



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
COLEGIADO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DOS
DESPERDÍCIOS EM UMA INDÚSTRIA DE GESSO LOCALIZADA
EM TRINDADE-PE**

CIRO HENRIQUE DE ARAÚJO FERNANDES

Juazeiro-BA
2018

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

CIRO HENRIQUE DE ARAÚJO FERNANDES

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DOS
DESPERDÍCIOS EM UMA INDÚSTRIA DE GESSO LOCALIZADA
EM TRINDADE-PE**

Trabalho Final de Curso
apresentado ao Colegiado de
Engenharia de Produção, da
Universidade Federal do Vale
do São Francisco – UNIVASF,
como requisito para a obtenção
do título de Bacharel em
Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Ana
Cristina Gonçalves Castro Silva.

Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a.
Andréa de Vasconcelos Ferraz.

Juazeiro-BA
2018

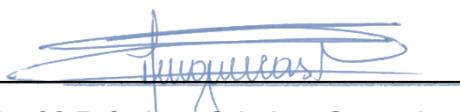
UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FOLHA DE APROVAÇÃO

CIRO HENRIQUE DE ARAÚJO FERNANDES

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DOS
DESPERDÍCIOS EM UMA INDÚSTRIA DE GESSO LOCALIZADA
EM TRINDADE-PE**

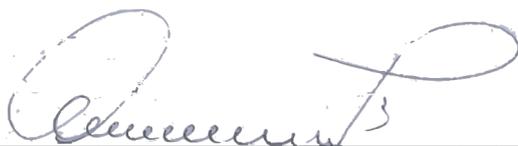
Trabalho Final de Curso apresentado como requisito para obtenção de título de Bacharel em Engenharia de Produção, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.



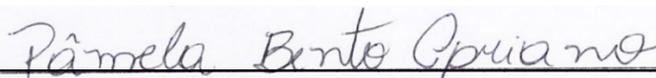
Orientadora: Prof.^a Dr.^a. Ana Cristina Gonçalves Castro Silva



Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a. Andréa de Vasconcelos Ferraz



Avaliador Interno: Prof. Dr. Antônio Pires Crisóstomo



Avaliadora externa: Pâmela Bento Cipriano

Aprovado pelo Colegiado de Engenharia de Produção em __/__/__.

Fernandes, Ciro Henrique de Araújo.
F363a Aplicação da metodologia DMAIC para redução dos desperdícios em uma indústria de gesso localizada em Trindade-PE / Ciro Henrique de Araújo Fernandes. – Juazeiro, 2018.
 XVI, 104 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, Juazeiro - BA, 2018.
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Ana Cristina Gonçalves Castro Silva.

Referências.

1. Gesso - Produção. 2. Gestão da Qualidade. I. Título. II. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 693.6

*Mas aqueles que contam com o Senhor
renovam suas forças; ele dá-lhes asas
de águia. Correm sem se cansar, vão
para a frente sem se fatigar.*

(Isaías 40, 31)

AGRADECIMENTOS

A Deus, que por diversas vezes me provou que existiam outras saídas e mostrou caminhos para aquilo que eu acreditava que não tinha mais solução. Que sempre me deu forças, colocando as pessoas certas, em momentos certos na minha vida e iluminando meu caminho para mais uma realização.

Agradeço à empresa do estudo de caso, por disponibilizar espaço e informações para o trabalho, em especial à Romana e ao Diretor Rinaldo que prestaram toda assistência e se dedicaram à este trabalho como se fosse deles.

A minha dedicada mãe Elizabete Araújo, por todo esforço dedicado à mim, toda sabedoria, amor, paciência, compreensão e carinho transmitido. Sempre me ajudou a seguir em frente e me colocou em primeiro lugar em todos os momentos. A toda minha família, avós, tios, primos por apostarem e acreditarem em mim. Em especial à minha madrinha Ana Patricia, minha tia Elaine e minha vó Enoi, pessoas que sempre me apoiaram e para quem sou um orgulho.

As grandes amigas que esses anos de faculdade me proporcionaram ter e viver momentos incríveis. Momentos de felicidade, tristeza, diversão, companheirismo, de desespero e de muito estudo. Cito em especial Pedro, Leiziane, Naiane e Felipe que desde o início estiveram juntos à mim e cada um sabe o valor e carinho especial que tenho por cada um deles. Considero também meus colegas Abel, Maycklla, Ranielle e Pollyana pelos momentos de estudo e de muitas risadas juntos.

Minhas orientadoras Ana Castro e Andrea Ferraz, duas mulheres que muito admiro pela inteligência e moral. Muito obrigado por toda paciência, confiança e aprendizado transmitido. A todos os docentes do curso de Engenharia de Produção, em especial Francisco Alves, Ângelo Leite e Kamilla Brito por todos os ensinamentos compartilhados e por conseguirem me fazer um engenheiro formado e capaz de mudar o mundo. Obrigado a todos!

FERNANDES, C. H. A. Aplicação da metodologia DMAIC para redução dos desperdícios em uma indústria de gesso localizada em Trindade-PE. Trabalho Final de Curso. Juazeiro (BA). Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2018.

RESUMO

A necessidade de uma produção eficiente, com qualidade, monitorada e com indicadores é uma realidade em todos os setores. A produção de gesso tem uma grande representatividade no estado de Pernambuco e as empresas desse polo necessitam de instrumentos e ferramentas da Engenharia de Produção que auxiliem na produção, e na diminuição dos desperdícios. A metodologia DMAIC é uma forte aliada para melhoria da qualidade tanto na produção quanto no produto. No sentido de melhorar a qualidade do produto da empresa e diminuir os desperdícios na produção, este trabalho propôs sugerir ações em uma empresa produtora de gesso localizada na cidade de Trindade-PE. Através da metodologia DMAIC, e suas ferramentas da qualidade, buscou-se encontrar causas raízes para os principais problemas que afetam a produção de gesso e levam aos desperdícios. Na etapa Definir, foi definida a proposta do trabalho, seus objetivos de estudo, a construção do diagrama SIPOC e a análise aprofundada dos clientes e suas necessidades. Na etapa Medir, foram analisadas as relações entre desperdícios e a produção e constatou-se a representatividade dos desperdícios de acordo com a produção variam entre 0,64% e 0,95% no período de 3 meses estudado. Com base nessa estimativa e considerando os preços de venda do gesso de limpeza e do de revestimento, foi realizado um breve estudo financeiro referente ao faturamento da produção para este período e uma estimativa de faturamento com a redução dos desperdícios em 50%. Foi constatado que das 47,06 toneladas de rejeito, 23,53 (50%) fossem vendidas como gesso de revestimento por R\$ 236,50 a tonelada, elas trariam um aumento de pelo menos R\$ 5.564,85 no faturamento de gesso de revestimento em um período de 3 meses. Na etapa Analisar, foram realizadas entrevistas com os colaboradores, diretores e gestores da empresa para criação dos gráficos de *ISHIKAWA* com o objetivo de levantar as possíveis causas que levam ao desperdício na produção. Construiu-se matrizes de Causa & Efeito para avaliação das causas potenciais e, em seguida a análise de causa raiz, para as 07 causas destacadas no ranking resultante. Foram elaborados planos de ação - 5W1H, onde foram propostas diversas medidas para melhorar o ambiente de trabalho e diminuir os desperdícios no setor produtivo. As causas organizacionais foram as que apresentaram maior correlação, o que leva a entender que as causas organizacionais em ordem de prioridade, devem ser as primeiras a serem combatidas, pois pode ser a fonte de todas as outras causas.

Palavras chaves: Produção de Gesso, Calcinação, Metodologia DMAIC e Qualidade.

FERNANDES, C. H. A. Application of the DMAIC methodology for waste reduction in a gypsum Trindade-PE. Trabalho Final de Curso. Juazeiro (BA). Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2018.

ABSTRACT

The need for efficient, quality, monitored and indicator production is a reality in every industry. The production of gypsum is highly representative in the state of Pernambuco and the companies of this polo need instruments and tools of the Production Engineering that assist in the production and the reduction of waste. The DMAIC methodology is a strong ally to improve quality both in production and in product. In order to improve the quality of the company's product and reduce waste in production, this paper proposes to suggest actions in a plaster-producing company located in the city of Trindade-PE. Through the DMAIC methodology, and its quality tools, we sought to find root causes for the main problems that affect the production of gypsum and lead to waste. In the Define stage, the work proposal, its study objectives, the construction of the SIPOC diagram and the in-depth analysis of the clients and their needs were defined. In the Measure step, the relationships between waste and production were analyzed and the representativity of waste according to the production varied between 0.64% and 0.95% in the period of 3 months studied. Based on this estimate and considering the sales prices of the gypsum and the coating, a brief financial study was carried out regarding the billing of production for this period and an estimate of billing with the reduction of waste by 50%. It was found that of the 47.06 tons of waste, 23.53 (50%) were sold as a casting plaster for R \$ 236.50 per ton, they would bring an increase of at least R \$ 5,564.85 in gypsum coating. At the Analyze stage, interviews were conducted with employees, directors and managers of the company to create the ISHIKAWA charts with the objective of raising the possible causes that lead to waste in production. Cause & Effect matrices were constructed to evaluate the potential causes and then the root cause analysis for the seven causes highlighted in the resulting ranking. Action plans were drawn up - 5W1H, where various measures were proposed to improve the working environment and reduce waste in the productive sector. Organizational causes were those that presented the highest correlation, which leads to the understanding that organizational causes in order of priority should be the first to be addressed, since it can be the source of all other causes.

Keywords: Plaster Production, Calcination, DMAIC Methodology and Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Composição química média da gipsita	24
Figura 2 - Porcentagem de produtos dentro das especificações	30
Figura 3 - Diferença entre 2 e 3 sigma e 6 sigma	32
Figura 4 - Modelo de Carta do Projeto	40
Figura 5 - Representação do Diagrama de Ishikawa.....	41
Figura 6 - Pontos importantes sobre a determinação das raízes	45
Figura 7 - Fluxograma das fases da pesquisa.....	51
Figura 8 - Organograma da empresa.....	54
Figura 9 - Organograma do setor de produção	55
Figura 10 - Caminhão descarregando gipsita na tremonha	56
Figura 11 - Forno rotativo à lenha (Barriga quente).....	57
Figura 12 - Mapa SIPOC do processo produtivo do gesso	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Os 6 Ms para representação das causas do diagrama de causa e efeito.	42
Quadro 2 - Carta do Projeto	59
Quadro 3 - Equipe de trabalho	61
Quadro 4 - Plano de Ação 01.....	72
Quadro 5 - Plano de Ação 02.....	73
Quadro 6 - Plano de Ação 03.....	74
Quadro 7 - Plano de Ação 04.....	77
Quadro 8 - Plano de Ação 05.....	80
Quadro 9 - Plano de Ação 06.....	81
Quadro 10 - Plano de Ação 07.....	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tradução do nível da qualidade para a linguagem financeira...	31
Tabela 2 - Percentual comparativo da produção com o gesso de limpeza	66
Tabela 3 - Preço de venda dos gessos de revestimento e limpeza	67
Tabela 4 - Faturamento com produção e gesso de limpeza no trimestre ..	67
Tabela 5 - Estimativa de faturamento com redução de 50% dos desperdícios	68
Tabela 6 - Processos com desperdício e o número de causas.....	69
Tabela 7 - Grau de correlação	70
Tabela 8 - Causas com maior grau de prioridade	70

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DMAIC	<i>Define-Measure-Analyse-Improve-Control</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>
GUT	Gravidade – Urgência – Tendência
GQM	<i>Goal Question Metric</i>
GQT	Gestão da Qualidade Total
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
PGA	Polo Gesseiro do Araripe
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
SIPOC	<i>Suppliers – Inputs – Process – Outputs – Customers</i>
SS	Seis sigma ou <i>Six Sigma</i>
VOB	<i>Voice of the business</i>
VOC	<i>Voice of the customer</i>
5W1H	<i>What, When, Where, Why, Who, How</i>
CEP	Controle Estatístico de Processo
FV	Folha de Verificação
FIFO	<i>First Into, First Out</i>

SUMÁRIO

1.	Introdução	15
1.1.	Problemática	17
1.2.	Objetivos	18
1.2.1.	Objetivo Geral	18
1.2.2.	Objetivos Específicos	19
1.3.	Justificativa	19
2.	Referencial Teórico	24
2.1.	Processo produtivo do gesso	24
2.1.1.	A matéria prima.....	24
2.1.2.	Produção do gesso	25
2.2.	Gestão da qualidade.....	26
2.3.	Desperdícios	28
2.4.	Seis Sigma (6 σ).....	29
2.5.	Metodologia DMAIC.....	33
2.6.	Ferramentas da Qualidade.....	38
2.6.1.	Diagrama SIPOC	38
2.6.3.	Diagrama de <i>Ishikawa</i>	40
2.6.4.	Matriz Causa & Efeito	42
2.6.5.	Análise de Causas Raiz.....	43
2.6.6.	Planilhas de ação 5W1H.....	46
2.6.7.	<i>Brainstorming</i>	47
2.6.8.	Estratificação	47
3.	Metodologia	48
3.1.	Classificação da pesquisa	48
3.2.	Estratégias e Fases da Pesquisa	49
3.2.1.	Etapa Definir – <i>DENIFE</i>	52
3.2.2.	Etapa Medir – <i>MEASURE</i>	52
3.2.3.	Etapa Analisar – <i>ANALYSE</i>	53
4.	Resultados e discussão.....	54
4.1.	Apresentação da empresa	54
4.2.	Caracterização do Setor de produção	54
4.3.	Caracterização da linha de produção	55
4.4.	Aplicação da metodologia DMAIC.....	57
4.4.1.	Etapa DEFINIR – <i>DEFINE</i>	58
4.4.2.	Etapa Medir – <i>Measure</i>	65

4.4.3. Etapa Analisar.....	68
5. Considerações Finais	85
6. Referências	87
APÊNDICE A – Diagramas de Ishikawa.....	97
APÊNDICE B – Matrizes de Causa & Efeito	101

1. Introdução

A região pernambucana produtora de gesso, mais conhecida como Polo Gesseiro do Araripe (PGA), surgiu por volta da década de 60 com as atividades de mineração de gipsita. O PGA abrange os Municípios de Araripina, Bodocó, Exú, Ipubí, Ouricuri e Trindade, que representam 8,69% do território do Estado e 2,98% da população pernambucana (SHINOHARA; OLIVEIRA, 2014). Esses municípios produzem por ano, três milhões de toneladas de gesso, gerando R\$ 800 milhões para a cadeia gesseira (FREITAS, 2017). Apesar da região ter representatividade na produção de gesso, está sendo afetada pelo atual cenário do mercado brasileiro que vem passando por uma grave crise econômica nos últimos dois anos, ocasionando uma redução no nível de consumo. Há casos de empresas que reduziram a produção em 60% (SDEC, 2017).

Nesse contexto, as organizações da cadeia produtiva gesseira têm uma preocupação em comum: redução de custos, o que, em curto prazo, pode não ser a melhor estratégia, pois, com o passar do tempo, esses custos voltam e acabam tornando-se um círculo vicioso (LEE; COVELL, 2008).

Como consequência, a qualidade vem tornando-se um fator crucial para a sobrevivência das empresas, sobretudo em ambientes altamente competitivos, isso reforça a necessidade de buscar alternativas de longo prazo que ajudem a aprimorar os processos e os produtos alcançando um nível de desempenho cada vez mais eficiente para se manterem competitivas e atenderem às expectativas de um mercado dinâmico e de clientes cada vez mais exigentes (SILVA; MACHADO, 2011).

A falta de controle e planejamento de ações na produção pode gerar inúmeros prejuízos, dificultando a permanência dessas empresas no mercado. Qualquer instituição que queira se manter atuando com qualidade no mercado deve adaptar-se às mudanças, buscar e implementar novos conceitos no ambiente interno e desenvolver estratégias para alcançar o sucesso (KRÜGER, 2013).

A gestão da qualidade é uma das principais estratégias competitivas adotadas nas empresas e em diversos setores, sendo utilizadas ferramentas para controlar a produção, possibilitando a melhoria de produtos e serviços,

visando garantir a completa satisfação das necessidades dos clientes. Segundo Peinado (2007), a qualidade implica na busca contínua da satisfação dos clientes, conseguindo atender as suas expectativas, sejam eles internos ou externos à organização.

Goulart e Bernegozzi (2012), salientam que os fatores qualidade e produtividade, são relevantes na perpetuidade da organização e de seus produtos e serviços, e tem como relação direta a redução dos custos, identificação e diminuição de perdas nos processos, e, aumento da competitividade e atenção às necessidades dos clientes.

A ferramenta de gestão da qualidade, Seis Sigma, é uma iniciativa que vem ao encontro das necessidades de melhorias de uma organização oferecendo benefícios para o processo produtivo, ambiente de trabalho e de retorno financeiro. Segundo Montgomery e Woodall (2008), a metodologia Seis Sigma, que é uma abordagem disciplinada, é fundamentada em dados estatísticos, que orienta projetos afim de reduzir variabilidade, remover defeitos e eliminar desperdícios de produtos, processos e serviços.

Mahanti e Antony (2009) identificaram que a aplicação do Seis Sigma tem tornado possível que as empresas, além de produzirem com maior qualidade, melhorem a performance dos produtos, obtenham maior produtividade, reduzam custos e aumentem a satisfação dos clientes.

A sua aplicabilidade fica melhor estabelecida com a metodologia DMAIC que norteia a sequência do trabalho e o uso correto das ferramentas da qualidade em cada etapa. Esse ciclo pode ser utilizado de forma independente, mas sua aplicação é muito frequente em ferramentas de excelência operacional e em projetos Seis Sigma. Segundo Mandal (2012), a ferramenta Seis Sigma deve focar nos processos e a metodologia DMAIC tem as cinco fases interdependentes.

Segundo Campos (2014), o DMAIC baseia-se no ciclo original do PDCA (Planeje – Execute - Verifique - Ações Corretivas), que é um método que auxilia na prática do controle e que se constitui a base da melhoria. O DMAIC tem cinco passos padronizados: definir, medir, analisar, melhorar e controlar (KUAN, 2012). A metodologia DMAIC é utilizada para melhorar processos existentes e tem provado sua eficácia na redução de custos, tempo de ciclo, e aumentando

a satisfação do cliente, além de aumentar a lucratividade em muitas indústrias e organizações (PRASHAR, 2014).

1.1. Problemática

A região do Araripe tem muitas indústrias produtoras de gesso que geram muitos empregos e desenvolvem a região onde se encontram. Porém sua representatividade está sendo afetada pelo atual cenário do mercado brasileiro que vem passando por uma grave crise econômica nos últimos dois anos. Muitas empresas do Araripe estão reduzindo a produção, demitindo funcionários e até fechando as portas (SDEC, 2017). Além disso, a presença de muitas indústrias em um só ambiente torna o mercado competitivo. Segundo Moreira (2008), a concorrência leva a várias consequências, uma delas é aprender a se movimentar em ambientes cada vez mais complexos e outra é apresentar características diferentes das outras empresas. Por exemplo, muitas organizações não contam com sistemas de gerenciamento e acompanhamento da produção, mas sim com uma estrutura simples de planejamento, muitas vezes deficiente.

Levando em consideração o exposto, observa-se a necessidade de aproveitar as ferramentas de gestão da qualidade para que os processos dentro das indústrias sejam controlados e otimizados, como: processos onde se tem desperdícios, definição das necessidades dos clientes e a variabilidade na produção. As empresas que não têm eficiência em seus processos produtivos, raramente conseguem manter-se estáveis no mercado (MACEDO, 2012).

Os desperdícios também são considerados problemas que trazem consequências negativas. De acordo com Bornia (2010), os custos dos desperdícios abrangem todos os insumos consumidos nas empresas de forma não eficiente e não eficaz, abrangendo inclusive as atividades desenvolvidas repetitivamente para a correção de problemas na produção bem como no desenvolvimento de atividades desnecessárias na empresa. Os desperdícios são consequências que geram gastos de tempo e dinheiro, adicionando custos desnecessários aos produtos manufaturados das empresas.

Cantidio (2009) cita que o caminho da busca pela melhoria de produtividade se divide em dois: o primeiro, em que se procuram e analisam os

desperdícios do processo e se utilizam ferramentas de qualidade para a sua solução; e o segundo, em que se procura melhorar o que já existe (Kaizen), podendo ser a disponibilidade de equipamentos, o seu desempenho ou o índice de qualidade, melhorias estas localizadas, mas que podem influenciar no processo como um todo.

De acordo com Souza e Diehl (2009), para um adequado gerenciamento dos custos da qualidade, os custos dos desperdícios considerados normais devem ser agregados ao custo de produção da empresa. Em contrapartida, os custos ditos anormais, devem ser lançados como perdas nos relatórios gerenciais da empresa. Sob esta perspectiva, os desperdícios considerados normais são aqueles que ocorrem em condições normais dentro das operações desenvolvidas pelas empresas.

A busca incessante por custos menores e redução quase que total dos desperdícios, tornaram-se uma obrigação para as organizações que querem sobreviver no mercado. Dessa forma, as que almejam atingir desempenho de excelência e qualidade em relação à concorrência, devem direcionar esforços para uma análise minuciosa dos seus processos, com o propósito de reduzir ou eliminar perdas e desperdícios (ESTEVES et al., 2010).

Considerando a dimensão do impacto produzido por problemas relacionados às variabilidades, aos desperdícios e ao controle dos processos produtivos de uma indústria, pode-se estudar: quais sugestões de melhorias podem ser propostas com a aplicação da metodologia DMAIC para aperfeiçoamento da qualidade, proporcionando redução de desperdícios e aumentando a qualidade nos produtos e processos da indústria do gesso.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Aplicar as etapas Define (Definir), Measure (Medir) e Analyse (Analisar) da metodologia DMAIC, em uma indústria de gesso, localizada no Polo Gesseiro do Araripe, na cidade de Trindade-PE.

1.2.2. Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo principal desse trabalho, propõe-se o desenvolvimento dos seguintes objetivos específicos:

- Mapear o fluxo do processo de produção do gesso, para melhor análise e avaliação das atividades desenvolvidas;
- Identificar os principais problemas que geram desperdícios no processo produtivo;
- Utilizar ferramentas de qualidade, para diagnosticar, analisar e propor melhorias;
- Através da construção de planos de ação (5W1H), sugerir alternativas para reduzir desperdícios e melhorar o controle do processo produtivo.

1.3. Justificativa

Atualmente o Brasil ocupa a 11ª posição como produtor mundial de gesso. As jazidas que apresentam melhores condições de aproveitamento econômico e considerada como maior depósito lavrável estão contidas na Bacia Sedimentar do Araripe, na divisa dos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí (SINDUSGESSO, 2017).

Levando em consideração a importância e a representatividade financeira da indústria do gesso na região do Araripe para o Nordeste e para o Brasil e sabendo que a empresa onde se realizará a pesquisa não utiliza metodologias e ferramentas da qualidade para controle da produção, este estudo contribuirá para o bom desempenho organizacional, auxiliando no controle e na tomada de decisão da organização e redução de custos.

A ausência de controle de qualidade, tanto em processos gerenciais, como nos de realização e do produto, acarreta consequências financeiras, custos desnecessários, retrabalhos, perdas, desperdícios e transtornos aos clientes. Os desperdícios impactam negativamente, principalmente na esfera ambiental e isso contribui, também, para a insatisfação dos clientes. Dessa forma, deve-se aliar a questão ambiental com o controle de qualidade, com vistas a equilibrar os processos da empresa no sentido de tentar desenvolver-se financeiramente, porém sem agredir o meio ambiente (NARVAES, 2012).

Através da avaliação dos processos de produção, esta pesquisa produzirá informações sobre a situação dos processos, mostrará as causas dos principais problemas que afetam direta e indiretamente a geração de desperdícios, trará um conhecimento mais amplo das necessidades dos clientes, bem como trará sugestões pautadas em uma fundamentação teórica consolidada, a fim de cooperar com o aperfeiçoamento do desempenho da organização.

Para tal proposta, é importante compreender que em qualquer processo produtivo ou serviço há desperdícios, ou seja, atividades desnecessárias que não agregam valor ao produto, nem ao cliente. Geram gastos de tempo e dinheiro, adicionando custos desnecessários aos produtos manufaturados pelas empresas. Exemplos dessas atividades são aquelas que, se eliminadas, não causam prejuízo ao desempenho da empresa. A utilização de ferramentas da qualidade podem ajudar na redução dos desperdícios.

Os conceitos de Seis Sigma, uma ferramenta da qualidade, aumentam a competitividade das empresas, podendo levar a uma melhor colocação das indústrias no mercado (ANTONY, 2011). Ela pode ser utilizada para caracterizar ou monitorar processos produtivos, fornece ótimos resultados, pois faz uso do método estatístico em todos os estágios da produção. Conseqüentemente, dentre as várias vantagens dessa aplicação, ocorrem o aumento de vendas e da competitividade, consolidação da imagem, fidelização de clientes, dentre outras (PALADINI, 2009).

É importante salientar que os consumidores estão se tornando cada vez mais exigentes, com visões apuradas em relação à qualidade dos produtos. Diante disso, faz-se necessário a implantação e a manutenção de programas da qualidade que garantam o bom desempenho do processo e, conseqüentemente, do produto. As organizações passaram a antecipar-se às necessidades dos clientes, satisfazendo-as, em razão de competitividade e sobrevivência (MAXIMIANO, 2012).

Dessa forma, no âmbito empresarial a qualidade pode ser denominada como a conformidade aos requisitos dos clientes, atendimento das necessidades deles, prevenção e gerenciamento de não conformidades, incluindo as ações para suas correções (LEONG et al., 2012). Dentre os benefícios da utilização das ferramentas de qualidade podem-se destacar: agregação de valor aos

produtos, garantia de qualidade, incremento nas vendas e desenvolvimento geral da organização (SAMPAIO, 2015).

O principal fundamento para realização desse trabalho é a necessidade de elaboração de estratégias para resolução de problemas no setor produtivo da empresa do estudo de caso, mais precisamente no chão de fábrica. Observado em visita *in loco*, esse setor é considerado pela gerente de produção o que mais necessita de estudos e melhorias na empresa, onde os problemas identificados relativos aos desperdícios e a qualidade no processo produtivo são os mais consideráveis.

Considerando alguns trabalhos realizados utilizando o DMAIC e as ferramentas da qualidade, Moreira (2008), utilizou para auxiliar na melhoria do processo de desenvolvimento de software. Para apoiar na aplicação do método em questão, o autor reiterou a importância do uso de outras ferramentas, como por exemplo o GQM e fluxograma. Já o trabalho de Guimarães Neto et al. (2015), teve o intuito de melhorar a qualidade dos produtos em uma fábrica de pré-moldados e utilizou a metodologia DMAIC como apoio para melhoria do processo de fabricação. Os autores concluíram que a separação das atividades nas fases do DMAIC contribuiu na compreensão das operações fundamentais para diminuir a ocorrência de problemas.

Sgarbi Junior e Cardoso (2011) realizaram um estudo em uma empresa de origem americana, sediada no Brasil atuando na área de autopeças. O trabalho aplicou a metodologia Seis Sigma na Cadeia de Suprimentos da empresa visando à eliminação dos desperdícios e redução da variabilidade dos processos nas operações logísticas. O método DMAIC e as ferramentas de análise de dado, foram utilizados para compreender os processos, identificar os problemas a partir do ponto de vista dos clientes, fornecedores e operadores, medir o desempenho atual, analisar as variáveis que contribuem para o mau desempenho, além de definir, testar e operacionalizar as melhorias e garantir que as mudanças foram incorporadas. Utilizando a metodologia foi possível entender e controlar os desperdícios e as variações dos processos do fornecedor ao cliente, reduzir em aproximadamente 30% do estoque e aumentar a competitividade no mercado.

Por outro lado, Santos (2015) realizou um estudo em um Centro de Distribuição Automatizado na Zona Oeste da cidade do Rio de Janeiro. Tinha-se

como objetivo, analisar os processos e determinar métodos de análise e controle através do Seis Sigma, para a gestão de processos operacionais automatizado em Sorters. Entre os objetivos específicos, pode-se citar: avaliar as oportunidades de aumento de produtividade e redução de custos operacionais, através da análise de subprocessos de distribuição e otimização de controles. A pesquisa foi desenvolvida em três etapas: levantamentos de dados, estratificação e análise dos dados, proposta de plano de ação para redução de custos operacionais e alinhado com a estratégia empresarial vigente da empresa. A utilização de ferramentas para o gerenciamento de processos de negócios foi imprescindível para implementar melhorias no processo, já que não havia um padrão a ser seguido na execução operacional de cada subprocesso. Dessa forma, foi possível notar que após a aplicação do programa Seis Sigma vários indicadores foram impactados positivamente, como a diminuição em 39% no tempo médio para execução do processo e um ganho de produtividade que retratou um incremento de 56% em número de peças distribuídas. O método ainda assegurou que, com a disseminação do conhecimento e treinamento adequado, se formasse uma equipe multidisciplinar e mais comprometida, o que ocasionou uma diminuição de 84% no absenteísmo médio, além de permitir um decréscimo de 65% do quadro e a diminuição de um turno de trabalho, o que gerou um impacto de mesma proporção na redução de custo com mão de obra.

Moosa e Sajid (2010), também realizaram um estudo que objetivou analisar os fatores críticos para o sucesso do Seis Sigma. Para os autores, o sucesso e o fracasso da maioria dos programas Seis Sigma, em grande parte, dependem de sua execução e não do seu conteúdo.

Os autores Kumar e Sosnoski (2009) analisaram que com a aplicação do Seis Sigma em uma indústria americana de ferramentas, a empresa estudada conseguiu reduzir em 20.000 o número de peças refugadas, gerando uma economia anual de aproximadamente U\$ 12,500.00. Assim, o Seis Sigma, além de melhorar a qualidade, reduz drasticamente os custos da organização. Para Werkema (2012), aumentar os lucros, além de satisfazer as expectativas dos clientes através da melhoria da qualidade, é também um dos principais objetivos da ferramenta.

Este trabalho aborda áreas da Engenharia de Produção, como gestão estratégica e organizacional e gestão da qualidade. Partindo do objetivo central

do trabalho que visa promover um melhoramento no chão de fábrica, em busca da redução dos desperdícios e da melhoria qualidade dos processos. Conclui-se então que o foco principal deste trabalho direciona-se em grande parte para as áreas de Gestão da Qualidade e o estudo dos desperdícios.

2. Referencial Teórico

2.1. Processo produtivo do gesso

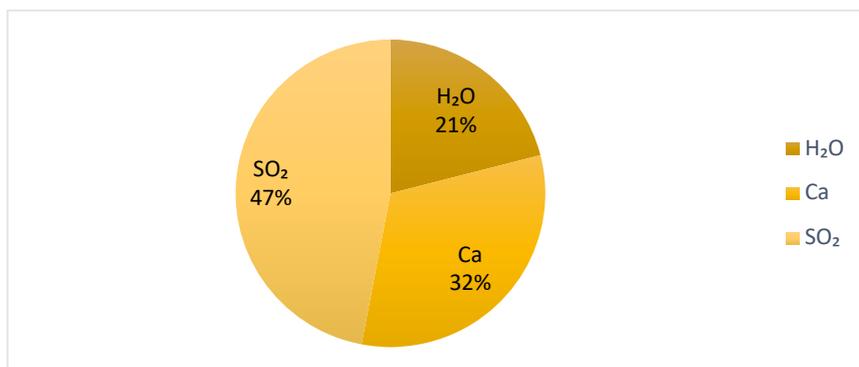
2.1.1. A matéria prima

A gipsita é o mineral utilizado para a obtenção do gesso. Essa rocha sedimentar é constituída basicamente de sulfato de cálcio di-hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). O Brasil possui reservas significativas de gipsitas localizadas todas na região Norte, Nordeste ou Centro-Oeste, fato que o posiciona como o 11º produtor mundial e torna possível suprir todo o consumo interno. As jazidas que apresentam melhores condições de aproveitamento econômico e consideradas como maiores depósitos lavráveis estão contidas na Bacia Sedimentar do Araripe, na divisa dos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí (SINDUSGESSO, 2017).

O gesso é um material conhecido desde épocas remotas e suas técnicas de produção fazem parte de uma longa tradição que integram as formas de fabricação, as condições locais, as fontes naturais, e os hábitos de utilização.. Os egípcios usaram gipsita como argamassa na construção das pirâmides e os romanos a utilizavam em pequenas quantidades para o acabamento de construções. A Europa começou a utilizar a gipsita na correção de solos no final do século XVIII (PERES et al., 2008).

Segundo Lima Filho (2010), o minério de gipsita da região do Araripe é considerado o de melhor qualidade no mundo, apresentando um teor de pureza entre 88% e 98%. A composição química média da gipsita encontrada no Araripe, pode ser visualizada na Figura 1.

Figura 1 - Composição química média da gipsita



Fonte: Lima Filho (2010)

A matriz energética da indústria do gesso no Araripe é bem diversificada, sendo formada por energia elétrica, derivados de petróleo e biomassa, principalmente lenha. A eletricidade se encontra presente em todas as etapas, porém, contribui com apenas 3% do total energético. O coque é o segundo energético mais utilizado com 10%, seguido do óleo BPF (baixo poder de fluidez) com 8%, utilizados na calcinação. O diesel contribui com 5% do consumo sendo utilizado na mineração e uma parcela muito restrita utilizada nas calcinadoras. A lenha é responsável pela maior parte de energético consumida em todas as atividades do Pólo, 74%, utilizada apenas na calcinação (ATECEL, 2006).

2.1.2. Produção do gesso

O segmento gesseiro possui uma cadeia produtiva própria e o beneficiamento da gipsita para a produção de gesso por desidratação térmica envolve as seguintes operações básicas: (1) britagem; (2) rebitagem; (3) peneiramento (usado apenas em algumas empresas); (4) encilhamento; (5) calcinação; (6) estabilização térmica em silos; (7) moagem (de acordo com as especificações de mercado para o produto); (8) encilhamento e (9) ensacamento (PERES; BENACHOUR; SANTOS, 2008).

A produção de gesso demanda grande quantidade de energia térmica para desidratação da gipsita, e de acordo com Peres et al., (2008), a quantidade teórica dessa energia é na ordem de 154 Mcal/ton de gesso, estima-se que o consumo real de energia no PGA alcance 211 mil toneladas equivalentes de petróleo por ano, incluindo a energia elétrica. Nesse montante, a lenha representa 97% dos insumos energéticos usados, contabilizando 2.565 milhões de metros estéreos (st) por ano (ADENE/ATECEL, 2006).

De acordo com Perez et al. (2008), a calcinação da gipsita é realizada com a liberação de água de cristalização ou água de combinação contida na gipsita e que normalmente ocorre numa faixa de temperatura compreendida entre 105°C - 150°C. Contudo, a reação de desidratação com obtenção de hemidrato é encontrada em patamares de temperaturas contidas no intervalo de aproximadamente 175°C a 250°C, onde pode ser encontrada anidrita solúvel, denominada de gesso rápido.

2.2. Gestão da qualidade

Devido às constantes mudanças econômicas, as empresas precisam adotar sistemas de gestão para melhorar seus processos produtivos reduzindo custos e adequando-se às novas realidades. A dinâmica envolvente a nível externo implica em competitividade, inovação e na capacidade de adaptar-se às mudanças repentinas do mercado mantendo o nível da produtividade (JONES; LINDERMAN, 2014).

O conceito de qualidade envolve muitas interpretações, devido a sua particularidade da interpretação e significado. Segundo Paladini (2008), para o conceito de qualidade, o primeiro passo é considerar como um conjunto de atributos ou elementos que compõe o produto ou serviço da empresa. Em complemento Silva Junior (2013), a gestão da qualidade tem como objetivo atender aos requisitos dos clientes e a buscar a melhoria contínua da qualidade em uma organização.

Pinto e Soares (2011) relatam que o desdobramento de uma cultura organizacional baseada em princípios da qualidade e os seus valores, abrirão portas rumo à eficácia e melhoria contínua dos métodos e processos organizacionais. Ainda segundo os autores, a qualidade constitui o motor de sucesso de qualquer organização e o seu reconhecimento diante da concorrência, o fator de distinção e escolha dos seus produtos e/ou serviços.

O desempenho das organizações para Stan e Mărăscu (2012) depende de uma análise cuidadosa e sustentável dos processos, produtos e serviços no sentido de reduzir os custos de fabricação e oferecer qualidade. Ao utilizar técnicas, ferramentas, modelos ou programas de qualidade, a empresa pretende melhorar processos e então assegurar um padrão para seus produtos ou serviços. Portanto é necessário um sistema de qualidade para gerir todos os processos e efetivamente alcançar padrões de qualidade desejados (BAIRD; HU; REEVE, 2011).

Paladini (2008) diz que a concepção de qualidade se modificou ao longo do tempo acarretando mudanças relevantes em sua forma de gestão. Nesse processo, a qualidade deixa de ser vista como um problema a ser resolvido e passa a ser considerada oportunidade de vantagem competitiva frente à concorrência.

Uma vantagem competitiva surge quando uma empresa se antecipa às suas concorrentes, ou seja, as empresas conseguem ganhar vantagem competitiva temporária com a implementação de práticas da qualidade (SU et al., 2015).

Para ganhar vantagem competitiva ao longo do tempo, as empresas devem ter performance positiva tanto a nível de eficiência como de inovação, implicando uma combinação entre ambas. Para sustentar uma vantagem competitiva é necessário não só alta performance como uma elevada consistência, isto é, baixa variação na performance (SU et al., 2014). Conforme Valmohammadi e Roshanzamir (2015), performance é um indicador que mede o quão bem uma empresa alcança os seus objetivos.

Os clientes e a concorrência são dois importantes aspectos que influenciam na tomada de decisão e na velocidade com que as empresas precisam se requalificar e conquistar vantagens competitivas, pois os clientes buscam cada vez mais produtos e serviços de qualidade e a concorrência, por outro lado, tenta atender e superar as expectativas dos clientes (OLIVEIRA; SILVA, 2013; GUIMARÃES et al., 2015).

Existem normas que as empresas podem conquistar desenvolvendo sua gestão da qualidade. As normas ISO consistem num conjunto de requisitos que as organizações devem ter, por forma a obterem um certificado de conformidade (SU et al., 2015). O objetivo das normas ISO 9000 é garantir que uma empresa certificada mantenha um sistema de gestão da qualidade que lhe permita cumprir as suas normas de qualidade pré-definidas, em relação aos processos e atividades para a entrega de bens e serviços (PRAJOGO, 2011).

A NP EN ISO 9000:2015, define Qualidade como: “grau em que um conjunto de características inerentes de um objeto preenche os requisitos”. Além disso, a mesma referência define Gestão da Qualidade como: “gestão no que diz respeito à qualidade”. Gestão da qualidade pode incluir o estabelecimento de políticas, objetivos e processos que auxiliem nos resultados das metas de qualidade por meio do planeamento, controle e melhoria.

Para Pires (2012), a qualidade tem sempre várias dimensões e não se trata de um problema fabril/fornecimento de serviço, mas é cada vez mais um problema de fases anteriores começando desde logo pela identificação das

necessidades do utilizador e na sua expressão em termos das funções que este deve desempenhar.

2.3. Desperdícios

Pode ser considerado desperdício qualquer coisa que não agrega valor diante da perspectiva do cliente. E normalmente surgem afim de compensar alguma ineficiência interna da empresa. Abaixo estão descritas e exemplificadas as sete formas específicas de desperdícios que podem ser encontradas em empresas de manufatura e serviços, segundo Domenech (2015):

1. **Produção excessiva:** trata-se da elaboração de produtos ou serviços, além do estritamente necessário para o uso imediato. Exemplos em manufatura: produzir mais que o cliente reque e produção empurrada. Exemplos em serviços: muitos dados coletados e não utilizados, processamento antes de precisar e adicionar itens ao serviço que não são necessários;
2. **Transporte:** movimentação desnecessária de matérias em processamento, produtos acabados ou informações. Exemplos em manufatura: layout inadequado que exige transporte de materiais. Exemplos em serviços: receber cópias impressas de assuntos que estão no sistema, enviar cópias impressas que requerem assinaturas e múltiplas passagens de mão;
3. **Espera:** qualquer atraso entre o fim de uma etapa ou atividade e o começo da seguinte. Exemplos em manufatura: espera na disponibilidade de máquinas e espera de processos prévios. Exemplos em serviços: materiais que são recebidos com atraso, aguardar informações de terceiros, espera de aprovação e sistema fora do ar (lento);
4. **Defeitos:** aspecto do produto ou serviço que não atende às necessidades do cliente. Exemplos em manufatura: produtos fora da especificação e erros de processamento. Exemplos em serviços: custos de retrabalho devido as múltiplas revisões e mudanças, tratar os dados de forma incorreta e não cumprir com as datas prometidas ao cliente;

5. **Estoque/Inventário:** qualquer trabalho em processamento (WIP) que excede as quantidades requeridas pelo cliente. Exemplos em manufatura: estoques de seguranças que escondem problemas logísticos ou balanceamento de operações. Exemplos em serviços: armazenagem de documentos desnecessários, previsão em excesso, formulários, papéis ou suprimentos em excesso;

6. **Movimentação:** movimentação desnecessária de pessoas e equipamentos devido a ineficiência de layout. Exemplos em manufatura: caminhar, curvar-se e movimentos extras que não agregam valor ao produto. Exemplos em serviços: procurar pessoas sem encontrá-las e colocar informações em múltiplas bases de dados;

7. **Processamento em excesso:** adição de valor ao produto ou serviço em excesso em relação àquilo que o cliente está disposto a pagar. Exemplos em manufatura: acabamento manual, inspeções e retrabalho. Exemplos em serviços: excesso de aprovações, reuniões ineficazes e contatos repetidos com o cliente para solicitar informações.

2.4. Seis Sigma (6 σ)

O Seis Sigma é um sistema de gerenciamento da qualidade que se desenvolveu nas áreas de manufatura da Motorola na década de 80 (KREHBIEL; MAHAR; EMERSON, 2012). Ele pode ser descrito como um programa focado em processos com objetivo de melhorá-los por meio de uma metodologia sistemática e de passo a passo (MISHRA; SHARMA, 2014).

Segundo Jiménez e Amaya (2014), o Seis Sigma visa aumentar a capacidade dos processos. Brun (2011) completa que a ferramenta melhora a satisfação dos clientes e reduz a variabilidade dos processos. Já Silva et. al. (2011) dizem que é a principal ferramenta quando se objetiva a melhoria de um processo já existente.

De acordo com Näslund (2008), a implantação do Seis Sigma apresenta as seguintes características:

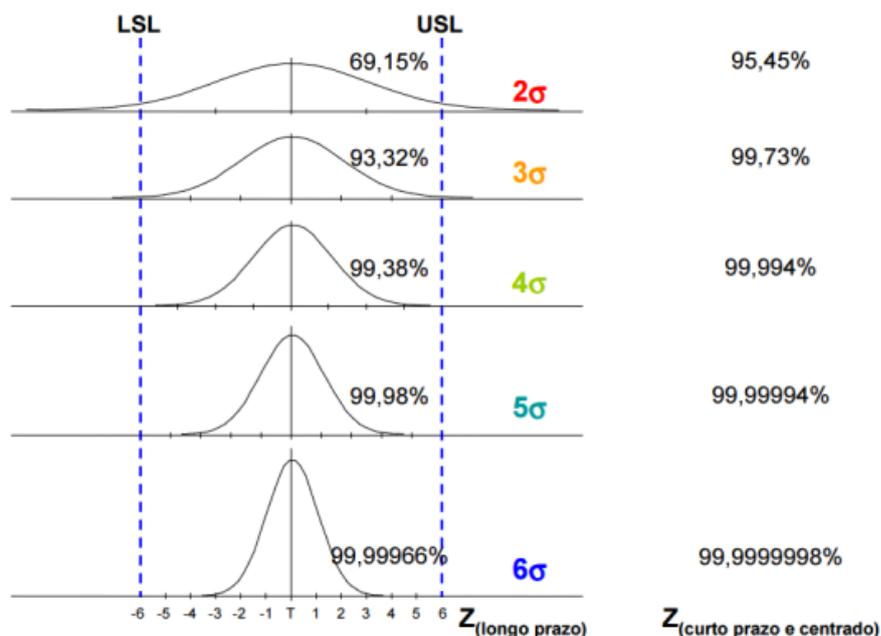
- entendimento do chão de fábrica das expectativas do projeto;
- liderança da alta administração;
- aplicação disciplinada do DMAIC;

- aplicação rápida do projeto (3-6 meses);
- definição clara dos resultados a serem alcançados;
- fornecimento de infraestrutura para aplicação das melhorias;
- foco no consumidor e no processo;
- foco na abordagem estatística para melhoria.

Os componentes essenciais para o êxito na implantação do Seis Sigma estão relacionados à envoltura da alta administração (composta pelos diretores, gerentes de produção e responsáveis pelo planejamento de médio e longo prazo da empresa), infraestrutura organizacional, treinamento e ferramentas estatísticas (HENDERSON; EVANS, 2000; VAN IWAARDEN et al., 2008; BRUN, 2011). Moosa e Sajid (2010) destacam que o sucesso na implantação dos Seis Sigma requer uma boa visão das principais ferramentas de gestão, estratégias apropriadas, a sólida formação dos envolvidos para o uso adequado de ferramentas avançadas de estatística, motivação e trabalho em equipe.

Em um processo Seis Sigma a chance de encontrar produtos fora dos limites de especificação será baixa, de 3,4 falhas por milhão ou 99,99966% de perfeição (ROTONDARO et al, 2002). A Figura 2, mostra a partir de distribuição normal a porcentagem de produtos dentro das especificações para processos com nível sigma variando entre 2 e 6.

Figura 2 - Porcentagem de produtos dentro das especificações



Fonte: DOMENECH, 2015.

Ainda conforme mostrado na Figura 2, os processos Dois, Três, Quatro, Cinco e Seis Sigma possuem respectivamente 69,15%, 93,32%, 99,38%, 99,98% e 99,99966% de perfeição. Domenech (2016), diz que o Seis Sigma atua diretamente na diminuição da variabilidade nos resultados. Seis Sigma, segundo Montgomery (2012), é uma sistemática que utiliza ferramentas estruturadas para a melhoria da qualidade de processos e medidas estatísticas para avaliação das mesmas. Gijo (2014) diz que não basta somente melhorar a qualidade dos processos, mas também assegurar que os ganhos obtidos sejam sustentáveis.

Na visão de Sharma (2014), Seis Sigma, além de uma abordagem baseada no trabalho em equipe, busca um melhor desempenho operacional focando nas necessidades dos clientes. Com seu uso, há o real envolvimento da alta administração para mantê-lo, devido a cronogramas e complexidades que o projeto tem. Por ser uma metodologia analítica, esta prática necessita de muitos anos de treinamento e desenvolvimento estatístico (ANTONY, 2011). Também é uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que visa aumentar a performance e a lucratividade das empresas, por meio da melhoria da qualidade de produtos e processos (WERKEMA, 2012).

Sigma (σ) é originária do alfabeto grego e tem sido tradicionalmente utilizada, na área de qualidade, para medir a variabilidade de processos (OMACHONU; ROSS, 2004). O desempenho da companhia pode ser medida pelo nível sigma (PYZDEK; KELLER, 2010).

Para melhor contexto e entendimento, na Tabela 2 foram apresentados os benefícios de se alcançar o padrão Seis Sigma que foram traduzidos do nível da qualidade para a linguagem financeira (WERKEMA, 2012).

Tabela 1 - Tradução do nível da qualidade para a linguagem financeira.

Nível de Qualidade	Defeitos por milhão	Custo da não qualidade (percentual do faturamento da empresa)
Dois sigma	308.537	Não se aplica
Três sigma	66.807	25 a 40% das vendas
Quatro sigma	6.210	15 a 25% das vendas
Cinco sigma	233	5 a 15% das vendas
Seis sigma	3.4	< 1% das vendas

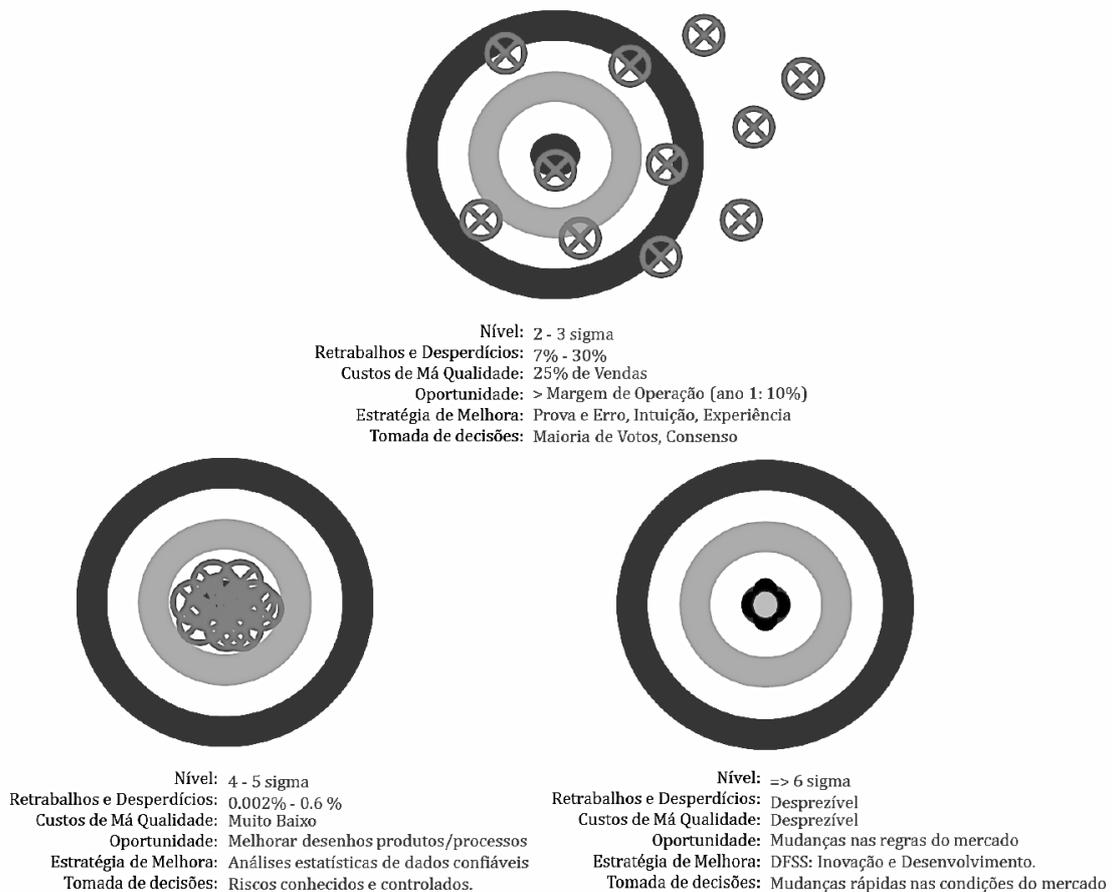
Fonte: Adaptada (WERKEMA, 2012).

Como se observa na Tabela 2, o custo da não qualidade se torna alto em baixos níveis de Sigma pelo fato de se ter um alto número de defeitos na produção por milhão produzido.

Ballestero-Alvarez (2010) destaca no Seis Sigma o questionamento das causas, das falhas e dos erros, buscando a origem do problema, sem a preocupação em apontar culpados, mas em adotar e aplicar a melhor solução ao problema enfrentado. Santos e Martins (2010) afirmam que o Seis Sigma é fruto da junção da abordagem da estatística com a abordagem estratégica

Segundo Mello (2015), um produto com sigma baixo (2 ou 3) possui um índice de retrabalho e de desperdício entre 7% e 30%, um produto com sigma intermediário, possui esse índice entre 0,002 e 0,6%, enquanto em um produto que seja Seis Sigma, esses índices são desprezíveis, como pode ser observado na Figura 3:

Figura 3 - Diferença entre 2 e 3 sigma e 6 sigma



Fonte: Adaptado de Mello, 2015

Se implementado com rigor e disciplina, o programa Seis Sigma traz ganhos rápidos, utilizando como base a metodologia estruturada do DMAIC (WERKEMA, 2012). Ao analisar os resultados de um estudo em uma indústria automotiva, Cleto e Quinteiro (2011) perceberam que a implantação de DMAIC na empresa estudada permitiu que a análise do problema tivesse uma abordagem mais profunda e flexível. Além disso, proporcionou um elevado conhecimento dos processos envolvidos na aplicação do DMAIC. Vale destacar que algumas empresas optam por adotar o DMAIC mesmo sem ter o programa Seis Sigma implementado (PINTO et al., 2009).

2.5. Metodologia DMAIC

Trata-se de um ciclo que pode ser utilizado de forma independente, mas sua aplicação é muito frequente em ferramentas de excelência operacional e em projetos Seis Sigma. Pode-se destacar que o ciclo DMAIC é uma extensão do ciclo PDCA (*Plan-Planejar, Do-Fazer, Check-Checkar, Act-Agir*), que teve sua origem em 1950 no Japão, por meio do Dr. W. Edwards Deming e é utilizado para a melhoria contínua de produtos e processos (MONTGOMERY; WOODALL, 2008; SNEE, 2001; SOKOVIC; PAVLETIC, 2007).

Se a metodologia de melhoria for considerada como um processo, então a entrada para a este processo é o problema, a saída é a solução para o problema e o processo pode ser decomposto pelas cinco fases da metodologia (SHANKAR, 2009). Essa metodologia é utilizada para melhorar processos já existentes, além de eliminar defeitos, aumentar a satisfação dos clientes e, principalmente, aumentar a lucratividade das empresas (PRASHAR, 2014).

Segundo Escobar (2012), a metodologia DMAIC representa um ciclo para desenvolver projetos de melhoria relacionados à qualidade, tanto em redução de defeitos, quanto em aumento de produtividade, ou redução de custos. As letras representam a sequência das etapas que devem ser desenvolvidas quando aplicada o método: Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analisar (*Analyse*), Melhorar (*Improve*) e controlar (*Control*). Esse modelo se refere a cinco etapas inter-relacionadas para garantir melhorias sistematicamente (JIRASUKPRASERT et al., 2014).

Dois pontos importantes sobre a metodologia também são destacados por Escobar (2012), que são: o alinhamento entre o projeto que vai ser iniciado e os indicadores chaves para o negócio da empresa, e o enfoque na mensuração das informações disponíveis. As etapas do ciclo DMAIC utilizam como suporte uma série de ferramentas e técnicas estatísticas que auxiliam no cumprimento dos objetivos específicos das etapas e, conseqüentemente, no objetivo geral do projeto.

Segundo Domenech (2015), algumas ferramentas são utilizadas nas fases do DMAIC entre estas estão:

- *Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers (SIPOC)*;
- Cartas de Controle;
- Gráfico de Pareto;
- Diagrama de Causa e Efeito;
- Matriz Causa & Efeito;
- *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*;
- 5 Porquês;
- Estratificação;
- Diagrama de *Ishikawa*;
- Plano de ação – 5W2H;
- Brainstorming;
- Diagrama de Dispersão.

A seguir estão apresentadas as definições de cada etapa do DMAIC construídas a partir dos conceitos propostos pelos autores: Werkema (2010), Mast e Lokkerbol (2012), Montgomery e Woodall (2008); Outros termos complementares são descritos por outros autores.

1. **Definir:** descrever com clareza e objetividade o problema, definir as metas, coletar e organizar informações e dados básicos, planejar ações e notificar as áreas envolvidas. Além disso, pode-se também identificar as oportunidades de melhoria, definir os requisitos críticos de clientes, escolher as características críticas da qualidade que

impactam no projeto e definir o escopo de implantação do projeto de melhoria.

Para Domenech (2016), a etapa Definir possui quatro pontos principais, são eles:

1. Estruturar os aspectos e definições chaves do projeto;
2. Construir o mapa macro do processo para entendê-lo como um todo, desde os fornecedores até os clientes finais;
3. Selecionar requerimentos, tanto do cliente como do negócio, para definição dos objetivos e das restrições a serem trabalhados;
4. Analisar resistências a mudanças que o projeto poderá trazer.

As ferramentas de qualidade mais utilizadas nesta fase são: *brainstorming*, gráfico de Pareto, gráfico de tendência, estratificação de dados, folha de verificação, matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), diagrama de *Ishikawa* e histograma (MARSHALL JUNIOR et al., 2006; CARPINETTI, 2010).

2. **Medir:** tem como proposta a tradução do problema em uma forma mensurável, identificar o processo ou sub processo crítico, elaborar uma lista com as variáveis de entrada dos processos chave, identificar as características de interesse, ou variáveis de saída, determinar as medidas operacionais e avaliar as fontes de variação dos sistemas de medição. Além de determinar o foco do problema, deve-se observar o local de ocorrência dos problemas, visando coletar dados relevantes. Os destaques dessa etapa, para Domenech (2016), são:

1. Mapeamento do processo de forma mais aprofundada do que na etapa Definir, levando em conta todos os detalhes relevantes;
2. Análise das chances de tornar o processo mais simples. Avaliações das atividades que agregam valor ao produto final e das que não agregam;
3. Planejamento da coleta de dados necessários para os estudos que serão desenvolvidos no projeto;
4. Validar o sistema de medição utilizado para a coleta dos dados, através de análises estatísticas;

5. Estabelecer a capacidade do processo, também através de análises estatísticas.

Para a etapa Medir geralmente são utilizadas as seguintes ferramentas: Estratificação, Folha de Verificação, Avaliação de Sistemas de Medição, Diagrama de Pareto, Carta de Controle, Histograma, entre outras (WERKEMA, 2012).

3. **Analisar:** Consiste basicamente em analisar dados para entender as relações de causa e efeito no processo e fontes de desperdício que devem ser determinadas e comprovadas por meio de metodologias estatísticas. Além disso, é importante separar as causas comuns inerentes ao processo, das assinaláveis. Deve-se determinar as melhorias do processo, executar as ações, treinar os envolvidos, verificar os resultados e efetuar ajustes se necessário. Duas atividades são destacadas por Domenech (2016):

1. Análise das chances de redesenho do processo. De forma a eliminar as atividades desnecessárias, melhorar o desempenho dos recursos, e colocar controles preventivos;
2. Identificação das causas raízes, para ter certeza da elaboração de ações em cima dos fatores que realmente afetam o resultado medido.

Para esta fase propõe-se o uso de tais ferramentas: diagrama de *Ishikawa*, método dos 5 porquês, diagrama de afinidade, FMEA, *brainstorming*, bem como ferramentas estatísticas como teste de hipótese, análise de variância e de regressão (MARSHALL JUNIOR et al., (2006); CARPINETTI et al., 2010).

4. **Melhorar:** O pensamento criativo dos envolvidos deve ser usado para propor mudanças específicas e gerais que podem ser aplicadas no processo e que possam alterar seu desempenho. As soluções devem ser avaliadas e aprovadas antes da implantação e assim podem ser utilizadas para redesenhar o processo e aprimorar o fluxo de trabalho e reduzir gargalos. As causas identificadas durante a etapa 2 (Medir) e as relações entre fatores do processo e características da qualidade

encontradas na etapa 3 (Analisar) fornecem uma entrada para a etapa 4, a qual poderá implementar ações para eliminar as causas dos problemas detectados. Essa etapa é ainda responsável por garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo, por padronizar as alterações e desenvolver um plano de monitoramento da performance do processo. De acordo com Domenech (2016), devem ser priorizados três passos de grande importância, são eles:

1. Elaborar uma pesquisa avançada nas causas raízes identificadas na etapa analisar, buscando oportunidades para otimização;
2. Encontrar as soluções mais viáveis e planejar a execução de testes para essas soluções;
3. Planejar a implementação das soluções encontradas.

No desenvolvimento da fase melhorar, Marshall Junior et al., (2006) destacam o Plano de Ação (5W2H), FMEA, Matriz Esforço Impacto, *Brainstorming* e Diagrama de Afinidades como as comumente utilizadas.

5. **Controlar:** Esta última etapa tem por objetivo estabelecer, medir, padronizar e monitorar para integrar as mudanças no sistema já existentes. Além disso, a etapa de controle é aplicada para completar todo trabalho remanescente no projeto e não interferir na melhoria do processo junto ao plano de controle. Segundo Domenech (2016), os principais pontos da etapa Controlar são:

1. Desenhar novos controles para o processo, de forma que auxiliem a manter as melhorias realizadas;
2. Concluir a implementação das soluções e difundir as mudanças;
3. Determinar a capacidade do novo processo para verificar se o objetivo proposto inicialmente foi atingido.

Por fim, Marshall Junior et al. (2006) destacam que na fase de controle pode-se empregar ferramentas como: gráfico de Pareto, histograma, *poka-yoke* e cartas de controle.

2.6. Ferramentas da Qualidade

As ferramentas da qualidade quando baseadas em métricas estatísticas e análise de dados históricos geram análises de causa e efeito, que contribui para que a tomada de decisão siga para a melhoria contínua da qualidade e produtividade (GOULART; BERNEGOZZI, 2010). As ferramentas têm como propósito eliminar ou reduzir as fontes de variação controláveis em produtos e serviços (CESAR, 2011).

A execução do DMAIC depende da efetividade das atividades desenvolvidas em cada uma das fases mencionadas, bem como a aplicação correta das ferramentas de qualidade. O Gráfico de Pareto, o Diagrama de *Ishikawa*, a Matriz Causa & Efeito, a Análise de Causa Raiz (classificação das raízes), Plano de Ação - 5W1H, Cartas de Controle e Diagrama SIPOC são ferramentas que poderão ser aplicadas neste estudo de caso.

Dentre os benefícios da utilização das ferramentas de qualidade, de forma integrada ou não, podem-se destacar: agregação de valor aos produtos, garantia de qualidade, incremento nas vendas e desenvolvimento geral da organização (SAMPAIO, 2015).

2.6.1. Diagrama SIPOC

O diagrama de SIPOC é uma ferramenta utilizada para identificar os elementos importantes para o projeto antes de se iniciar o trabalho, ao construir o SIPOC, é possível enxergar todas as inter-relações dentro do processo, e através disso, estabelecer os limites de atuação do time do projeto (SIMON, 2016).

Para Andrade et al. (2012), o objetivo da técnica do SIPOC é de facilitar a visualização da sequência de processos por todos os envolvidos da empresa com o projeto. Para alcançar tal objetivo, será preciso levantar quais são as entradas, as saídas, as especificações de cada etapa e o fluxo de cada processo. Tendo todas essas informações será possível realizar melhorias nos processos e obter um maior nível de qualidade.

Segundo Dorneles (2016), o SIPOC deve conter as seguintes informações:

6. *Suppliers* (Fornecedores): entradas do processo;
7. *Inputs* (Entradas): recursos requeridos pelo processo e definição de quando o processo se inicia;
8. *Process* (Processo): atividades que transformam entradas e saídas;
9. *Outputs* (Saídas): definir o final do processo, produtos e serviços fornecidos e o que o cliente espera das saídas (mesurável/quantificável);
10. *Customer* (Clientes): aqueles que definem requisitos para as saídas.

Para Simon (2016), em casos que não se tem claro: quais são os fornecedores de insumos para o processo, quais especificações devem ser colocadas nas entradas, quem são os verdadeiros clientes do processo e quais são os requisitos dos clientes, o mapa SIPOC se mostra como uma ferramenta bastante útil e vantajosa.

2.6.2. Carta do Projeto - *Project Charter*

Segundo Werkema (2012), para registrar os passos iniciais do trabalho é utilizado a ferramenta Project Charter (Figura 4), em que o mesmo serve como um contrato firmado entre a equipe responsável pela condução do projeto e os gestores da empresa. Nele deverá estar contido os seguintes tópicos:

- Descrição do problema;
- Definição da meta;
- Avaliação do histórico do problema;
- Apresentação de possíveis restrições e suposições;
- Definição dos membros da equipe de trabalho e de suas responsabilidades;
- Definição da equipe;
- Definição do cronograma preliminar do projeto.

Figura 4 - Modelo de Carta do Projeto

Sumário Executivo		
Contrato do Projeto		
Título:	Líder:	
Cliente:	Área:	Patrocinador:
Objetivo do projeto		
Histórico do problema		
Definição da Meta		KPI's do Projeto
Limites do Projeto (Inclui/Exclui)		
Inclui:	Exclui:	
Restrições do Projeto		
Requisitos do Cliente		
Contribuições para o negócio		

Fonte: Adaptada de Domenech, 2015.

2.6.3. Diagrama de *Ishikawa*

De acordo com Seleme e Stadler (2012), em 1953 Kaoru Ishikawa criou o diagrama de causa e efeito para consolidar os estudos realizados em uma fábrica e identificar as causas que deram início a ocorrência de um problema. Por possibilitar a geração de melhorias e conhecimento do processo, os gestores utilizam amplamente o diagrama espinha de peixe (SELEME; STADLER, 2012).

Segundo Lucinda (2010), o diagrama de Ishikawa constitui-se numa das mais eficazes ferramentas para as soluções de problemas nas organizações. Seu método de aplicação é simples e os resultados obtidos são excelentes. Esse diagrama é amplamente utilizado quando se deseja chegar a causa raiz de algum problema. Esse diagrama também conhecido por diagrama de causa e efeito ou espinha de peixe, possui uma estrutura clara e permite a visualização das relações entre as causas, em seus diversos níveis (MELO et al. 2016).

Segundo Ishikawa (1993):

“A análise de processo é a análise que esclarece a relação entre os fatores de causa no processo e os efeitos como qualidade, custo, produtividade, etc. Quando se está engajado no controle de processo. O controle de processo entra descobrir os fatores de causa que impedem o funcionamento suave dos processos. Ele procura assim a tecnologia que possa efetuar o controle preventivo. Qualidade, custo e produtividade são efeitos ou resultados deste controle de processo”.

Pode ser usado também para a melhoria de alguma atividade ou recursos, além de ser utilizado para estudar os problemas identificados como prioritários pela análise do Diagrama de Pareto. Os problemas estudados pelo Diagrama de *Ishikawa* são enunciados, geralmente, a partir de dúvidas das raízes dos mesmos, avaliando cada não conformidade em específico. As causas podem ser provenientes de seis fatores diferentes, a saber: método, material, máquina, meio ambiente, mão de obra e medida. As etapas para aplicação da ferramenta são as seguintes: definição do problema, estruturação do diagrama, agrupamento das informações, classificação das causas e desenho do diagrama (MAXIMIANO, 2012; PEINADO; GRAEML, 2007). A Figura 6, mostra a representação do Diagrama de Ishikawa.

Figura 5 - Representação do Diagrama de *Ishikawa*



Fonte: Paladini, (2008).

Conforme descrito por Seleme e Stadler (2012), as causas do diagrama de *Ishikawa* podem ser representadas através dos chamados 6 Ms, a definição de cada um dos “Ms” e suas respectivas referências estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 - Os 6 Ms para representação das causas do diagrama de causa e efeito.

Definição	Referência
Materiais	Refere-se à análise das características de materiais quanto à sua uniformidade e padrão.
Máquina	Diz respeito à operacionalização do equipamento e ao seu funcionamento adequado.
Método	Considera a forma como serão desenvolvidas as ações.
Meio Ambiente	Avalia qual situação pode ser a causa de uma determinada situação de execução e/ou de infraestrutura fixa.
Mão de obra	Caracteriza o padrão da mão de obra utilizada, se ela é devidamente treinada, se tem as habilidades necessárias e está qualificada para o desempenho da tarefa.
Medida	Traduzida pela forma como os valores são representados (distância, tempo, temperatura) e pelos instrumentos de medição utilizados.

Fonte: adaptado de Seleme e Stadler (2012)

2.6.4. Matriz Causa & Efeito

A Matriz causa & efeito relaciona, com um raciocínio multidimensional, conjuntos de fenômenos decompostos em fatores, podendo facilitar a compreensão da interação entre eles. Serve para identificar elementos correspondentes envolvidos em uma situação, esclarecendo pontos problemáticos de uma situação multidimensional. Estabelecer uma ordem numérica de prioridade para possíveis soluções, tarefas ou questões, segundo critérios pré-estabelecidos (BEREZUK et al., 2014).

Domenech (2015) afirma que esta é uma ferramenta que leva em consideração a importância dos requisitos estabelecidos pelo cliente, relacionando as entradas chaves às saídas chaves. Juntamente com a matriz causa e efeito é utilizado o gráfico de Pareto que evidencia as entradas mais importantes para posteriores estudos.

Ainda segundo Domenech (2015), para elaborar a matriz é preciso: documentar a matriz para referência futura; identificar os requerimentos chaves do cliente relacionados com a base do projeto; identificar as etapas e sub-etapas do processo; analisar a correlação de todas entradas com todas as saídas; obter o produto dos valores de correlação com os valores de prioridade e somar com todas as entradas; usar como indicativo do requerimento do cliente a soma das correlações de cada coluna; construir uma tabela paralela com as pontuações obtidas para cada entrada e as variáveis de entrada/sub-etapas do processo; ordenar de forma decrescente as linhas por coluna de pontuações construindo um gráfico de Pareto; construir uma tabela que contenha as notas das sub-etapas (ordenando em forma decrescente pela nota total e construir um gráfico de Pareto priorizando as sub-etapas), para finalizar, usar o gráfico de Pareto enfatizando as variáveis de entradas chaves as quais serão selecionadas para trabalhos posteriores.

2.6.5. Análise de Causas Raiz

Uma metodologia muito eficaz para investigação de problemas e incidentes do trabalho é a análise de causa raiz, ou RCA (Root Cause Analysis), utilizado comumente na análise de não conformidades de sistemas de gestão de qualidade, meio ambiente e segurança (BAPTISTA, 2007).

Uma causa raiz pode ser definida como a causa que, se corrigida, evitaria recorrência desta ou de ocorrências similares. A causa raiz não se aplica apenas a ocorrência em análise, mas tem implicações genéricas a um grupo amplo de possíveis ocorrências, e este é o aspecto fundamental de que a causa deva ser identificada e corrigida (BAPTISTA, 2007).

Ursprung e Gray (2013) afirmam que, embora a RCA possua uma abordagem retrospectiva de análise de erro, ou seja, atua no problema após este ter ocorrido, o seu objetivo é prevenir eventos futuros adversos. Para se obter uma efetividade no processo de análise de causa raiz, toda a análise deve ser dirigida por evidências avaliando fatos reais, como:

- Investigar o local do incidente;
- Coletar amostras;
- Entrevistar testemunhas.

É uma metodologia que demonstra ser imprescindível para qualquer organização. Este processo explora, além de outros fatores, as consequências de um determinado problema a luz de três tipos de raízes da causa (BAPTISTA, 2007):

1) **Raízes Físicas:** Tangíveis, consistem em problemas de componentes físicos de um dado sistema, por motivos de:

- Sobrecarga – erro de operação, acidente;
- Fadiga – cargas cíclicas continuadas conduzindo a uma falha do componente ou estrutura;
- Corrosão – material incorreto, processo químico, condições ambientais adversas, vazamentos;
- Desgaste – problemas diversos de lubrificação, contaminação, desalinhamento, sobrecarga, material incorreto.

2) **Raízes Humanas:** são consideradas erros de decisão, os quais provocam o surgimento das raízes físicas. São erros de ação ou omissão, que refletem uma atitude que alguém fez e que não deveria ter sido feita. Em situações de acidentes rodoviários são as causas mais presentes. Em mais detalhes pode-se citar:

- Memória – esquecimento;
- Seleção – solicitou o componente errado, fez a escolha errada;
- Discriminação – falta de informação;
- Erro de operação – Não cumprir o procedimento;
- Cegueira Situacional – aceitação de problemas / desvios.

3) **Raízes Organizacionais:** Também chamadas de latentes, podem ser compreendidas como os sistemas organizacionais dos quais as pessoas usam para tomada de decisões. Em ocasiões que o sistema possui falhas, as medidas tomadas a partir dele resultarão em erros. A definição latente pode ser entendida como as “consequências adversas que podem permanecer dormentes no sistema por um longo período de tempo, somente se tornando evidentes quando

combinadas com outros fatores para romper as defesas do sistema”. Alguns exemplos de raízes organizacionais:

- Falta de comprometimento dos funcionários;
- Complacência da gerência com problemas;
- Falha de comunicação;
- Tarefa não realizada, pois é percebida como indesejada;
- Falta de treinamento formal;
- Incentivo equivocado;
- Utilização de ferramentas impróprias ou desgastadas;
- Prioridades incorretas;
- Falta de acesso a informação.

Baptista (2007) compara as raízes físicas, humanas e organizacionais, as raízes de uma árvore, ilustrando os níveis das raízes em relação ao evento principal (Figura 6). Ainda de acordo com o autor, as raízes físicas, localizadas na parte superior, são entendidas como as consequências imediatas do evento, tangíveis ou os componentes danificados, por exemplo. Já as raízes humanas, localizadas na parte intermediária, são ações que ocasionaram as raízes tangíveis ou deterioração dos componentes ou materiais. Por fim, as raízes latentes ou organizacionais, são consideradas pelo autor a motivação para que as outras ações tenham sido tomadas.

Figura 6 - Pontos importantes sobre a determinação das raízes



Fonte: adaptada de Baptista (2007)

2.6.6. Planilhas de ação 5W1H

A ferramenta 5W1H é utilizada principalmente no mapeamento e na padronização dos processos, na elaboração de planos de ação e no estabelecimento de procedimentos associados a indicadores. Possui um cunho totalmente gerencial e busca o fácil atendimento através da definição de responsabilidades, métodos, prazos, objetivos e recursos associados (MARSHALL JUNIOR, 2010).

O 5W1H representa as iniciais das palavras em inglês, *why* (por que), *what* (o que), *where* (onde), *when* (quando), *who* (quem) e *how* (como) (MARSHALL JUNIOR, 2010). Conforme Behr (2008), a técnica 5W1H tem por finalidade identificar, segmentar e estruturar, de maneira bem organizada, todas as ações de um projeto ou atividade de produção.

A elaboração de planos de ação deve ser realizada após um completo estudo do processo e da análise de suas variáveis de respostas, seguindo alguns requisitos para confeccionar um bom plano de ação (CARVALHO et al., 2011):

- Listar, junto à equipe, todas as soluções possíveis para cada causa priorizada;
- Escolher soluções mais adequadas levando-se em consideração, dentre outras coisas:
 - ✓ Custo da solução proposta;
 - ✓ Dificuldades para implantação;
 - ✓ Efeitos colaterais;
 - ✓ Impacto previsto no resultado (objetivo a ser alcançado);
 - ✓ As soluções mais adequadas para cada causa.

De acordo com Carpinetti (2010), após utilizada, a ferramenta fornece um quadro constando as seguintes informações:

- What (o quê?): Pequena explicação da ação a ser implementada;
- Why (Por quê?): Qual o fundamento para a implementação dessa ação;
- Where (Onde?): Em que área a ação será implementada;
- Who (Quem?): Quem será o encarregado da ação de implementação;
- When (Quando?): Quais serão os prazos de início e término da ação;

- How (Como?): Breve explicação de como será implementada a ação.

2.6.7. Brainstorming

O *Brainstorming* ou tempestade de ideias, é uma ferramenta que auxilia as pessoas a produzirem ideias para a resolução de um problema (OLIVEIRA, 2011). Consiste em estimular e coletar ideias dos participantes, um por vez e continuamente, sem nenhuma preocupação crítica, até que se esgotem as possibilidades (DAYCHOUW, 2007).

O brainstorming, segundo Junior (2010) é um processo no qual um grupo de indivíduos emitem ideias de forma livre, sem críticas, no menor espaço de tempo possível. O propósito do brainstorming é lançar e detalhar ideias com um certo enfoque, originais e em uma atmosfera sem inibições. Busca-se a diversidade de opiniões a partir de um processo de criatividade grupal. Os grupos devem ter entre cinco e doze pessoas e é recomendável que a participação seja voluntária, com regras claras e por prazo determinado. Devem-se utilizar facilitadores, adequadamente treinados para lidar com os grupos.

2.6.8. Estratificação

A estratificação consiste no agrupamento da informação (dados) sob vários pontos de vista, de modo a focalizar a ação (CESAR, 2011). Para Mello (2011) a estratificação trata de agrupar dados segundo características previamente determinadas no intuito de objetivar ao máximo uma medição.

Carpinetti (2010) diz que a estratificação é um recurso bastante útil junto à fase de análise e observação de dados. Para analisar os dados de forma estratificada é preciso que a origem dos dados seja identificada. É fundamental que os dados sejam coletados durante um período de tempo não muito curto, de forma que se possam estratificar os dados também em função do tempo.

3. Metodologia

3.1. Classificação da pesquisa

Baseado na estratégia Seis Sigma, o projeto se estrutura na metodologia DMAIC para sua elaboração. O método é composto por 5 etapas com conceitos e ferramentas pré-determinadas, porém adaptáveis de acordo com as necessidades de cada projeto a ser realizado utilizando o 5S.

Como suporte ao início do trabalho foi desenvolvida uma pesquisa bibliográfica dos assuntos a serem abordados. Foram consultadas publicações sobre o tema do trabalho em bases teóricas contidas em livros, artigos científicos, periódicos nacionais e internacionais obtidos através de diversas bases de dados como *Science Direct*, objetivando formular o referencial teórico da pesquisa.

Para Kauark, Manhães e Medeiros (2010), pesquisas podem ser de natureza básica ou aplicada. O presente trabalho se caracteriza como uma pesquisa aplicada, proporcionando conhecimentos para aplicação na prática e buscando resoluções para problemas específicos.

Quanto a forma de abordagem do problema, uma pesquisa pode ser quantitativa ou qualitativa, sendo que a primeira lida com fatos, e a segunda lida com fenômenos. Quantitativa por que os objetos de trabalho podem ser quantificados, as informações podem ser traduzidas em números e análises com o uso de recursos e técnicas estatísticas; e qualitativa por que serão realizadas análises através da observação do processo e opiniões de colaboradores experientes (KAUARK; MANHÃES; MEDEIROS, 2010).

Para o problema proposto, a pesquisa é do tipo quantitativa e qualitativa. Neste trabalho foram realizadas, *in loco*, entrevistas e discussões em grupo com os funcionários do setor produtivo e da qualidade, dados que auxiliaram a composição das ferramentas de qualidade aplicadas. Como exemplo, tem-se o Mapa do Processo (SIPOC), Matriz Causa & Efeito e os Diagramas de Ishikawa.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, o estudo de caso apresenta um caráter empírico e investigativo de um fenômeno em contexto real por meio da análise de um ou mais objetos (MIGUEL, 2012).

Sendo assim, a abordagem do trabalho é classificada como estudo de caso, onde foi selecionada uma organização para análise, com base na

relevância da mesma perante o setor de atuação e também a disposição em ceder os dados necessários.

Para Gil (2009), as pesquisas são classificadas em três grandes grupos conforme seus objetivos: pesquisas exploratórias, pesquisas descritivas e pesquisas explicativas. As pesquisas descritivas têm como objetivo a descrição das características de determinada população ou o estabelecimento de relações entre variáveis.

Dessa forma, esta pesquisa é caracterizada como descritiva, pois descreve as situações que geram desperdício na empresa analisada, fornecendo evidências de fatores produtivos que geram desperdícios e que são responsáveis por causarem alguma variação de qualidade.

Conforme destacado por Pinto (2012), essa modalidade de investigação é adequada quando se busca descrever ações desenvolvidas pelas empresas para o gerenciamento desses fatores que geram desperdícios.

3.2. Estratégias e Fases da Pesquisa

Para a coleta dos dados foram realizadas pesquisas de campo, onde foram feitas visitas *in loco* durante cerca de 4 dias, no mês de novembro de 2017. Para aumentar a validade do constructo, esse estudo de caso utilizou várias fontes de evidências, como: documentos, registros em arquivo, entrevistas, observação direta e observação participante.

Neste estudo, foram utilizadas as ferramentas da qualidade e os procedimentos indicados pelo DMAIC. Isso permitiu acompanhar a produção e solucionar possíveis causas e efeitos dos desperdícios que afetam a qualidade do produto no processo. Para tal realização, o trabalho desdobrou-se em algumas fases, como demonstradas a seguir:

- Definição do problema: definiu-se o problema que foi trabalhado;
- Revisão bibliográfica: trazer conceitos fundamentais para a compreensão do desenvolvimento do projeto;
- Caracterização geral da indústria onde o trabalho foi elaborado;
- Definições do projeto: alinhamento com a estratégia da empresa, escopo, integrantes da equipe multidisciplinar, cronograma e metas;

- Estudo sobre o processo: estratificação das variáveis de interesse, investigação dos impactos e das causas dos problemas no processo;
- Priorização dos problemas encontrados, geração e seleção de soluções, e elaboração de planos de ação para eliminá-los ou minimizá-los.

A Figura 7 descreve de forma detalhada as fases da pesquisa:

Figura 7 - Fluxograma das fases da pesquisa



Fonte: autoria própria.

Como a aplicação da metodologia DMAIC é fator chave para o desenvolvimento do trabalho, fez-se necessário detalhar suas etapas.

3.2.1. Etapa Definir – *DENIFE*

A etapa Definir iniciou-se com a delimitação do escopo do projeto, definição de metas, objetivos e processos chaves. Para facilitar o entendimento sobre processo em estudo foi construído o mapa do macroprocesso (SIPOC) do processo produtivo da empresa, o que facilitou a compreensão dos seus elementos chaves e fatores críticos de sucesso.

O SIPOC foi constituído por meio de informações sobre Fornecedores (*Suppliers*), Entradas (*Inputs*), Processo (*Process*), Saídas (*Outputs*) e Clientes (*Customers*), que foram coletadas através de observações *in loco*, de conversas informais com os envolvidos no processo e da investigação sobre o fluxo de informações no *software* de acompanhamento do processo de produção utilizado pela empresa. Reuniões com os gestores e responsáveis pelo setor em estudo, também são fontes de coleta de informações e serviram como base para o direcionamento do trabalho.

3.2.2. Etapa Medir – *MEASURE*

Estando com o escopo do projeto em mãos, suas metas e uma visão dos processos realizados dentro da indústria, iniciou-se a etapa Medir. Aqui, foram coletados os dados e tratados para serem transformados em informação. Foram identificadas também os KPIs (*Key Performances Indicators*) do trabalho.

Os dados amostrais foram coletados e no mês de novembro, em um período de 3 a 4 dias de produção, considerando os processos produtivos mais importantes para a quantificar os desperdícios. Os dados da produção e do gesso de limpeza (considerado rejeito) foram tratados com o auxílio do Microsoft Excel®, posteriormente transformados em Gráficos, para melhor análise. Os gráficos permitiram visualizar de forma clara o índice de desperdícios baseado na produção.

3.2.3. Etapa Analisar – ANALYSE

Foram levantadas as causas, através de um Brainstorming, para os desperdícios gerados na fábrica e aplicados os diagramas de Ishikawa. Ao final do preenchimento destes diagramas, as causas identificadas passaram por uma revisão técnica, um método de unificação de causas similares e descarte de causas incoerentes, resultando na seleção de causas prováveis. Esta revisão foi realizada pelos gerentes e responsáveis pelo setor de qualidade, para que então Matriz Causa & Efeito fosse aplicada.

O objetivo da aplicação desta técnica foi encontrar as causas potenciais dos desperdícios gerados nos processos, explanando em um *ranking*, as causas com maior impacto. Os gerentes e os colaboradores do chão de fábrica serviram como fontes de informações para composição dos Diagramas de Ishikawa, porém para elaboração da Matriz, apenas os gerentes e o diretor foram consultados, devido a maior complexidade da ferramenta.

Antes de finalizar o diagnóstico de causas potenciais, as causas em destaque no *ranking* foram analisadas quanto a natureza das raízes de suas causas, sendo assim distribuídas entre causas com raízes físicas, humanas e organizacionais. E por fim, foram construídos planos de ações – 5W1H, com o objetivo de reduzir ou eliminar as causas fundamentais levantadas pela Matriz, adequando cada ação de melhoria ao nível organizacional cabível. Além disso, foram propostas melhorias complementares baseadas nas observações dos postos de trabalho, do layout da fábrica, do ambiente e da estrutura organizacional.

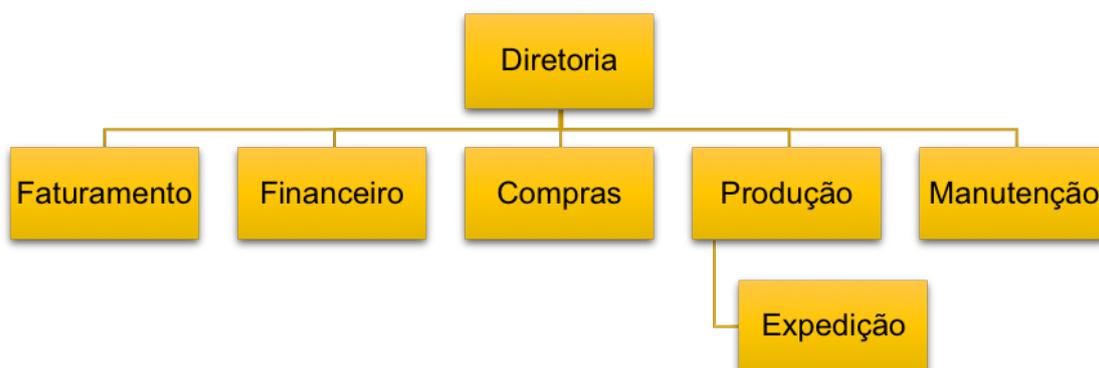
4. Resultados e discussão

4.1. Apresentação da empresa

A empresa deste estudo de caso é uma fábrica de gesso localizada na cidade de Trindade, no estado de Pernambuco. A empresa tem um parque industrial com cerca de 12.800 m² e tem uma infraestrutura industrial e operacional para atingir a excelência em qualidade em todos os produtos que produz e comercializa. Atualmente a fábrica produz o gesso de revestimento e o gesso cola (terceirizado).

A indústria utiliza equipamentos automatizados para garantir a padronização da produção e atender à norma técnica NBR 13.207 da ABNT. Conta com um quadro de 22 funcionários, que subdivide-se entre os setores: Faturamento, Financeiro, Compras, Produção e Manutenção (Figura 8).

Figura 8 - Organograma da empresa



Fonte: autoria própria (2018)

Sempre atenta a entregar produtos de qualidade e visando reduzir os desperdícios durante a produção, a empresa permitiu a realização do estudo iniciando o projeto DMAIC nas suas 3 primeiras etapas, com foco na diminuição dos desperdícios e melhoria contínua dos processos produtivos.

4.2. Caracterização do Setor de produção

O setor de produção é composto por 10 funcionários (Figura 9), sendo 3 colaboradores por equipe de produção mais dois encostadores de lenha que

trabalham apenas em dois turnos. Cada equipe trabalha em um determinado turno que é composto por 8 horas. A equipe “A” trabalha das 6h às 14h, a equipe “B” das 14h às 22h e a equipe “C” das 22h às 6h. Este setor tem a necessidade ser mantido em funcionamento durante 24 horas por dia, durante os dias úteis. Desta forma, os funcionários são alocados de modo que a produção não pare. No domingo, a fábrica fica parada.

Figura 9 - Organograma do setor de produção



Fonte: autoria própria (2018)

A equipe diurna é liderada por uma gerente de produção enquanto a noturna não tem um supervisor. Todos os funcionários deste setor respondem apenas à gerente de produção que está presente das 7h:30 às 12h e das 14h às 17h:30, onde gerencia e direciona as atividades que devem ser realizadas. Como a gerente não está presente em todos os turnos, definiu-se as equipes de trabalho por turno e foram atribuídas atividades específicas para cada colaborador.

Esse setor conta também com uma colaboradora que realiza testes de qualidade referentes ao tempo de pega do gesso produzido, outro colaborador de limpeza que atua diariamente, mas realiza limpeza em locais de difícil acesso nas segundas-feiras e um mecânico que está sempre presente durante o dia.

4.3. Caracterização da linha de produção

A linha de produção da fábrica utiliza, inicialmente, uma tremonha com capacidade para 30 toneladas (Figura 10) e um britador que recebe a matéria prima da produção (gipsita). Após essa etapa, a gipsita triturada é transportada

através de esteira até o segundo britador que reduz ainda mais o tamanho do minério. A partir dessa etapa, a linha de produção tem uma bifurcação com etapas em paralelo.

Figura 10 - Caminhão descarregando gipsita na tremonha



Fonte: autoria própria (2018)

A primeira etapa após a bifurcação da linha é a calcinação, o principal processo para obtenção do produto final. A Figura 11 ilustra o forno utilizado na fábrica para o processo de calcinação. Em seguida, o gesso passa por um moinho para diminuir a granulometria e segue para o ensacamento em sacos de papel específico para esse tipo de material. Os sacos de gesso, com 40 kg cada, são organizados em paletes que comportam 40 sacos. Esses paletes são levados até o armazém com auxílio de uma empilhadeira que é guiada pelo próprio calcinador.

Figura 11 - Forno rotativo à lenha (Barriga quente)



Fonte: autoria própria

Todo o processo produtivo pode ser acompanhado através de uma sala técnica equipada com processadores que recebem as informações da produção e podem enviar comandos para as máquinas. Esses equipamentos fornecem informações sobre o tempo de calcinação e a temperatura da chaminé em cada um dos fornos, além de atuar como acionadores dos motores na linha de produção.

4.4. Aplicação da metodologia DMAIC

A aplicação da metodologia DMAIC, foi desenvolvida baseada no referencial teórico efetuado no item 2, acompanhada de um período de observação de 4 dias e análise dos processos realizados dentro da empresa. O desenvolvimento desta metodologia restringiu-se apenas a aplicação das fases: Definir (*Define*), Medir (*Measure*) e Analisar (*Analise*). Ao finalizar tais etapas, foram elaborados alguns planos de ações com o objetivo de propor soluções para minimizar os problemas identificados, a fim de reduzir o número de desperdícios no processo.

4.4.1. Etapa DEFINIR – DEFINE

Nesta fase, definiu-se o problema chave, objetivos e metas, requisitos que compõe a carta do projeto. Para o desdobramento desta etapa, também fez-se necessário determinar indicadores, limites deste projeto e a equipe de trabalho. Em seguida, elaborou-se o mapa do estado atual do processo (SIPOC), o que possibilitou identificar todas as etapas que o compõe, bem como a voz do cliente.

Carta do projeto

O setor de produção foi selecionado como alvo deste trabalho devido aos depoimentos da alta direção, assim como da gerente de produção, que relataram o alto índice de desperdícios durante o processo produtivo do gesso gerando perdas consideráveis de tempo, matéria prima e produto acabado.

Outro fator que levou a convergir para o problema chave definido, foi o levantamento de dados históricos da produção contendo a quantidade de big bags que foram coletados em um determinado período de tempo de produção, demonstrados com mais detalhes na fase seguinte (Medir). Deste modo, definiu-se como problema chave a ser estudado, a solução dos problemas que geram desperdícios na linha de produção e elaborou-se a carta de projeto (*Project Charter* – Quadro 2).

Quadro 2 - Carta do Projeto

Sumário Executivo		
Contrato do Projeto		
Título: Solução de problemas que geram desperdício		Líder: Ciro Fernandes
Cliente: Diretor Geral	Área: Setor produtivo	Patrocinador: Diretor Geral
Objetivo do projeto		
Desenvolver a metodologia DMAIC dentro do setor produtivo da empresa, em busca da solução de problemas que geram desperdícios.		
Histórico do problema		
A partir do levantamento de dados históricos de desperdícios na produção, fornecido pela gerente de produção, por diversos motivos a quantidade é alta, passando de 100 toneladas anuais.		
Definição da Meta		KPIs do Projeto
Reduzir em 50% a quantidade de gesso de limpeza comparando com o segundo semestre de 2017.		<ul style="list-style-type: none"> • Toneladas de gesso de limpeza
Limites do Projeto (Inclui/Exclui)		
Inclui: Trabalhar com os desperdícios a partir da etapa de calcinação	Exclui: Solucionar causas externas ao setor produtivo; Produção terceirizada de gesso cola; rejeito de impurezas na etapa de britagem	
Restrições do Projeto		
Tempo para a realização do trabalho; Quantidade reduzida de visitas.		
Requisitos do Cliente		
Reduzir o número de desperdícios no processo produtivo, que é contabilizado como gesso de limpeza.		
Contribuições para o negócio		
Aumento da produtividade, economia matéria prima e redução dos desperdícios.		

Fonte: Autoria própria (2018)

Para compreender melhor o problema, buscou-se investigar através dos relatórios e dados fornecidos pela gerente de produção, o histórico de

desperdícios, para então iniciar as tomadas de decisões. Já que o desperdício na etapa de britagem não é misturado aos provenientes dos outros processos, pois é considerado como impróprio por conter muitas impurezas provenientes das minas (vestígios de explosivos, areia, etc), foi decidido não considerá-lo. Para análise, resolveu-se estudar os desperdícios a partir da etapa de calcinação.

Através dos dados fornecidos pela empresa, foram contabilizados 109,5 t de gesso de limpeza (gesso proveniente da limpeza da fábrica) durante o período de um ano. A meta foi estabelecida com base neste número e a partir da demanda do Diretor, visando reduzir no mínimo 50% do valor atual e buscando ultrapassar este percentual. Para a meta determinada estima-se que este número caia para aproximadamente 54 toneladas por ano. Devido ao tempo de desenvolvimento do trabalho e às restrições da fábrica, não foi possível estratificar os desperdícios para obter dados mais específicos referentes à cada etapa.

Equipe de trabalho

O próximo passo foi a definição da equipe de trabalho (Quadro 3), que também compõe a carta do projeto. Aqui, estabeleceu-se os funcionários que colaboraram para o desenvolvimento do projeto, assim como para coleta de informações e composição das ferramentas aplicadas.

A equipe contou com 11 colaboradores: o diretor geral da empresa, a gerente de produção que está no chão de fábrica diariamente acompanhando a produção, o mecânico que realiza manutenções, 02 calcinadores, 02 balanceiros, 03 da equipe de gestão e um estudante de Engenharia de Produção, responsável por liderar o projeto.

Quadro 3 - Equipe de trabalho

Função	Cargo
Líder	Estudante de Engenharia de Produção
Patrocinador	Diretor
Membros da equipe	8 colaboradores
Especialista para suporte técnico	Gerente de produção

Fonte: autoria própria (2018)

Mapeamento do processo

Obteve-se uma visualização mais clara do processo produtivo do gesso através do seu mapa SIPOC (Figura 12), que destaca cada passo desenvolvido pelas partes atuantes. É importante lembrar que existem 3 equipes de 3 colaboradores na fábrica, operando cada uma em um turno. O desenvolvimento das atividades relativas a este setor é definido pela gerente de produção e direcionadas a cada equipe e seus colaboradores. Por exemplo, a etapa de britagem tem um britador responsável por operar a britadeira. Já na calcinação, o calcinador envia os comandos através do sistema de acionamento de motores automáticos no computador e abastece o forno com lenha. Este sistema utilizado permite o acionamento de motores e o desligamento dos mesmos, além de informar o tempo de processamento de cada forno.

Na produção de gesso, pode-se considerar a etapa de calcinação como a principal, já que é nela que se obtém o produto final. Considerando isso, o processo inicia-se com etapas que preparam a matéria prima para a calcinação, visando facilitar e acelerar esse processo.

Dessa forma, tudo começa com a britagem em um britador de mandíbula. Processo em que o minério gipsita, obtida nas reservas próximas à fábrica, com tamanhos que variam de 50 a 400 mm são fragmentados a aproximadamente 30 a 50 mm. Logo em seguida, esses blocos são direcionados através de uma esteira para o rebitador, diminuindo a granulometria da pedra para tamanhos que variam de 0 a 5mm. Esses processos visam aumentar a área de contato

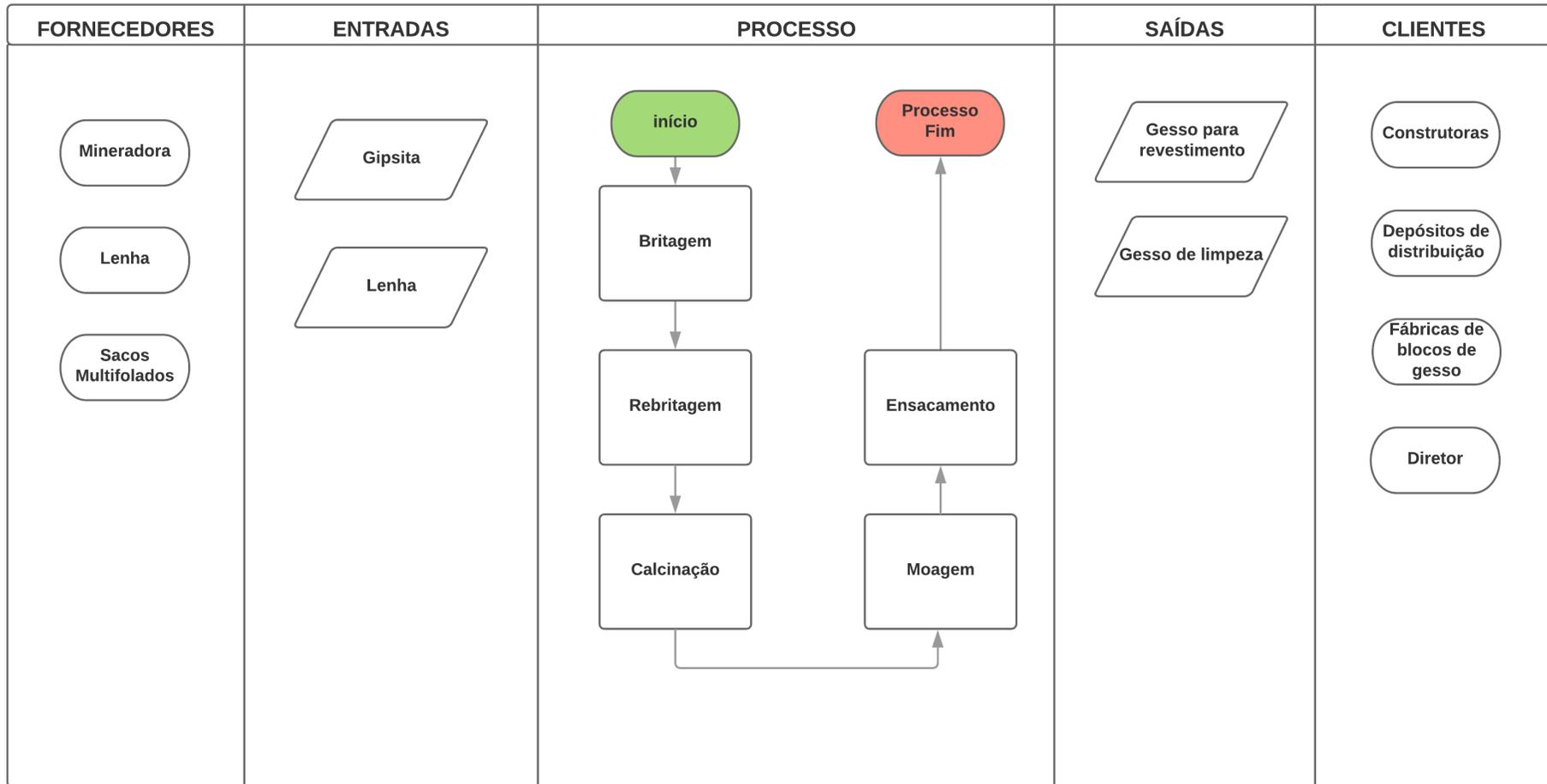
com o calor, facilitando a retirada das moléculas de água no momento da calcinação.

Após a rebitagem, inicia-se a calcinação com a utilização de fornos à lenha classificados como “barriga d’água”. A lenha é depositada na fornalha no início e durante a calcinação para que alcance a temperatura de obtenção do gesso, cerca de 175°C. Essa etapa consiste na remoção da água de cristalização através da desidratação térmica do mineral para que este se torne um produto útil para a construção civil. O fim do processo se dá pelo acompanhamento da temperatura do forno, disponível na sala técnica. Quando atingida, o calcinador finaliza a batelada dando o comando de parada no computador e despeja o gesso na masseira.

O gesso obtido após a calcinação do minério é normalmente moído em moinho de martelos para moagem fina e obtenção da granulometria final especificada pela ABNT 13207 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994). Esse processo é contínuo e não tem um operador.

O ensacamento é o último processo. O gesso moído é encaminhado para um silo de armazenamento, o qual possui em sua extremidade uma máquina ensacadeira. O Gesso é embalado em sacos multifolhados de papel, contendo 40kg, conforme Figura 12. Logo em seguida são pesados e encaminhados para a expedição ou para a fabricação de placas e blocos.

Figura 12 - Mapa SIPOC do processo produtivo do gesso



Fonte: autoria própria (2018)

Necessidades dos Clientes

Foram classificados como clientes do processo produtivo, o Diretor da empresa, os depósitos de distribuição, as fábricas de blocos de gesso e construtoras.

Diretor da empresa

Como o cliente-chave deste projeto, entende-se que ele tem como expectativa uma produção com menos desperdícios e com um ambiente de trabalho mais limpo para o trabalhador. Além disso ele espera aumento na produção, na satisfação dos trabalhadores e a redução na venda de big bags com gesso de limpeza.

Os desperdícios durante a linha de produção geram desperdícios em quantidade e valores consideráveis que estão mais detalhados na etapa Medir. Para o Diretor da empresa essa redução, em qualquer quantidade, é muito considerável já que a diferença de preço entre o gesso de acabamento e o gesso de limpeza chega a mais de 350%. O aumento na produção será uma consequência, já que a redução do gesso de limpeza se converte automaticamente no aumento do gesso de revestimento. Por outro lado, com a redução do gesso de limpeza, o ambiente fabril também se torna mais limpo, os funcionários terão menos poluição visual, o que torna o ambiente de trabalho mais agradável.

Depósitos de Distribuição

Os depósitos de distribuição necessitam de um produto com preço acessível e com qualidade. A redução dos desperdícios poderá diminuir o preço do produto final que será repassado ao cliente com um preço menor. Além disso, como são clientes que compram em quantidades menores, eles têm necessidades diferenciadas. Como por exemplo: é importante que os sacos estejam limpos, já que os clientes têm contato visual direto com o produto na loja.

A massa do saco e a granulometria do gesso, de acordo com a norma técnica ABNT 13207 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994), também são exigências desses clientes e devem estar em conformidade.

Por fim, o tempo de pega¹ longo também é um requisito importante pois define o tempo que o cliente tem para utilizar o produto a partir do momento que ele tem contato com a água.

Construtores

Assim como os clientes de lojas de materiais de construção, os construtores querem um produto de qualidade e com preço baixo. Porém, eles não necessitam de um produto com aspecto limpo, pois o produto não será utilizado para exposição e sim para utilização imediata nas obras. A massa do saco e a granulometria do gesso, de acordo com as normas técnicas ABNT 13207 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994), e o tempo de pega longo também são requisitos importantes.

Fábricas de blocos de gesso

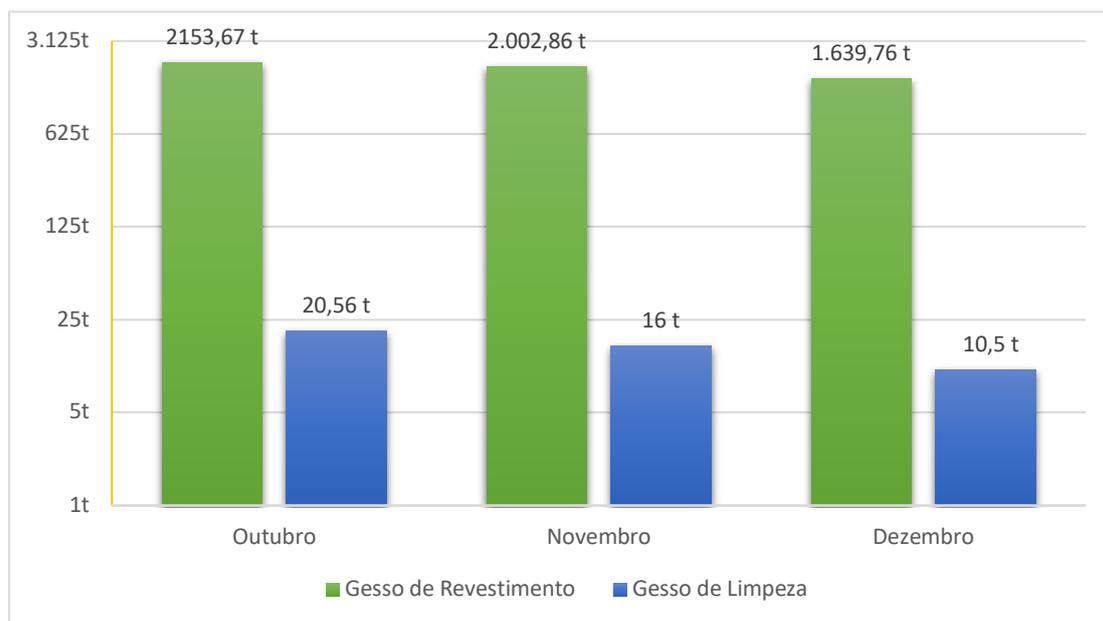
As fábricas de blocos de gesso, clientes desta fábrica, necessitam do gesso de limpeza. Um produto com baixo valor monetário agregado, pois tem origem a partir dos desperdícios do processo produtivo do gesso. Esse tipo de produto contém impurezas como areia, pedras e outros elementos que o tornam um gesso sem aptidão para revestimento. Além disso, não é colocado em uma embalagem especial, sendo despachado sem big bags e vendidos com um preço menor.

4.4.2. Etapa Medir – *Measure*

A etapa Medir iniciou-se com o levantamento de dados históricos da quantidade de gesso de limpeza coletado mensalmente no setor produtivo. O Gráfico 1 mostra um comparativo entre a produção de gesso de revestimento e a do gesso de limpeza, em toneladas, no período de 3 meses, contando a partir do mês de outubro de 2017 até dezembro de 2017.

¹ Tempo de pega: refere-se às etapas do processo de endurecimento, solidificação ou enrijecimento do gesso.

Gráfico 1 - Quantidade gerada de gesso de limpeza em 3 meses



Fonte: Autoria própria (2018)

A partir dos dados mostrados no Gráfico 1, é possível notar que para o mês de outubro de 2017, foram produzidas 2153,67 toneladas de gesso de revestimento. No mesmo mês foram geradas 20,56 toneladas de gesso de limpeza que representam cerca de 0,95% da produção, como pode ser observado na Tabela 2. Nos meses de novembro e dezembro esses percentuais foram de, respectivamente, 0,80% e 0,64%. Apesar do comparativo demonstrar alta produção e aparentemente uma baixa representatividade do gesso de limpeza comparada com a produção, esses números quando expostos em valores monetários podem chamar mais atenção.

Tabela 2 - Percentual comparativo da produção com o gesso de limpeza

	Produção(t)	Gesso de limpeza(t)	Percentual de gesso de limpeza em relação à produção
Outubro	2153,67	20,56	0,95%
Novembro	2002,86	16	0,80%
Dezembro	1639,76	10,5	0,64%
Total	5796,29	47,06	-

Fonte: autoria própria (2018)

Foram contabilizadas um total de 5796,29 toneladas de gesso de revestimento e 47,06 toneladas de gesso de limpeza durante o período de três meses. É importante ressaltar que esse quantitativo não inclui o rejeito proveniente da etapa de britagem, pois não é misturado ao gesso de limpeza já que ainda não foi calcinado e não é considerado gesso. Portanto, esse trabalho teve como foco os desperdícios da etapa de calcinação, moagem, ensacamento e armazenagem que são consideradas as que mais geram desperdício.

Fazendo uma análise básica com os preços de venda dos produtos na empresa, pode-se afirmar que atualmente o saco de gesso com 40 kg é vendido à R\$ 9,46 (R\$ 236,50 a tonelada), enquanto a tonelada do gesso de limpeza é vendida por R\$ 60,00 (Tabela 3). A diferença no preço de venda da tonelada é alta e chega a 394,17%, ou seja, o gesso de revestimento é vendido à quase 4 vezes o preço do gesso de limpeza.

Tabela 3 - Preço de venda dos gessos de revestimento e limpeza

Preço de venda por tonelada		
Gesso de revestimento	R\$	236,50
Gesso de limpeza	R\$	60,00

Fonte: autoria própria (2018)

No tocante ao faturamento da empresa, foi registrado um total de R\$ 1.373.646,19 considerando gesso de limpeza e de revestimento. A Tabela 4 mostra o faturamento e a produção total em toneladas registrados no trimestre estudado.

Tabela 4 - Faturamento com produção e gesso de limpeza no trimestre

	Produção no trimestre (t)	Faturamento no trimestre	
Gesso de revestimento	5796,29	R\$	1.370.822,59
Gesso de limpeza	47,06	R\$	2.823,60
Total	5843,35	R\$	1.373.646,19

Fonte: autoria própria (2018)

Considerando a demanda do diretor da empresa, na carta do projeto, solicitando a redução de 50% dos desperdícios, pode-se estimar para esse período de 3 meses o faturamento considerando essa redução (Tabela 5). O gesso de limpeza que hipoteticamente teria sua representatividade reduzida em 50%, ou seja, cairia para 23,53 toneladas enquanto a outra metade seria convertida automaticamente em gesso de revestimento.

Tabela 5 - Estimativa de faturamento com redução de 50% dos desperdícios

	Nova produção no trimestre (t)	Novo faturamento no trimestre		Aumento / Redução	
Gesso de revestimento	5819,82	R\$	1.376.387,43	R\$	5.564,84 
Gesso de limpeza	23,53	R\$	1.411,80	R\$	1.411,80 
Total	5843,35	R\$	1.377.799,23	R\$	4.153,04 

Fonte: autoria própria (2018)

Dessa forma, se das 47,06 toneladas de rejeito, 23,53 (50%) fossem vendidas como gesso de revestimento por R\$ 236,50 a tonelada, elas trariam um aumento de pelo menos R\$ 5564,85 no faturamento de gesso de revestimento para a indústria no período de 3 meses. Essas mesmas 23,53 toneladas vendidas no preço atual de gesso de limpeza retornam somente R\$ 1411,80, ou seja, evitar os desperdícios durante o processo produtivo pode trazer ganhos financeiros consideráveis para a empresa.

4.4.3. Etapa Analisar

Foram consideradas as etapas de produção da fase anterior, para análise de suas causas. Estas, foram feitas a partir da aplicação de diagramas de *Ishikawa* para cada processo, apresentados no Apêndice A. Em seguida, realizou-se um tratamento nas informações obtidas pelo diagrama. A partir deste tratamento, pôde-se elaborar a matriz causa-efeito, para relacionar cada defeito a cada problema específico e quantificar seus respectivos impactos. Finalizada

a composição e preenchimento da matriz, obteve-se uma escala demonstrando as causas que possuíam um maior número de correlações com outros processos e geradoras de maiores impactos. Por meio desses resultados, destacou-se as causas-alvos que seriam priorizadas na elaboração de planos de ações de melhoria.

Os diagramas de *Ishikawa* aplicados (Apêndice A) foram direcionados para cada um dos 4 processos destacados na etapa anterior: calcinação/masseira, moinho, ensacamento e armazenagem. Na Tabela 6, encontra-se cada processo e seu respectivo número de possíveis causas encontradas na elaboração dos diagramas de *Ishikawa*.

Tabela 6 - Processos com desperdício e o número de causas

Processos	Número de causas
Calcinação/masseira	8
Moinho	7
Ensacamento	6
Armazenagem	8
Total	29

Fonte: Autoria própria (2018)

Foram encontradas 29 possíveis causas, porém antes de seguir para a composição da matriz causa-efeito, estas foram tratadas através de análises de validação com a gerente de produção e o diretor da empresa, na tentativa de uniformizar as causas similares e desconsiderar causas incoerentes. Após o tratamento todas as causas foram mantidas para construção das Matrizes Causa & Efeito, as quais podem ser visualizadas no Apêndice B – Matrizes Causa & Efeito.

Os processos estudados foram posicionados no eixo horizontal da tabela, e as causas no eixo vertical (Apêndice B), para que então fosse possível avaliar o impacto de cada causa nos respectivos defeitos. Dentre elas, existem causas específicas de determinados processos, assim como causas que são aplicáveis a maioria dos processos. Para a matriz causa-efeito determinou-se a escala de correlação conforme a Tabela 7.

Tabela 7 - Grau de correlação

Correlação/Efeito	Inexistente	Baixa	Moderada	Alta
Escala	0	1	3	5

Fonte: autoria própria (2018)

Na matriz causa & efeito, as avaliações de relação das causas com cada defeito foram realizadas apenas pela gerente de produção, que ao fim do seu preenchimento e soma, resultou em um *ranking* das causas que exercem maior impacto nos defeitos levantados. Estas causas foram avaliadas não apenas pelo caráter técnico dos eventos, mas também com base na realidade observada dentro da empresa, e do seu quadro de funcionários. A Tabela 8 apresenta as causas com maiores índices de gravidade. Esses índices foram obtidos a partir da correlação entre as causas e os desperdícios gerados em cada etapa do processo produtivo mostrados nas Matrizes de Causa & Efeito no Apêndice B.

Tabela 8 - Causas com maior grau de prioridade

Posição	Causa	Pontuação	
1º	Operário descompromissado	14	O
2º	Operário desqualificado	12	O
3º	Falta de padronização da quantidade de massa	11	O
4º	Sacos com defeito, velhos ou furados	10	F
5º	Acesso difícil	9	O
6º	Temperaturas elevadas	6	F
7º	Peças desgastadas	6	F
O – Organizacionais	H – Humanas	F - Físicas	

Fonte: autoria própria (2018)

Após a obtenção do *ranking* das causas com maiores índices, onde estes poderiam variar em uma escala de 0 a 14, foram destacadas sete causas raízes. Optou-se por priorizar e propor ações de melhoria para apenas sete das causas, devido à complexidade e importância de resolução destas. Constatou-se que dentre as sete citadas anteriormente existem três naturezas de origem distintas atuantes, dividindo-as em: raízes físicas, humanas e organizacionais. Para

então, por fim, elaborar os Planos de Ações de Melhorias como sugestões para redução do impacto gerado por estas causas.

Causas com Raízes Físicas

Considera-se causas com raízes físicas, ocorrências como: sacos com defeito, velhos ou furados; peças desgastadas. Nestes casos, os componentes podem ter passado por ações físicas ou químicas que o impediram de desempenhar sua função original, como por exemplo a exposição dos componentes a ações de desgaste, contaminação, sobrecarga, fadiga, corrosão, entre outros. Para tais causas foram sugeridas as ações do Quadro 4.

Foram propostas ações para minimizar a ocorrência de desperdícios com sacos velhos, rasgados ou furados com a sugestão da elaboração de uma Folha de Verificação do estado dos sacos no momento da saída e do retorno à fábrica para que se tenha controle sobre o estado dos *big bags* e garantir que os que retornam ainda podem ser utilizados. Também foi proposto adicionar identificação com data de compra aos sacos para que se tenha noção do ciclo de vida útil dos mesmos. E por fim, a proposta da armazenagem em local apropriado para garantir que não aconteçam acidentes e para que a vida útil do produto seja bem aproveitada.

Quadro 4 - Plano de Ação 01

Plano de Ação 01: Ações para minimizar a ocorrência de desperdícios com sacos velhos, rasgados ou furados					
O quê?	Por quê?	Quando?	Onde	Como	Quem
Elaborar uma Folha de Verificação do estado dos sacos no momento da saída e do retorno à fábrica	Para ter controle sobre o estado dos big bags e garantir que os que retornam ainda podem ser utilizados	Em até duas semanas	No setor de compras	Utilizando Excel® Quais os principais dados que compõem essa FV?	Responsável pelo setor de compras
Adicionar identificação com data de compra aos sacos	Para que se tenha noção ciclo de vida útil dos sacos	Sempre que houver sacos novos ou sem identificação	No setor de distribuição	Com um pincel de escrita permanente	Carregadores ou responsável pelo despacho e estoque
Armazenar as embalagens em local apropriado	Para garantir que não aconteçam acidentes e para garantir uma vida útil maior	Sempre que forem recebidas	Setor de distribuição	Definindo espaços apropriados e demarcando com fitas. Prateleiras também podem ser instaladas	Responsáveis pelo setor de distribuição

Fonte: autoria própria (2018)

O Plano de Ação 02 (Quadro 5) propõe ações para minimizar a ocorrência de desperdícios com peças desgastadas, ou seja, ações corretivas que visam fazer trocas periódicas das peças e componentes das máquinas usadas no chão de fábrica. Foi proposto

manutenção preventiva periódica para manter as máquinas e peças em bom funcionamento e a criação de uma planilha com planejamento de manutenção, auxiliando o direcionamento das manutenções a serem realizadas.

Quadro 5 - Plano de Ação 02

Plano de Ação 02: Ações para minimizar a ocorrência de desperdícios com peças desgastadas					
O quê?	Por quê?	Quando?	Onde	Como	Quem
Manutenção preventiva periódica	Para manter as máquinas e peças em bom funcionamento	Mensalmente	Setor produtivo	Fazendo inspeções, manutenções e trocas em peças e máquinas que necessitem	Mecânico
Criar planilha com planejamento de manutenção	Auxiliar o direcionamento das manutenções a serem realizadas	Em um mês	Setor produtivo e de manutenções	Utilizando o Excel Quais são as principais atividades que devem ter nesta planilha?	Gerente de Produção

Fonte: autoria própria (2018)

O Plano de Ação 03 (Quadro 6) propõe ações para minimizar a ocorrência de temperaturas elevadas sugerindo a instalação de exaustores no teto da fábrica visando melhorar a temperatura dentro da fábrica e tornar o trabalho mais agradável para os trabalhadores. Além disso sugere-se também organizar uma escala de horários de trabalho objetivando evitar que os colaboradores acessem os locais considerados muito quentes, evitando acidentes e para que as configurações nas máquinas e equipamentos sejam feitas periodicamente em segurança. Por fim foi proposto a instalação de um bebedouro no setor produtivo para que os operadores que trabalham em ambiente quente saiem a sede.

Quadro 6 - Plano de Ação 03

Plano de Ação 03: Ações para minimizar a ocorrência de temperaturas elevadas					
O quê?	Por quê?	Quando?	Onde	Como	Quem
Instalação de exaustores no teto	Para melhorar a temperatura dentro da fábrica e tornar o trabalho mais agradável para os trabalhadores	Em até um semestre	Setor produtivo	Contratando uma empresa que venda e instale exaustores	Diretor
Organizar horário de trabalho para locais muito quentes	Evitar que haja acidentes e para que sejam feitas as configurações necessárias	Em até duas semanas	Setor produtivo e de manutenções	Utilizando o Excel como ferramenta organizando os melhores horários para se trabalhar em locais quentes	Gerente de Produção
Instalar bebedouro no setor produtivo	Para saciar a sede dos que operam no local quente	Em até 2 semanas	Setor produtivo	Efetivando a compra em uma loja especializada	Setor de compras

Fonte: autoria própria (2018)

Causas com Raízes Humanas

Classifica-se como causas com Raízes Humanas, as quais entende-se que surgiram através da atuação incorreta ou decisões erradas tomadas pelos responsáveis. Podendo elas apresentarem-se por motivos de falta de informação, esquecimento, escolha incorreta de material, fuga do procedimento, entre outras. Nesta análise, não foram constatadas causas Raízes Humanas, que são causas que podem desencadear um evento físico indesejado.

Causas com Raízes Organizacionais

As causas com raízes organizacionais são consideradas as que possuem maior complexidade de resolução, devido a já estarem arraigadas no sistema organizacional em que a empresa está inserida. Muitas vezes mantêm-se despercebida pelos gestores. Em seus exemplos, pode-se citar: o baixo comprometimento dos funcionários, baixo acesso a informação, uso de ferramentas incorretas, falta de procedimentos ou documentação técnica, falha de comunicação, prioridades incorretas, entre outros.

O presente estudo pôs em destaque quatro causas com raízes organizacionais, nas quais existe a possibilidade de serem indiretamente responsáveis pelas causas anteriores, as classificadas como físicas. São as seguintes causas: operário descompromissado, operário desqualificado, falta de padronização da quantidade de massa, acesso difícil.

A gerente de produção atua no setor produtivo recebendo ordens de produção e encaminhando as demandas para produção, além de acompanhar todo o processo diariamente. No tocante ao mecânico, é importante destacar que ele efetua apenas manutenções simples e corriqueiras do dia-a-dia. A empresa não dispõe de treinamentos ou outros métodos de capacitação interna, o que contribui para estagnação do nível de qualificação destes.

Com referência à baixa motivação dos colaboradores, diversas hipóteses podem ser levantadas, como a ocorrência de pequenas situações esporádicas ou inusitadas no dia-dia, que levam a este sentimento, como por exemplo: não receber orientações sobre o que será feito e como será feito e a falta de comunicação entre os colaboradores. No entanto, esta causa também pode ser entendida como uma característica inerente deste grupo de funcionários, os

quais sentem-se desmotivados devido a problemas administrativos apresentados pela empresa, sendo esta a avaliação mais pertinente para tal causa, de acordo com as observações realizadas. Ou seja, identifica-se neste grupo um baixo compromisso e desejo, de realizar as atividades de modo eficiente e produtivo, devido as condições vivenciadas e proporcionadas na empresa.

Percebe-se também, que não existem programas internos de motivação e valorização dos funcionários, como também não existem estímulos à uma cultura e ambiente organizacional saudável dentro da empresa. Esta falta pode ser entendida como uma limitação dos gestores em enxergar que a motivação dos funcionários é um fator de impacto na produtividade.

Alguns aspectos observados na empresa são a falta de envolvimento de alguns funcionários, defasagem na comunicação, tarefa tida como indesejada pelo colaborador (manuseio de materiais pesados, trabalhar em ambientes quentes), não observância de procedimentos, falta de capacitação, utilização ferramental incorreta ou desgastada, prioridades incorretas, falta de acesso a informação.

Nos Quadros 7, 8, 9 e 10, são apresentados os planos de ações para minimizar as causas com raízes organizacionais discutidas anteriormente. Dentre as ações propostas estão a realização de reuniões, treinamentos e palestras objetivando reunir a equipe para traçar diretrizes de curto prazo e tornar o colaborador conhecedor do que ele faz. Foi proposto também promover atividades de lazer entre funcionários para torná-los mais próximos e comunicativos, além da proposição de treinamentos e da criação de um plano motivacional para os cargos dentro da empresa. Todas essas propostas com o objetivo de minimizar a ocorrência dos funcionários descompromissados no trabalho.

Quadro 7 - Plano de Ação 04

Plano de Ação 04: Ações para minimizar a ocorrência de um operário descompromissado					
O quê?	Por quê?	Quando?	Onde	Como	Quem
Realizar reuniões	Para unir a equipe e traçar diretrizes de curto prazo	Mensalmente	Laboratório ou Setor produtivo	Convidando as equipes de trabalho para orientar sobre o planejamento da produção	Gerente de produção
Realizar treinamentos e/ou palestras	Para tornar o operário conhecedor do que ele faz	Mensalmente e quando entrar um novo funcionário	Setor produtivo	Convidando instituições de ensino e de consultorias	Gerente de Produção
Melhorar o contato entre funcionários da empresa	Para tornar o ambiente de trabalho mais harmônico	Semanalmente	Na empresa	Criando um espaço de convivência e tornando os setores abertos uns aos outros	Diretor
Promover atividades de lazer entre funcionários	Para torná-los mais próximos e mais comunicativos	A cada 2 ou 3 meses	Chácaras, restaurantes, pizzarias, etc	Criando um calendário de atividades de lazer de acordo com os recursos disponíveis	Setor financeiro
Reconhecer o trabalho dos funcionários	Para que eles se sintam reconhecidos e motivados	Sempre	Em conversas informais, formais e sempre que for merecido	Bonificando no salário ou reconhecendo verbalmente	Gerente de produção

O quê?	Por quê?	Quando?	Onde	Como	Quem
Programa motivacional e de valorização dos funcionários	Aumentar a satisfação de fazer parte da empresa, bem como o comprometimento, empenho e dedicação ao seu trabalho.	Mensalmente	Toda empresa	Colocando em prática algumas ações como a escolha do funcionário do mês, palestras e programas de cuidados com a saúde do trabalhador, homenagens a funcionários que possuem mais tempo na empresa, eventos comemorativos, etc.	Gerente de Produção e o Diretor
Plano de Carreira	Estimular a produtividade e o crescimento profissional dos funcionários, em busca de melhores resultados para ambos (empresa/funcionário).	Apresentá-lo no momento da contratação	Setor Financeiro	Redefinir organograma, delimitando as responsabilidades e lideranças por níveis de atuação, de modo a descentralizar da gerente de produção toda a responsabilidade. Estabelecer competências e projetos que devem ser desenvolvidos pelos funcionários para seu crescimento.	Setor de RH (quando houver)

O quê?	Por quê?	Quando?	Onde	Como	Quem
Treinamento e aplicação do 5 S	Melhorar o ambiente de trabalho. Conscientizar os funcionários em relação aos sentidos de utilização, ordenação, limpeza, saúde e autodisciplina.	Treinamentos Mensais e aplicação diária	Setor de produção e de manutenção	Realizar um diagnóstico inicial da situação do setor de produção, gerar campanhas de lançamento e conscientização, palestras, treinamento de auditores para acompanhar os planos de ações do 5 S e apresentação contínua de mudanças alcançadas com o programa.	Gerente de Produção e Diretor

Fonte: autoria própria (2018)

O próximo plano de ação (Quadro 8) envolve ações para minimizar a ocorrência de um operário desqualificado. Dentre elas a criação de um programa de qualificação interna para aumentar o nível de qualificação dos funcionários. A Bonificação de funcionários por cursos finalizados para estimular os funcionários a participarem do Programa de Qualificação e obter bons resultados. E a disponibilização e melhoria do acesso à manuais, especificações técnicas, catálogos materiais com informações sobre a produção de gesso e sobre motivação para facilitar a obtenção de informações importantes que contribuirão para aumentar a capacitação dos funcionários, bem como um melhor desempenho da produção.

Quadro 8 - Plano de Ação 05

Plano de Ação 05: Ações para minimizar a ocorrência de um operário desqualificado					
O quê?	Por quê?	Quando?	Onde	Como	Quem
Programa de Qualificação interna	Aumentar o nível de qualificação dos funcionários	Um final de semana por mês. Obs.: Também deve ser realizado com a admissão de um novo funcionário	Na sede da empresa / Laboratório	Exposição de conteúdos em slides e materiais impressos. Aula explicativa e prática	Instrutor externo, com o suporte da gerente de produção
Bonificação de funcionários por cursos finalizados	Estimular os funcionários a participarem do Programa de Qualificação e obter bons resultados.	Ao fim de cada 01, 02, 03 módulos, ou mais. Variando de acordo com a bonificação	Em todos os setores	Premiando-os com: passeios, jantares, churrascos, equipamentos eletrônicos, dias adicionais às férias, folgas, day-use, 14º salário, entre outros. Definido de acordo com os recursos disponíveis	Setor RH

O quê?	Por quê?	Quando?	Onde	Como	Quem
Disponibilizar e melhorar o acesso à manuais, especificações técnicas, catálogos materiais com informações sobre a produção de gesso e sobre motivação	Facilitar o acesso a informações importantes que contribuirão para aumentar a capacitação dos funcionários, bem como um melhor desempenho da produção	Durante todo o ano. No caso de revistas, mensalmente.	Em todos os setores	Reservando um pequeno espaço, para armazenamento e leitura de manuais, especificações técnicas, catálogos e revistas	Gerente de Produção

Fonte: autoria própria (2018)

Quadro 9 - Plano de Ação 06

Plano de Ação 06: Ações para minimizar a ocorrência da falta de padronização da quantidade de massa					
O quê?	Por quê?	Quando?	Onde	Como	Quem
Estabelecer uma abertura de gaveta padrão ou automatiza-la	Para que as roscas de transporte não entupam com a alta quantidade de massa	Imediatamente	Na masseira	Tornando a gaveta fixa através de solda ou com sua adaptação automática ao fluxo produtivo	Mecânico
Criar alternância entre os fornos para que deformem em tempos diferentes	Evitar que as roscas entupam com o alto fluxo de massa	imediatamente	Na calcinação	Como o tempo de calcinação é de cerca de 1h:10min, criar um padrão de produção para deformar a cada 40min	Calcinador / Gerente de produção

Fonte: autoria própria (2018)

O Plano de Ação 07 (Quadro 10) objetiva minimizar a ocorrência de acesso difícil, ou seja, melhorar o acesso à locais difíceis dentro da fábrica. Isso ocorre com frequência devido à proximidade das máquinas umas das outras e da demanda natural da produção por realização de configurações e limpezas. Para isso, foi proposto utilizar acessórios que facilitem o acesso a determinados locais.

Quadro 10 - Plano de Ação 07

Plano de Ação 07: Ações para minimizar a ocorrência do acesso difícil					
O quê?	Por quê?	Quando?	Onde	Como	Quem
Utilizar acessórios que facilitem o acesso a determinados locais	Para que os colaboradores trabalhem com segurança e para que se possa realizar o trabalho da melhor forma possível.	Sempre que necessário	Masseira e moinho	Solicitando a instalação de uma escada pequena para o moinho e um acesso para a masseira	Mecânico e setor financeiro

Fonte: autoria própria (2018)

Sugestões de ações complementares

É importante sugerir ações além das pontuadas nos itens anteriores para que sirvam de complemento e para que a abrangência das ações tomem proporções maiores e mais eficazes. Diversos problemas foram percebidos durante as observações *in loco* e muitas melhorias podem ser feitas no setor produtivo, no setor de manutenções e no setor administrativo.

Com relação ao setor produtivo, algumas ações poderiam ser feitas, como por exemplo: as marcações de *layout* com fitas coloridas para delimitar as áreas de segurança, de passeio, de acesso restrito, etc.; a implantação da estratégia FIFO (primeiro que entra é o primeiro que sai) para que se tenha um giro correto e organizado do estoque; aproximar o laboratório de qualidade do setor de produção para que os estudos de qualidade (tempo de pega) sejam executados mais rapidamente e para que a tomada de decisão de um lote fora de controle também seja mais rápida; estratificar os desperdícios por processo para que se tenha um controle maior para a tomada de decisão sobre os desperdícios.

Implantar ensacadeiras modernas para acabar com os desperdícios na etapa de ensacamento; padronizar a quantidade de lenha necessária para uma fornada de calcinação, construindo prateleiras com espaços para lenha necessária para uma calcinação. Essa última ação reduziria os desperdícios com a utilização de energia desnecessária.

Com relação à parte administrativa, a sugestão é que seja criado um setor de Recursos Humanos para selecionar pessoas qualificadas para cargos específicos; administrar e monitorar comportamentos e procedimentos internos; prover incentivos financeiros; alinhar seus colaboradores com as políticas da corporação e fazer a recompensação dos mesmos; promover treinamentos; cuidar das relações trabalhistas.

Além disso é importante que se faça uma auditoria com os funcionários, suas funções e atividades executadas. Essa ação traria informações sobre colaboradores sobrecarregados e outros muito ociosos.

Para finalizar essas considerações e sugestões, e retornando ao setor produtivo, é importante citar que foi observado que os fornos de calcinação possuíam diferenças no tempo de calcinação e no consumo de lenha para produzir a mesma quantidade de sacos de gesso. Enquanto o forno 1 consumia mais lenha, o forno 2 consumia uma quantidade menor e tinha um tempo de calcinação de 10 a 15 minutos a menos que o forno 1.

Diante dessa problemática, foram analisadas as possíveis causas do problema e foi descoberto que essa diferença é ocasionada porque o nível de matéria prima dos silos de enchimento dos fornos estão iguais, ou seja, o forno 1, que tem uma capacidade maior e pode calcinar mais gipsita, está sendo cheio com a mesma capacidade do forno 2 que tem capacidade menor. Para corrigir

esse problema, uma proposta, levantada em uma das reuniões com a equipe de trabalho é que seja nivelada a boia do silo do forno 1 de acordo com sua verdadeira capacidade para que se economize lenha e para ter ganho na produtividade. Para uma análise mais aprofundada desse caso, seriam necessários estudos mecânicos e químicos mais aprofundados, no sentido de melhorar a eficiência e a produtividade deste processo de calcinação.

5. Considerações Finais

A metodologia DMAIC permitiu levantar os elementos necessários para o desenvolvimento do trabalho, sem que houvesse distanciamento do problema central. O detalhamento e aplicação de suas etapas, atuaram como um filtro, onde foram analisados os desperdícios e suas possíveis fontes, a fim de reduzir, restringir e facilitar a visualização das causas mais importantes que levavam ao desperdício na produção.

Para quem busca solucionar problemas, o conhecimento sobre as fases do processo e seus fatores chaves são importantes, pois apresentam-se no sentido de auxiliar a determinação de onde se quer chegar, e o que realmente importa para seus principais clientes. Na etapa Definir foi possível encontrar tais respostas, as quais nortearam os próximos passos do trabalho. O mapeamento do processo, elaborado por meio do mapa SIPOC, foi uma ferramenta que, ao aplicá-la pôde-se identificar com clareza os reais clientes do processo, suas exigências, como todo o processo é desenvolvido e os responsáveis por cada etapa.

Neste trabalho fatores como: baixo preço de compra, tempo de pega longo, granulometria, massa do saco e o armazenamento de acordo com as especificações técnicas da ABNT 13207 foram compreendidos como requisitos dos clientes. A clareza sobre tais requisitos viabilizou o andamento do trabalho, partindo para um processo de coleta de dados, para melhor esclarecimento da representatividade dos desperdícios perante a produção, explorados na etapa Medir. Esta etapa foi iniciada com a análise do número de desperdícios e de um estudo básico financeiro considerando os preços de venda de cada tipo de gesso em um período de três meses. Com isso, constatou-se que das 47,06 t de rejeito (gesso de limpeza), 23,53 (50%) fossem vendidas como gesso de revestimento por R\$ 236,50 a tonelada, elas trariam um aumento de pelo menos R\$ 5.564,85 no faturamento de gesso de revestimento para a indústria no período de 3 meses.

A medida que o presente trabalho foi desenvolvido e que as ferramentas de qualidade foram aplicadas, tornou-se possível ampliar o entendimento sobre a real problemática da empresa facilitando o diagnóstico, análise e proposição de melhorias para as causas raízes finais.

Na etapa Analisar, os resultados do diagrama de Ishikawa e da matriz Causa & Efeito, destacaram-se sete causas com maiores índices na avaliação. Em seguida, com a categorização das raízes das sete causas explanadas no *ranking*. Como foi percebido através dos resultados encontrados, onde as causas físicas – sacos com defeito, velhos ou furados; e as causas com raízes organizacionais identificadas neste trabalho foram: operário descompromissado, operário desqualificado, falta de padronização da quantidade de massa e o acesso difícil à alguns ambientes da fábrica.

Deste modo, entende-se que em ordem de prioridade, deve-se combater ou minimizar a presença de causas com raízes organizacionais, as quais estão imersas no comportamento e na rotina dos funcionários da empresa. Tais decisões devem ser tomadas pelos gestores, visando resultados em um horizonte temporal de longo prazo, pois são mudanças que necessitam de tempo para aceitação, adaptação e aprendizado sobre o “novo ser” da empresa.

Através da metodologia DMAIC, com auxílio das ferramentas: mapa do processo, *Brainstorming*, diagrama de Ishikawa, matriz causa & efeito, análise de causa raiz e 5W1H, observou-se um perfil organizacional em que sua estrutura, cultura e ambiente apresentavam diversos entraves para que se inicie a redução nos desperdícios e o aumento da produtividade. Para isto, foram elaborados planos de ação, sugerindo medidas que atuem no sentido de capacitar e motivar os funcionários, bem como disponibilizar recursos estruturais e técnicos para minimizar a ocorrência de desperdícios.

Conclui-se que os objetivos deste trabalho foram alcançados, e que a metodologia DMAIC mostrou-se eficiente para a sua realização. Espera-se que, com as medidas propostas os desperdícios sejam reduzidos e o nível de qualidade do produto seja elevado.

6. Referências

ADENE/ATECEL. **Eficiência energética e busca de alternativas**. VI Seminário Nacional de Arranjos Produtivos Locais de Base Mineral – APL do Gesso em Pernambuco, SINDUSGESSO/SEBRAE, 2006.

ANDRADE, G. E. V.; MARRA, B. A.; LEAL, F. Análise da aplicação conjunta das técnicas sipoc, fluxograma e fta em uma empresa de médio porte. In: ENEGEP, 32., 2012, Bento Gonçalves. **Anais**. Rio de Janeiro, 2012.

ANTONY, J. Six Sigma vs Lean. **International Journal of Productivity and Performance Management**, 2011.

ANTONY, J. Six Sigma vs Lean. **International Journal of Productivity and Performance Management**. v. 60, n. 2, p. 185 – 190, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13207: Gesso para construção civil**. Rio de Janeiro. 1994.

BAIRD, K.; HU, K. J.; REEVE, R. The relationships between organizational culture, total quality management practices and operational performance. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 31, n. 7, p. 789-814, 2011.

BALLESTERO-ALVAREZ, M. E. **Gestão de Qualidade, Produção e Operações**. São Paulo: Editora Atlas, p. 418, 2010.

BEHBAHANI, M.; SAGHAEE, A.; NOOROSSANA, R. **A case-based reasoning system development for statistical process control**: Case representation and retrieval. *Computers & Industrial Engineering*. v.63. n.4. p.1107-1117. 2012. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036083521200174X> . Acesso em: 05 set. 2017.

BEHR, A.; MORO, E. L. S.; ESTABEL, L. B. **Gestão da biblioteca escolar**: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 37, n. 2, p. 32-42, 2008.

BEREZUK, A. L.; MORAIS, E.; VALVERDE, F.; ALMEIDA, J. R. D. de, & GROSSI, M. V. F. MS PROJECT **Gerenciamento de Projetos**. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo – Brasil, 2014.

BORNIA, A. C. **Análise Gerencial de Custos em Empresas Modernas**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

BRUN, A. Critical success factors of Six Sigma implementations in Italian companies. **International Journal of Production Economics**, v. 131, n. 1, p. 158-164, 2011.

CAMARGO, M. E.; FILHO, W. P.; SORTICA, G. B.; SANTOS, A. B.; RUSSO, S. L. Análise do serviço de logística através de cartas de controle. **Anais. XVII SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção**, Bauru, 2010.

CAMPOS, V. F. **TCQ: controle da qualidade total (no estilo japonês)**. São Paulo: Campus, 2009.

CAMPOS, V. F. **TQC – Controle da Qualidade Total: No estilo japonês**. Falconi Consultores de Resultado, p. 286, 2014.

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

CÉSAR, F. I. G. **Ferramentas Básicas da Qualidade: Instrumentos para gerenciamento de processo e melhoria contínua**. São Paulo: Biblioteca24horas, 2011.

CLETO, M. G.; QUINTEIRO, L. **Gestão de projetos através do DMAIC: um estudo de caso na indústria automotiva**. Revista Produção Online, v.11, n.1, p. 210-239, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v11i1.640>, acesso em Set. 2017.

DAYCHOUW, M. **Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento**. 3. ed. Rio de Janeiro: Brasport, p. 416, 2007.

DOMENECH, C; **Estratégia Lean Seis Sigma – Etapas: Definir, Medir e Analisar**. São Paulo, M.I. Domenech. Fevereiro, 2016.

DOMENECH, C. **Estratégia Lean Seis Sigma**. 1ª Edição. São Paulo: M. I. Domenech, 2015.

DORNELES, M; **Falando sobre Six Sigma-S.I.P.O.C – Mundo da Qualidade**. Disponível em < <http://mundoqualidade.blogspot.com.br/2010/09/falando-sobre-six-sigma-sipoc.html>> acesso em 14 Set. 2016.

ESCOBAR, M. A. R.; LIZOTE, S. A. & VERDINELLI, M. A. (2012). **Relação entre orientação empreendedora, capacidade de inovação e munificência ambiental em agências de viagens**. Turismo: Visão e Ação, 14(2): 269-286.

ESTEVES, B. S.; MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F.; BERNARDO, S. Avaliação do Kt para estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) em Campos dos Goytacazes, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 274-278, 2010.

FREITAS, R. **Polo gesseiro local pode ser beneficiado**. Folha PE, 2017. Disponível em: <http://www.folhape.com.br/economia/economia/economia/2017/02/08/NWS,17136,10,550,ECONOMIA,2373-POLO-GESSEIRO-LOCAL-PODE-SER-BENEFICIADO.aspx>. Acesso em: 25 set. 2017.

GANGULY, A.; PATEL, S.K.; **A teaching–learning based optimization approach for economic design of X-bar control chart.** *Applied Soft Computing*. v. 24, p.643–653. 2014.

GEJDOŠ, P. **Continuous Quality Improvement by Statistical Process Control.** *Procedia Economics and Finance* 34:565-572, 2015.

GIJO, E. V.; ANTONY, J. **Reducing patient waiting time in outpatient department using Lean six sigma methodology.** *Quality and Reliability Engineering International*, v. 30, n. 8, p. 1481-1491, 2014.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4 ed. Atlas: São Paulo, 2009.

GONÇALEZ, P.U.; Werner, L. Comparação dos índices de capacidade do processo para distribuições não normais. **Revista Gestão e Produção**, v 16, n. 01, p 121-132, 2009.

GOULART, L. E. T.; BERNEGOZZI, R. P. **O uso das ferramentas da qualidade na melhoria de processos produtivos.** In: XVI International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. São Paulo, p. 1 – 13, 2010.

GUIMARÃES, L. S.; MEDEIROS, H. S.; SANTANA, A. F. B.; PEREIRA, M. S. Redução de custos no processo produtivo com a utilização do ABC e Ferramentas Lean: estudo de caso em uma indústria de componentes de refrigeração. *Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, v. 10, n. 1, p. 157-175, 2015.

HENDERSON, H. K. M.; EVANS, J. R. **Successful implementation of Six Sigma: benchmarking General Electric Company.** *Benchmarking: An International Journal*, v. 7, n. 4, p.260-282, 2000. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/14635770010378909>>. Acesso em: 17 Ago. 2017.

Hernandez, R. H. **Controle estatístico de processo aplicado na uniformidade da irrigação e fertirrigação por gotejamento.** Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Cascavél: Universidade Estadual do Oeste do Paraná Campus de Cascavél, 2010.

HERRMANN, J. R.; COPELLO JUNIOR, J. C. Sistema de Gestão da Qualidade ISO 9001:2008: Uma Estratégia de Gestão para as Organizações Contábeis do RS. **Revista Eletrônica do Curso de Ciências Contábeis**, 2014. Disponível em: < <http://seer.faccat.br/index.php/contabeis/article/view/130> > Acesso em: 16 out. 2016.

HO, L.L.; QUININO, R.C.; An attribute control chart for monitoring the variability of a process. *Int. J. Production Economics*. V.145.P. 263-267, 2013.

IDE, M.S.; RIBEIRO Jr. J. I; SOUZA, L.M. Gráficos de controle com uma abordagem de séries temporais. **Revista Eletrônica Produção & Engenharia**, v.2, n. 1, p.69-84, 2009.

ISHIKAWA, K. **Controle de qualidade total: à maneira japonesa**. Tradução: Iliana Torres. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

JANINE L. S.; JONES, K. L. Process management, innovation and efficiency performance: The moderating effect of competitive intensity, **Business Process Management Journal**, Vol. 20 Issue: 2, pp.335-358, 2014.

JIMÉNEZ F. H.; AMAYA L.C. **Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas**: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Rev. chil. ing.* vol.22 n°.2 Arica abr. 2014.

JIRASUKPRASERT, P. A Six Sigma and DMAIC application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process. **International Journal of Lean Six Sigma**, 2014

Jones, J. & Linderman, K. Process management, innovation and efficiency performance: The moderating effect of competitive intensity. **Business Process Management Journal**, 2014.

JUNIOR, I. M.; et al. **Gestão da Qualidade**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010.

KAUARK, F. S.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da Pesquisa**: Um guia prático. Itabuna, Bahia: Via Litterarum, 2010.

KORZENOWSKI, A. L.; ANZANELLO, M.J.; PORTUGAL, M. S.; CATEN, C. **Predictive models with endogenous variables for quality control in customized scenarios affected by multiple setups**. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 65, p. 729-736, 2013.

KRÜGER, E. M. **Proposta de um modelo de estratégia de operações de serviço para o ensino superior de pós-graduação**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2013.

KUAN, C. C. C. Research on product reliability improvement by using DMAIC process. **Asian Journal on Quality**, Vol. 13 Iss 1 pp. 67-76, 2012.

KUMAR, S.; SOSNOSKI, M. **Using DMAIC Six Sigma to systematically improve shopfloor production quality and costs**. *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 58. n.3, p.254-273, 2009.

LEE, J.; COVELL, M. **A strategic approach to overhead management**. 2008. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/10878570810858202>>. Acesso em: julho, 2017.

LEONG, T. K.; ZAKUAN, N.; & SAMAN, M. Z. M. **Quality Management Maintenance and Practices Technical and Non-Technical Approaches**. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 65, p. 688–696, 2012.

LIMA FILHO, H. J. B.; **Tratamento dos Resíduos de Gesso da Construção e da Demolição – RCD para a Produção de Gesso Beta Reciclado**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Programa de Mestrado em Engenharia Química. Recife, 2010.

LUCINDA, Marco Antônio. **Qualidade, Fundamentos e Práticas**. São Paulo: Brasport, 2010.

MACEDO, M. M. Gestão da produtividade nas empresas. **Revista Organização Sistêmica**, 2012.

MACHADO, S. S. **Gestão da qualidade**. Goiás, Instituto Federal de ciência e tecnologia Campus Inhumas, 2012.

MADANHIRE; IGNATIO; CHARLES, M. **Application of Statistical Process Control (SPC) in Manufacturing Industry in a Developing Country**. Procedia CIRP 40:580- 583, 2016.

MAHANTI, R.; ANTONY, J. Six sigma in the Indian software industry: Some observations and results from a pilot survey. **TQM Journal**, v. 21, n. 6, p. 549-564, 2009.

MANDAL, P. Improving process improvement: executing the analyze and improve phases of DMAIC better. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 3, p. 231- 250, 2012.

MARSHALL JUNIOR, I.; CIERCO, A. A.; ROCHA, A. V.; MOTA, E. B.; LEUSIN, S. **Gestão da Qualidade**. 8ª ed..Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

MARSHALL JUNIOR, I. **Gestão da Qualidade**, São Paulo: FGV, 2010.

MARTINS, J. C.; MENEZES, T. M; VACCARO, G. L. R.. **Análise estatística da qualidade de níveis de tensão em sistemas de distribuição de energia elétrica**. Produção. v..21, n.3, p. 539-552, 2011. Disponível em:< http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010365132011000300016>. Acesso em: 06 dez 2017.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2006.

MAST, J.; LOKKERBOL, J. An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. **International Journal Production Economics**. v.139, n.2, p. 604–614, 2012.

MAXIMIANO, A. **Teoria geral da administração**. São Paulo, Atlas, 2012.

- MELLO, L. C. B. B. **Qualidade**. Notas de Aula, 2015.
- MELO, L. S.; COSTA, H. G.; FARIAS, J. R. Aplicação do diagrama de causa e efeito como instrumento de gestão de resíduos de construção. **Anais**, XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, João Pessoa, 2016.
- MIGUEL, P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, ABEPRO, 2012.
- MISHRA, P.; SHARMA, R. K. A hybrid framework based on SIPOC and Six Sigma DMAIC for improving process dimensions in supply chain network. **International Journal of Quality & Reliability Management**, 2014.
- MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 2ª ed., Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4ªed. LTC, 2013.
- Montgomery, D. C. **Introduction to Statistical Control**. Sixth Edition ed: John Wiley & Sons, Inc. Reprint, 6th Edition, 2009.
- MONTGOMERY, D.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 5. ed. São Paulo: LTC, 2013
- MONTGOMERY, D.C.; WOODALL, W.H. **An Overview of Six Sigma**. International Statistical Review. Vol. 76, p. 329-346, 2008.
- MOOSA, K.; SAJID, S. **Critical analysis of Six Sigma implementation**. Total Quality Management & Business Excellence, v.21, n.7, p.745-759, 2010.
- MOREIRA, R. T.; **Uma abordagem para melhoria do processo de software baseada em medição**. 2008. 153f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.
- MOURA. G. G.; LINO, H. S.; FERNANDES, S. M. Análise da metodologia de avaliação da capacidade dos processos de usinagem para implementação do CEP em ferramentas elétricas. **Anais**. XV SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru, 2008.
- MYSZEWSKI, J. On improvement story by 5 whys. **The TQM Journal**, v. 25, n. 4, p. 371 – 383, 2013.
- NARVAES, P. **Dicionário ilustrado de meio ambiente**. São Caetano do Sul, 2012.
- NÄSLUND, D. Lean six sigma and lean sigma: fads or real process improvement methods?. **Business Process Management Journal**, v.14, n.3, p. 269-287, 2008.

NOMELINI, Q. S. S.; FERREIRA, E. B.; OLIVEIRA, M. S. Estudos dos padrões de não aleatoriedade dos gráficos de controle de Shewhart: um enfoque probabilístico. **Revista Gestão & Produção**, São Carlos, v. 16, n. 3, Set. 2009.

NP EN ISO 9000: 2015. **Sistemas de Gestão da Qualidade: Fundamentos e Vocabulário**. (3ª ed.). CT 80 (APQ). ICS: 01.040.03; 03.120.10, 2015.

OLIVEIRA, J. C. S.; SILVA, A. P. Análise de indicadores de qualidade e produtividade da manutenção nas indústrias brasileiras. **Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 8, n. 3, p. 53-69, 2013.

OMACHONU, V. K.; ROSS, J. E. **Principles of total quality**. 3. ed. Florida: CRC Press LLC, p.512, 2004.

PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2008.

PALADINI, E. P. **Gestão Estratégica da Qualidade**. São Paulo: Atlas, 2009.

PEDRINI, D. C.; CATEN, C. S. T. Comparação entre gráficos de controle para resíduos de modelos. **Anais**. XV SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru, 2008.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção**. Operações industriais e de serviços. Unicenp, 2007.

PERES, L.; BENANCHOUR, M.; SANTOS, V. A., **Gesso: Produção e Utilização na Construção Civil**. Recife: Sebrae, 2008.

PINHEIRO, S. M. M. **Gesso reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes**. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2011.

PINTO, A.; SOARES, I. **Sistemas de Gestão da Qualidade: Guia para a sua implementação**. (1ªed.). Lisboa. Edições Sílabo, 2011.

PINTO, L. J. S. **Produção científica sobre custos da qualidade e da não qualidade no Brasil: um estudo bibliométrico nos principais livros, revistas acadêmicas e congressos na área de ciências contábeis**. ReCont: Registro Contábil, v. 3, n. 2, p. 60-74, 2012.

PINTO, S.H.B.; CARVALHO, M.M.; HOO, L. L. Programa Seis Sigma: aspectos sinérgicos com outras abordagens de gerenciamento da qualidade. **Revista Produção Online**, v.9, n.1, p. 170-193, 2009.

PIRES, A. R. **Sistemas de Gestão da Qualidade: Ambiente, Segurança, Responsabilidade Social, Indústria, Serviços, Administração Pública e Educação**. (1ª ed.). Lisboa. Edições Sílabo, 2012.

PRAJOGO, D.I. The roles of firms' motives in affecting the outcomes of ISO 9000 adoption. **International Journal of Operations & Production Management**, 31 (1), pp. 78-100, 2011.

PRASHAR, A. Adoption of Six Sigma DMAIC to reduce cost of poor quality. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 63, n. 1, p. 103 – 126, 2014.

PYZDEK, T.; KELLER, P. **The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers at All Levels**. New York. McGraw-Hill, 2010.

ROSA, L. C. da. **Introdução ao controle estatístico de processos**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2009.

ROTONDARO, R.G. et al. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.

SALZARULO, P. A.; KREHBIEL, T. C.; MAHAR, S.; EMERSON, L. S. Six Sigma sales and marketing: application to NCAA basketball. **American Journal of Business**, 2012.

SAMPAIO, P. **Ferramentas da Qualidade**. 2015. Disponível em: <www.ferramentasqualidade.com>. Acesso em: 10 set. 2017.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. **Contribuições do Seis Sigma: estudos de caso em multinacionais**. Production, v.20, n.1, p.42 – 53, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132010005000003>>. Acesso em: 19 out. 2017.

SANTOS, P. F. R. **Análise e controle de processo operacional em logística de distribuição através do seis sigma: um estudo de caso em um centro de distribuição automatizado de uma companhia âncora do varejo nacional**. SIMPEP. Bauru – SP, 2015.

SCHNEIDER, L.; KETTNER, J. M. D.; BAGGIO, D. K.; FRANTZ, T. R.; GRIEBELER, M. P. D. A Aplicação De Learning Organization Em Uma Empresa Familiar: O Caso Da Wj Informática. **Revista de Administração e Comércio Exterior** (ISSN: 2447-2719), v. 2, n. 2, p. 2-19, 2017.

SDEC-PE. Secretaria de desenvolvimento econômico se Pernambuco. **Polo gesseiro sente os efeitos da crise**. 2017. Disponível em: <<http://www.sdec.pe.gov.br/clipping/polo-gesseiro-sente-os-efeitos-da-crise/>> . Acesso em 17 de outubro de 2017.

SELEME, R.; HUMBERTO, S. **Controle de qualidade: as ferramentas essenciais**. Curitiba: InterSaberes, 2012.

SGARBI JUNIOR, G.; CARDOSO, A. A. **Lean Seis sigma na logística: aplicação na gestão dos estoques em uma empresa de auto peças**. ENEGP. Belo Horizonte – MG, 2011.

SHANKAR, R. **Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide**. Milwaukee: Asq Quality Press, 2009.

SHINOHARA, A. H.; OLIVEIRA, M. A. C. **A experiência com gás natural/GLP no polo gesseiro do Araripe, PE**. Cerâmica v. 60 n.º. 354 São Paulo, abr. 2014.

SILVA JUNIOR, M. T. **Benefícios e dificuldades na adoção de um sistema de gestão da qualidade no Rio Grande do Norte**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação Engenharia da Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

SILVA, I.B.; MIYAKELL, D.A.; BATOCCHIO A. III; AGOSTINHO, O.L.; **Integrando a promoção das metodologias Lean Manufacturing e Six Sigma na busca de produtividade e qualidade numa empresa fabricante de autopeças**, 2011.

SILVA, J. P. C.; MACHADO, F. O. **A Qualidade como estratégia empresarial: um estudo conceitual**. INGEPRO-Inovação, Gestão e Produção, v. 3, n. 10, p. 035-046, 2011.

SIMON, K.; **SIPOC Diagram – I SIX SIGMA**. Disponível em <<https://www.isixsigma.com/tools-templates/sipoc-copis/sipoc-diagram/>> acesso em 10 Set. de 2017.

SINDUSGESSO. **Sindicato da Indústria do Gesso do Estado de Pernambuco**. 2017. Disponível em:<<http://www.sindusgesso.org.br/>>. Acesso em: 17 de outubro de 2017.

SNEE, R. D. **Dealing with the Achilles' hell of six sigma initiatives - Project selection is key to success**. Quality Progress, v. 34, n. 3, p. 66-72, 2001.

SOKOVIC, M.; PAVLETIC, D.; PIPAN, K.K. Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering**, v. 43, n.1, p. 473-483, 2007.

SOUZA, M. A.; DIEHL, C. A. **Gestão de Custos**. São Paulo: Atlas, 2009.

STAN, L.; MARASCU, K. V.; **Techniques to reduce costs sustainable quality in the industrial companies**. 8th International DAAAM Baltic Conference "INDUSTRIAL ENGINEERING", Tallinn, Estonia, 2012.

SU, H.; DHANORKAR, S.; LINDERMAN, K. A competitive advantage from implementation timing of ISO management standards. **Journal of Operations Management**, 37, pp. 31-44, 2015.

SU, H.; LINDERMAN, K., SCHROEDER, R.G.; VAN DE VEN, A. A comparative case study of sustaining quality as a competitive advantage. **Journal of Operations Management**, 30, pp. 429-445, 2014.

TRIOLA, Mário F. **Introdução à estatística**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

VALMOHAMMADI, C.; ROSHANZAMIR, S. The guidelines of improvement: Relations among organizational culture, TQM and performance. **International Journal Production Economics**, 164, pp. 167-178, 2015.

VAN IWAARDEN, J.; VAN DER WIELE, T.; DALE, B. The Six Sigma improvement approach: a transnational comparison. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 23, p. 6739–6758, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00207540802234050>>. Acesso em: 31 out. 2017.

WERKEMA, M. C. C.; **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**. Belo Horizonte: 2006.

WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma: introdução às ferramentas do Lean Manufacturing**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

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

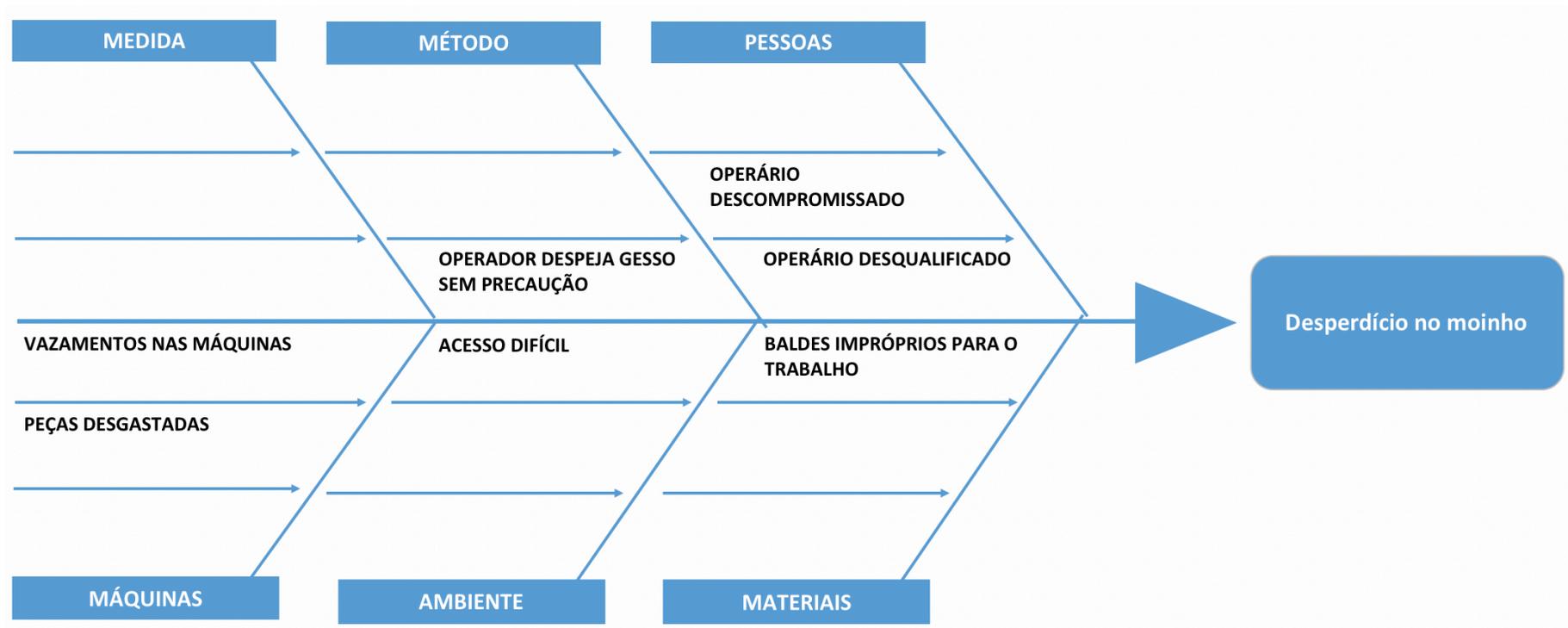
APÊNDICE A – Diagramas de Ishikawa

Diagrama 1 – Causas para desperdícios na Calcinação



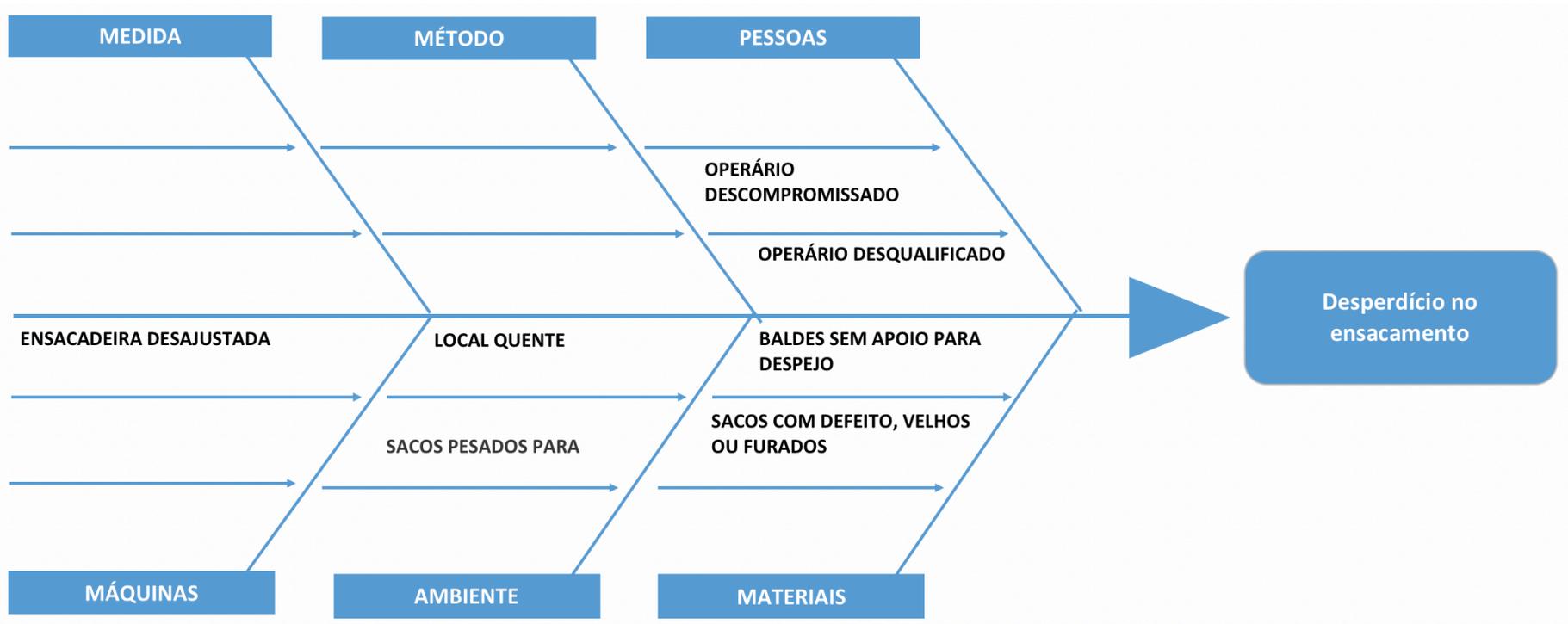
Fonte: autoria própria (2018)

Diagrama 2 – Causas para desperdícios no Moinho



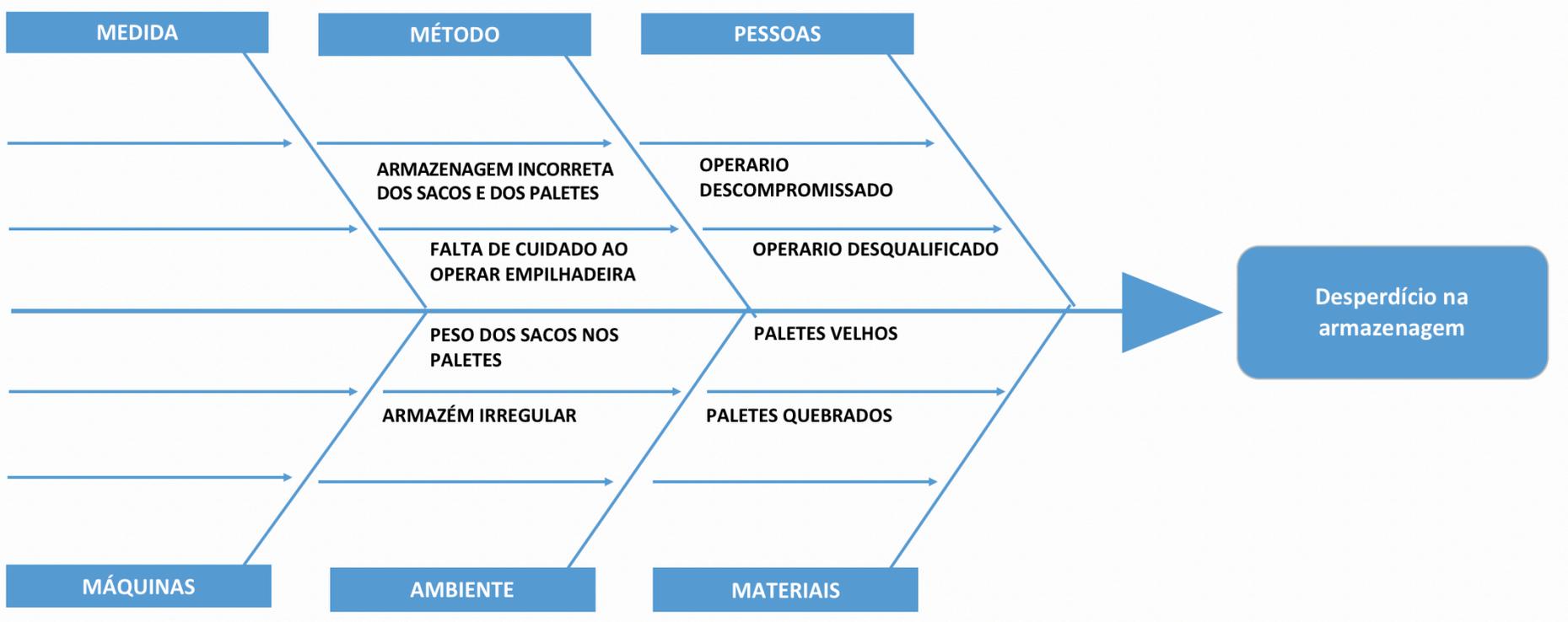
Fonte: autoria própria (2018)

Diagrama 2 – Causas para desperdícios no ensacamento



Fonte: autoria própria (2018)

Diagrama 2 – Causas para desperdícios na armazenagem



Fonte: autoria própria (2018)

APÊNDICE B – Matrizes de Causa & Efeito

Matriz 1

Matriz de Causa & Efeito 1					
	DESPERDÍCIO NA CALCINAÇÃO/MASSEIRA	DERPERDÍCIO NO MOINHO	DESPERDÍCIO NO ENSACAMENTO	DESPERDÍCIO NA ARMAZENAGEM	Total
FALTA DE PADRONIZAÇÃO DA QUANTIDADE DE MASSA	5	1	5	-	11
PORTA DE SAÍDA DE MASSA DESRREGULADA	5	-	-	-	5
OPERADOR NÃO REGULA FLUXO DE MASSA	5	-	-	-	5
TEMPERATURAS ELEVADAS	5	-	1	-	6
DIFÍCIL ACESSO	5	3	-	-	8
OPERADOR DESCOMPROMISSADO	3	1	3	3	10
OPERADOR DESQUALIFICADO	3	3	1	3	10
EXCESSO DE MASSA	5	-	-	-	5
LEGENDA: 5 - Correlação Forte 3 - Correlação Moderada 1 - Correlação Fraca					

Fonte: autoria própria (2018)

Matriz 2

Matriz de Causa & Efeito 2					
	DESPERDÍCIO NA CALCINAÇÃO/MASSEIRA	DESPERDÍCIO NO MOINHO	DESPERDÍCIO NO ENSACAMENTO	DESPERDÍCIO NA ARMAZENAGEM	Total
VAZAMENTOS NAS MÁQUINAS	-	5	-	-	5
PEÇAS DESGASTADAS	-	5	1	-	6
OPERADOR DESPEJA GESSO SEM PRECAUÇÃO	-	5	-	-	5
ACESSO DIFÍCIL	5	3	1	-	9
OPERÁRIO DESCOMPROMISSADO	3	3	3	3	12
OPERÁRIO DESQUALIFICADO	3	1	3	3	10
BALDES IMPRÓPRIOS PARA O TRABALHO	-	3	-	-	3
LEGENDA: 5 - Correlação Forte 3 - Correlação Moderada 1 - Correlação Fraca					

Fonte: autoria própria (2018)

Matriz 3

Matriz de Causa & Efeito 3					
	DESPERDÍCIO NA CALCINAÇÃO/MASSEIRA	DERPERDÍCIO NO MOINHO	DESPERDÍCIO NO ENSACAMENTO	DESPERDÍCIO NA ARMazenagem	Total
ENSACADEIRA DESAJUSTADA	-	-	5	-	5
LOCAL QUENTE	5	-	1	-	6
SACOS PESADOS PARA MANUSEIO	-	-	5	-	5
OPERÁRIO DESCOMPROMISSADO	5	3	3	3	14
OPERÁRIO DESQUALIFICADO	5	3	1	3	12
SACOS COM DEFEITO, VELHOS OU FURADOS	-	-	5	5	10
LEGENDA: 5 - Correlação Forte 3 - Correlação Moderada 1 - Correlação Fraca					

Fonte: autoria própria (2018)

Matriz 4

Matriz de Causa & Efeito 4					
	DESPERDÍCIO NA CALCINAÇÃO/MASSEIRA	DERPERDÍCIO NO MOINHO	DESPERDÍCIO NO ENSACAMENTO	DESPERDÍCIO NA ARMAZENAGEM	Total
ARMAZENAGEM INCORRETA DOS SACOS E DOS PALETES	-	-	-	3	3
FALTA DE CUIDADO AO OPERAR EMPILHADEIRA	-	-	-	5	5
PESO DOS SACOS NOS PALETES	-	-	-	5	5
ARMAZÉM IRREGULAR	-	-	-	5	5
OPERARIO DESCOMPROMISSADO	-	-	-	3	3
OPERARIO DESQUALIFICADO	3	1	3	5	12
PALETES VELHOS	-	-	-	5	5
PALETES QUEBRADOS	-	-	-	5	5
LEGENDA: 5 - Correlação Forte 3 - Correlação Moderada 1 - Correlação Fraca					

Fonte: autoria própria (2018)