96	1447,32	R\$390,78
	CEL E	1,46	R\$0,39	1164,30	828,15	1992,45	R\$537,96
	CEL F	1,50	R\$0,41	663,80	1285,52	1949,32	R\$526,32
	Média	1,47	R\$0,40	377,23	8422,14	10685,50	R\$2.885,08
	Meta	1,23	R\$0,33	502,50	16120,69	19135,68	R\$5.166,63
	Real	1,42	R\$0,38	364,67	7382,06	9570,09	R\$2.583,92