

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
BACHAREL EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

CAROLINA GASPERIN ZASSO

**FERRAMENTAS DE GESTÃO DE QUALIDADE APROPRIADAS PARA ESTUDOS
DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA REFRIGERANTEIRA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2021

CAROLINA GASPERIN ZASSO

**FERRAMENTAS DE GESTÃO DE QUALIDADE APROPRIADAS PARA ESTUDOS
DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA REFRIGERANTEIRA**

Appropriate quality management tools for energy efficiency studies in a soda factory

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Elétrica da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Eng. Roberto Candido

CURITIBA
2021



Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

CAROLINA GASPERIN ZASSO

**FERRAMENTAS DE GESTÃO DE QUALIDADE APROPRIADAS PARA ESTUDOS
DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA REFRIGERANTEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado
como requisito para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do
Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 19 de Agosto de 2021

Prof. Alvaro de Alencar
Mestre
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Paulo Apelles Camboim de Oliveira
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Roberto Candido
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CURITIBA

2021

RESUMO

ZASSO, Carolina G. FERRAMENTAS DE GESTÃO DE QUALIDADE APROPRIADAS PARA ESTUDOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA REFRIGERANTEIRA. 2021. 46 f. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação – Curso de Engenharia Elétrica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

Em todo segmento industrial se busca reduzir custos como a alternativa existente para melhorar as margens de lucro do negócio, assim sendo o custo dos insumos são sempre alvo de políticas focadas em melhorar a eficiência de todo processo produtivo. Nesta perspectiva os gastos com energia também estão sendo alvos de estudo para buscar o melhor uso deste insumo, o que tem levado a novo patamar de interesse o estudo da gestão de eficiência energética tema deste TCC, que foi realizado em uma refrigeranteira no estado do Paraná e apresenta um estudo de caso sobre ferramentas de qualidade adequadas à redução do consumo de energia elétrica. O resultado obtido mostra que a aplicação combinada das ferramentas 5W2H, Diagrama de Pareto, Matriz GUT, KPI, Kanban, Folhas de Verificação, Carta de Controle, Benchmarking, 5 Porquês e PDCA é efetiva pois, para uma meta acumulada estipulada pela fábrica de 9,05kWh/hectolitro, o indicador-chave atingido foi 4,53% menor, no valor de 8,64kWh/hectolitro.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Ferramentas da Qualidade. Refrigeranteira.

ABSTRACT

ZASSO, Carolina G. APPROPRIATE QUALITY MANAGEMENT TOOLS FOR ENERGY EFFICIENCY STUDIES IN A SODA FACTORY. 2021. 46 f. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação – Curso de Engenharia Elétrica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

Every industrial segment look for reducing costs as an alternative to improve profit margins, so the costs of inputs are always the target of policies focused on improving the efficiency of the entire production process. This way, energy expenditure is also being studied to seek the best use of this input, which has taken the study of energy efficiency management to a new level of interest that was carried out in a soda factory in the state of Paraná and presents a study case on quality tools suitable for reducing electricity consumption. The results showed that the combined application of 5W2H, Pareto Diagram, GUT Priority Matrix, KPI, Kanban, Check Sheet, Control Chart, Benchmarking, 5 Whys and PDCA as effective, because for an accumulated goal of 9.05kWh/hectoliter stipulated by the factory, the key indicator achieved was 4.53% lower, at 8.64kWh/hectoliter.

Keywords: Energy Efficiency. Quality Management Tools. Soda Factory.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Fluxo produtivo de refrigerantes
- Figura 2 – Método DMAIC (T)
- Figura 3 – Método PDCA (T)
- Figura 4 – Ferramenta de Gestão Brainstorming
- Figura 5 – Diagramas de Pareto (T)
- Figura 6 – 5W2H (T)
- Figura 7 – Ferramenta 5 Porquês (T)
- Figura 8 – Diagrama de Ishikawa (T)
- Figura 9 – Matriz de Priorização GUT (T)
- Figura 10 – Orçamento Base Zero (T)
- Figura 11 – Ferramenta KPI (T)
- Figura 12 – Método 5S (T)
- Figura 13 – Ferramenta de Gestão Kanban (T)
- Figura 14 – Figuras básicas utilizadas em um Fluxograma
- Figura 15 – Folhas de Verificação (T)
- Figura 16 – Carta de Controle (T)
- Figura 17 – Benchmarking (T)
- Figura 18 – Ciclo do Sistema da Usina de Frio
- Figura 19 – Layout do setor de Utilidades
- Figura 20 – 5W2H (Customizado pela refrigeranteira)
- Figura 21 – Diagrama de Pareto (Customizado pela refrigeranteira)
- Figura 22 – Matriz de Priorização GUT (Customizada pela refrigeranteira)
- Figura 23 – Folha de Verificação (Customizada pela refrigeranteira)
- Figura 24 – Carta de Controle (Customizada pela refrigeranteira)
- Figura 25 – Método PDCA (Como utilizado na refrigeranteira)
- Figura 26 – Automatização de Cartas de Controle
- Figura 27 – Substituição do Condensador
- Figura 28 – Matriz de Shutdown
- Figura 29 – Acompanhamento das Subestações da Fábrica através do sistema de gerenciamento de energia elétrica
- Figura 30 – Aba inicial do modelo de tela do aplicativo
- Figura 31 – Uso das Ferramentas de Gestão da Qualidade no Modelo de Tela sugerido
- Figura 32 – Uso de Ferramentas de Gestão da Qualidade no Modelo de Tela sugerido

Figura 33 – Resultado do KPI Acumulado de Energia Elétrica referente ao ano de 2020

Figura 34 – Resultado do KPI de Energia Elétrica mensal referente ao ano de 2020

Figura 35 – Comparativo do KPI acumulado de Energia Elétrica referente aos anos de 2019 e 2020

GLOSSÁRIO

Alcalinidade: medida total das substâncias presentes na água capazes de neutralizar ácidos

(C): Customizado

Compressor de Ar: equipamento pneumático que consegue captar o ar, armazená-lo sob alta pressão em um reservatório e transformá-lo em ar comprimido.

Compressor de Frio: análogo ao Compressor de Ar, capta o vapor de amônia, comprime esse gás e o ejeta depois de pressurizado.

Condensador: tem a função de passar uma substância de seu estado gasoso para o líquido.

Decantador: separa, por meio da gravidade, os sólidos sedimentáveis que estão contidos em uma solução líquida.

Declorador: trata e retira o cloro residual da água eliminando possíveis odores e sabores da água potável.

Espessador: são tanques que agrupam sedimentações ao longo do processo de separação sólido-líquido.

Flare: elimina de forma segura e eficaz os gases não aproveitados no processo.

Kits: mistura que dá sabor aos refrigerantes que chega à fábrica já pronta para ser misturada ao xarope simples.

Filtro polidor: equipamento destinado à filtragem de líquidos a fim de reter partículas suspensas.

Rinser: equipamento que realiza a lavagem das garrafas PET.

Shelf Life: prazo de validade dos produtos.

Metanização: processo biológico baseado na degradação por bactérias de matéria orgânica produzindo metano (CH₄).

SKU: Stock Keeping Unit, traduzido como Unidade de Controle de Estoque

(T): Base teórica

Terra Infusória: substância usada como filtro originada de fósseis de algas silícicas, extraídas do fundo de mares e lagos

URL: Unidade de Resfriamento de Líquidos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Tema de Pesquisa	10
1.1.1	Tratamento de Água	11
1.1.2	Xaroparia Simples	12
1.1.3	Xaroparia Composta	12
1.1.4	<i>Packaging</i>	12
1.1.5	Qualidade de Produto	13
1.1.6	Tratamento de Efluentes	13
1.1.7	Utilidades	14
1.2	Delimitação do Tema	14
1.3	Problemática e Premissas de Pesquisa	14
1.4	Objetivos da Pesquisa	15
1.4.2	Objetivos Específicos	15
1.5	Justificativa	15
1.6	Procedimentos Metodológicos	16
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Importância de ferramentas de gestão da qualidade	17
2.2	Eficiência Energética	17
2.3	Teoria das Ferramentas de Qualidade usadas na empresa	17
2.3.1	Método DMAIC (T)	18
2.3.2	Método PDCA (T)	19
2.3.3	Ferramenta de Gestão <i>Brainstorming</i> (T)	19
2.3.4	Diagramas de Pareto (T)	20
2.3.5	Ferramenta 5W2H (T)	21
2.3.6	Ferramenta 5 Porquês (T)	21
2.3.7	Diagramas de Ishikawa (T)	22
2.3.8	Matriz de Priorização GUT (T)	23
2.3.9	Orçamento Base Zero (OBZ) (T)	23
2.3.10	Ferramenta KPI – <i>Key Performance Indicator</i> (T)	24
2.3.11	Método 5S (T)	24
2.3.12	Ferramenta de Gestão Kanban (T)	25
2.3.13	Fluxogramas de Processos (T)	26

2.3.14	Folhas de Verificação (T)	26
2.3.15	Carta de Controle (T)	27
2.3.16	<i>Benchmarking</i> (T)	28
3	DESENVOLVIMENTO	29
3.1	Detalhamento do Setor de Utilidades	29
3.1.1	Usina de Frio	29
3.1.2	Usina de Ar Comprimido	30
3.2	Escolhas de metodologias e ferramentas da qualidade adequadas à busca de eficiência energética	31
3.2.1	Ferramenta 5 Porquês (C)	32
3.2.2	Ferramenta 5W2H (C)	32
3.2.3	Diagramas de Pareto (C)	33
3.2.4	Matriz de Priorização GUT (C)	33
3.2.5	KPI (C)	34
3.2.6	Folhas de Verificação (C)	34
3.2.7	Carta de Controle (C)	35
3.2.8	Método PDCA (C)	37
3.3	Principais ações desenvolvidas que impactaram diretamente a meta de Energia Elétrica	38
3.3.1	Automatização de Cartas de Controle	38
3.3.2	Substituição de Condensador	39
3.3.3	Matriz de Shutdown	39
3.3.4	Gerenciamento automático do consumo de eletricidade	40
3.4	Requisitos para desenvolvimento de aplicativo	41
3.4.1	A importância de um aplicativo	41
3.4.2	Modelos de Tela	42
4	RESULTADOS	45
5	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

Os valores gastos com o consumo de energia elétrica é uma despesa gerenciável na indústria, desta forma, a busca da sua redução implica diretamente nos custos de produção, que em alguns casos representa de 15% a 25%. (CORRÊA, 2017). É cada vez mais frequente a indisponibilidade de energia elétrica no mercado, portanto o seu uso precisa ser mais eficiente, evitando gastos desnecessários (MENDES, 2014). A crescente preocupação da sociedade com a preservação do meio ambiente também tem incentivado a busca de melhores processos no uso da energia. (CORRÊA, 2017).

O mercado mundial, devido às incertezas econômicas e políticas, exige das indústrias agilidade, flexibilidade, desenvolvimento de tecnologias e redução de custos, situação está que incentiva a busca contínua de melhorias que eliminem perdas ocasionais e desperdícios (MARTINS, 2016).

Na busca da redução de custos para garantir a competitividade as organizações têm implantado novos processos de gestão de qualidade que acrescentem valor a produtos e serviços entregues ao cliente. (DANIEL e MURBACK, 2014).

Em uma corporação todos os setores devem trabalhar em conjunto na busca de melhores resultados, desta forma, ao interligar departamentos através de metodologias e estratégias coletivas, se torna possível identificar, organizar, controlar, direcionar, gerenciar e atuar diretamente sobre processos a fim de garantir e promover melhores resultados (DANIEL e MURBACK, 2014).

É importante que as ações que buscam a eficiência energética sejam efetivas e duradouras de maneira a justificar investimentos evitando retrabalhos para atingir os resultados almejados. Estas demandas tornam necessária a aplicação consistente e estruturada de ferramentas de gestão da qualidade (TONIN, 2009).

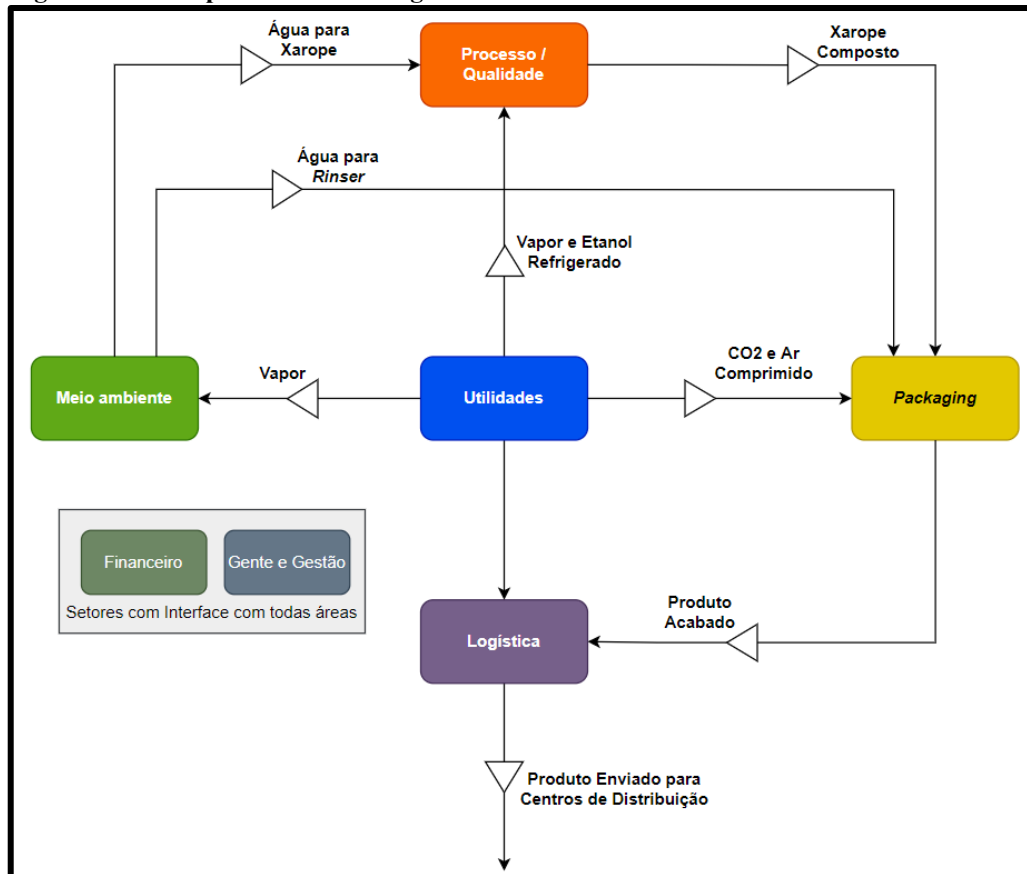
Neste trabalho se estudou a aplicação de Ferramentas de Gestão da Qualidade para buscar melhorias nos índices de eficiência energética no setor de Utilidades de uma refrigeranteira apropriando-se de Ferramentas e Metodologias já conhecidas na empresa.

1.1 Tema de Pesquisa

Este estudo buscou apropriar-se de metodologias e ferramentas de gestão de qualidade para aplicação em processos que busquem a eficiência energética de uma planta industrial. Para a realização do estudo desta apropriação, utilizou-se das instalações de uma refrigeranteira do estado do Paraná e, para tanto, elaborou-se inicialmente o diagrama de seu processo produtivo,

representado na Figura 1. Em seguida, para que o leitor possa compreender a proposta do trabalho, se descreveu sucintamente as etapas do processo industrial da refrigeranteira.

Figura 1 – Fluxo produtivo de refrigerantes



Fonte: Autoria própria (2021)

1.1.1 Tratamento de Água

A água utilizada no processo produtivo é retirada de poços artesianos e posteriormente armazenada em tanques, para depois passar por um filtro de areia que retém impurezas mais volumosas, seguindo para outro tanque, onde nele era adicionado ácido clorídrico para correção da alcalinidade. Neste ponto do processo, parte da água é enviada para um *rinser*, onde acontece o enxague das garrafas. Seguindo o processo a outra parte da água vai para um terceiro tanque onde é adicionado hipoclorito para neutralizar a sua acidez. Na sequência, parte segue como água para uso comum na fábrica e a outra passava ainda por um declorador com várias camadas, por filtros polidores, e se tornava água de processo. Esta etapa na refrigeranteira atende ao dito por Richter e Netto (1991), quanto ao tratamento de água.

1.1.2 Xaroparia Simples

O xarope é uma composição básica simples de cada refrigerante e possui quantidades de açúcar diferentes em cada sabor ou tipo, porém o processo de produção é análogo em todos os produtos chamados de refrigerantes.

Em um equipamento chamado de dissolvedor é adicionado açúcar, terra infusória, carvão ativado e água. Esta última é aquecida em um trocador de calor de integração, por onde passa o xarope simples quente vindo do filtro de marca Trapp.

O carvão e a terra infusória são adicionados com o intuito de corrigir a cor do xarope e retirar qualquer impureza do açúcar. Em seguida precisavam ser por três filtros: o de placas verticais, o polidor e o Trapp, e deste saindo troca calor com a água de para chegar a uma temperatura de mais ou menos 20°C e, a partir daí, ia para a xaroparia composta. Esta etapa do processo está em acordo com o apresentado por Celestino (2010).

1.1.3 Xaroparia Composta

Os refrigerantes tradicionais têm processos de produção muito semelhantes aos refrigerantes zero ou diet, porém apresentam diferenças em sua composição. Os primeiros têm formação no Tanque de Mistura, onde são incluídos: xarope simples, antioxidantes, conservantes, flavorizantes, acidulantes, sequestrantes e água de processo. Já para a segunda categoria dos “zeros e diet” se adicionam os mesmos produtos, além dos edulcorantes. Além disso, para cada refrigerante se colocava os kits de xarope concentrados que dão o sabor, a cor e o aroma característicos de cada produto, conforme descreve Celestino (2010) ao relatar os processos de produção de xarope composto.

Saindo da xaroparia composta, o produto se encontrava superconcentrado e precisava passar por algumas etapas na área do *Packaging* antes de ser envasado. Este setor será explicado no próximo tópico.

1.1.4 *Packaging*

O *Packaging* é a etapa da produção que se inicia no subsetor chamado de Sopro, onde são produzidas as garrafas PET que chegam em formato de tubos de ensaio e chamadas de pré-formas. No Sopro, as pré-formas são transportadas por esteiras até entrarem no forno, onde são aquecidas para que o processo de expansão seja facilitado.

Ao saírem do forno as pré-formas entram nos moldes da sopradora e se expandem até encostarem no molde, dando o formato comum de uma garrafa PET que em seguida são

transportadas até a Sala de Envase passando pelo *rinser*, que as enxagua retirando qualquer impureza e material estranho.

Na Sala de Envase, o xarope composto é diluído em uma proporção de 1:5 de água e depois é enviado para o carbonatador que injeta CO₂ no xarope diluído transformando-o em refrigerante. Em seguida o produto segue para a enchedora sendo envasado nas garrafas que haviam acabado de sair do *rinser*.

Após o envase as garrafas seguem para a rotuladora e em seguida para a *Videojet*, para datá-las, e seguindo para as empacotadoras de 6 ou 4 garrafas, dependendo do tamanho da PET, e finalmente envolvidas em filme plástico e paletes para armazenamento. Esta etapa do processo foi implantada a partir de estudos e indicações publicadas por Miranda (2011) e Celestino (2010).

1.1.5 Qualidade de Produto

Gubolino (2007) apresenta diversos ensaios e acompanhamentos que um Laboratório de Qualidade numa refrigeranteira deve realizar e foram encontrados na empresa: análises das matérias primas e dos produtos retirados da linha de produção e também testes de degustação diários, controle de *shelflife*, testes de contaminação nos produtos e muitos outros que garantem a qualidade do produto para o consumidor final.

1.1.6 Tratamento de Efluentes

A sustentabilidade de um processo produtivo é condicionante da permanência de uma organização no mercado e, segundo estudos de Metcalf e Eddy (2013), o reuso de água e tratamentos apropriados fazem parte dos cuidados com efluentes gerados para minimizar efeito ao meio ambiente e redução de custos.

No processo produtivo da empresa em estudo, quando o efluente chega na estação passa por um gradeamento, uma caixa de areia, um separador de água e óleo, e uma peneira hidrodinâmica e ia para o tanque de equalização, onde acontece sua homogeneização.

Em seguida a água vai para o tanque de acidificação, tanque de metanização. Os gases produzidos pela metabolização da matéria orgânica passam por uma lavadora para retirada o CO₂ enquanto o metano é queimado em um *flare*.

Do tanque de metanização, o efluente segue para o tanque de aeração e depois para o decantador, nele o lodo ativado ia para o fundo, passava por um espessador para que o excesso de água fosse retirado, por uma centrífuga e, por fim, uma empresa terceirizada recolhe o

resíduo e a água que, separada no decantador, passa por um tanque de descarte e é devolvida ao rio.

1.1.7 Utilidades

É uma subárea do setor de Engenharia de uma refrigeranteira que, segundo Fernandes (2015), é responsável por fazer o gerenciamento de energias para o bom funcionamento do processo produtivo. No caso em que se realizou o estudo a Utilidades se incumbe de:

- a) Gera vapor, através da queima de Óleo Vegetal fazendo o uso de caldeiras, necessário para a produção de xarope e para a limpeza das linhas;
- b) Possui um sistema de frio que, através de trocas de calor fazendo uso de amônia, etanol e água, supre a troca de calor necessária na xaroparia simples e carbonatadores;
- c) Fornece ar comprimido de alta e baixa pressão, usados tanto para movimentação de garrafas nas linhas, como para inflar pré-formas, entre outras;
- d) Também entrega CO₂ para a carbonatação de refrigerantes, processo qual dá a refrescância ao produto, tornando-o gasoso.

Todos estes processos serão abordados com mais detalhes no Capítulo 3, dado que o estudo foi realizado nesta área.

1.2 Delimitação do Tema

Para a realização deste estudo optou-se por centralizar esforços de pesquisa no setor de Utilidades da refrigeranteira escolhida, focando nos subsistemas que geram maior impacto no consumo de energia elétrica, quais sejam a Usina de Frio e a Usina de Ar Comprimido.

1.3 Problemática e Premissas de Pesquisa

Segundo Sola e Mota (2015), existem diversas oportunidades de melhorias em eficiência energética em indústrias por três barreiras principais:

- a) de informação e decisão;
- b) econômicas e financeiras;
- c) de gestão.

Dessa forma, como se pode garantir que haja priorização, execução, padronização e entendimento da necessidade das ações que visam a gestão de energia elétrica?

Parte-se, portanto, da seguinte premissa apresentada por Daniel e Murback (2014), ao citarem Ishikawa: “65% a 80% dos problemas que afetam as empresas são de responsabilidade da gerência e ainda que 95% desses problemas poderiam ser solucionados com a aplicação de ferramentas da qualidade”.

1.4 Objetivos da Pesquisa

A redução de custos de produção é foco contínuo dos modernos modelos de Gestão Industrial, sendo assim, pontos passíveis de economia são sempre buscados. Quando estudadas diversas planilhas de custos produtivos percebe-se que a energia gasta por uma planta sempre representa valores consideráveis na composição do custo final, sendo assim, a busca da eficiência energética tem papel importante nestes estudos.

1.4.1 Objetivo Geral

Indicar ferramentas de gestão da qualidade que possam ser aplicadas na melhoria da eficiência energética em plantas industriais de refrigeranteiras.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Apresentar um referencial teórico sobre ferramentas de gestão da qualidade;
- b) Descrever o setor de utilidades da indústria refrigeranteira do Estudo de Caso;
- c) Escolher ferramentas de Gestão de Qualidade mais apropriadas aos processos que buscam melhoria da eficiência energética na fábrica;
- d) Avaliar os resultados do uso combinado dos métodos e ferramentas de qualidade escolhidas para o estudo de caso;
- e) Levantar requisitos para futura criação de aplicativo de gestão de eficiência energética usando métodos e ferramentas de qualidade.

1.5 Justificativa

Tonim (2009) afirma que desde os anos noventa, programas voltados à eficiência energética, como o Procel – Programa de Conservação de Energia Elétrica e o Conpet – Programa de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural, tentam sensibilizar e conscientizar quanto à necessidade de racionalização de energia. Atualmente, os impactos da restrição no fornecimento de eletricidade tornaram perceptível a importância de

medidas de redução do uso de energia elétrica, assim como da necessidade de aprimoramento do gerenciamento de faturas de energia.

Segundo Fernandes (2015), estudos foram realizados em indústrias abordando questões como a conscientização quanto à eficiência energética, gestão de energia e o uso de equipamentos mais eficientes e puderam concluir que, para que todos os envolvidos estejam conscientes das necessidades em eficiência energética da planta é necessária uma política eficiente e trabalho permanente.

Para que essa eficiência e permanência, assim como a padronização de ações, exista nas indústrias, é necessário que haja uma estratégia associada à gestão de energia, de forma que integrar ações técnicas e de gerenciamento se torna essencial (CORRÊA, 2017).

Solucionar problemas não é uma tarefa simples e possui alto grau de complexidade. Por esse motivo, envolver uma equipe multidisciplinar na resolução de uma questão se torna primordial. De maneira que as ferramentas de qualidade entram como forma de potencialização de competências e comunicação da equipe, pois são meios capazes de identificar e auxiliar na compreensão da causa raiz dos problemas e assim gerar soluções objetivas, por serem capazes de dar evidência e enfoque para a solução (DANIEL e MURBACK, 2014).

Portanto, este trabalho se justifica pela proposta do uso de métodos e ferramentas da qualidade diretamente na gestão de melhorias na busca de melhorias da eficiência energética numa refrigeranteira.

1.6 Procedimentos Metodológicos

Esta pesquisa tem perfil de um estudo de caso e visa “customizar” ferramentas da gestão da qualidade para melhorar os processos de eficiência energética no setor de Utilidades de uma refrigeranteira. Por sua vez este setor se relaciona diretamente com todas as outras áreas da fábrica e tem o maior consumo de energia elétrica devido às suas usinas de frio e de ar comprimido.

Se iniciará o trabalho por meio de uma pesquisa bibliográfica para conceituação das diversas Ferramentas da Qualidade que podem estruturar um projeto de busca de eficiência energética. Para consolidar o trabalho realizou-se ampla pesquisa documental nos setores envolvidos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem como objetivo auxiliar o leitor na compreensão do tema por completo, desde a fundamentação histórica das ferramentas até o princípio de funcionamento atual de cada uma delas, apresentando seus conceitos, premissas e objetivos individuais.

2.1 Importância de ferramentas de gestão da qualidade

Já na época de Henry Ford, se iniciou a racionalização e a padronização de produtos, assim como a inspeção do produto final, associado ao controle de qualidade. Porém, estas inspeções são inviáveis em produções de larga escala, de maneira que “surge nos anos 30 e 40 a Era do Controle Estatístico onde são introduzidas técnicas e procedimentos de base estatística desenvolvidas por Walter A. Shewhart” com o objetivo de prevenir e solucionar problemas (DANIEL e MURBACK, 2014).

As revoluções industriais foram permitindo a mecanização da produção e que o volume de produção pudesse ser maximizado, com ofertas de produtos com pouca variação, longo ciclo de vida e alta demanda. Formato que atualmente vem sendo cada vez mais alterado, devido ao aumento da exigência do consumidor, a grande variedade de produtos, entregar valores competitivos ao mercado e a redução do ciclo de vida, exigindo das indústrias cada vez mais mudanças e adaptações, que ocorrem baseadas em metodologia enxuta, que engloba um conjunto de métodos e ferramentas técnico-gerenciais com o objetivo de reorganizar e adequar processos industriais (MARTINS, 2016).

2.2 Eficiência Energética

Segundo Fernandes (2015), “a Eficiência Energética pode ser definida como um conjunto de atividades sistêmicas que têm como objetivo principal otimizar ao máximo o uso de energia e de suas fontes”.

Também pode ser definida como a otimização do consumo de energia elétrica visando chegar no mesmo resultado final, eliminando perdas (CORRÊA, 2017).

2.3 Teoria das Ferramentas de Qualidade usadas na empresa

As grandes empresas usam com frequência ferramentas de Gestão da Qualidade em seus processos produtivos. Este estudo visa, portanto, reconhecer as principais ferramentas de gestão da qualidade usadas pela empresa e escolher as que melhor se enquadram para projetos que

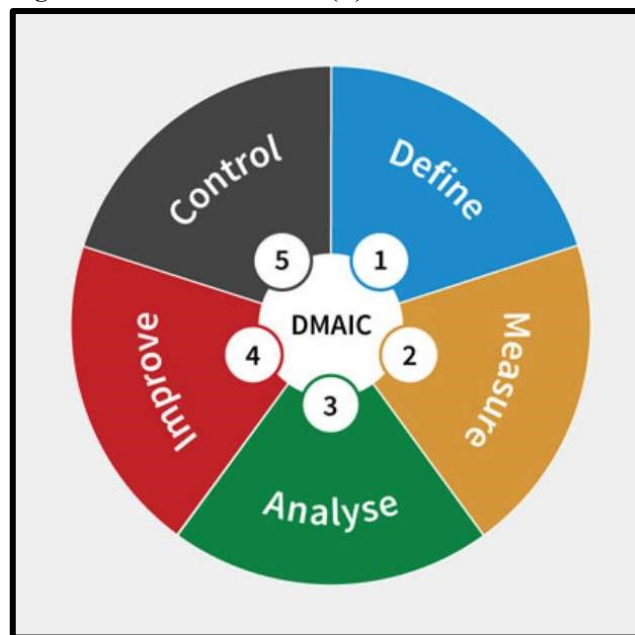
busquem a eficiência energética. Para melhor entendimento da leitura usou-se a nomenclatura (T) para identificar a teoria pura das ferramentas e metodologias de gestão da qualidade.

2.3.1 Método DMAIC (T)

Cleto e Quinteiro (2011) afirmam que a metodologia, focada em desempenho organizacional, é mais utilizada atualmente dentre os programas do Seis Sigma, conhecido por seus métodos que buscam a redução de variabilidade de processos reduzindo assim profundamente o nível de defeitos. O DMAIC foi selecionado neste caso pelo tipo de projeto, considerando-se as cinco etapas que envolvem este método: *define* (definir), *measure* (medir), *analyse* (analisar), *improve* (melhorar) e *control* (controle), como mostrou a Figura 2.

Para que haja um bom desenvolvimento de um projeto com aplicação dessa metodologia, é necessário que exista “um conjunto de objetivos mensuráveis ligados a um conjunto de indicadores bem definidos e que correspondam à oportunidade de solução, dentro de uma perspectiva de melhoria contínua” (CLETO e QUINTEIRO, 2011).

Figura 2 – Método DMAIC (T)

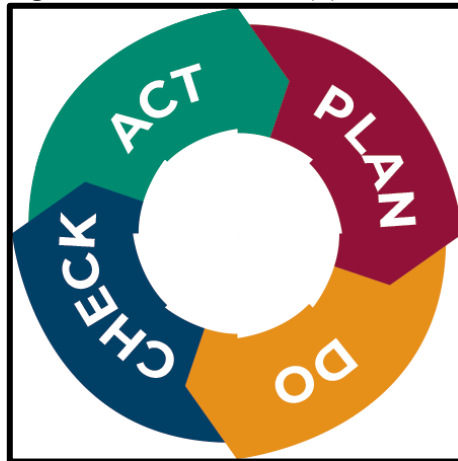


Fonte: <<https://bit.ly/3y7KjuK>>

2.3.2 Método PDCA (T)

Segundo Corrêa (2017), é um método para resolução de problemas visando melhoria contínua. Sigla para *Plan* (planejar), *Do* (fazer), *Check* (chechar) e *Act* (agir), que funciona como um ciclo, representado na Figura 3. pois pode ser aplicada continuamente. De forma que deve existir um bom planejamento prévio, existindo um problema claramente definido e uma boa análise inicial, fazendo análises do fenômeno, trabalhando com diferentes métodos auxiliares como Paretos, Brainstormings, entre outros; seguido pela etapa para checar todas as ações planejadas e seus resultados, se o objetivo foi atingido ou não; considerando as ações que foram efetivas, se caminha para a próxima e última fase, em que se registram e se padronizam as atividades desenvolvidas.

Figura 3 – Método PDCA (T)



Fonte: <<https://ferramentasdaqualidade.org/pdca/>>

2.3.3 Ferramenta de Gestão *Brainstorming* (T)

Traduzindo de forma literal, “tempestade de ideias” é um método que tem como objetivo desenvolver ideias em grupo de forma rápida, focando na quantidade delas e não em sua qualidade, evitando críticas e avaliações, estimulando a criatividade, “a qualidade nas tomadas de decisões, o comprometimento e a responsabilidade compartilhada pelo grupo” (DANIEL e MURBACK, 2014). Esta ferramenta é comumente usada em forma consorciada com outras mais vinculadas a gestão de qualidade. A Figura 4 trouxe uma imagem de como estas discussões costumam ocorrer.

Figura 4 – Ferramenta de Gestão *Brainstorming*

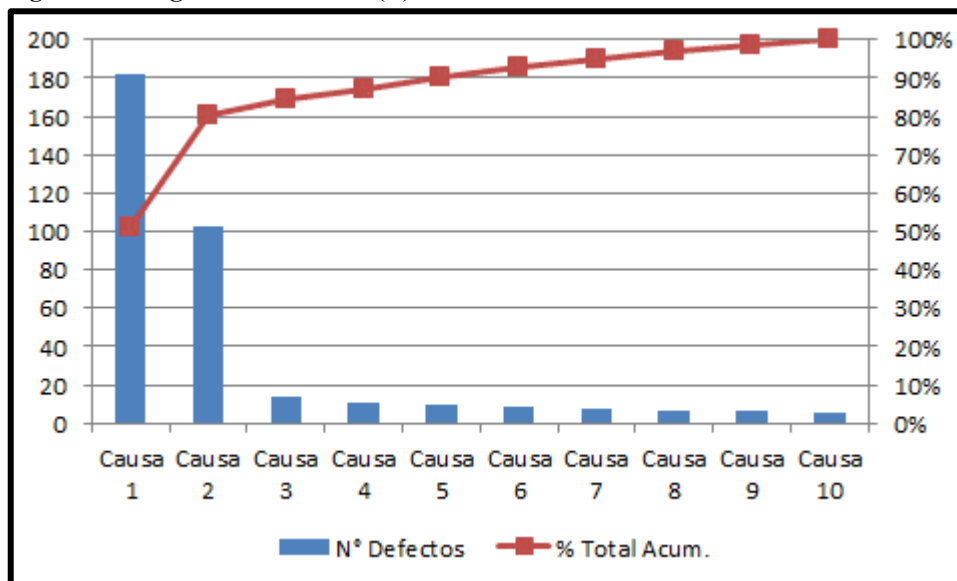


Fonte: <<https://bit.ly/3mmbek6>>

2.3.4 Diagramas de Pareto (T)

Segundo Daniel e Murback (2014), é uma das ferramentas mais eficientes na detecção de problemas. Apresenta em forma de gráfico de barras todos os itens que necessitam análise, assim como a ordem dos números de ocorrências, auxiliando na priorização de problemas, pois ordena as colunas do gráfico por ordem de frequência de ocorrência, da maior para a menor. O conceito do Diagrama de Pareto segue a Lei de Pareto, que afirma que 80% das consequências acontecem em decorrência de 20% das causas. Uma representação de um Diagrama de Pareto pôde ser vista na Figura 5.

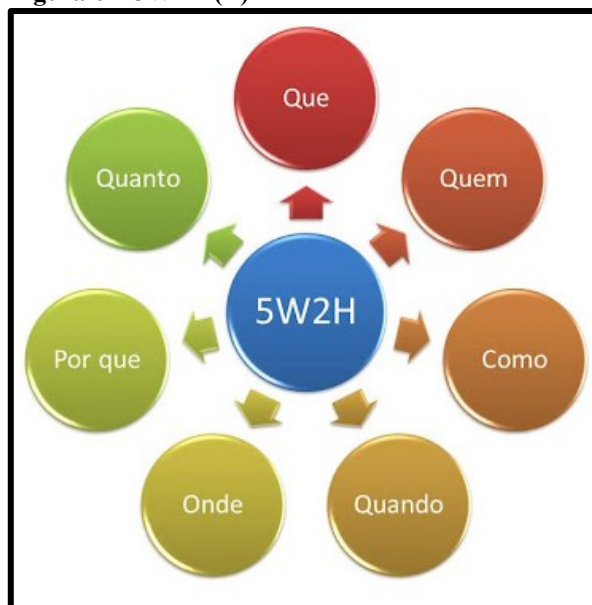
Figura 5 – Diagramas de Pareto (T)



Fonte: <<https://bit.ly/3y7LnyL>>

2.3.5 Ferramenta 5W2H (T)

Figura 6 – 5W2H (T)



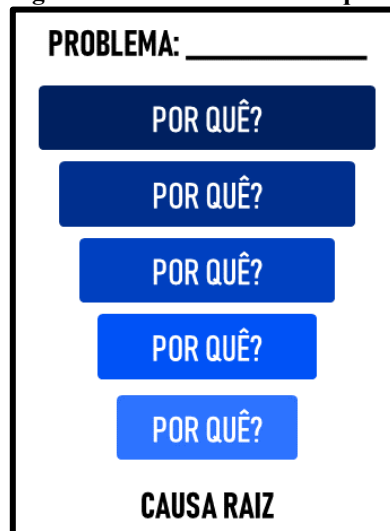
Fonte: <<https://bit.ly/3DhxKB1>>

Ferramenta para criação de planos de ação, “na qual são especificados: o que deve ser feito, quando deve ser feito, quem deve fazer, onde deve ser feito, por que deve ser feito, como deve ser feito e quanto custa para realizar a ação”, assim como ilustrou a Figura 6, de acordo com a sigla: *What* (o que?), *Why* (por quê?), *Who* (quem?), *When* (quando?), *Where* (onde?), *How* (como?) e *How much* (quanto?) (CORRÊA, 2017).

2.3.6 Ferramenta 5 Porquês (T)

Corrêa (2017) define que a técnica de 5 Porquês busca a causa raiz, ou causa fundamental, através de questionamentos de por que determinado problema está acontecendo. Após cada resposta, deve se perguntar novamente o porquê da resposta anterior. Em geral este ciclo se repete cinco vezes, porém pode-se trabalhar com menos questionamentos ou um pouco mais, o importante de fato é que no último porquê se chegue à causa raiz do problema de forma que ele não volte a acontecer. É de grande importância que se desenvolvam ações a partir da resposta do último questionamento a fim de sanar o problema. A Figura 7 representou o processo de busca pela causa raiz do problema.

Figura 7 – Ferramenta 5 Porquês (T)

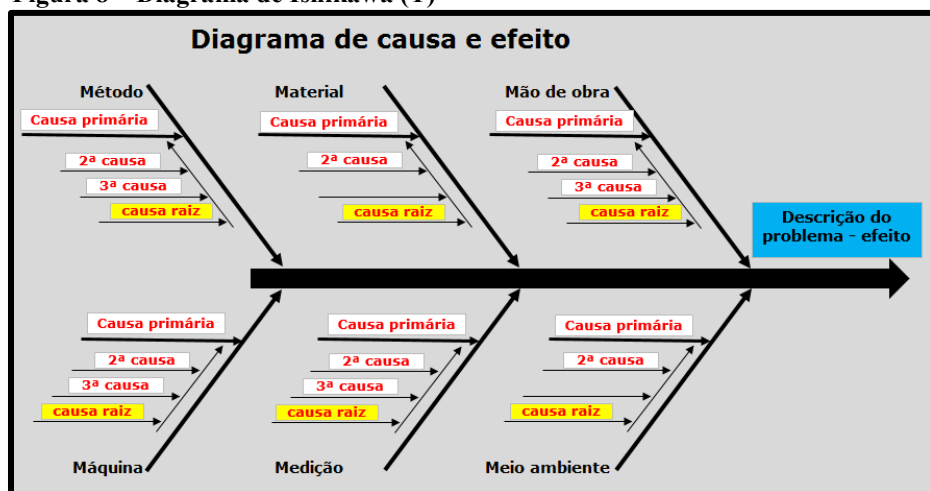


Fonte: <<https://ferramentasdaqualidade.org/5-porques/>>

2.3.7 Diagramas de Ishikawa (T)

Conhecido também como Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe, como representou a Figura 8, busca sintetizar e relacionar opiniões de forma gráfica, organizando informações de forma a localizar causas e efeitos de problemas, sem necessariamente encontrar as causas do problema, mas potencializa o desenvolvimento de um conjunto de possíveis causas para determinado efeito (DANIEL e MURBACK, 2014). Os autores ainda afirmam que as causas podem se dividir entre seis nichos: mão-de-obra, materiais, medição, método, meio ambiente e máquina.

Figura 8 – Diagrama de Ishikawa (T)



Fonte: <<https://bit.ly/3mpjTIY>>

2.3.8 Matriz de Priorização GUT (T)

Ferramenta de grande auxílio se aliada a metodologias que buscam diferentes causas para o mesmo problema, como Brainstormings e Diagramas de Ishikawa, pois prioriza as ações conforme sua Gravidade, Urgência e Tendência, como mostrou a Figura 9, analisando respectivamente: “o impacto do problema nas operações e pessoas envolvidas no processo, a brevidade necessária para a resolução do problema e apresentação de melhora ou piora do problema” (BEHR; MORO e ESTABEL, 2008). Afirmam que cada critério deve ser considerado de 1 a 5.

Figura 9 – Matriz de Priorização GUT (T)

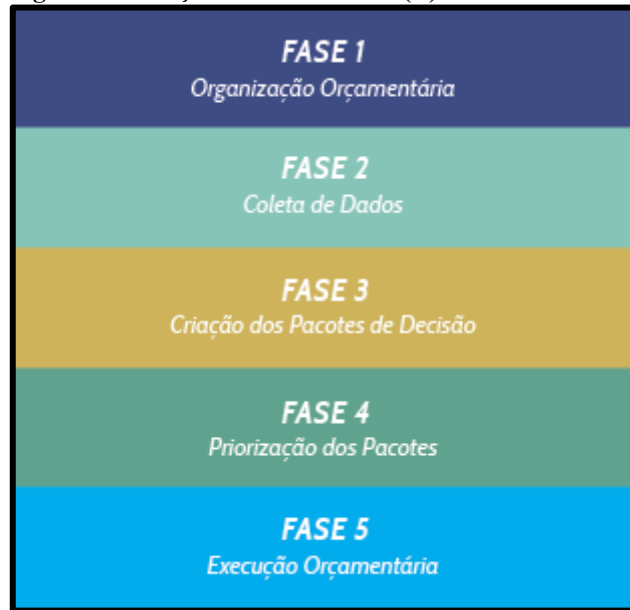
Importância = G x U x T		
G	Gravidade	É o fator impacto financeiro ou qualquer outro dependendo dos objetivos da instituição
U	Urgência	É o fator tempo
T	Tendência	É o fator tendência (padrão de desenvolvimento)

Fonte: <<https://rockcontent.com/br/blog/matriz-gut/>>

2.3.9 Orçamento Base Zero (OBZ) (T)

Esta ferramenta é utilizada para realizar o planejamento orçamentário de empresas utilizando uma lógica diferente, como demonstrado na Figura 10, pois não considera o levantamento financeiro de exercícios anteriores, partindo de uma base zerada. Dessa forma, as empresas não irão partir do princípio que terão os mesmos gastos de outros períodos e precisam analisar todos os custos isoladamente, fazendo com que identifiquem despesas desnecessárias (ALVES; MARTINELLI e LEONI, 2016).

Figura 10 – Orçamento Base Zero (T)







Fonte: <<http://www.economies.com.br/orcamento.php>>

2.3.10 Ferramenta KPI – Key Performance Indicator (T)

O nome, em tradução literal, significa Indicador-Chave de Performance. São métricas essenciais à estratégia de uma empresa, que atestam se seus resultados estão sendo bem-sucedidos ou não. A definição dos KPIs deve estar completamente alinhada à estratégia e objetivos da empresa (MARR, 2011). A Figura 11 mostra o processo de escolha de um KPI e as saídas esperadas a partir do seu uso.

Figura 11 – Ferramenta KPI (T)

	In-Process KPI	Output KPI
 See	Reach >50% of population Keep Share of Voice >60%	Grow top-of-mind awareness +5%pts
 Think	Reach 100% of people showing some commercial intent	Grow branded searches +10%pts
 Do	Reach 100% of people showing some commercial intent	Grow topline revenue +20% at >0% profitability
 Care	Reach 100% of existing customers	Get >20% of existing customers to repeat purchase

Fonte: <<https://bit.ly/3j4UTOU>>

2.3.11 Método 5S (T)

De acordo com Campos, Oliveira, Silvestre e Ferreira (2005), esta metodologia foi criada no Japão e leva o nome 5S inspirado derivado de cinco palavras japonesas:

- a) SEIRI: senso de utilização. Se baseia em ter na estação de trabalho somente o necessário para execução das tarefas;
- b) SEITON: senso de organização. Após passar pelo SEIRI, deve-se tornar o ambiente de trabalho funcional e organizado;
- c) SEISO: senso de limpeza. Manter o local de trabalho limpo;
- d) SEIKETSU: senso de padronização. É relacionado à higiene e saúde, a fim de manter boas condições sanitárias, ser ético e manter saudáveis relações interpessoais;
- e) SHITSUKE: senso de disciplina. Quando este senso se consolida, significa que o 5S está consolidado, de maneira que todos no ambiente de trabalho seguem de forma autônoma os sentidos.

O método explora três diferentes dimensões: “a dimensão física (layout), a dimensão intelectual (realização das tarefas) e a dimensão social (relacionamentos e ações do dia-a-dia)” (CAMPOS; OLIVEIRA; SILVESTRE e FERREIRA, 2005). A Figura 12 ilustra os 5S do método em questão.

Figura 12 – Método 5S (T)



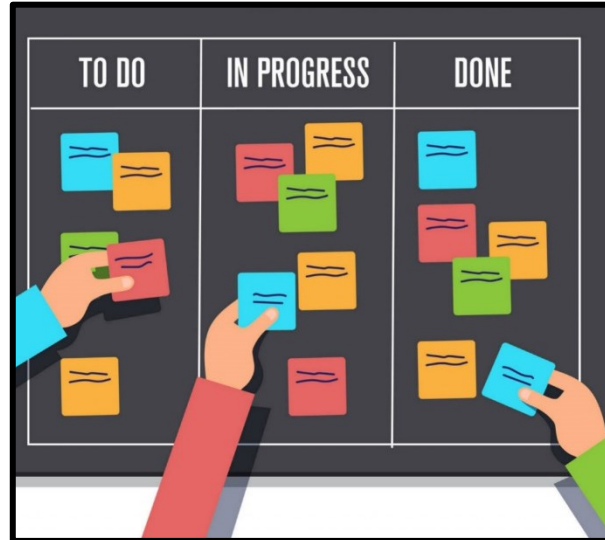
Fonte: <<https://bit.ly/3zaq9BJ>>

2.3.12 Ferramenta de Gestão Kanban (T)

É um sistema visual de fluxo de trabalho que permite separar as tarefas a serem executadas conforme seu status que surgiu dentro do Sistema Toyota de Produção, ilustrado na Figura 13. É utilizado um quadro com cartões separados por colunas para planejar e

acompanhar as tarefas, normalmente separadas como “A fazer”, “Em progresso” e “Concluído” (LAGE JUNIOR e GODINHO FILHO, 2008).

Figura 13 – Ferramenta de Gestão Kanban (T)

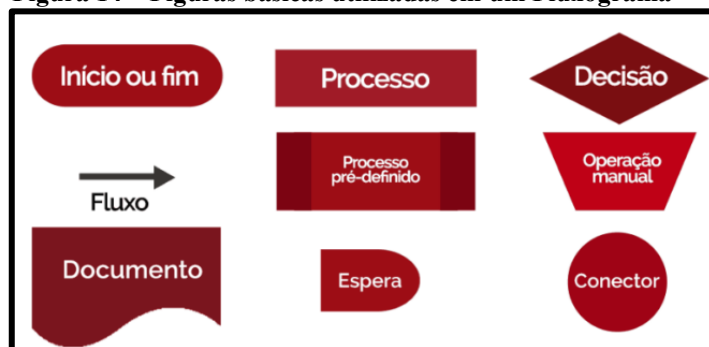


Fonte: <<https://bit.ly/3Da01JF>>

2.3.13 Fluxogramas de Processos (T)

Segundo Azevedo (2016), fluxogramas são a representação gráfica de processos através de símbolos geométricos, como ilustrou a Figura 14. Este método facilita a visualização do passo-a-passo das etapas necessárias para concluir uma tarefa. Auxilia a identificar possíveis falhas e retrabalhos.

Figura 14 – Figuras básicas utilizadas em um Fluxograma



Fonte: <<https://bit.ly/3za0ZTM>>

2.3.14 Folhas de Verificação (T)

As Folhas de Verificação nada mais são que tabelas ou planilhas utilizadas para registrar dados e informações coletadas a fim de utilizá-las para análises futuras. Sua premissa básica é agrupar fatos em classes. Como ilustrado pela Figura 15, tem como objetivo ao final identificar periodicidade de ocorrências e solucionar problemas (AYRES, 2019).

Figura 15 – Folhas de Verificação (T)



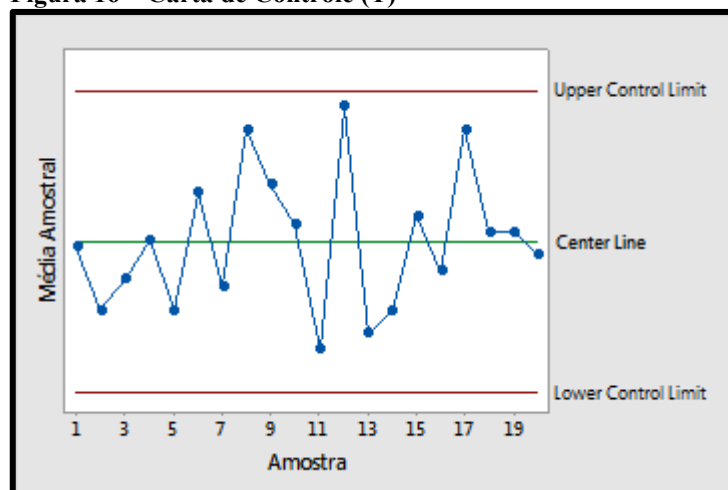
Fonte: <<https://bit.ly/3y7OC9p>>

2.3.15 Carta de Controle (T)

Cartas de Controle permitem a análise gráfica, em função do tempo, da variação de dados em um processo a fim de observar se está dentro dos padrões pré-definidos e compará-los facilmente entre desvios de média, fazendo com que seja possível identificar variações indesejadas e agir rapidamente na resolução da falha. Se apenas um ponto apontar fora dos padrões esperados, entende-se que a análise está controlada e que não há razão para solucionar algum problema; porém, quando há recorrência nos desvios do padrão, deve haver uma investigação e a busca por ações que solucionem o problema (OLIVEIRA; GRANATO; CARUSO; e SAKUMA, 2013).

Segundo Oliveira, Granato, Caruso e Sakuma (2013), as Cartas são limitadas por uma camada superior, chamada de Limite Superior de Controle (LSC); uma camada inferior, o Limite Inferior de Controle (LIC); e uma camada central, que é o Limite Central (LC). Como representado na Figura 16.

Figura 16 – Carta de Controle (T)



Fonte: <<https://bit.ly/3y6976s>>

2.3.16 Benchmarking (T)

De acordo com Cleto (2004), *Benchmarking* é um processo comparativo realizado através de pesquisas e aprendizados com outras empresas, com diferentes unidades ou entre setores de uma mesma empresa. Seu desenvolvimento pode ser observado na Figura 17.

Existem quatro tipos de *benchmarking*: o interno, utilizado para comparações entre unidades do mesmo negócio ou indústria; o competitivo, com o qual se compara com concorrentes diretos; o funcional, que busca referências de mercado em todo o tipo de corporação; e o estratégico, que visa estabelecer estratégias internas à companhia (MADEIRA, 1999).

Figura 17 – Benchmarking (T)



Fonte: <<https://bit.ly/3mipQBc>>

3 DESENVOLVIMENTO

No próximo tópico, será detalhado o Setor de Utilidades e explanado como cada Ferramenta de Gestão da Qualidade foi utilizada na prática na gestão da eficiência energética da refrigeranteira. É importante ressaltar que as ferramentas e metodologias não foram utilizadas no dia-a-dia da fábrica necessariamente segundo o embasamento teórico, pois em alguns casos era aplicada uma releitura dos métodos, a fim de gerar praticidade e atender às necessidades dos setores. Para melhor entendimento da leitura usou-se a nomenclatura (C) para identificar a customização das ferramentas e metodologias de gestão da qualidade.

3.1 Detalhamento do Setor de Utilidades

3.1.1 Usina de Frio

Este subsetor é sustentado por 4 condensadores de amônia da marca SEMCO, dois do modelo VXC-135, um VXC-N205F e um VXC-454; 2 URLs – Unidades de Resfriamento de Líquido, que possui trocadores de calor da Alfa Laval, modelo LR9GN5; e dois compressores de amônia do tipo parafuso da marca Mycom, modelo N200VMD.

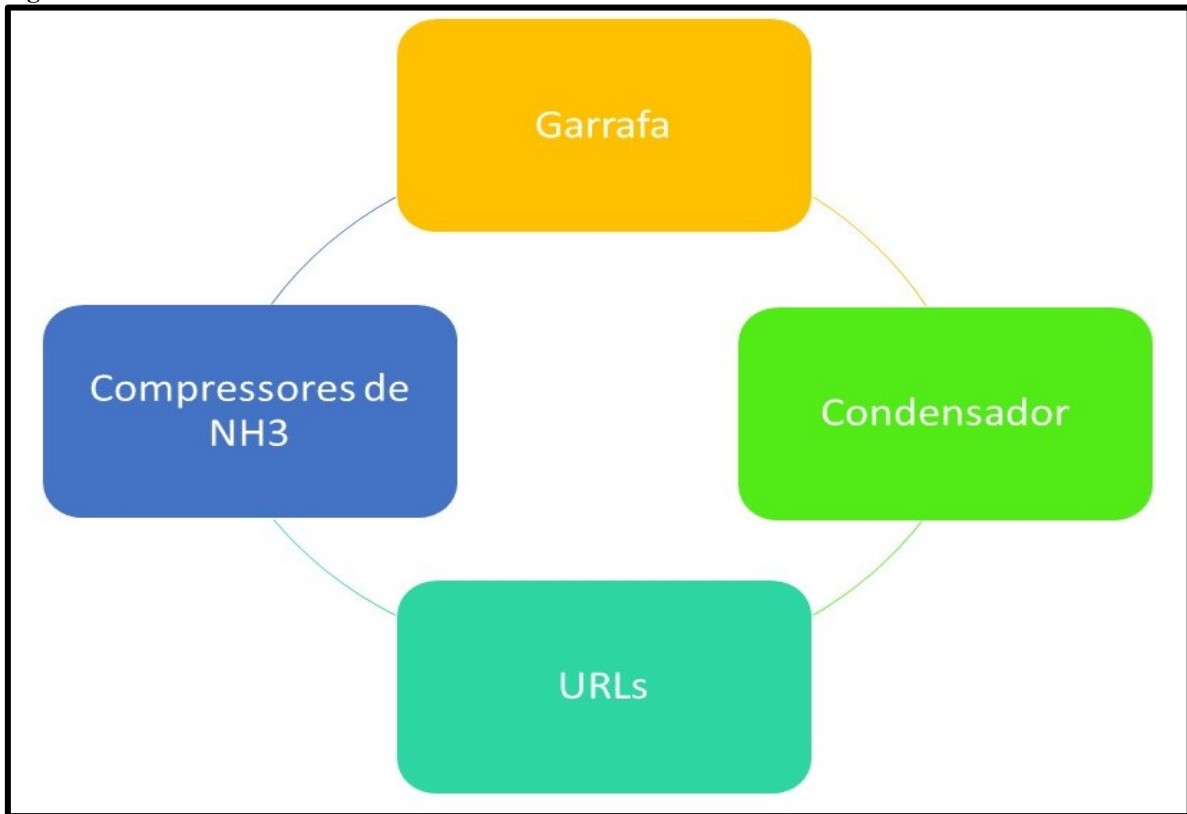
O processo, que pode ser compreendido pela Figura 18 e visualizado no *layout* ilustrado na Figura 3 tem início nos condensadores de amônia que são constituídos por serpentinas, um ventilador na parte inferior e um sistema de gotículas de água na parte superior.

A amônia sai da garrafa – nome dado ao tanque para reserva de amônia – chega aos condensadores em formato gasoso circulando pelas serpentinas então o ventilador e as gotículas de água resfriam a amônia fazendo com que ela saia em formato líquido da garrafa.

Em seguida a amônia é conduzida até as URLs (Unidade de Resfriamento de Líquidos) para que faça troca de calor com etanol, resfriando-o – desta maneira, não se corre risco de que a amônia entre acidentalmente em contato com o produto final. Na saída das URLs há uma válvula de expansão que faz com que a NH₃ (amônia) se transforme em gás de baixa pressão para poder então seguir para os compressores parafuso.

É de grande importância que ela esteja em estado gasoso neste ponto, pois fisicamente o líquido é incapaz de ser comprimido, o que danificaria o sistema. Os compressores aumentam a pressão e a temperatura, fazendo com que a amônia se expanda, assim retornando então para a garrafa.

Figura 18 – Ciclo do Sistema da Usina de Frio



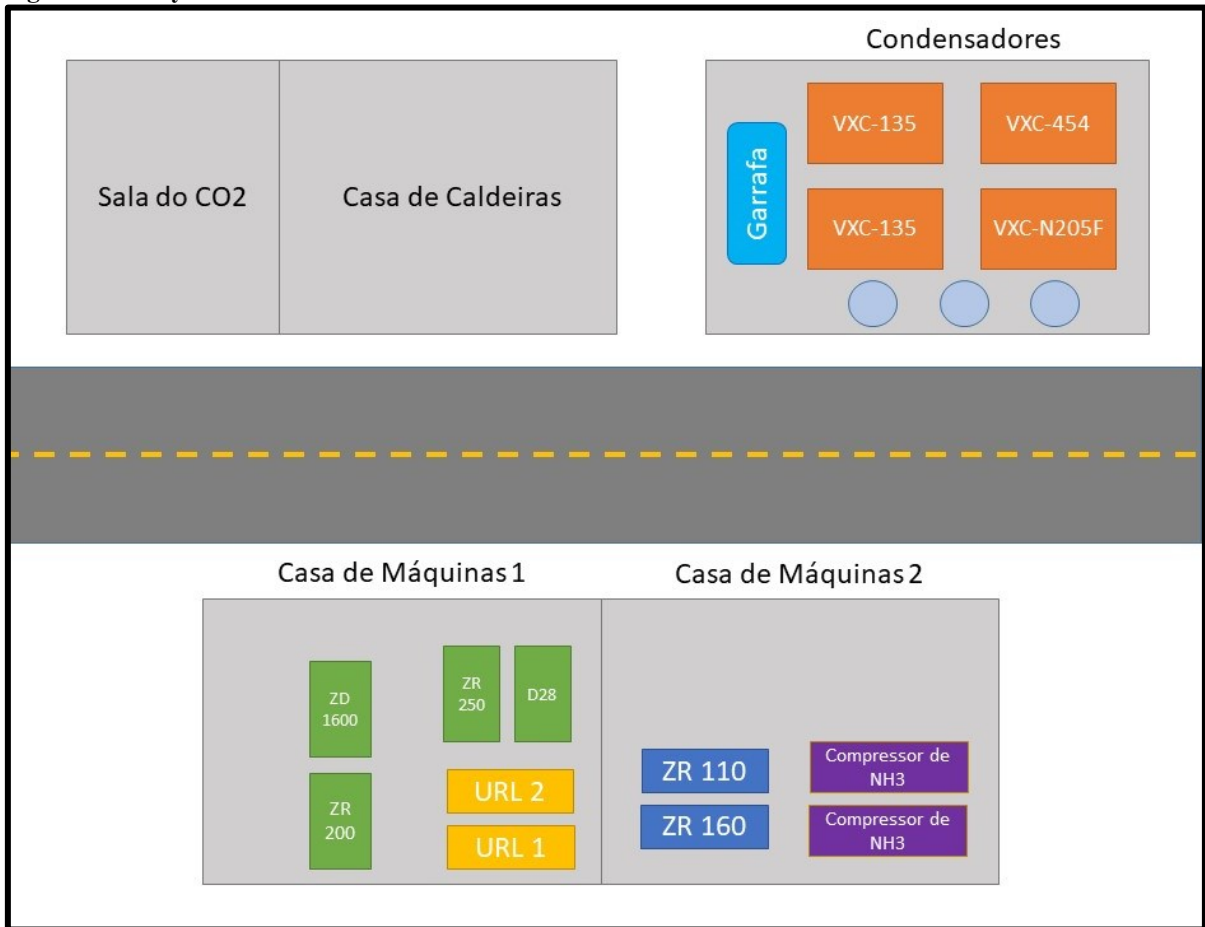
Fonte: Autoria própria (2021).

3.1.2 Usina de Ar Comprimido

A geração de Ar Comprimido tem início nas torres de água que fazem o resfriamento da água antes de serem bombeadas para os compressores de ar. A água se divide entre 6 diferentes compressores apresentados na Figura 19, sendo todos eles modelos de equipamentos da marca Atlas Copco. Dois deles, o ZR110 e ZR160, são usados para gerar ar de baixa de até 7 bar que tem diferentes finalidades no processo produtivo, como a movimentação das garrafas na linha e a impressão da numeração de lote e vencimento.

Para geração de ar de alta, são destinados os outros 4 compressores, que operam em duplas, o ZD1600 e o ZR200, e o D28 e o ZR250, que são modelos de equipamentos da Atlas Copco. O ZD1600 e o D28 são equipamentos produzidos pela fabricante exclusivamente para esta fábrica, de acordo com as necessidades da empresa, dado que estes compressores não são parafuso, e sim com funcionamento a pistão. O ar de alta é usado majoritariamente no *Packaging* para inflar as garrafas.

Figura 19 – Layout do setor de Utilidades



Fonte: Autoria própria (2021).

3.2 Escolhas de metodologias e ferramentas da qualidade adequadas à busca de eficiência energética

A política de Gestão da Qualidade adotada pelo grupo empresarial a que pertence a refrigeranteira, se utiliza de uma infinidade de metodologias e ferramentas, cujo uso já é de conhecimento dos colaboradores, sempre visando o processo produtivo e qualidade de produto.

Como a preocupação com a eficiência energética vem numa crescente busca de redução de custos, a proposta do trabalho foi escolher quais ferramentas poderiam ser adequadas e adaptadas para este fim. A escolha, portanto, foi baseada na experimentação e resposta obtida, levando em consideração o entendimento de seus objetivos, o efetivo uso dos seus relatórios e também da frequência de consulta.

Seguem-se as ferramentas e metodologias aplicadas e customizadas conforme a necessidade da refrigeranteira para a gestão da eficiência energética, podendo em alguns casos apresentarem-se de forma um pouco diferente das definições teóricas convencionais. Para melhor entendimento da leitura usou-se a nomenclatura (C) para identificar a customização das ferramentas e metodologias de gestão da qualidade.

3.2.1 Ferramenta 5 Porquês (C)

Esta ferramenta se fez essencial para a redução de custos com energia elétrica, pois era utilizada sempre que uma falha ocorria em algum equipamento. Dessa forma, rapidamente se verificava não somente o problema que havia ocorrido, mas se buscava pela causa raiz. Fazer isso garante que o mesmo problema não volte a se repetir.

Além disso, após encontrar a causa raiz, sempre eram geradas ações, seja para o time de manutenção ou para execução de tarefas maiores realizadas por terceiros. Essas ações eram organizadas em uma planilha utilizando o 5W2H, explicado no próximo tópico.

3.2.2 Ferramenta 5W2H (C)

Esta ferramenta foi utilizada para o gerenciamento de planos de ação realizados no setor. Era normalmente apresentada no formato de planilha, a fim de dar clareza aos envolvidos qual seria a atividade a ser executada, quem seria responsável, até quando deveria ser entregue, em qual setor da fábrica seria realizada e quais seriam os custos para sua execução.

A Figura 20 mostra um exemplo genérico das planilhas utilizadas na fábrica. Se pode observar que, na prática, não era necessário inserir nas planilhas os tópicos *Why* (Por quê) e *How* (Como), pois foram definidos utilizando outras ferramentas, como a 5 Porquês (Tópico 3.2.1).

Figura 20 – 5W2H (Customizado pela refrigeranteira)

Ação	Responsável	Data	Sub-Área	Quanto irá custar?

Fonte: A autora (2021)

Dois processos importantes eram aliados ao 5W2H, os *benchmarkings* e o Kanban.

Os *benchmarkings* eram utilizados na sala do time como referência de resultados que poderiam ser atingidos. Buscava-se referência em fábricas refrigeranteiras, pelo perfil de consumo de energia, conforme a meta que a fábrica estava buscando, que poderia ser global, nacional, ou a meta base estipulada para a fábrica.

O Kanban era colocado na prática em conjunto com a planilha do 5W2H, para determinar o status de determinada ação, de maneira que, para cada tarefa, era considerada como “Não-iniciada”, “Em andamento”, “Feita” e “Atrasada”. Cores eram utilizadas para cada um dos casos, sendo normalmente branco para as “Não-iniciadas”, amarelo para as “Em andamento”, verde para as “Feitas” e vermelho para as “Atrasadas”.

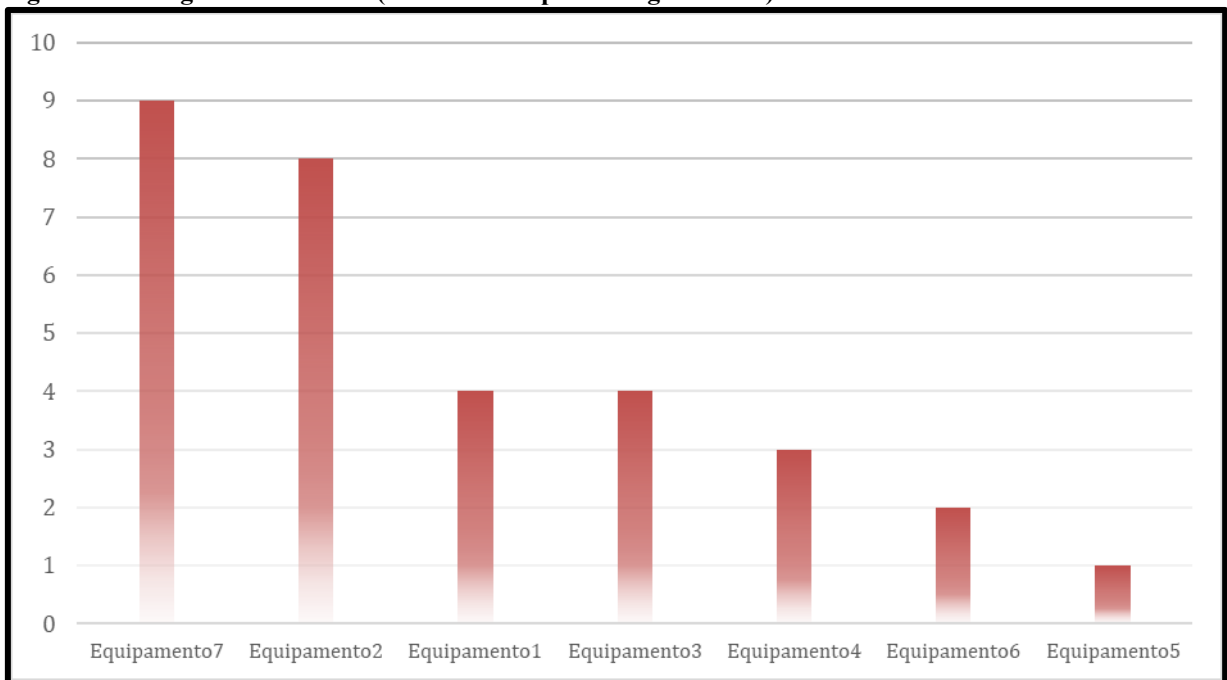
3.2.3 Diagramas de Pareto (C)

Visando eficiência energética, se fazia necessário realizar manutenções mais profundas e não-rotineiras em equipamentos e máquinas. Para definir em qual máquina seria realizada esta manutenção, todos os registros de falhas de equipamentos eram compilados em uma planilha e transformados em gráficos de barras.

Neste caso, o objetivo era encontrar qual ou quais equipamentos priorizar, ou seja, qual teve o maior número de ocorrência de falhas.

A Figura 21 mostra um exemplo de gráfico gerado a partir do conceito de Pareto e de um número fictício de ocorrências de falha. Desta forma, pode-se perceber visualmente que o Equipamento 7 e 2 são responsáveis por aproximadamente 55% das falhas, sendo assim, entendeu-se que a manutenção deveria ser realizada nestes dois equipamentos unicamente.

Figura 21 – Diagrama de Pareto (Customizado pela refrigeranteira)



Fonte: A autora (2021)

3.2.4 Matriz de Priorização GUT (C)

A Matriz GUT era utilizada quando em um equipamento havia mais de uma falha e era necessária uma priorização de ações, para determinar qual tinha maior urgência na execução.

Os valores eram inseridos considerando-se uma escala de 1 a 5 dentro dos quesitos Gravidade, Urgência e Tendência, como ilustrado na Figura 22. Chegava-se ao resultado final para cada falha fazendo uma multiplicação entre os valores inseridos para cada critério, de forma que:

$$\text{Resultado} = \text{Gravidade} \times \text{Urgência} \times \text{Tendência}$$

Dentre as falhas, a que obtivesse o maior resultado, como no caso do Vazamento de NH₃ na Figura 22, seria resolvida com prioridade. Uma análise de 5 Porquês, Tópico 3.2.1, deveria ser feita para chegar à causa raiz do vazamento e gerar ações para a resolução do problema, sendo então necessário o uso da ferramenta 5W2H, Tópico 3.2.2.

Figura 22 – Matriz de Priorização GUT (Customizada pela refrigeranteira)

Equipamento	Falhas	Gravidade	Urgência	Tendência	Resultado
Compressor de NH ₃ - 01	Vazamento de NH ₃	5	5	3	75
	Falha na válvula de expansão	3	4	3	36
	Falha na conexão da IHM	1	3	4	12

Fonte: A autora (2021)

3.2.5 KPI (C)

Dentre os Indicadores-Chave utilizados na fábrica, o KPI que será observado neste trabalho será o de Energia Total. Este indicador é a soma dos indicadores de Energia Elétrica e de Óleo Vegetal. Sendo assim, para fins deste estudo, pode-se analisar o indicador de consumo de Energia Elétrica isoladamente.

Para se calcular o indicador de consumo de eletricidade, a seguinte Fórmula (1) era utilizada:

$$\frac{\sum \text{Consumo por dia de Energia Elétrica em kWh}}{\sum \text{Produção Líquida por dia de refrigerantes}} \quad (1)$$

O consumo de Energia Elétrica era coletado diretamente das subestações da fábrica, e a Produção Líquida era determinada pela quantidade de refrigerantes envasados que chegavam ao armazém da Logística para serem distribuídos. A fim de manter todos os indicadores com a mesma base, todos são divididos pela Produção Líquida do período analisado.

Os resultados das ações de eficiência energética eram metrificados pelo indicador de Energia Elétrica.

3.2.6 Folhas de Verificação (C)

Nada mais são que as planilhas utilizadas diariamente para registro e coleta de dados, cálculo de metas, análise de performance e detecção de padrões.

Nas Folhas de Verificação, eram inseridos dados diários de consumo de energia elétrica total, consumo de energia elétrica separado por linhas de produção, quantidade em hectolitros

de refrigerante produzida – desconsideradas as perdas, assim como valores de referência e metas para o dia, como representado na Figura 23.

Além de serem necessárias para o cálculo de indicadores e para identificar padrões, eram importantes também para a detecção de falhas por associação. Através das Folhas de Verificação, se sabia que em dias de partida de produção o consumo de energia elétrica seria mais alto que o padrão, que ao fazer o *setup* – troca do SKU que estava sendo produzido – o consumo do dia seria maior, e também que em dias de parada de produção haveria um menor consumo de eletricidade.

Por outro lado, falhas podiam ser facilmente detectadas em dias que o consumo era maior que o previsto sem um motivo pré-programado, como atrasos na partida da produção com os equipamentos da Utilidades já todos ligados, ou paradas de linha não sinalizadas ao time de operadores da Utilidades que fazia com que os equipamentos continuassem ligados mesmo sem produção nas linhas.

Figura 23 – Folha de Verificação (Customizada pela refrigeranteira)

Mês	PL	Consumo	Índice do Mês	Acumulado ano	Meta mês	Meta ano
Janeiro	120265,7	571859	9,51	9,51	9,3	9,2
Fevereiro	106269	498020	9,37	9,45	9,7	9,2
Março	86724,64	422974	9,75	9,53	9,9	9,2
Abril	98741,85	455140	9,22	9,46	9,68	9,2
Maior	91142,1	448298	9,84	9,53	8,97	9,2

Fonte: A autora (2021)

3.2.7 Carta de Controle (C)

Ferramenta para o acompanhamento diário de equipamentos que, por apresentarem determinada falha, impactavam diretamente na meta de energia elétrica.

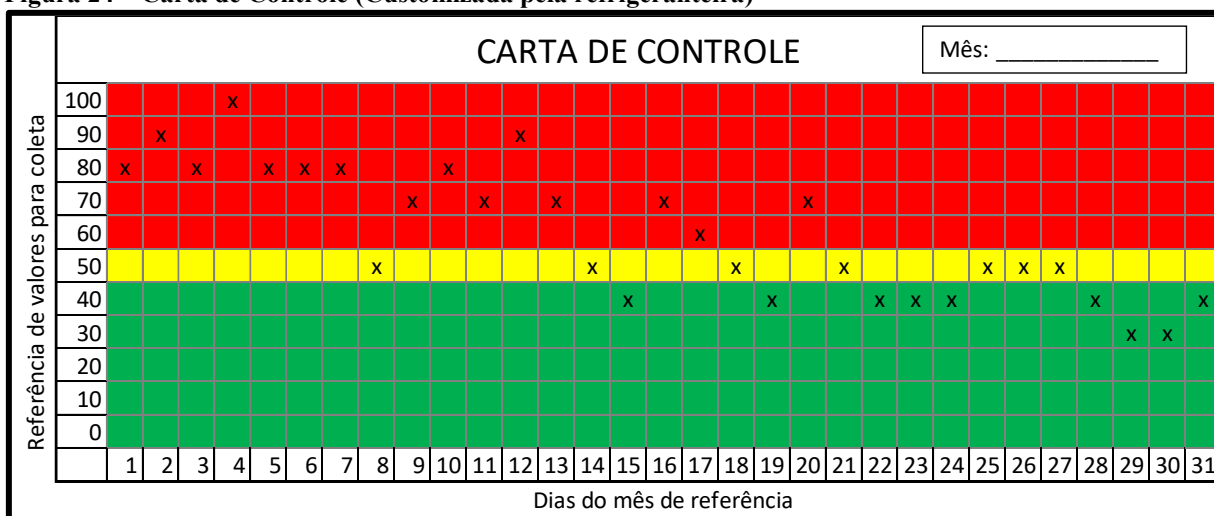
Todos os dias, os operadores faziam medições de verificação nos equipamentos do setor de Utilidades e, se em alguma das medições começasse a haver falha, de forma que o resultado da medição não estivesse condizente com os parâmetros indicados pelo fabricante, e isto impactasse diretamente a eficiência energética do equipamento, então esta falha seria observada todos os dias através de uma Carta de Controle.

O objetivo esperado era que, com este acompanhamento, ações fossem desenvolvidas a fim de fazer com que o equipamento voltasse a funcionar nos seus parâmetros ideais. A Figura 8 mostra um exemplo genérico de como seria o registro diário e a curva de registros retornando aos parâmetros ideais da máquina, sendo o Limite Inferior representado pelos parâmetros ideais em verde, o Limite Central por parâmetros de atenção em amarelo e o Limite Superior pelos parâmetros de falha em vermelho.

Enquanto este controle era feito, se buscavam ações para a melhoria da eficiência energética neste equipamento. Para isso o uso combinado da Carta de Controle com as ferramentas 5 Porquês (Tópico 3.2.1) e 5W2H (Tópico 3.2.2) era importante para que o problema fosse resolvido.

Como exemplo, pode-se citar uma falha ocorrida entre os meses de Julho, Agosto e Setembro do ano de 2020, o qual se analisa neste trabalho. Esta falha era na Pressão de Sucção dos compressores de amônia, problema que ocorre quando há pouca pressão no ponto de entrada do compressor, ou seja, não há amônia suficiente para compressão no equipamento. Este problema fazia com que o equipamento desarmasse com frequência e precisasse ser reiniciado, consumindo mais energia a cada nova partida, e isto impactou muito no indicador de energia elétrica. Desta forma, os valores da Pressão de Sucção começaram a ser observados diariamente através de uma Carta de Controle, a fim de se observar o resultado gerado pelas ações saídas de 5 Porquês. Após três meses e diversas ações executadas, foi possível observar nas Cartas de Controle que os valores de funcionamento da Pressão de Sucção haviam retornado aos parâmetros ideais estabelecidos pelo fabricante.

Figura 24 – Carta de Controle (Customizada pela refrigeranteira)



Fonte: A autora (2021)

A Figura 24 mostrou uma Carta de Controle utilizada na empresa com dados fictícios para garantir a segurança de dados da fábrica e permite observar pontos importantes que deviam estar sempre presentes ao utilizar esta ferramenta; na coluna vertical à esquerda eram apresentados os valores de referência que aquela coleta poderia atingir, na linha interior horizontal estão os dias do mês em que as coletas eram feitas, o campo de registros com o uso de X ou de um círculo para determinar qual foi a medição do dia, e também no campo de

registros deveria haver a referência por cores utilizando o verde, o amarelo e o vermelho, e no canto superior direito deveria haver um campo para o preenchimento do mês da coleta.

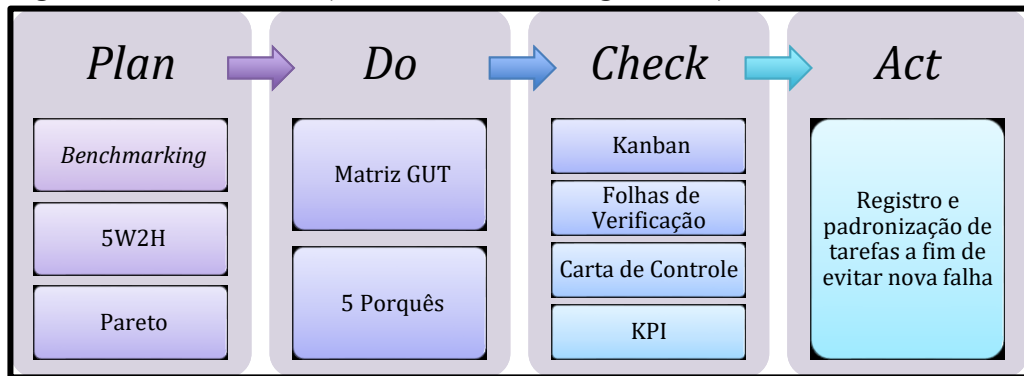
A Figura 24 também mostrou um exemplo do que se observava em uma carta de controle em que foi possível solucionar o problema: as marcações que registravam valores fora dos parâmetros ideais passam a ser ideais após as ações geradas com 5 Porquês e organizadas pelo 5W2H, quando não realizadas, implicavam em problemas não-solucionados.

3.2.8 Método PDCA (C)

O método PDCA era essencial na redução de custos com energia elétrica, pois garantia que todos os planejamentos foram executados, revisados e registrados. Esta ferramenta também sofreu uma customização para ser aplicada nos processos de gestão da eficiência energética, atendendo à sequência ilustrada na figura 25.

Na resolução de problemas mais complexos, um Plano de Ação com base na metodologia estudada neste tópico era elaborado, e todas as outras ferramentas previamente citadas eram utilizadas. Desta forma, na etapa inicial “*Plan*”, buscavam-se *benchmarkings* com outras unidades fabris para entender como haviam feito para resolver o mesmo problema, ações eram definidas e organizadas através do 5W2H e, se necessário, poderia ser feito um Diagrama de Pareto para determinar qual equipamento priorizar na execução. Na etapa “*Do*”, a Matriz GUT era usual para determinar quais falhas deveriam ser solucionadas com prioridade, e a ferramenta 5 Porquês identificar e solucionar falhas pontuais dos equipamentos de forma rápida. Na sequência, no “*Check*”, o Kanban era utilizado para verificar o *status* das tarefas, as Folhas de Verificação e Cartas de Controle eram usadas para análise de resultados das ações da etapa anterior e, conseqüentemente, poderia ser observado o impacto no Indicador-Chave. Por fim, as tarefas executadas que geraram melhoria em eficiência energética deveriam ser registradas e padronizadas pelo time operacional para evitar que as falhas voltem a se repetir no futuro, como exemplificado na Figura 25.

Figura 25 – Método PDCA (Como utilizado na refrigeranteira)



Fonte: A autora (2021)

3.3 Principais ações desenvolvidas que impactaram diretamente a meta de Energia Elétrica

Com o uso das Ferramentas de Gestão da Qualidade centenas de ações foram identificadas e executadas. Dentre elas, algumas obtiveram maior impacto no indicador de Energia Elétrica.

3.3.1 Automatização de Cartas de Controle

A partir de um *Benchmarking* realizado com outra unidade fabril da companhia em questão, verificou-se a possibilidade de automatizar coletas e medições que eram realizadas por operadores da Utilidades, focando principalmente nas que impactavam diretamente o KPI de Energia Elétrica. Isto foi possível pois muitos equipamentos, como os compressores de ar, já possuíam preparo interno de fábrica para automação; nas máquinas que não tinham este tipo de pré-disposição, foi necessário automatizar seus painéis.

Dessa forma, as Cartas de Controle não precisaram mais ser preenchidas manualmente, como apresentado no Tópico 3.2.8, e eram visualizadas em tempo real, como pode ser visto na Figura 26.

Figura 26 – Automatização de Cartas de Controle



Fonte: A autora (2020)

3.3.2 Substituição de Condensador

Através do uso combinado das ferramentas Diagrama de Pareto, Matriz GUT e 5 Porquês, percebeu-se que o equipamento que apresentou o maior número de falhas com prioridade de resolução foi um dos 4 condensadores de amônia do Sistema de Frio. Porém, os danos verificados no equipamento já não podiam mais ser corrigidos, que tornou necessária a aquisição de um novo condensador, conforme mostra a Figura 27.

Figura 27 – Substituição do Condensador



Fonte: A autora (2020)

3.3.3 Matriz de Shutdown

No Tópico 3.2.7, sobre Folhas de Verificação, falou-se sobre a identificação de altos consumos de energia elétrica não-programados em dias que equipamentos se mantinham ligados sem necessidade.

Pensando nisso, desenvolveu-se um material chamado Matriz de Shutdown, visto na Figura 28, que elencava quais equipamentos do setor de Utilidades deveriam estar ligados ou desligados conforme o Cenário de Configuração Fabril, ou seja, conforme os setores e equipamentos que estiverem em operação no momento.

Tomando o Cenário 7, da Figura 28, como exemplo: se o Meio Ambiente (MA) estiver em funcionamento, assim como o Setor de Processo e a Linha 562 produzindo refrigerante de 2 ou 2,5 litros, o Compressor de Frio 2, as Bombas Secundária 1 e Primária 1 dos Condensadores de Amônia e os Condensadores devem estar em operação, e o Compressor de Frio 1 e a Bomba Secundária 2 dos Condensadores devem estar desligados.

Isso garante que energia elétrica não seja desperdiçada ao manter equipamentos não utilizados ligados.

Figura 28 – Matriz de Shutdown

Matriz de Shutdown Usina de Frio		Utilidades Usina de Frio						
Cenário	Configuração Fabril (Rodando)	Compressor 1	Compressor 2	Bomba secund. 1	Bomba secund. 2	Bomba Prim. 1	Bomba Prim. 2	Condensador es.
1	MA							
2	MA + Processo							
3	MA + 561			x				
4	MA + 562 (2 ou 2,5l)		x	x		x		x
5	MA + 562 (3,3l)		x	x		x		x
6	MA + Processo + 561		x	x		x		x
7	MA + Processo + 562 (2 ou 2,5l)		x	x		x		x
8	MA + Processo + 562 (3,3l)		x	x		x		x
9	Processo + 562 (2 ou 2,5l)		x	x		x		x
10	Processo + 562 (3,3l)		x	x		x		x
11	Processo + 561 + 562 (2 ou 2,5l)		x	x		x		x
12	Processo + 561 + 562 (3,3l)		x	x		x		x
13	561		x	x		x		x
14	561 + 562 (2 ou 2,5l)		x	x		x		x
15	561 + 562 (3,3l)		x	x		x		x
16	562 (2 ou 2,5l)		x	x		x		x
17	562 (3,3l)		x	x		x		x

Fonte: A autora (2020)

3.3.4 Gerenciamento automático do consumo de eletricidade

Diariamente os operadores habilitados acessavam as 3 subestações da fábrica para coletar dados de consumo de eletricidade para preencher as Folhas de Verificação, Tópico 3.2.7. Porém, eram necessárias coletas automáticas de hora em hora para poder identificar padrões e correlações dentro das Folhas de Verificação, como por exemplo: comparar o consumo de energia elétrica em determinado horário com a quantidade de refrigerante produzida no mesmo intervalo de tempo, ou identificar se equipamentos que deveriam estar desligados conforme a Matriz de Shutdown, Tópico 3.3.3, se mantiveram indevidamente ligados analisando-se a quantidade de eletricidade consumida no horário observado.

Sendo assim, um sistema de gerenciamento de energia elétrica foi adquirido pela fábrica para gerar dados hora após hora sobre o consumo de energia elétrica da refrigeranteira. A Figura 29 apresenta o sistema em operação em tempo real na sala da Utilidades.

Figura 29 – Acompanhamento das Subestações da Fábrica através do sistema de gerenciamento de energia elétrica



Fonte: A autora (2020)

3.4 Requisitos para desenvolvimento de aplicativo

As ferramentas descritas até agora para gerenciar a eficiência energética na refrigeração mostraram-se eficientes, com resultados positivos para o alcance dos objetivos propostos, mesmo tendo sido utilizadas de forma independente. Desta forma, buscar centralizar as ferramentas no uso seria muito apropriado.

3.4.1 A importância de um aplicativo

Todas as Ferramentas da Qualidade citadas no Tópico 3.2 convergem entre si com o objetivo de reduzir os custos com energia elétrica na fábrica. Todavia, mesmo que sejam utilizadas para chegar a um resultado em comum, não estão centralizadas em um único local no qual possam ser observadas operando em conjunto.

O objetivo ao sugerir o desenvolvimento de um aplicativo é permitir o estudo de eficiência energética em uma plataforma central à palma da mão, agregando em praticidade, trazendo maior visibilidade, facilitando as análises de falhas e permitindo que ações sejam definidas com maior velocidade.

Considerando-se que o objetivo deste aplicativo é reduzir o consumo de energia elétrica, assim como também facilitar e dar praticidade à rotina dos operadores, entende-se que as Ferramentas de Gestão da Qualidade devem operar de forma mais funcional se utilizadas através do aplicativo do que em seu formato de operação tradicional, caso contrário, não é interessante adicioná-las à plataforma.

Dentre as Ferramentas de Gestão da Qualidade mais adequadas a melhorias em eficiência energética estudadas neste trabalho, oito delas seriam usuais em um aplicativo, sendo elas: o 5W2H, Kanban, Matriz GUT, KPI, Carta de Controle, *Benchmarking*, 5 Porquês e PDCA.

3.4.2 Modelos de Tela

Desta forma, como um dos resultados deste trabalho e de mostrar que a concentração de dados num dispositivo móvel será extremamente vantajosa para o usuário, pois permitirá acesso imediato a dados tratados que se tornam informações imediatas dando, portanto, sustentação a tomadas de decisão.

A Figura 30 mostra a tela inicial proposta com oito ferramentas elencadas para uso no aplicativo em que o usuário escolhe diretamente a que deseja usar para inclusão de dados ou para análise dos resultados já armazenados. Esta opção de manuseio permitirá que as pessoas encarregadas da gestão da eficiência energética tomem decisões a qualquer momento e em qualquer lugar, pois os dados poderão também ser inseridos de forma digital a partir de medidas diretas em equipamentos de monitoramento e controle.

Figura 30 – Aba inicial do modelo de tela do aplicativo

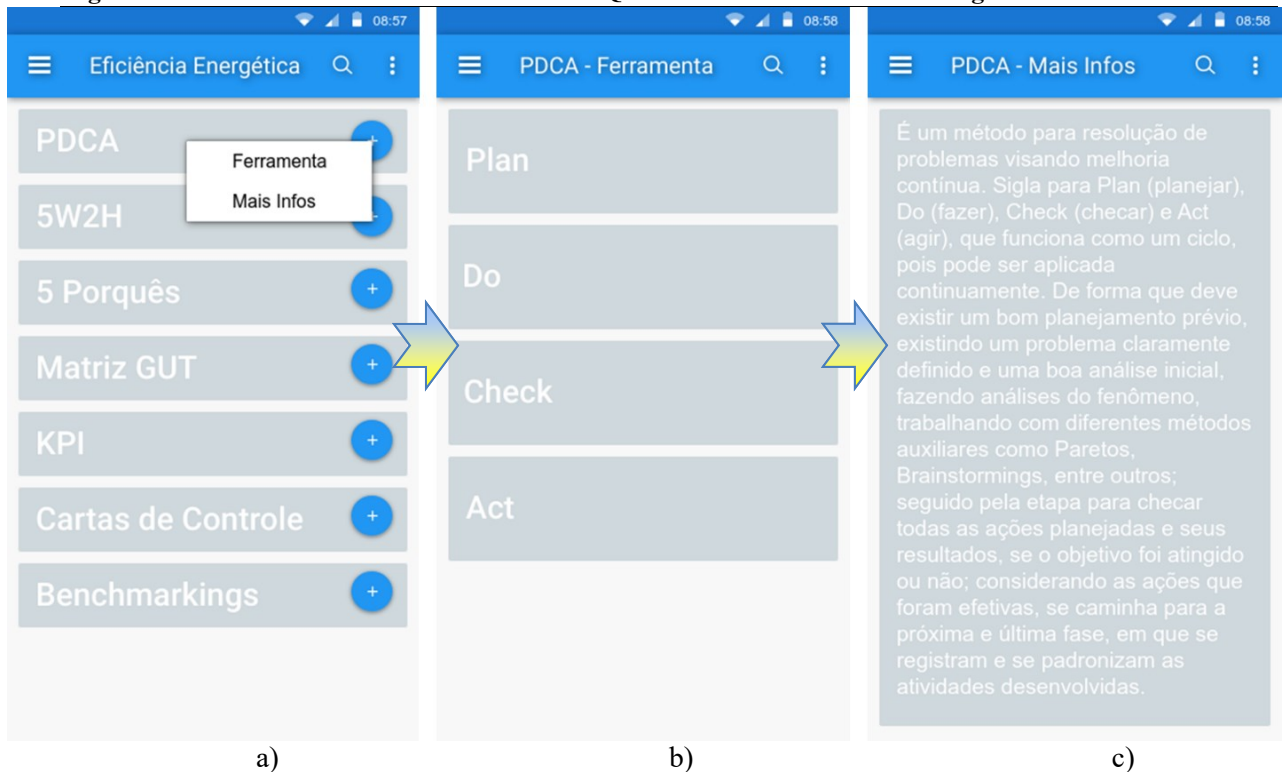


Fonte: A autora (2021)

Cabe lembrar ao leitor que, muitas vezes, o uso de ferramentas de qualidade pelos colaboradores da empresa é feito sem o conhecimento teórico básico de suas premissas, tão pouco que decisões podem ser tomadas com ela, ou seja o operador de uma máquina, por exemplo, pode se tornar apenas um anotador de números coletados. Para minimizar a falta de conhecimento sugere-se que nas aberturas de tela, seja possível o acesso a uma que ofereça conhecimentos teóricos básicos da ferramenta, conforme mostra a Figura 15c.

Finalmente a Figura 31b, que usa como exemplo a ferramenta PDCA, evidencia que sempre que sejam necessários o aplicativo oferecerá opções de escolha de etapas que sejam parte do Estudo, como um caso de escolher “*Check*” e dar continuidade ao trabalho.

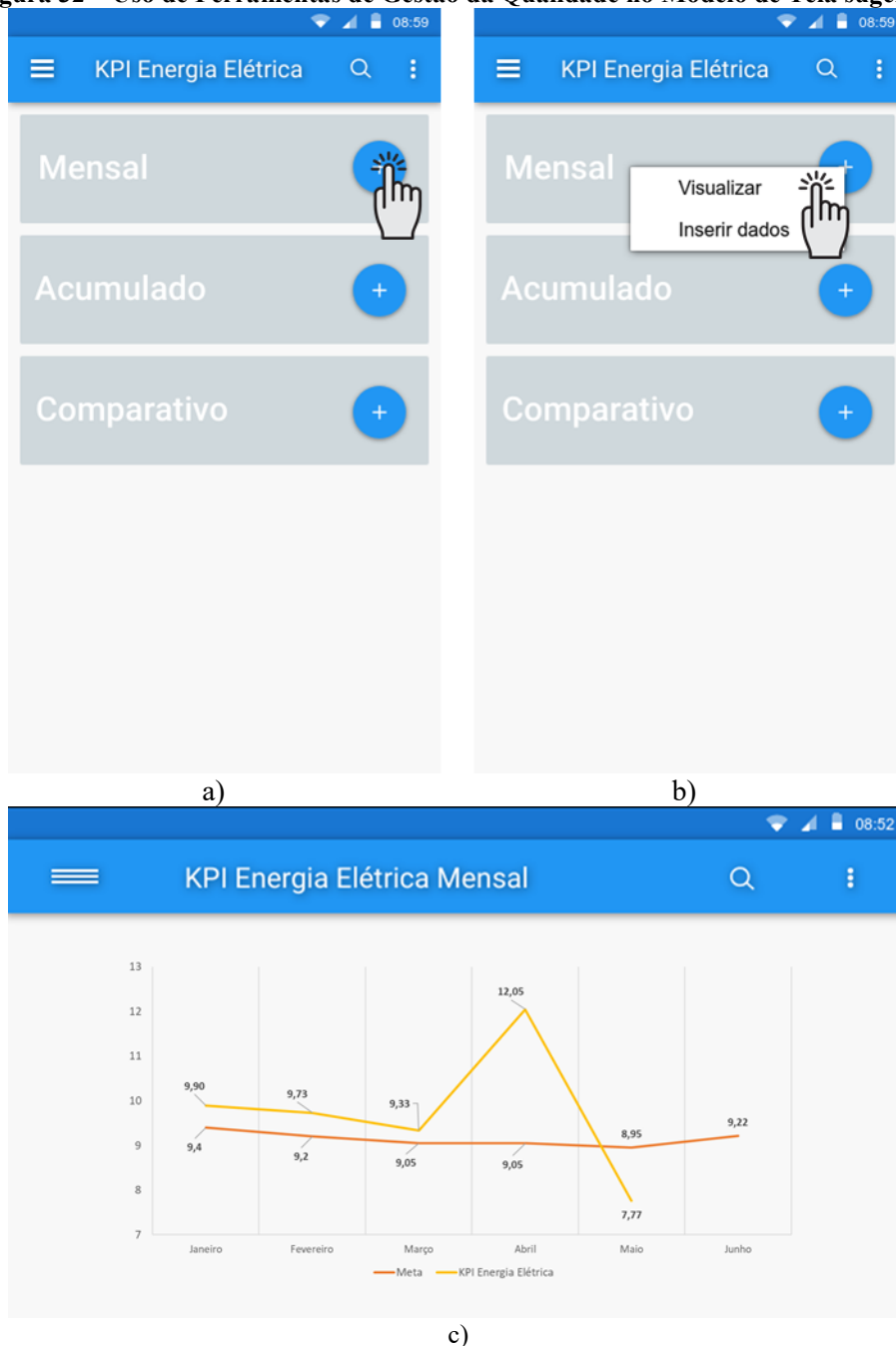
Figura 31 – Uso das Ferramentas de Gestão da Qualidade no Modelo de Tela sugerido



Fonte: A autora (2021)

A Figura 32 mostra outra sugestão de funcionamento do aplicativo, considerando-se desta vez a ferramenta KPI. Poderia ser então haver uma aba para selecionar qual tipo de KPI se deseja analisar, se é um indicador mensal, acumulado ou um comparativo com anos anteriores, como ilustrado na Figura 32a. O usuário poderia escolher, como representado na Figura 32b, entre visualizar o gráfico gerado pelo indicador até o mês atual, assim como também poderia inserir novos valores para o KPI do mês seguinte ou atualizar os valores da meta. A Figura 32c apresenta a visualização do KPI mensal de Energia Elétrica.

Figura 32 – Uso de Ferramentas de Gestão da Qualidade no Modelo de Tela sugerido



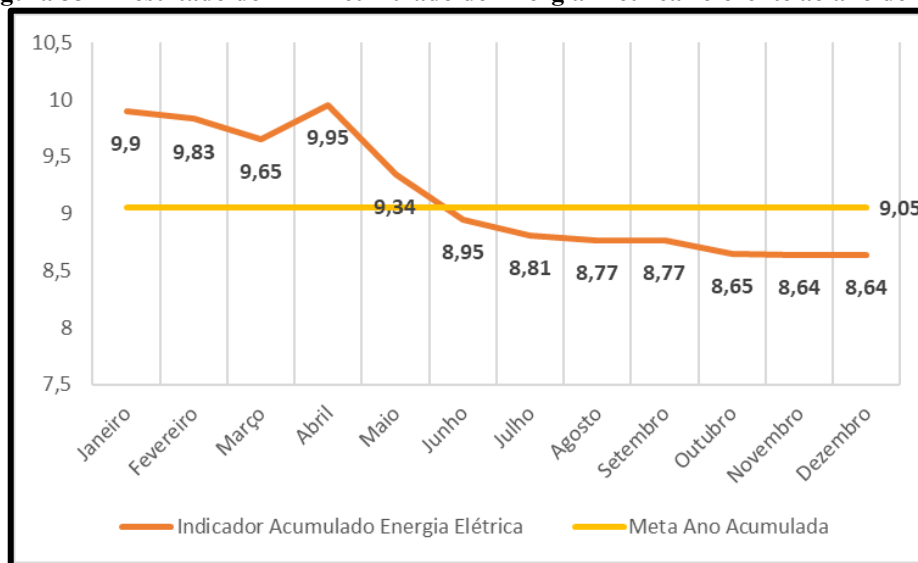
Fonte: A autora (2021)

4 RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir do uso combinado das dez Ferramentas de Gestão da Qualidade apresentadas no Tópico 3.2 serão abordados neste capítulo.

Na Figura 33, os resultados para o KPI Acumulado de Energia Elétrica, referente ao ano de 2020, podem ser observados.

Figura 33 – Resultado do KPI Acumulado de Energia Elétrica referente ao ano de 2020



Fonte: A autora (2021)

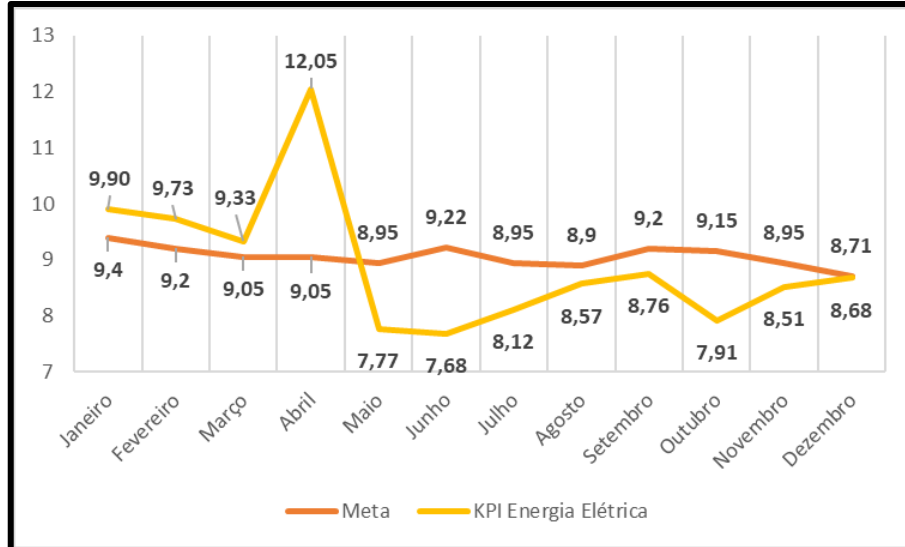
O resultado acumulado observado da Figura 33, através do indicador de Energia Elétrica, foi 4,53% menor do que a meta estipulada para o ano.

A Figura 34 permite analisar a evolução mês após mês do KPI mensal. Os três meses iniciais do ano de 2020 foram focados na primeira etapa, “Plan”, do PDCA, Tópico 3.2.8. Dessa forma, pode-se observar que o indicador se apresentava acima da meta estipulada para os meses em específico. Nos meses de Março e Abril, a fábrica foi impactada pela pandemia do COVID-19, fazendo com que a produção de refrigerantes fosse abaixo do planejado, impactando assim diretamente o KPI de Energia Elétrica, que subiu para 12,05kWh/hectolitro. A partir do mês de Maio, a segunda etapa do PDCA, “Do”, foi colocada em prática. Ações como as apresentadas no Tópico 3.3 foram realizadas, o que impactou positivamente o indicador de eletricidade, que atingiu o seu menor resultado do ano no mês de Junho com o valor de 7,68kWh/hectolitro.

Nos meses de Julho, Agosto e Setembro, é possível ver que voltou a haver um aumento do indicador. Isto se deve à uma falha ocorrida das URLs, relatada no Tópico 3.2.7, em que a válvula de expansão começou a falhar, reduzindo a quantidade de amônia que ia para os compressores e fazendo com que estes desarmassem com frequência, impactando diretamente no indicador-chave de energia elétrica. Este problema foi solucionado no mês de Outubro.

Porém, pode-se ver novamente um acréscimo ao indicador em Novembro e Dezembro, que neste caso se deve a variações ocorridas devido a estação do ano.

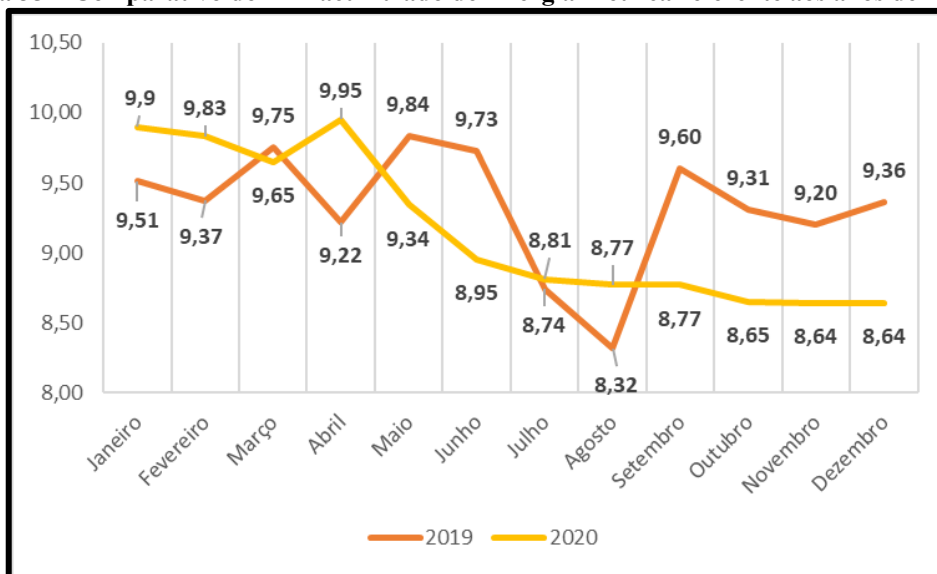
Figura 34 – Resultado do KPI de Energia Elétrica mensal referente ao ano de 2020



Fonte: A autora (2021)

Na Figura 35 pode-se visualizar que o KPI de Energia Elétrica acumulado no ano de 2020 foi 7,69% que o mesmo indicador acumulado para o ano de 2019. Dessa forma, se as Ferramentas de Gestão da Qualidade não tivessem sido aplicadas com a mesma eficiência com a qual foram utilizadas no ano de 2020 a fim de reduzir o consumo de energia elétrica, o consumo de eletricidade em 2020 teria sido 7,10% maior, representando 519.961,3kW a mais do que os 6.801.032kW consumidos pela refrigeranteira no ano em questão.

Figura 35 – Comparativo do KPI acumulado de Energia Elétrica referente aos anos de 2019 e 2020



Fonte: A autora (2021)

5 CONCLUSÃO

Este Trabalho de Conclusão de Curso abordou as Ferramentas de Gestão da Qualidade mais adequadas a melhorias em eficiência energética, considerando que o consumo de energia elétrica é uma despesa gerenciável e que vem se tornando mais cara devido aos recursos escassos de geração de eletricidade. Dessa forma, há grande interesse da parte de grandes empresas na otimização do consumo de energia elétrica, a fim de garantirem sua competitividade no mercado e serem mais sustentáveis.

Destaca-se o aumento da sinergia e do compartilhamento de informações entre setores e diferentes níveis hierárquicos, uma vez que, ao utilizar as Ferramentas da Qualidade, as ações e as demandas são todas registradas e discutidas coletivamente. Assim, havia concordância sobre a importância e priorização da execução de determinada tarefa, clareza de como executá-la, recursos financeiros eram disponibilizados para tal e padrões eram desenvolvidos pela operação com base nos resultados atingidos.

A partir do resultado do Indicador-Chave de Energia Elétrica, que foi 4,53% menor do que a meta planejada para o ano de 9,05kWh/hectolitro, entende-se que a aplicação combinada de Ferramentas de Gestão da Qualidade foi efetiva e que a utilização dos métodos definidos neste trabalho como mais adequados às metas de energia elétrica da fábrica é eficaz.

Observa-se que, por motivos de limitações de trabalho, as Ferramentas foram aplicadas, com o perfil de funcionamento combinado apresentado neste trabalho, somente em uma unidade fabril refrigeranteira. Além disso, na fábrica em que foram aplicadas, as Ferramentas são utilizadas através de diferentes *softwares* e plataformas, de maneira descentralizada. A aplicação dos métodos definidos como mais adequados às metas de energia elétrica em uma amostra maior de estudos de casos agregaria em melhorias e no uso aprimorado das ferramentas indicadas. Da mesma maneira, o uso centralizado das Ferramentas, concentradas em apenas uma plataforma, agregaria em produtividade, agilidade e visibilidade. Sendo assim, como sugestão de trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento de um aplicativo que contenha todas as Ferramentas de Gestão da Qualidade consideradas adequadas ao atingimento das metas de energia elétrica, tendo como base uma amostra maior de estudos de casos aplicados em outras refrigeranteiras ou indústrias de diferentes setores.

Conclui-se que a aplicação combinada das Ferramentas de Gestão da Qualidade mais adequadas às metas de consumo de eletricidade e as ações desenvolvidas a partir delas possibilitaram o alcance do KPI de Energia Elétrica pré-definido pela fábrica.

REFERÊNCIAS

5W2H – Uma poderosa ferramenta de marketing e planejamento. **Portal do Marketing**, 05 de outubro de 2014. Disponível em: <http://www.portaldomarketing.net.br/5w2h-uma-poderosa-ferramenta-de-marketing-e-planejamento/>. Acesso em: 22 de agosto de 2021.

ALVES, Larissa da Silva; MARTINELLI, Mariana Viscardi; LEONI, Juliene Navas. **Modelo Orçamento Base Zero: Um estudo de caso**. XVI ENPEX, UNITOLEDO, Toledo, 2016. 9 p.

AYRES, Marcos Aurélio Cavalcante. **Folha de Verificação: aplicabilidade desta ferramenta no serviço de higienização hospitalar**. Humanidades & Inovação, v. 6, n. 13, p. 8-16, 2019.

AZEVEDO, Irene Conceição Gouvêa. **Fluxograma como ferramenta de mapeamento de processo no controle de qualidade de uma indústria de confecção**. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão. 2016. p. 1-14.

BEHR, Ariel; MORO, Eliane Lourdes da Silva; ESTABEL, Lizandra Brasil. **Gestão da biblioteca escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca**. Ci. Inf., Brasília, v.37, n.2, p. 32-42, maio/ago. 2008.

BOQUIMPANI, C. L.; MOTTA, A. L. T. S. da; SOUZA, O. L. de C.; OLIVEIRA, C. H. V. do R. **Eficiência energética: sistemas de iluminação com LEDs, distribuídos em corrente contínua e utilizando energia fotovoltaica**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v.19, n.4, p. 303-316, out./dez. 2019.

CAMPOS, R.; OLIVEIRA, L. C. Q. D.; Silvestre, B. D. S., & Ferreira, A. D. S. **A ferramenta 5S e suas implicações na gestão da qualidade total**. Simpep–Simpósio de Engenharia de Produção, 12, 685-692. 2005.

CELESTINO, Sônia Maria Costa. **Produção de refrigerantes de frutas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 29p.

CLETO, Marcelo G. **Método proposto para realização da atividade de benchmarking: uma experiência no setor automotivo**. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Mecânica, 2004.

CLETO, Marcelo G.; QUINTEIRO, Leandro. **Gestão de projetos através do DMAIC: um estudo de caso na indústria automotiva.** Revista Produção Online, v.11, n.1, p. 210-239, mar., 2011.

CORRÊA, Felipe de Oliveira. **Aplicação do ciclo PDCA como ferramenta de gestão de energia elétrica em uma cervejaria.** Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia de Energia, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2017. 43p.

CYRINO, Luis. Diagrama de causa e efeito – Ishikawa. **Manutenção em Foco**, 10 de novembro de 2016. Disponível em: <https://www.manutencaoemfoco.com.br/diagrama-de-causa-e-efeito-ishikawa/>. Acesso em: 22 de agosto de 2021.

DANIEL, Érika Albina; MURBACK, Fábio Guilherme Ronzelli. **Levantamento bibliográfico do uso das ferramentas da qualidade.** Poços de Caldas: Revista do Curso de Administração PUC Minas, 2014. 43p.

Diagrama de Pareto | Ferramenta básica no controle de qualidade. **Blog Software Avaliação.** Disponível em: <https://blog.softwareavaliacao.com.br/diagrama-de-pareto/>. Acesso em 22 de agosto de 2021.

ERIKSSON, Johan. *KPIs: na essential framework. Think with Google*, Outubro de 2015. Disponível em: <https://www.thinkwithgoogle.com/intl/en-145/future-of-marketing/creativity/kpis-essential-framework/>. Acesso em: 22 de agosto de 2021.

FERNANDES, Djair Roberto. **Uma visão sobre a análise da Matriz SWOT como ferramenta para elaboração da estratégia.** UNOPAR Cient., Ciênc. Juríd. Empres., Londrina, v. 13, n. 2, p. 57-68, Set. 2012.

FERNANDES, João Pedro Oliveira. **Proposta de metodologia para gestão de produção, visando redução no consumo de energia elétrica em uma unidade fabril do setor de bens de consumo.** Trabalho de Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015. 79p.

GUBOLINO, Sandra Isabel Franzotti. **Qualidade físico-química e microbiológica de refrigerantes sabor guaraná em embalagens PET-2000mL e ocorrência de leveduras.** 2007. 71 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2007.

HONORATO, Edvomberto. Metodologia 5S: o que é e como aplicar no dia-a-dia. **DKP**, 13 de fevereiro de 2020. Disponível em: <https://dkp-it.com.br/metodologia-5s-o-que-e-e-como-aplicar-no-dia-a-dia/>. Acesso em: 22 de agosto de 2021.

LAGE JUNIOR, Muris; GODINHO FILHO, Moacir. **Adaptações ao sistema kanban: revisão, classificação, análise e avaliação.** *Gestão & Produção*, v. 15, p. 173-188, 2008.

MADEIRA, Paulo. **Benchmarking: a arte de copiar.** *Jornal do Técnico de Contas e da Empresa (JTCE)*, p. 364-367, 1999.

MARR, Bernard. *Key Performance Indicators: The 75 measures every manager needs to know.* PEARSON, 1 ed. 2011. 347 p.

MARTINS, Fernando Luiz. **Eficiência energética: gestão metodológica para a redução de energia elétrica na indústria.** Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. 77p.

MENDES, Jair Eduardo Alves. **Eficiência energética aplicada na indústria de bebidas em sistemas de refrigeração e ar comprimido – estudo de casos.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2014. 143p.

METCALF, Leonardo; EDDY, Harrison P. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse.* The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, New York, 2013.

MIRANDA, Carlos Alberto Silva de. **Simulação do processo de sopro de garrafas de poli (tereftalato de etileno) a partir de pré-formas disponíveis através do método de elementos finitos.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Rede Temática em Engenharia de Materiais, 2011. 138p.

MOROSI, Maurício Gonçalves. **Estudo e análise de sistemas de refrigeração industrial integrados a plantas de processo químico**. Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2015. 107p.

NAPOLEÃO, Bianca M. 5 Porquês. **Ferramentas da Qualidade**, 23 de maio de 2019. Disponível em: <https://ferramentasdaqualidade.org/5-porques/>. Acesso em: 22 de agosto de 2021.

NAPOLEÃO, Bianca M. PDCA. **Ferramentas da Qualidade**, 03 de outubro de 2019. Disponível em: <https://ferramentasdaqualidade.org/pdca/>. Acesso em: 22 de agosto de 2021.

OLIVEIRA, Camila C. de; GRANATO, Daniel; CARUSO, Miriam S. F.; SAKUMA, Alice M. **Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos em laboratórios de ensaio**. Instituto Adolfo Lutz. São Paulo, p. 18, 2013.

Orçamento Base Zero. **Soluções Economies**. Disponível em: <http://www.economies.com.br/orcamento.php>. Acesso em: 22 de agosto de 2021.

RICHTER, Carlos A.; AZEVEDO NETTO, José M. de. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Blucher, 2013. 332 p.

Saiba como usar a Matriz GUT para a priorização de resolução de problemas no seu negócio. **Rock Content**, 05 de outubro de 2018. Disponível em: <https://rockcontent.com/br/blog/matriz-gut/>. Acesso em: 22 de agosto de 2021.

SILVA, Janaína Helena Cardoso da. **A influência da incerteza de medição na carta de controle de valores individuais**. Tese de Mestrado em Metrologia Científica e Industrial, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2003.

SOLA, Antonio Vanderley Herrero; MOTA, Caroline Maria de Miranda. **Melhoria da eficiência energética em sistemas motrizes industriais**. v.25, n.3, p. 498-509, jul./set. 2015.

TACHIZAWA, T.; FREITAS, A.A.V. **Estratégias de negócios: lógica e estrutura do universo empresarial**. Rio de Janeiro: Pontal, 2004.

TASSINI, Jussara Oliveira. **Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial: estudo de caso**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012. 115p.

TONIM, Gilberto. **A gestão de energia elétrica na indústria – seu suprimento e uso eficiente**. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétrica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

Você sabe o que significa DMAIC? Descubra por que essa sigla é importante. **Terra**, São Paulo, 18 de maio de 2018. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/voce-sabe-o-que-significa-dmaic-descubra-por-que-essa-sigla-e-importante,00884b354c83851abfd3393058ee36faklh019z6.html>. Acesso em: 22 de agosto de 2021.

WOEBCKEN, Cayo. O que é brainstorming e as 7 melhores técnicas para a tomada de decisões inteligentes. **Rock Content**, 10 de julho de 2019. Disponível em: <https://rockcontent.com/br/blog/brainstorming/>. Acesso em: 22 de agosto de 2021.

CAVALLARI, Rodrigo. Quais são os tipos de Kanban e como utilizar? **Delogic**, 19 de julho de 2019. Disponível em: <https://blog.delogic.com.br/quais-sao-os-tipos-de-kanban-e-como-utilizar/>. Acesso em: 22 de agosto de 2021.

Fluxograma de Processos. **Mais Consultoria Jr.** Disponível em: <https://maisconsultoria.com.br/2019/08/09/fluxograma-de-processos/>. Acesso em: 22 de agosto de 2021.

Folha de Verificação: o que é e como usar essa ferramenta do Lean? **Labone**. Disponível em: <https://www.laboneconsultoria.com.br/folha-de-verificacao/>. Acesso em: 22 de agosto de 2021.

Compreendendo as cartas de controle. **Minitab**. Disponível em: <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/supporting-topics/basics/understanding-control-charts/>. Acesso em: 22 de agosto de 2021.