

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS CONTÁBEIS,
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SERVIÇO SOCIAL

MATEUS MOREIRA FALCÃO

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA GESTÃO DA
MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS CONDICIONADORES DE
AR: ESTUDO DE CASO NOS PRÉDIOS ADMINISTRATIVOS DE
UMA USINA SUCROALCOOLEIRA

ITUIUTABA
2022

MATEUS MOREIRA FALCÃO

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA GESTÃO DA
MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS CONDICIONADORES DE
AR: ESTUDO DE CASO NOS PRÉDIOS ADMINISTRATIVOS DE
UMA USINA SUCROALCOOLEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação da Faculdade
de Administração, Ciências Contábeis,
Engenharia de Produção e Serviço Social
da Universidade Federal de Uberlândia,
para obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção.

ITUIUTABA
2022

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS CONDICIONADORES DE AR: ESTUDO DE CASO NOS PRÉDIOS ADMINISTRATIVOS DE UMA USINA SUCROALCOOLEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação da Faculdade
de Administração, Ciências Contábeis,
Engenharia de Produção e Serviço Social
da Universidade Federal de Uberlândia,
para obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Costa
Malheiros

Ituiutaba, 11 de agosto de 2022.
Banca Examinadora:

Prof. Dr. Fernando Costa Malheiros (orientador)
Universidade Federal de Uberlândia

Luís Fernando Magnanini de Almeida, Universidade Federal de Uberlândia

Vanessa Aparecida de Oliveira Rosa, Universidade Federal de Uberlândia

Dedico este trabalho a minha família, amigos, professores e gestor de estágio, que me ajudaram na realização do trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida e por me dar saúde e determinação para enfrentar todos os obstáculos enfrentados para chegar até aqui.

Agradeço também aos meus pais, César e Lucimar, que nunca mediram esforços para me dar as melhores oportunidades de estudo, além de todo o suporte e apoio para que eu concluísse minha graduação.

A todos meus amigos que estiveram comigo nos momentos mais felizes e difíceis ao longo da minha jornada.

A todo corpo docente do curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Uberlândia pelo conhecimento e ensinamentos que me foram passados ao longo da graduação.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Costa Malheiros que me guiou e deu todo o suporte necessário para a realização deste trabalho.

Por fim, agradeço ao meu gestor de estágio e a equipe do projeto por todo apoio e informações compartilhadas tornando possível a realização do estudo.

“A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin

RESUMO

O setor sucroenergético é um dos setores que mais cresce no país, o que faz as empresas desse ramo buscarem maneiras de tornarem-se cada vez mais competitivas em um mercado que demanda um alto padrão de qualidade de seus produtos. Fundamentado na metodologia Seis Sigma e na melhoria contínua, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de implementar o método DMAIC a fim de reduzir as manutenções corretivas realizadas nos aparelhos de ar condicionado nos prédios administrativos de uma usina sucroalcooleira. Para realização do estudo, foi utilizado a metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*) juntamente com ferramentas da qualidade. O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de natureza aplicada a fim de identificar causas de problemas de caráter quantitativos com procedimentos metodológicos baseados em um caso real. Com a aplicação da metodologia DMAIC e das ferramentas da qualidade, foi possível propor e implementar ações que fizeram a gestão estudada ser totalmente aderente ao Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC). Além disso, houve uma redução das manutenções corretivas, que antes representavam 90% das manutenções totais e passaram a representar 16%. Por fim, foi possível verificar que o *lead time* para execução das manutenções diminuiu de 14 dias para 4 dias.

Palavras-chave: DMAIC. Melhoria Contínua. Manutenção de Ar Condicionado.

ABSTRACT

Nowadays, the sugar-energy sector is one of the fastest growing sectors in the country, which makes this kind of companies seek ways to become increasingly competitive in a market that demands high standards of quality for its products. Based on the Six Sigma methodology and continuous improvement, the present work was developed in order to understand the main reasons why the maintenance management of air conditioners in the administrative buildings of a sugar and alcohol plant is inefficient, and after that, propose and implement actions to increase the efficiency of this management, even though this is not a process that directly generates profits for the company. To carry out the study, the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve and Control) methodology was used with quality tools. The present work is characterized as applied research in order to identify the causes of quantitative problems with methodological procedures based on a case study. With the application of the DMAIC methodology and quality tools, it was possible to propose and implement actions that made the studied management be 100% adhered to the Maintenance, Operation and Control Plan (PMOC). In addition, there was a reduction in corrective type of maintenance, which previously represented 90% of the total maintenances, and now it represents 16%. Finally, it was possible to verify that the lead time to execute the maintenances decreased from 14 days to 4 days at the end of the study.

Keywords: DMAIC. Continuous Improvement. Air Conditioning Maintenance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Hierarquia organizacional do Seis Sigma	14
Figura 2	Ciclo Seis Sigma DMAIC	16
Figura 3	Símbolos utilizados no fluxograma	17
Figura 4	Estrutura básica de um diagrama de causa e efeito	18
Figura 5	Fluxograma produção açúcar e álcool	21
Figura 6	Fluxograma do mercado consumidor da cana-de-açúcar e mercados de destinação	22
Figura 7	Árvore de Escopo setor Administrativo	28
Figura 8	Declaração de metas do projeto	29
Figura 9	Matriz SIPOC	30
Figura 10	Fluxo de manutenção corretiva dos aparelhos de ar condicionado	30
Figura 11	Diagrama de Ishikawa	32
Figura 12	Matriz de Priorização das atividades	33
Figura 13	Comparativo das manutenções corretivas e preventivas antes do projeto	36
Figura 14	Comparativo das manutenções corretivas e preventivas após o projeto	36
Figura 15	Comparação do <i>lead time</i> de realização das manutenções antes e depois do projeto	37

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Ciclo DMAIC	24
Quadro 2	Manutenções realizadas pré-projeto	29
Quadro 3	5 Porquês	32
Quadro 4	Plano de Ação	34

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve and Control</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
PMOC	Plano de Manutenção, Operação e Controle
POP	Procedimento Operacional Padrão
QAI	Qualidade do Ar Interior
SIPOC	<i>Supplier-Input-Process-Output-Customer</i>
5W1H	<i>What, Why, Where, When, Who, How</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1	SEIS SIGMA.....	14
2.1.1	DMAIC - <i>DEFINE, MEASURE, ANALYZE, IMPROVE AND CONTROL</i>	15
2.2	FERRAMENTAS DA QUALIDADE	16
2.2.1	FLUXOGRAMA.....	16
2.2.2	MAPEAMENTO DE PROCESSOS	17
2.2.3	DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	18
2.2.4	FERRAMENTA 5WIH.....	18
2.3	PMOC - PLANO DE MANUTENÇÃO, OPERAÇÃO E CONTROLE.....	19
2.4	USINA SUCROALCOOLEIRA	20
2.5	DMAIC NA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA.....	23
3	METODOLOGIA.....	24
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	24
3.2	TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS	25
3.3	TÉCNICAS DE ANÁLISE DE DADOS	25
3.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	25
4	RESULTADOS	27
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	27
4.2	MAPEAMENTO DA REALIDADE EMPRESARIAL	27
4.3	APLICAÇÃO DO DMAIC.....	28
4.3.1	ETAPA DEFINIR	28
4.3.2	ETAPA MENSURAR	29
4.3.3	ETAPA ANALIZAR.....	31
4.3.4	ETAPA MELHORAR	33
4.3.5	ETAPA CONTROLAR	34
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O setor primário é uma das esferas econômicas mais importantes do país, isso porque é essencial para a população, para a geração de empregos e devido a sua extensão ao longo de todo território (MONREAL et al. 2015). Ao longo dos anos, a produção de açúcar e álcool no Brasil aumentou, gerando grandes investimentos nesse setor. Isso está acontecendo, pois cada vez mais, o mundo busca produzir e consumir energia de forma sustentável, ou seja, com menores impactos ao meio ambiente e riscos à integridade humana.

As empresas, para se manterem competitivas no mercado, estão utilizando metodologias de melhoria contínua nos seus processos produtivos, como por exemplo, o Seis Sigma. O Seis Sigma é uma estratégia que visa aumentar o desempenho e a lucratividade das empresas através da melhoria da qualidade dos produtos e serviços oferecidos (WERKEMA, 2012). A metodologia DMAIC é uma metodologia adicional que está contida no Seis Sigma, e tem como objetivo trazer soluções para problemas a partir de cinco fases, sendo elas: *Define* (Definir – D), *Measure* (Medir – M), *Analyze* (Analisar – A), *Improve* (Melhorar – I) e *Control* (Controlar – C) (CABRAL et al. 2018).

A empresa estudada no presente artigo é uma *joint venture* entre duas organizações a nível multinacional, para produção de etanol, açúcar e bioenergia. A unidade estudada está localizada na região do Triângulo Mineiro no estado de Minas Gerais.

Atualmente, a empresa enfrenta alguns desafios com relação a gestão da manutenção de aparelhos condicionadores de ar. O principal desafio enfrentado é a excessiva quantidade de manutenções corretivas, o que acaba trazendo outros problemas adicionais, como altos custos na operação e um aumento no *lead time* de compras de materiais para as manutenções dos aparelhos.

O objetivo do presente trabalho é implementar o método DMAIC a fim de reduzir as manutenções corretivas realizadas nos aparelhos de ar condicionado nos prédios administrativos de uma usina sucroalcooleira.

Este artigo foi dividido em cinco seções. A primeira seção é composta pela contextualização sobre a realidade do mercado, área de conhecimento estudada, empresa estudada, problemática empresarial e objetivo do trabalho. A segunda seção apresenta a base teórica utilizada para embasar os estudos realizados. A metodologia é apresentada na terceira seção. Na quarta seção são apresentados os resultados obtidos no estudo de caso. Por fim, na quinta seção são feitas as considerações finais do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma surgiu na Motorola em 1987. Segundo Endler et al. (2016), a empresa tinha como objetivos reduzir as falhas durante o processo de fabricação dos produtos, aumentar a qualidade e reduzir o preço para valores menores que dos concorrentes. Para Cançado et al. (2019) o Seis Sigma melhora a qualidade do produto final ao detectar e remover a causa dos defeitos do processo de produção, além de reduzir a variabilidade na manufatura e nos processos.

Dentro das organizações, há níveis hierárquicos distintos que são simbolizados por faixas coloridas (*belts*), sendo que, quanto mais escura a faixa, maior é o nível e grau de maturidade para aplicar os processos de gestão da qualidade (CANÇADO, 2019). A Figura 1 retrata como é estruturada a hierarquia organizacional do Seis Sigma.

Figura 1 - Hierarquia organizacional do Seis Sigma



Fonte: Cançado et al. (2019)

Quando um projeto Seis Sigma é realizado dentro de uma empresa, a implantação da ferramenta DMAIC (Definir, Mensurar, Analisar, Melhorar e Controlar) é imprescindível. Esta ferramenta é dividida em cinco etapas bem definidas, cada uma com uma função específica, com a finalidade de estruturar e organizar cada fase na qual o projeto se encontra, como descrito a seguir.

2.1.1 DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Improve and Control*

Para Carpinetti (2016), a ferramenta DMAIC pode contribuir para a organização de diversas formas, possibilitando uma análise sistêmica de problemas relacionados à baixa qualidade de produtos e serviços e suas causas, além de impulsionar a melhoria do processo a partir de cinco etapas:

- Etapa D (*Define*): nesta primeira etapa, os processos mais críticos e objetivos são definidos, com o propósito de alcançar as metas estipuladas. De acordo com Vinte, de Oliveira e Reis (2020), é nessa fase que o propósito do estudo e a meta do projeto devem ser bem definidos, além de tomar conhecimento dos principais problemas que possam ocorrer durante o processo.
- Etapa M (*Measure*): a segunda etapa é caracterizada pela coleta de dados a fim de medir a situação atual do sistema. Segundo Lin et al. (2013) essa coleta de dados é necessária para validar e dimensionar os problemas e oportunidades, definindo as prioridades e tomadas de decisão sobre critérios necessários.
- Etapa A (*Analyze*): a terceira etapa consiste na análise dos dados coletados e estruturação de um plano de ação. Além de analisar os dados coletados e especificar as causas raízes dos problemas, nessa fase é possível comparar o desempenho real e o planejado (SANTOS, 2006).
- Etapa I (*Improve*): a quarta etapa é onde as melhorias e o plano de ação propostos na terceira etapa são avaliados e implementados. Após a implementação, a equipe do projeto deve verificar se o problema foi solucionado e se as metas foram atingidas. Para Werkema (2012), caso as metas não forem atingidas, a equipe deve regressar à segunda fase do DMAIC, com a finalidade de analisar e entender novamente o processo.
- Etapa C (*Control*): a quinta etapa visa a sustentabilidade da melhoria. É nesta etapa que acontece o controle das operações e do desempenho dos processos. Na última fase ocorre a aplicação de ferramentas que garantem que as ações de melhoria propostas sejam padronizadas. É nesta etapa que a equipe do projeto deve assegurar que os resultados obtidos irão perdurar de forma eficaz no futuro (CANÇADO et al., 2019).

Como anteriormente apontado, o ciclo DMAIC pode ser representado de acordo com a Figura 2.

Figura 2 – Ciclo Seis Sigma DMAIC



Fonte: Cançado et al. (2019)

2.2 Ferramentas da qualidade

A gestão da qualidade é uma área de estudo que surgiu no Japão na década de 1950, e foi definida por Arruda et al. (2016) como sendo um conjunto de propriedades e características de um produto, processo ou serviço que lhe fornecem a capacidade de satisfazer as necessidades explícitas e implícitas do cliente.

Para que a gestão da qualidade seja implementada, a utilização de ferramentas e métodos se faz necessária, para que seja possível avaliar a realidade atual, e com base nela, tomar decisões racionais. Essas ferramentas são utilizadas visando a melhoria contínua e a redução de custos e riscos, além de serem importantes recursos que auxiliam a alcançar os objetivos estipulados, facilitando a análise e/ou intervenção sobre diferentes situações (LIMA et al., 2020).


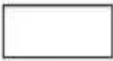





Paladini (2005) diz que para se obter sucesso a partir da aplicação prática dos princípios e definições da área, as ferramentas da qualidade são imprescindíveis, uma vez que é possível viabilizar de forma prática a estrutura conceitual e diretrizes da gestão da qualidade. São recursos que através de análises objetivas do processo, são capazes de selecionar, implementar ou avaliar mudanças no processo produtivo. A seguir é apresentada a fundamentação teórica das ferramentas da qualidade aplicadas no trabalho.

2.2.1 Fluxograma

Fluxograma é um método que tem a função de registrar um processo de forma mais compacta, simples de visualizar e compreender (BARNES, 1992). Slack (2002) diz que o fluxograma faz uso de símbolos que retratam as ações e momentos de cada fase do processo,

para que assim, o entendimento e análise do processo sejam facilitados. A Figura 3 representa os símbolos utilizados no fluxograma.

Figura 3 – Símbolos utilizados no fluxograma

	Indica o início ou fim do processo
	Indica cada atividade que precisa ser executada
	Indica um ponto de tomada de decisão
	Indica a direção do fluxo
	Indica os documentos utilizados no processo
	Indica uma espera
	Indica que o fluxograma continua a partir desse ponto em outro círculo, com a mesma letra ou número, que aparece em seu interior

Fonte: Slack (2002).

2.2.2 Mapeamento de Processos

De acordo com Crivellaro (2022), processo é um conjunto de atividades dentro de uma organização, que apresentam metas pré-estabelecidas, que tem um início, um meio e um fim, e dessa forma, toda ação tem uma causa para começar, uma rotina para acontecer e um fim para alcançar. Uma organização consiste em vários processos, sendo que cada setor e departamento executam atividades que se conectam em uma série de eventos.

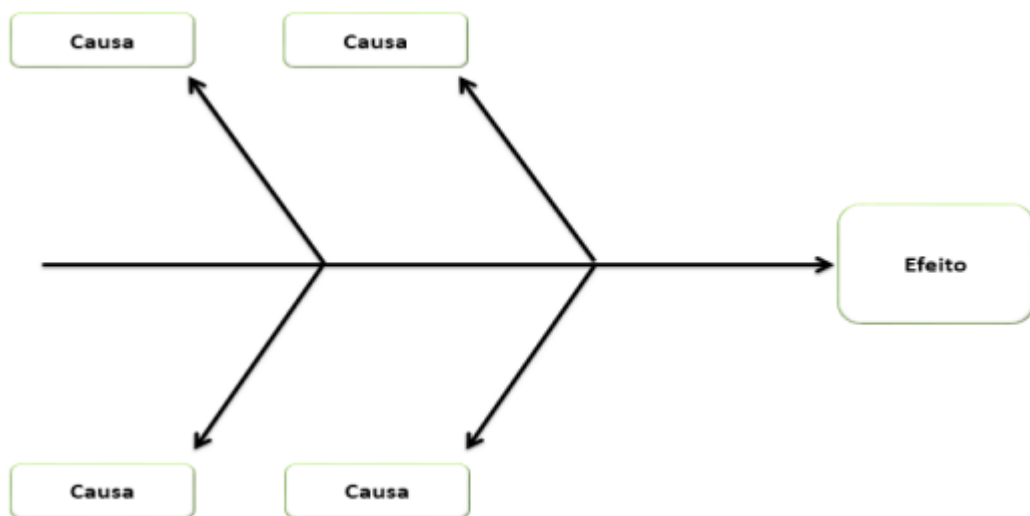
O mapeamento de processos é uma técnica muito útil para fazer melhorias de processo a partir de análises e tomadas de decisão, que permitem compreender os processos e seu relacionamento sistêmico dentro da organização. Carpinetti (2010) define o mapeamento de processos como sendo uma representação do funcionamento do processo ou organização real através de um descritivo formal.

2.2.3 Diagrama de Causa e Efeito

O diagrama de causa e efeito (ou Diagrama de Ishikawa) foi elaborado com a intenção de representar a relação entre um problema e todas as suas possíveis causas (CARPINETTI, 2010). Este diagrama funciona como um guia, e torna possível determinar a causa raiz do problema, além de determinar ações corretivas capazes de solucionar o problema.

Quando aplicado a um projeto, o diagrama de causa e efeito deve ser desenvolvido pela própria equipe do projeto. A Figura 4 apresenta a estrutura do diagrama.

Figura 4 – Estrutura básica de um diagrama de causa e efeito



Fonte: Adaptado de Carpinetti (2010).

2.2.4 Ferramenta 5W1H

A ferramenta 5W1H é utilizada por empresas que visam sistematizar suas ações, para que assim, atinja resultados satisfatórios (MATTAR, 2015). Para que o gerenciamento de projetos seja realizado com excelência, ter um plano de ação é essencial, uma vez que para que haja melhorias ao final do projeto, as ações que envolvem o projeto devem ser acompanhadas ao longo de todo o processo.

De acordo com Machado et al. (2012), tal ferramenta é capaz de definir um plano ação com prazos, responsabilidades, recursos humanos, infraestrutura, recursos financeiros e técnicos para as atividades. Carpinetti (2010) diz que a matriz 5W2H é estruturada através de tabelas com perguntas básicas, sendo elas: *What* (O que será feito?) para apresentar o que será implementado; *Why* (Por que será feito?) motivo do porquê deve ser implementado; *Where* (Onde?) local onde será implementado; *When* (Quando?) quando a ação será executada; *Who*

(Quem?) pessoa responsável por executar a ação; *How* (Como?) qual método para implementar a ação; *How Much* (Quanto custa?) custos envolvidos para executar a ação. O plano de ação 5W1H difere-se do 5W2H pois não realiza a pergunta “*How Much*”, ou seja, não é necessário estimar os custos envolvidos para executar determinada ação.

As ferramentas apresentadas nessa seção podem ser usadas em conjunto, individualmente ou todas simultaneamente para atuar na melhoria de um processo. Neste trabalho, as ferramentas: matriz SIPOC, mapeamento de processo, 5 porquês, diagrama de Ishikawa, brainstorming, matriz de priorização e plano de ação 5W1H foram utilizadas em conjunto para desenvolver um projeto que foi sustentado pela metodologia DMAIC, a fim de melhorar os processos relacionados à manutenção de equipamentos condicionadores de ar nas áreas administrativas de uma usina sucroalcooleira.

2.3 PMOC – Plano de Manutenção, Operação e Controle

O Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) é uma medida adotada pelo Ministério da Saúde em conjunto com o Ministério do Trabalho e Emprego, que tem a função de monitorar e adequar a qualidade do ar em ambientes de uso coletivo, levando em consideração as preocupações internacionais com a qualidade do ar em ambientes internos, uma vez que aparelhos condicionadores de ar estão cada vez mais difundidos no país devido às condições climáticas (ANTONOVICZ, 2013).

Antonovicz (2013) diz que a manutenção inadequada dos sistemas de ar-condicionado e duto podem levar empresas, hospitais, clínicas, laboratórios, dentre outros, a terem prejuízos. As multas podem ultrapassar o valor de R\$200.000,00 (duzentos mil reais) caso não cumpram a legislação vigente. Além disso, frente aos empregados, pacientes e visitantes podem sofrer indenizações.

Quando aplicado a sistemas de ar-condicionado, o PMOC é capaz de auxiliar de diversas formas, como por exemplo, na prevenção de falhas, manter a integridade da saúde de quem trabalha em edifícios com aparelhos condicionadores de ar, e prolongar a vida útil destes equipamentos, evitando assim, quebras e diminuindo os gastos com troca de componentes (GRIGOLETO, 2018).

O PMOC especifica como as inspeções e manutenções técnicas devem ser realizadas no sistema de ar-condicionado, de acordo com o número máximo de pessoas que trabalham em determinado ambiente climatizado, carga térmica do aparelho e o tipo de atividades que são executadas no local (ANTONOVICZ, 2013). Além disso, devido à pandemia causada pelo vírus COVID-19, a importância do PMOC mostrou-se ainda mais relevante, principalmente porque

uma das formas de contaminação do vírus ocorre pelo ar, ou seja, essas partículas quando estão dispostas no ar são transportadas inclusive por sistemas de climatização, que devem apresentar componentes, como por exemplo os filtros, cuja função é impedir a passagem dessas partículas, garantindo que a Qualidade do Ar Interior (QAI) não seja impactada, assegurando que as pessoas que utilizam aquele ambiente não sejam afetadas (CARVALHO; SOARES, 2022).

2.4 Usina Sucroalcooleira

O cultivo da cana-de-açúcar faz parte da história do Brasil desde o Brasil colônia. A cana-de-açúcar teve um importante papel no cenário econômico naquela época, pois é a matéria-prima do açúcar, especiaria que tinha uma alta demanda, algo que perdura até os dias atuais. Outro produto derivado da cana-de-açúcar é o etanol, que de acordo com Coelho et al. (2006), ganhou força de produção no país ao longo da década de 1970, em decorrência da crise petrolífera da época e o programa do governo militar Proálcool.

Desde o início do século, o setor sucroenergético está em constantemente desenvolvimento, e isso se deve às políticas públicas que estão ligadas à produção e utilização dos produtos (MILANEZ, 2017). A indústria sucroalcooleira detém uma grande importância econômica no Brasil, em virtude da produção de açúcar (maior exportador do mundo), e do etanol, que compete com combustíveis fósseis (LIMA et al. 2001). A Figura 5 é uma representação do fluxograma da produção de açúcar e álcool a partir da cana-de-açúcar.

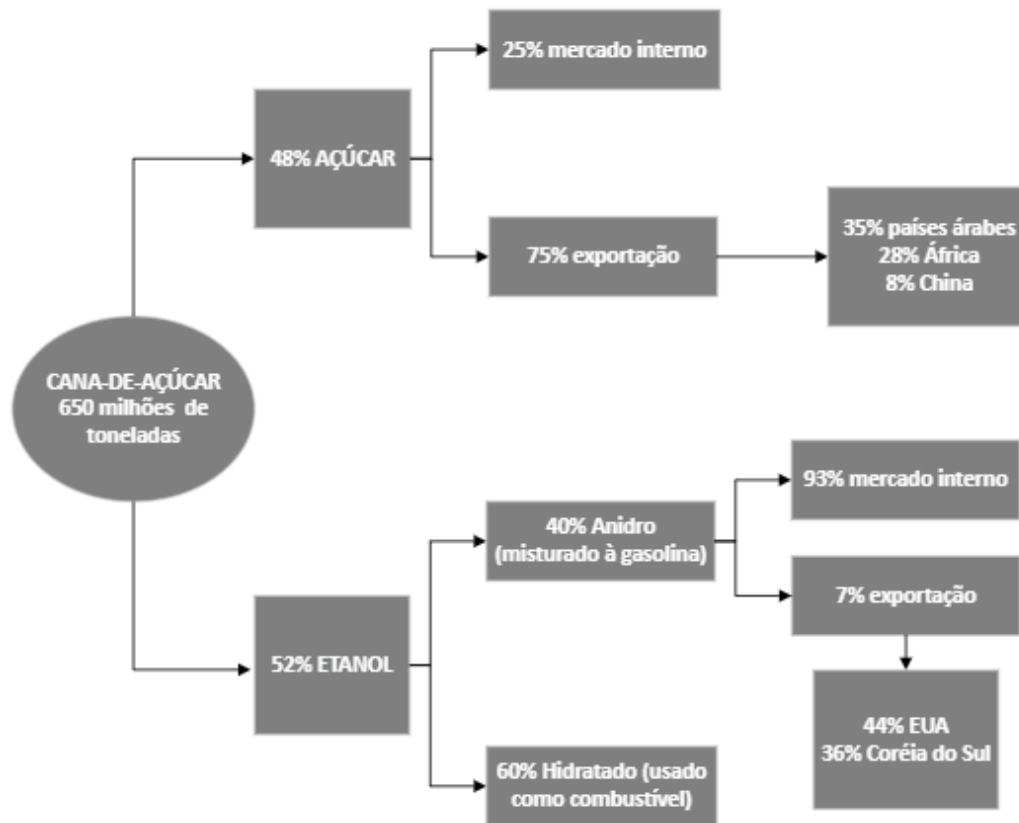
Figura 5 – Fluxograma produção açúcar e álcool



Fonte: Adaptado (ANTERO et al. 2019)

Segundo Conab (2017), além de produzir biocombustível (etanol) e açúcar, as indústrias sucroalcooleiras estão cada vez mais buscando tornar sua produção mais eficiente e sustentável, visando a redução dos custos de produção e a sustentabilidade dos processos. No cenário brasileiro, o setor sucroenergético é dividido entre a produção de açúcar e etanol, sendo 48% designado para a produção de açúcar e 52% à produção de etanol (DEPEC, 2019). A Figura 6 representa o fluxograma do mercado consumidor dos dois produtos derivados da cana, junto com seus respectivos mercados.

Figura 6 – Fluxograma do mercado consumidor da cana-de-açúcar e mercados de destinação



Fonte: Adaptado (CONAB, 2019; DEPEC 2019).

2.5 DMAIC na indústria sucroalcooleira

A ferramenta Seis Sigma é consolidada no mercado, e tem sido aplicada em indústrias e processos de diversos segmentos. Nessa seção destacaremos aplicações da ferramenta Seis Sigma no setor sucroalcooleiro.

O trabalho de da Silva (2017) foi estruturado a partir da apresentação de um resumo sobre as principais ferramentas da qualidade que estão contidos no contexto da sustentabilidade, além de aplicar o programa Seis Sigma na produção de açúcar de uma usina sucroalcooleira. Após analisar materiais de todas as etapas do processo produtivo do açúcar durante o período de trinta dias, foi possível perceber que houve uma melhora na produção e identificar etapas que precisavam de melhorias e controle dos resultados. Como consequências da aplicação do Seis Sigma no processo produtivo e organizacional da empresa, foi possível observar melhorias no desempenho das tarefas e dos colaboradores, gerando assim produtos com maior qualidade, que resultaram em lucros para a empresa e satisfação dos funcionários.

Junior et al. (2020) desenvolveram o trabalho utilizando ferramentas da qualidade e gestão de produção para identificar e analisar falhas causadas por um processo de uma máquina de

uma empresa do setor sucroenergético. A utilização do ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) e DMAIC teve a função de mapear e identificar em quais etapas do processo a máquina ficava ociosa, e a partir disso, foi possível estruturar um plano de melhoria a fim de balancear a linha de produção e melhorar o arranjo de layout operacional. Como resultado, houve uma redução da ociosidade da máquina, que impactou positivamente no faturamento da empresa estudada.

Morais e Vieira (2017) realizaram um estudo de caso em uma empresa sucroalcooleira do triângulo mineiro com o objetivo de avaliar o sistema de manutenção através do método DMAIC, com a finalidade de identificar oportunidades de melhoria. A fim de conhecer os problemas da manutenção, foi realizado um *Brainstorming* (etapa *Define*) juntamente com a aplicação de questionário a um grupo de cooperados da empresa (etapa *Measure*). Uma vez que os dados qualitativos foram tratados e geraram dados quantitativos para serem analisados através do gráfico de Pareto, foi possível identificar duas etapas com erros (etapa *Analyze*). Por fim, foi elaborado um plano de ação utilizando a ferramenta 5W1H com sugestões de ações corretivas para garantir a melhoria contínua do processo (etapa *Control*).

Fernandes (2017) utilizou o método DMAIC em uma usina sucroalcooleira com a finalidade de apresentar a estruturação da equipe de manutenção predial através do desenvolvimento de indicadores de desempenho. Primeiramente foram realizados *brainstormings* a fim de entender melhor o processo estudado e definir o escopo do estudo. Em seguida, foram feitos levantamentos através da ferramenta mapeamento de processos, para detalhar todas as etapas do processo. Posteriormente, foram realizadas análises com o objetivo de identificar quais pontos deveriam ser modificados para garantir a evolução do processo de manutenção predial. Após identificar que a taxa de manutenção corretiva correspondia a 95% das atividades, foi elaborado e proposto um plano de ação através da ferramenta 5W1H visando a melhoria do processo.

Diante do exposto, o presente trabalho usará a metodologia DMAIC apoiada em diversas ferramentas qualidade com o objetivo de encontrar os problemas que tornam a gestão da manutenção de aparelhos condicionadores de ar dos prédios administrativos de uma usina sucroalcooleira tão ineficiente, para a partir disso, propor melhorias para esse processo e solucionar os problemas nele existentes.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da pesquisa

Gonzales, et al (2018) diz que uma pesquisa pode ser classificada de diversas formas, ou seja, varia de acordo pela forma como é utilizada e aplicada no trabalho. As principais características de uma pesquisa são: natureza, problemática, objetivo e procedimentos.

A natureza do presente trabalho é uma pesquisa aplicada através de um estudo de caso, pois esse tipo de pesquisa foi feito através de estudos. Diante disso, é possível ter resultados que geram impactos na área estudada a partir da coleta, seleção e processamentos de dados e fatos (ARAÚJO et al. 2018).

A abordagem do problema será quantitativa, uma vez que faz referência a dimensões de intensidade, ou seja, o trabalho dimensiona, analisa e avalia a aplicabilidade de recursos e técnicas (RODRIGUES et al. 2021).

Segundo seu objetivo, a pesquisa será de característica exploratória, pelo fato deste tipo de objetivo explorar as causas dos problemas ocorrerem.

Quanto ao procedimento metodológico, é caracterizado como estudo de caso, pois é um estudo completo, que envolve a verificação de um problema a partir da coleta e análise de dados. Segundo Gonzales et al. (2018), esse tipo de procedimento constrói uma ferramenta de pesquisa que preserva as características holísticas e significativas do objeto analisado.

Quadro 1 – Ciclo DMAIC

D	M	A	I	C
Definir	Mensurar	Analisar	Melhorar	Controlar
Brainstorming	Brainstorming Mapeamento de Processos	Brainstorming 5 porquês Diagrama de Ishikawa Matriz de Priorização	Plano de Ação	PMOC Planilha de Controle de Estoque POP

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O Quadro 1 apresenta as etapas realizadas no estudo de caso através da utilização da ferramenta DMAIC. Na primeira etapa ocorreu a definição do problema através do brainstorming. Na segunda etapa ocorreu a coleta de dados relacionados aos problemas presentes na gestão da manutenção de aparelhos de ar-condicionado. Já na terceira etapa os dados foram analisados e as inconformidades dos processos foram evidenciadas. A quarta etapa consistiu em implementar as melhorias a partir dos levantamentos coletados nas três primeiras etapas. A última etapa consistiu em garantir a continuidade das melhorias propostas.

3.2 Técnicas de coleta de dados

A fim de coletar os dados necessários para desenvolvimento do estudo de caso, foram utilizadas técnicas e ferramentas do Seis Sigma, como o *brainstorming*, o mapeamento de processos e os 5 porquês. Além disso, tanto a usina quanto a empresa terceira, que executa a manutenção dos equipamentos, forneceram relatórios relacionados à gestão estudada.

O *brainstorming* e o mapeamento de processos foram realizados pela equipe do projeto em conjunto com a equipe de técnicos que são responsáveis pelos serviços de manutenção dos aparelhos de ar-condicionado da usina.

Após a identificação dos problemas e inconsistências, a equipe do projeto aplicou a ferramenta dos 5 porquês na lista de inconsistências levantadas, com a finalidade de identificar a causa raiz. Além disso, tanto a usina, quanto a empresa terceira, que realiza os serviços de manutenção dos aparelhos de ar condicionado, forneceram relatórios de manutenção à equipe com dados relevantes para a realização do projeto.

3.3 Técnicas de análise de dados

Para analisar os dados coletados, foram feitas comparações de caráter quantitativo usando as metodologias e ferramentas já descritas. Para isso, foram utilizados relatórios que a empresa terceira apresenta ao final de todo mês à equipe do projeto, onde são apresentadas as quantidades de manutenções realizadas nos prédios administrativos dos setores agrícola, indústria e administrativo. A partir desses relatórios foi possível comparar também os tipos de manutenções que foram executadas (corretivas e preventivas) em cada setor e suas quantidades.

3.4 Procedimentos metodológicos - Etapas

O estudo foi desenvolvido baseando-se nas etapas da metodologia DMAIC. A primeira etapa consistiu apenas na utilização do *brainstorming* para definir o problema da pesquisa. Na segunda etapa, a equipe desenhou o mapa do processo para realização das manutenções nos

equipamentos condicionadores de ar, além de realizar um novo *brainstorming* para levantar as inconsistências do processo. Na terceira etapa, a equipe utilizou a ferramenta 5 porquês com a finalidade de identificar os motivos que levavam as inconsistências do processo a acontecerem, para posteriormente montar o Diagrama de Ishikawa e encontrar a causa raiz do problema. Além disso, ainda na terceira etapa, a equipe utilizou a Matriz de Priorização para facilitar a montagem do plano de ação da próxima etapa. A penúltima fase consistiu em propor um plano de ação através da ferramenta 5W1H. A última fase do estudo consistiu no desenvolvimento e implementação do PMOC, criação de uma planilha de controle de estoque e criação de um Procedimento Operacional Padrão para atividades rotineiras, a fim de garantir a melhoria do processo.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização da empresa

O estudo foi realizado em uma usina produtora de açúcar, álcool e bioenergia, localizada no Triângulo Mineiro. A empresa é uma *joint venture*, ou seja, associação de duas empresas com o objetivo de realizar uma atividade econômica em comum, e atua no Brasil desde 2019. A capacidade instalada de produção da unidade estudada é de moer em torno de 2,5 milhões de toneladas de cana por ano, gerando emprego para mais de mil pessoas.

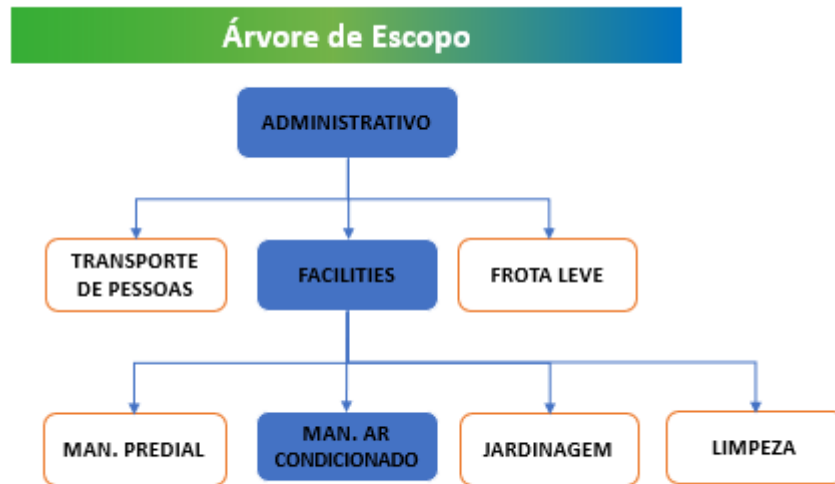
4.2 Mapeamento da realidade empresarial

A empresa estudada atua no setor sucroenergético, e busca cada vez mais assegurar que seus processos sejam sustentáveis, sem danos ao meio ambiente, e seguros para seus colaboradores. Além de seus processos operacionais, sejam eles agrícolas ou industriais, que pertencem aos setores que de fato geram lucro para a empresa, a organização conta com diversos outros setores e gestões que não estão diretamente ligados à operação, logo são considerados departamentos de apoio à operação.

O administrativo é um dos setores de apoio à operação, e visa garantir que as gestões que contemplam seu escopo sejam otimizadas e eficazes. As gestões que estão no escopo do departamento administrativo são: manutenção de aparelhos condicionadores de ar, manutenção predial, frota leve e transporte de pessoas. Apesar de seus processos não gerarem lucro diretamente para a empresa, o departamento deve assegurar que cada uma das gestões desempenhe suas atividades de maneira otimizada e com excelência, uma vez que são valores que pertencem à cultura organizacional, além de garantir que os gastos sejam controlados, a fim de evitar gastos excessivos com processos que não geram lucro para a organização.

Com o objetivo de otimizar um de seus processos, o departamento administrativo identificou que a gestão da manutenção dos aparelhos condicionadores de ar não estava sendo eficiente, e que havia diversas oportunidades de melhoria. A Figura 7 mostra a árvore de escopo do setor administrativo, e ilustra qual foi a gestão escolhida para ser otimizada.

Figura 7 – Árvore de Escopo setor Administrativo



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

O presente estudo de caso foi desenvolvido a partir de um projeto que foi estruturado utilizando do método DMAIC junto com ferramentas da qualidade para melhorar a gestão da manutenção de aparelhos condicionadores de ar na empresa.

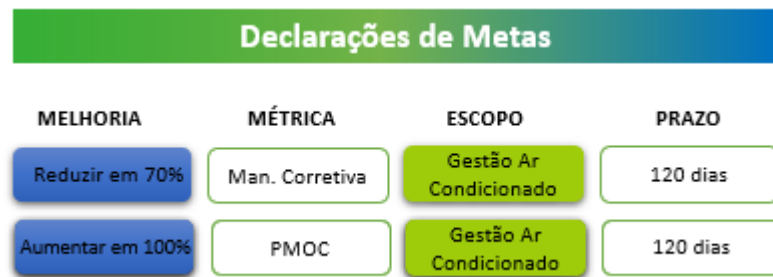
4.3 Aplicação do DMAIC

4.3.1 Etapa Definir

Nesta primeira etapa do projeto foi definido o problema que a gestão apresentava, juntamente com as metas a serem alcançadas para uma maior eficiência no gerenciamento das manutenções.

Através de um *brainstorming*, a equipe do projeto definiu o problema como sendo: “A ineficiência na gestão dos aparelhos de ar condicionado e a não aderência ao Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) impactam na grande quantidade de manutenções corretivas.”. A partir da definição do problema, foram estipuladas metas que deveriam ser alcançadas ao final do projeto. A Figura 8 mostra a declaração das metas a serem atingidas.

Figura 8 – Declaração de metas do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Com o auxílio de relatórios fornecidos pela usina e empresa terceirizada, que realiza as manutenções nos aparelhos de ar condicionado, foi verificado que no ano de 2021, 90% das manutenções realizadas eram corretivas. Essa excessiva quantidade de manutenções corretivas tornava essa gestão ineficiente, pois aumentava o *lead time* de execução das manutenções, além de impactar nos custos operacionais.

Quadro 2 – Manutenções realizadas pré-projeto

Manutenções Realizadas		
Corretivas	54	90%
Preventivas	6	10%
Total	60	100%

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

4.3.2 Etapa Mensurar

Na segunda etapa, o grupo do projeto reuniu-se para realizar um novo *brainstorming* com a finalidade de discutir os pontos levantados na etapa definir. Nesta fase do projeto, a ferramenta visual *Supplier-Input-Process-Output-Customer* (SIPOC) representada na Figura 9, foi desenvolvida para que a equipe obtivesse uma visão geral das principais etapas do processo.

Figura 9 – Matriz SIPOC

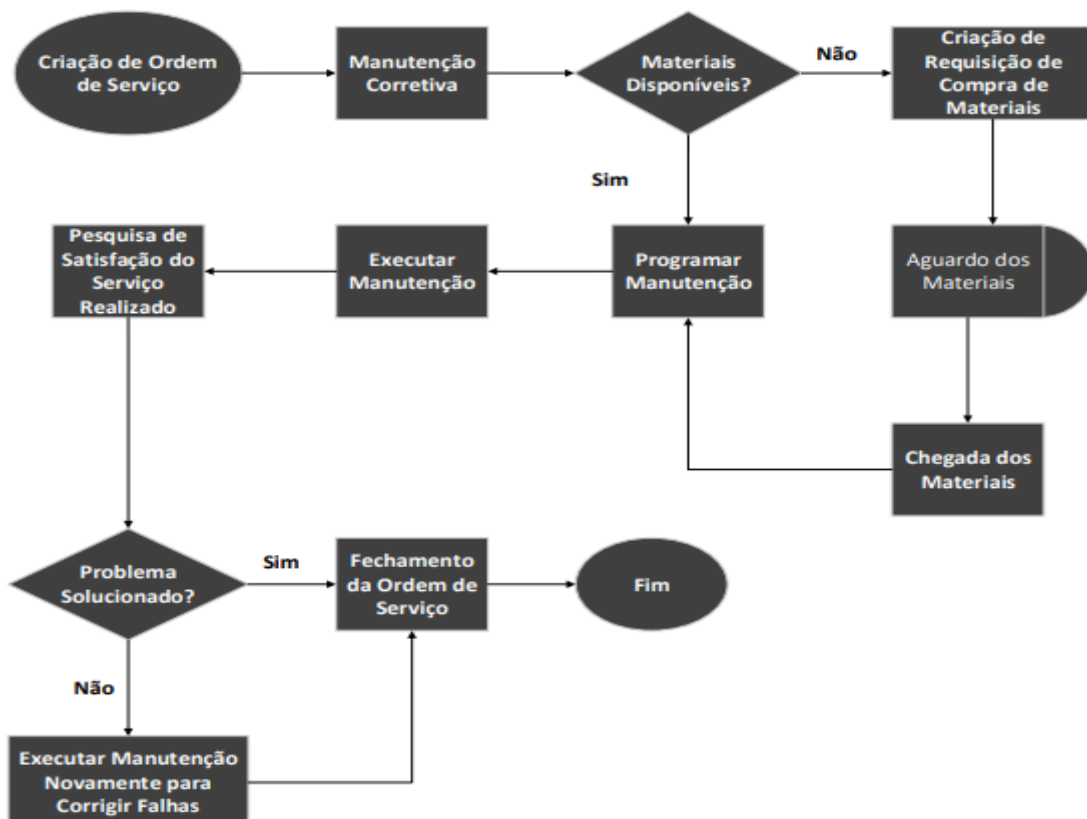
Fornecedores	Entradas	Processo	Saída	Cientes
S	I	P	O	C
Empresa Terceirizada	Solicitação de Serviço	Gestão Manutenção Ar Condicionado	Ordem de Serviço	Operações (IND/AGR/Man.Auto) G&A (Administrativo, Controladoria, Segurança do Trabalho)
	Demandas Preventivas		Manutenção Preventivas	
	Demandas Corretivas		Manutenção corretivas	
	Requisição de Compra Materiais de Ar		Pedidos de Compra (Itens na Planta)	

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A matriz SIPOC serviu para que a equipe obtivesse uma visão geral e clara sobre as principais etapas do processo estudado. Foi possível identificar o fornecedor, quais eram as entradas do processo, qual era o processo, quais eram as saídas do processo e quem eram os clientes finais.

Além da matriz SIPOC, foi realizado o fluxograma do processo para realização das manutenções de ar condicionado na usina, representado pela Figura 10. Para elaborar o fluxo de manutenção, o grupo trabalhou em conjunto com os técnicos que realizam os serviços, a fim de desenhar o fluxo de manutenções corretivas e preventivas corretamente.

Figura 10 – Fluxo de manutenção corretiva dos aparelhos de ar condicionado



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Diferentemente da manutenção corretiva, a manutenção preventiva não apresenta um fluxo definido. A periodicidade das manutenções preventivas dos aparelhos condicionadores de ar é dividida em mensal, bimestral, trimestral, semestral e anual, de acordo com a criticidade da área na qual o aparelho está instalado. Os equipamentos que estão instalados em áreas que são mais críticas, que não podem ficar sem o funcionamento correto da climatização, devem receber manutenções mensais, enquanto equipamentos em áreas pouco críticas podem ter suas manutenções realizadas anualmente.

Para finalizar a etapa Mensurar, os participantes do estudo reuniram-se novamente para realizar um novo *brainstorming* com o intuito de listar as inconsistências observadas no processo, e chegaram na seguinte lista:

- Alto número de manutenções corretivas;
- Ineficiência de manutenções preventivas;
- Número elevado de equipamentos com a vida útil comprometida;
- Demora para atendimento das solicitações de manutenção;
- Alto custo de manutenções;
- Demora para compra de materiais.

4.3.3 Etapa Analisar

A partir das inconsistências levantadas na etapa anterior, a equipe do projeto reuniu-se novamente para iniciar a terceira etapa do estudo. No primeiro momento, o grupo utilizou a ferramenta da qualidade “5 Porquês”, conforme o Quadro 3, a fim de compreender o porquê as inconsistências estavam ocorrendo, para posteriormente identificar a real causa raiz do problema.

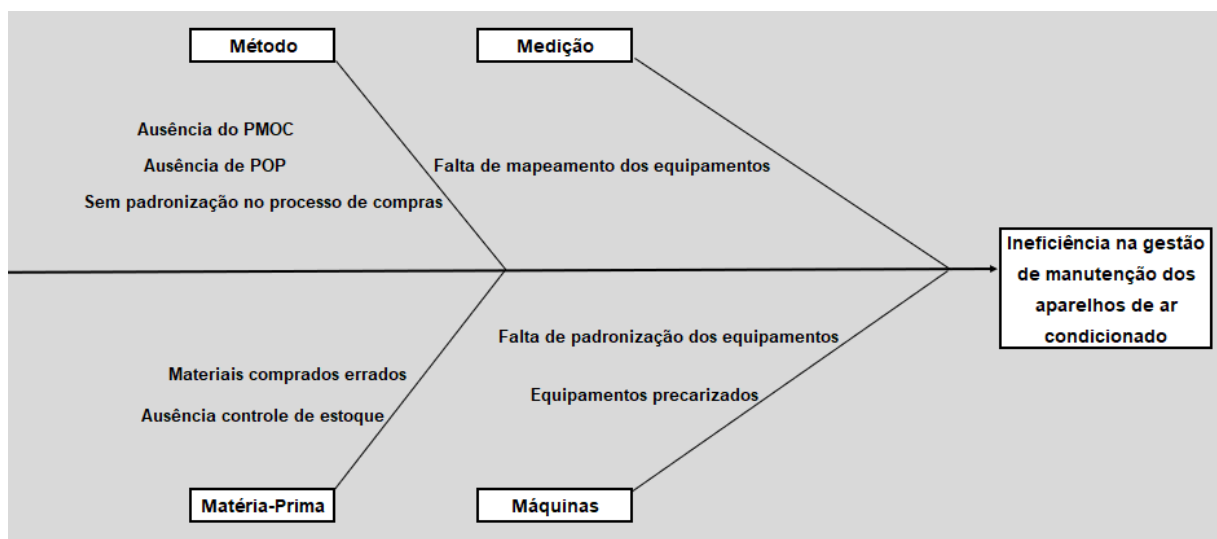
Quadro 3 – 5 Porquês

Tabela de Análise dos 5 Porquês					
Rodadas	1ª Rodada	2ª Rodada	3ª Rodada	4ª Rodada	5ª Rodada
DEMORA PARA ATENDIMENTO DAS SOLICITAÇÕES DE MANUTENÇÃO	EXCESSO DE CORRETIVAS	PORQUE NÃO EXISTE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA (PMOC)			
ALTO NÚMERO DE MANUTEÇÕES CORRETIVAS	ALTO NÚMERO DE EQUIPAMENTOS PRECARIZADOS	FALTA CONTROLE DE VIDA ÚTIL DOS EQUIPAMENTOS	PORQUE NÃO EXISTE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA (PMOC)		
DEMORA PARA COMPRA DE MATERIAIS	ALTO NÚMERO DE REQUISIÇÕES DE COMPRA	ALTA DEMANDA DE MATERIAIS CORRETIVOS	EQUIPAMENTOS PRECARIZADOS	PORQUE NÃO EXISTE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA (PMOC)	
INEFICIÊNCIA DE MANUTENÇÕES PREVENTIVAS	PORQUE NÃO EXISTE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA (PMOC)				
ALTO NÚMERO DE EQUIPAMENTOS COM VIDA ÚTIL COMPROMETIDA	EXCESSO DE CORRETIVAS	PORQUE NÃO EXISTE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA (PMOC)			
ALTO CUSTO DE MANUTENÇÕES	ALTO NÚMERO DE EQUIPAMENTOS COM VIDA ÚTIL COMPROMETIDA	EXCESSO DE CORRETIVAS	PORQUE NÃO EXISTE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA (PMOC)		

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Em seguida, foram analisados os motivos que levavam as inconsistências a ocorrer, e após essas análises, com o intuito de identificar as causas que impactavam negativamente no processo de manutenção dos aparelhos condicionadores de ar da usina, a equipe elaborou o diagrama de Ishikawa ilustrado pela Figura 11, que possibilitou identificar as causas raízes que tornavam a gestão da manutenção dos aparelhos de ar condicionado ineficiente.

Figura 11 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A partir do diagrama de causa e efeito, foi possível verificar problemas que aconteciam relacionados ao método, medição, matéria-prima e máquinas relacionado às manutenções de ar condicionado dos prédios administrativos da usina, e com isso, percebeu-se que essas causas levavam à ineficiência na gestão da manutenção dos aparelhos.

Para finalizar a terceira etapa e prosseguir no projeto, a equipe trabalhou em conjunto com os técnicos especialistas em manutenções de ar condicionado a fim de montar a Matriz de Priorização, apresentada na Figura 12, para definir quais atividades seriam classificadas como atividades de baixo ou alto impacto e difícil ou fácil implementação. Essa matriz serviu como ferramenta essencial para que a equipe desenvolvesse o plano de ação na quarta etapa do projeto.

Figura 12 – Matriz de Priorização das atividades

Alto Impacto	Troca de Equipamentos Precarizados Padronização dos Equipamentos	Desenvolvimento do PMOC Planilha Controle de Estoque Criação de POP
		Mapeamento dos Equipamentos
Baixo Impacto		
	Difícil Implementação	Fácil Implementação

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A equipe do projeto juntamente com os técnicos de manutenção optou por montar um plano de ação apenas com as atividades que foram classificadas como de fácil implementação e alto impacto. Sendo assim, as atividades escolhidas para serem implementadas no plano de ação foram: desenvolvimento do PMOC, criação de uma planilha de controle de estoque, e criação de um POP para atividades rotineiras.

4.3.4 Etapa Melhorar

Nesta quarta fase do projeto, a equipe montou e implementou o plano de ação com o intuito de solucionar as causas raízes que tornavam a gestão estudada ineficiente. Para desenvolver o plano de ação, a equipe utilizou a ferramenta 5W1H baseada nas atividades que foram

classificadas como atividades de fácil implementação e alto impacto. O Quadro 4 representa o plano de ação que foi desenvolvido pela equipe.

Quadro 4 - Plano de Ação

O que (What)?	Quem (Who)	Quando (When)	Onde (Where)	Por que (Why)	Como (How)
Desenvolvimento do PMOC	Técnicos de manutenção e equipe do projeto	01/04/2022	Sala de reunião do prédio Administrativo	Garantir que a usina esteja nos conformes da lei, e para reduzir a quantidade de manutenções corretivas	Através da relação dos ambientes climatizados dos prédios administrativos de cada setor da usina
Planilha de Controle de Estoque	Equipe do projeto	04/03/2022	Sala do departamento Administrativo	Ter controle dos materiais disponíveis para que o tempo de execução planejado das manutenções não seja impactado	Desenvolvendo uma planilha intuitiva no software Excel para controle dos materiais necessários para realização das manutenções
Criação de POP	Equipe do projeto e técnico em segurança do trabalho	14/03/2022	Sala do departamento Segurança do trabalho	Para que não seja necessário solicitante e aprovador de documentações para iniciar manutenções rotineiras	Treinamento de membros do projeto para criação de POP e aprovação pelo setor da segurança do trabalho

Fonte: Elaborado pelo autor.

O plano de ação serviu para dividir as atividades que deveriam ser executadas para garantir a melhoria contínua do processo. Nele foram atribuídas responsabilidades sobre o que deveria ser feito, quem deveria realizar as ações, quando essas atividades deveriam ser concluídas, onde seriam desenvolvidas, o porquê as ações deveriam ser feitas e como deveriam ser executadas.

4.3.5 Etapa Controlar

Após a execução do plano de ação na etapa anterior, o projeto seguiu para a quinta e última fase. Nesta etapa, a equipe do projeto monitorou o desempenho e os resultados alcançados a partir da implementação do plano de ação.

O Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) foi desenvolvido pela empresa terceirizada com o auxílio da equipe do projeto em algumas atividades e informações. Após começar a seguir com o PMOC, os técnicos passaram a fornecer relatórios mensais para que a equipe do projeto verificasse a aderência ao PMOC, assegurando que os aparelhos condicionadores de ar que estavam planejados para terem suas manutenções realizadas em determinado mês passavam de fato pela rotina de manutenção.

Para garantir que o controle de estoque fosse eficaz, a equipe escolheu apenas um membro para fazer o monitoramento da planilha de controle de estoque junto aos técnicos das manutenções de forma semanal. Com esse controle de estoque foi possível assegurar que os

materiais essenciais para realização das manutenções não faltassem, garantindo que as manutenções fossem executadas dentro do *lead time* programado.

A criação do Procedimento Operacional Padrão (POP) para atividades rotineiras foi desenvolvida pela equipe do projeto com o auxílio de um técnico em segurança do trabalho da própria usina. Este POP teve papel fundamental para que as manutenções rotineiras não precisassem de solicitantes e aprovadores de documentações para permissão de trabalho, algo que impactava diretamente no tempo que os técnicos de manutenções iniciassem os serviços.

4.4 Resultados e Discussões

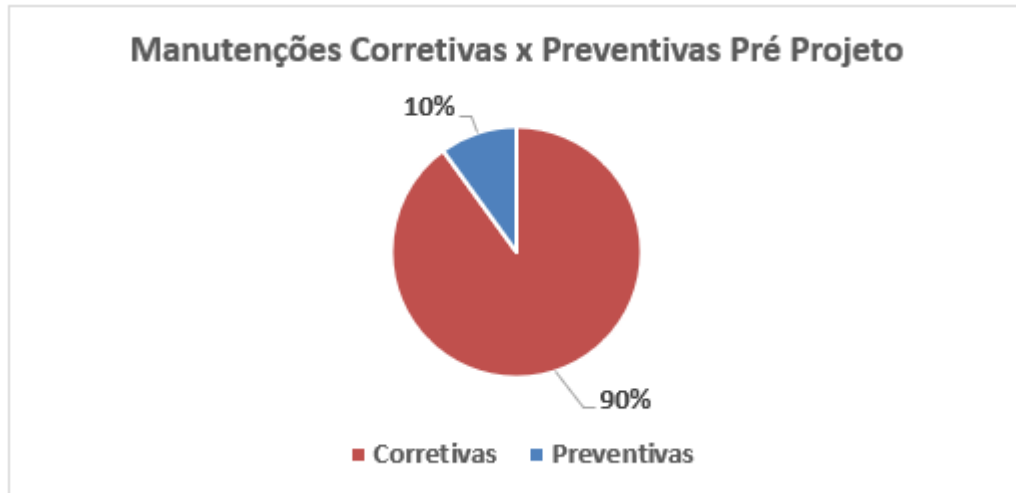
Um dos desafios de se avaliar com qualidade os resultados de um trabalho está associado à identificação, construção e qualificação de parâmetros. Quando se trata de parâmetros quantitativos, expressos através de números, a tarefa é um pouco mais clara, mas também desafiadora. Em outro aspecto, quando se trata de parâmetros qualitativos o desafio é ainda maior, dado que isso pode levar a conclusões equivocadas.

Nesse trabalho, como parâmetro de comparar os resultados do processo de melhoria contínua DMAIC aplicados no processo de manutenção dos aparelhos de ar condicionado, foi comparado então a aderência ao PMOC, as quantidades de manutenções corretivas e preventivas e o *lead time* para execução dos serviços antes e depois da aplicação do método.

Antes do projeto ser realizado não existia o Plano de Manutenção Operação e Controle (PMOC), e, portanto, a aderência ao mesmo correspondia a 0%. Uma vez que o projeto foi desenvolvido, e percebeu-se que havia a necessidade de implementar o PMOC, a aderência ao mesmo passou a ser de cem por cento, uma vez que todas as ações propostas foram executadas.

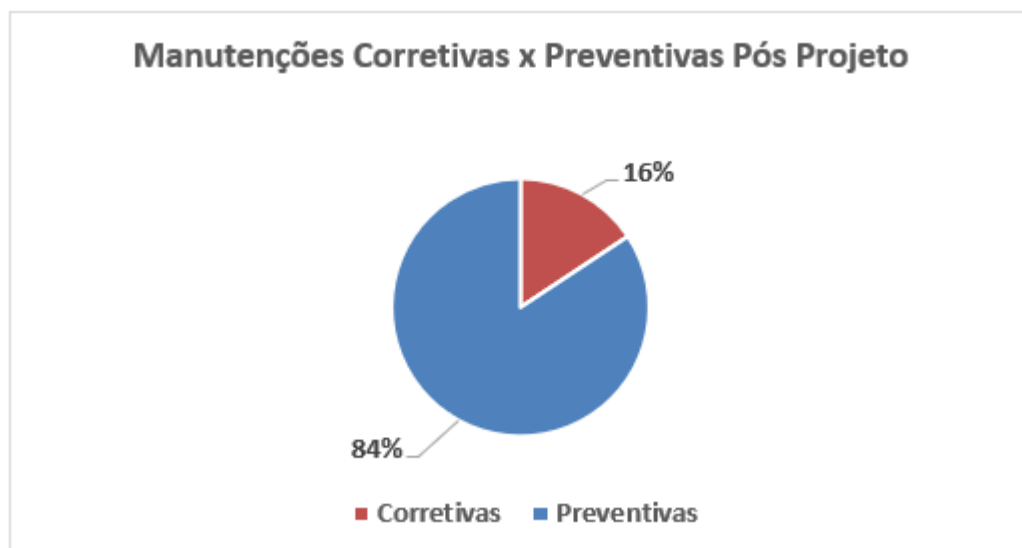
Conforme mencionado anteriormente neste trabalho, o elevado número de manutenções corretivas realizadas nos aparelhos de ar condicionado era um dos principais motivos que tornavam a gestão desse processo ineficiente. Uma vez que o projeto foi finalizado, ao fazer comparações quantitativas entre o número de manutenções corretivas e preventivas pode-se verificar se a meta estipulada na etapa Definir foi alcançada. As Figuras 13 e 14 mostram comparativos das quantidades de manutenções corretivas e preventivas executadas antes e após o projeto.

Figura 13 – Comparativo das manutenções corretivas e preventivas antes do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14 – Comparativo das manutenções corretivas e preventivas após o projeto



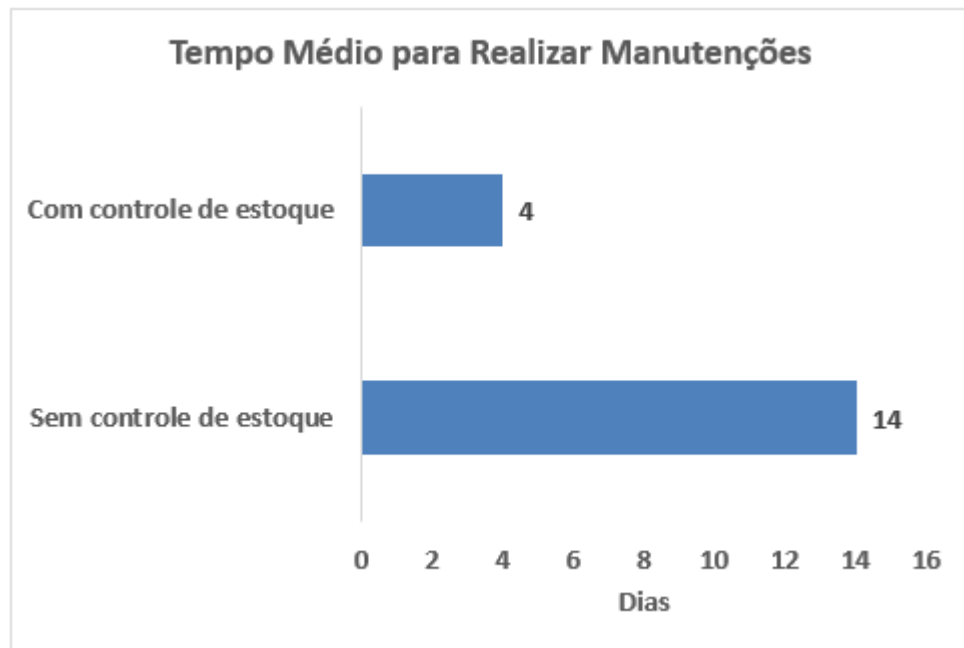
Fonte: Elaborado pelo autor.

Além disso, ao final do projeto a equipe verificou que a partir de um controle de estoque eficiente dos materiais para realização das manutenções, foi possível constatar que além de diminuir o risco de impacto no *lead time* de execução das manutenções devido à falta de materiais, houve também uma redução desse *lead time*. Isso ocorreu pelo fato de que a equipe passou a antecipar as compras desses materiais quando eles chegavam no seu nível de estoque mínimo.

É importante ressaltar que o *lead time* estudado nesse caso é a soma do tempo que os materiais demoram para chegar na usina com o tempo de execução das manutenções. Sem o

controle de estoque a compra era realizada apenas quando o material acabava, o que impactava no *lead time*, pois os materiais demoram uma média de dez dias para darem entrada no almoxarifado da usina. Já com o controle de estoque, os materiais continuam demorando os mesmos dez dias para entrarem no almoxarifado, com a diferença que esses materiais não acabam, ou seja, sempre há materiais disponíveis para realizar as manutenções. A Figura 15 ilustra a redução do *lead time* de realização das manutenções.

Figura 15 – Comparação do *lead time* de realização das manutenções antes e depois do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os parâmetros *lead time* de execução da manutenção, número de manutenções corretivas e preventivas, e aderência ao PMOC foram as métricas usadas para avaliar os efeitos da metodologia DMAIC aplicada nesse estudo de caso, mostrando melhora em todos os indicadores avaliados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho utilizou a ferramenta DMAIC com a finalidade de aumentar a eficiência da gestão da manutenção de aparelhos condicionadores de ar de uma usina sucroalcooleira. Para alcançar esse objetivo, foi necessário compreender o processo como um todo, bem como fazer o levantamento de suas inconsistências, para posteriormente implementar ações a fim de otimizar a gestão e garantir a melhoria contínua do processo.

Ao longo do projeto, foi constatado que 90% das manutenções eram corretivas, principalmente porque o PMOC não estava implementado, que impactava negativamente na gestão. Como principal ação para tornar a gestão eficiente, o PMOC foi desenvolvido a partir do trabalho em grupo da equipe do projeto e os técnicos da empresa que executa os serviços de manutenção dos aparelhos. Após a implementação do PMOC e aderência ao mesmo, foi observado que as manutenções corretivas diminuíram de 90% para 16% no primeiro mês, garantindo que as metas fossem atingidas.

Apesar de não gerar lucro diretamente para a empresa, a gestão da manutenção de aparelhos de ar condicionado movimentou o caixa da usina devido ao elevado número de manutenções que esses aparelhos necessitam. Ao fim do projeto, foi possível comparar a quantidade de manutenções corretivas e preventivas que eram realizadas antes e depois do projeto, e a partir disso, concluiu-se que o trabalho trouxe benefícios à empresa, uma vez que reduziu a quantidade de manutenções corretivas e aumentou a quantidade de preventivas, diminuindo os gastos da empresa com as manutenções nos aparelhos condicionadores de ar.

Devido à grande extensão da empresa, são utilizados diversos tipos de aparelhos para refrigeração do ar, além de aparelhos do tipo “split”, que foram os equipamentos estudados para a realização do trabalho, existem ainda os aparelhos que fazem a climatização do ar de forma adiabática, e que não foram estudados para desenvolvimento projeto, sendo assim o trabalho ficou limitado apenas aos aparelhos split.

A princípio, quando o projeto foi estruturado, uma de suas metas era medir e reduzir os custos operacionais. A redução dos custos e gastos foram evidenciados devido ao aumento das manutenções preventivas e diminuição das manutenções corretivas, porém a equipe não mediu o valor monetário dos gastos devido ao curto prazo de tempo de projeto.

Para realização de trabalhos futuros, é importante ressaltar a importância da medição da redução dos gastos quanto ao valor em moeda corrente. Sendo assim, é interessante que um novo projeto utilizando o método DMAIC seja desenvolvido para com o intuito de realizar essas medições e gerar indicadores que servirão como dados para a empresa e gestores.

REFERÊNCIAS

ANTERO, R.; SILVA, D.; BRUM, S.; VALE, A. **Balço energético da produção de etanol da partir da cana-de-açúcar e aspectos da produção brasileira atual.** Journal of Biotechnology and Biodiversity, 2019.

ANTONOVICZ, D. **Inventário e PMOC – Plano de Manutenção Operação e Controle – Nos condicionadores de ar do Câmpus Medianeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.** Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Manutenção Industrial). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, 2013.

ARAUJO, RENAN BRUNASSI. **Identificação de oportunidades de melhorias a partir da aplicação do mapeamento de fluxo de valor em uma empresa do setor de instalação e reparação automotiva para veículos pesados.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, 2021.

ARRUDA, A.; SANTOS, E.; MELO, L. **Análise da Gestão da Qualidade em Uma Indústria de Alimentos: enfoque nos princípios em Caruaru – PE: Estudo Sobre a Utilização das Ferramentas da Qualidade.** Enegep, 2016.

BARNES, C. **Qualitative research: valuable or irrelevant?** Disability, Handicap and Society, 7, 1992.

CABRAL, A.; DUARTE, C.; ADRIANO, J.; ADRIANO, J.; SILVA, T. **Proposta de aplicação da metodologia DMAIC e pensamentos sistêmicos para melhoria contínua em uma empresa de envase de água mineral do interior do Goiás: um estudo de caso.** GETEC, 2018.

CANÇADO, T.; CANÇADO, F.; TORRES, M. **Lean Seis Sigma e anestesia.** Revista Brasileira de Anestesiologia, 2019.

CARPINETTI, L.C.R., **Gestão da Qualidade – Conceitos e Técnicas.** São Paulo, Atlas, 2010.

CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. **Gestão da Qualidade: conceitos e técnicas.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 2016.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: Teoria e Casos.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

CARVALHO, M.; SOARES, F. **Qualidade do ar em ambientes internos: aplicação da “Lei do PMOC” em evidência mediante a um levantamento em prestadoras de serviços em Minas Gerais.** Research, Society and Development, 2022.

COELHO, S.; GOLDEMBERG, J.; LUCON, O.; GUARDABASSI, P. **Brazilian sugarcane ethanol: lessons learned.** Energy for Sustainable Development, v. 10, n. 2, p. 26–39, 2006. CONAB e DEPEC. Dezembro 2019. Disponível em <https://economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_agricultura.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2022.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de açúcar - Safra 2017/18**. 2. ed. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2017.

CRIVELLARO, F.; VITORIANO, M. **Mapeamento de processos como ferramenta para gestão de documentos**. Em *Questão*, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2022.

ENDLER, K.; BOURSCHEIDT, L.; SCARPIN, C.; STEINER, M.; GARBUIO, P. **Lean Seis Sigma: uma contribuição bibliométrica dos últimos 15 anos**. *Revista Produção Online*, Florianópolis, Santa Catarina, 2016.

FERNANDES, F. **Desenvolvimento de indicadores de desempenho para a gestão da manutenção predial: estudo de caso em uma usina sucroalcooleira**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, Minas Gerais, 2017.

GONZALES, K.G.; NEVES, T.G.; SANTOS, C.M. **Abordagens metodológicas de pesquisa: algumas notas**. *Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas*, v. 19, n. 2, p. 217-226, 2018. Disponível em: <<https://revistaensinoeducacao.pgsskroton.com.br/article/view/6025>>. Acesso em: 16 agos. 2022.

GRIGOLETO, M. **Estudo de necessidades para implantação do PMOC – Plano de Manutenção Operação e Controle – nos condicionadores de ar do prédio da incubadora de inovações tecnológicas do Câmpus Medianeira da Universidade Tecnológica do Paraná**. Monografia de Especialização. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, 2018.

JUNIOR, M.; LIMA, L.; STOCO, W. **Busca de melhoria contínua em processo produtivo: aplicações das ferramentas de gestão da qualidade**. *Brazilian Journal of Development*, 2020.

LIMA, S.; OLIVEIRA, J.; SILVA, R.; ROSA, J.; RIBEIRO, M. **Ferramentas da qualidade aplicadas à conferência do carro de emergência: pesquisa de métodos mistos**. Escola Anna Nery, 2020.

LIMA, U. A.; BASSO, L. C.; AMORIN, H. V. Produção de etanol, In: LIMA, U. A. LIMA, U. A. et al. **Biotecnologia Industrial: Processos fermentativos e enzimáticos**. São Paulo: Edgard Blücher LTDA, 2001. v. 3, p. 1-43.

LIN, C.; CHEN, F.; WAN, H.; CHEN, Y.; KURIGER, G. **Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology**. *Robotics and Computers - Integrated Manufacturing*, v.29, p. 93-103, 2013.

MACHADO, S. S. **Gestão da qualidade**. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

MATTAR, F.N. **Pesquisa de marketing: metodologia, planejamento**. 6. ed. São Paulo, 2015.

MILANEZ, A.; SOUZA, J.; MANCUSO, R. **Panoramas setoriais 2030: sucroenergético.** Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, Rio de Janeiro, 2017.

MONREAL, D., ZANZINI, J., LINO, J. SILVA, T. **Estratégias ambientais no setor sucroenergético: as ações sustentáveis como medidas para melhoria do desempenho – estudo de caso.** Engema, 2015.

MORAIS, D.; VIEIRA, G. **Mapeamento de processos na gestão da manutenção: um estudo de caso.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, Minas Gerais, 2017.

RODRIGUES, T.; DE OLIVEIRA, G.; DOS SANTOS, J. **As pesquisas qualitativas e quantitativas na educação.** Revista Prisma, Rio de Janeiro, 2021.

SANTOS, A. B. **Modelo de referência para estruturar o programa de qualidade Seis Sigma: proposta e avaliação.** Tese (Doutorado). UFSCAR, 2006.

SILVA, G. **Aplicação das ferramentas de qualidade na produção do açúcar.** Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Produção Sucroalcooleira). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba, 2017.

SLACK, N. et al. **Administração da produção.** São Paulo. Atlas, 2002.

VINTE, L.; DE OLIVEIRA, T.; REIS, R. **Estudo sobre a aplicabilidade da metodologia DMAIC no setor de protótipos de uma empresa automobilística.** Percorso Acadêmico Belo Horizonte, v. 10, n. 20, 2020.

WERKEMA, Cristina. **Criando a Cultura Lean Seis Sigma.** 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WERKEMA, Cristina. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas.** 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2012.