

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ÁTILA SILVA BROMERSCHENKEL
HENRIQUE CASTELLO BRANCO NEVES**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA A REDUÇÃO DE
CUSTOS DOS INSUMOS DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE
CERÂMICA**

**VITÓRIA, ES
2023**

ÁTILA SILVA BROMERSCHENKEL
HENRIQUE CASTELLO BRANCO NEVES

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA A REDUÇÃO DE
CUSTOS DOS INSUMOS DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE
CERÂMICA**

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Engenharia de Produção do Centro
Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo,
como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia de Produção.*

Orientador: Prof. Dr. Wander Demonel de Lima

VITÓRIA, ES

2023

ÁTILA SILVA BROMERSCHENKEL
HENRIQUE CASTELLO BRANCO NEVES

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA A REDUÇÃO DE
CUSTOS DOS INSUMOS DE PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE
CERÂMICA**

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Engenharia de Produção do Centro
Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo,
como requisito parcial para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia de Produção.*

Aprovado em 09 de fevereiro de 2023.

COMISSÃO EXAMINADORA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
WANDER DEMONEL DE LIMA - SIAPE 1350506
Departamento de Engenharia de Produção - DEP/CT
Em 09/02/2023 às 19:01

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/649045?tipoArquivo=O>

Prof. Dr. Wander Demonel de Lima



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
JORGE LUIZ DOS SANTOS JUNIOR - SIAPE 2441763
Departamento de Engenharia de Produção - DEP/CT
Em 09/02/2023 às 18:57

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/649042?tipoArquivo=O>

Prof. Dr. Jorge Luiz dos Santos Junior



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
THIAGO DE ALMEIDA RODRIGUES - SIAPE 2070199
Departamento de Engenharia de Produção - DEP/CT
Em 09/02/2023 às 18:02

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/649006?tipoArquivo=O>

Prof. Dr. Thiago de Almeida Rodrigues

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Daniela e Marcelo, pelo carinho, motivação e suporte para que eu desenvolvesse meus estudos. Ao professor orientador, Wander Demonel de Lima, por aceitar conduzir o nosso trabalho e pelo incentivo dado. Agradeço, também, aos membros da banca examinadora (professor Jorge dos Santos Junior e professor Thiago de Almeida Rodrigues) e a todos os professores que ajudaram na minha graduação e formação em Engenharia de Produção.

Henrique Castello Branco Neves

Dedico este trabalho aos meus pais, Zélia e Dejanir, que ao longo de toda a minha trajetória de vida me apoiaram e torceram pela minha vitória. Além deles, dedico a todos os meus amigos, familiares e professores que igualmente me ajudaram a realizar todo o curso. Agradeço ao professor Wander Demonel de Lima, por toda a orientação dada na confecção deste trabalho, assim como aos membros da banca examinadora (professor Jorge dos Santos Junior e professor Thiago de Almeida Rodrigues).

Átila Silva Bromerschenkel

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo, por meio de uma aplicação prática de projeto de Engenharia de Produção na forma de estudo de caso, o melhoramento da produtividade do setor de preparação de massa de uma indústria de cerâmica a partir do uso de ferramentas da metodologia DMAIC e Gestão à Vista. Através da coleta dos dados históricos de consumo dos insumos de produção, análise dos mesmos e investigação das causas raízes dos problemas identificados, foram propostos planos de ação com o objetivo de gerar melhoria do uso dos recursos e métodos de controle para manutenção dos resultados. Conforme os cálculos de impacto financeiro do projeto realizado, verificou-se uma economia de R\$114.783,92 nos quatro meses subsequentes aos planos de ação, alcançada com a diminuição do consumo de gás nos atomizadores e de bolas de alta alumina nos moinhos de massa. Objetivando manter as melhorias atingidas, foram construídos um Procedimento Operacional Padrão para a padronização dos parâmetros definidos e um *dashboard* no Power BI para acompanhamento dos indicadores de consumo por parte dos colaboradores da área, em um modelo de Gestão à Vista.

Palavras-chave: cerâmica, gestão à vista, qualidade, custos.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 – Ciclo DMAIC	8
Figura 2 – Fluxo de produção contínuo	11
Figura 3 – Fluxograma do processo produtivo	20
Figura 4 – Lotes de matérias-primas	20
Figura 5 - Moinho de bolas da linha de produção de porcelanato e bolas de alta alumina, de tamanhos diferentes.	21
Figura 6 - Conjunto de peneiras de granulometria fina	22
Figura 7 – Peneiramento da barbotina líquida pré-atomização	22
Figura 8 – Atomizadores das linhas de produção de porcelanato e de monoporosa, respectivamente	23
Figura 9 – O pó atomizado na saída do atomizador	23
Figura 10 - Consumo de bolas de alta alumina, em Kg e R\$, por tonelada produzida	26
Figura 11 – Consumo, em Kg e R\$, de Defloculantes	27
Figura 12 – Consumo de Gás nos Atomizadores, em Nm ³ e R\$, por tonelada produzida	27
Figura 13 – Carta do Projeto	28
Figura 14 – Diagrama de Ishikawa	28
Figura 15 – N° de paradas por mês de monoporosa e porcelanato, respectivamente	31
Figura 16 – N° de paradas por pesador ao longo do tempo	33
Figura 17 – Cinco Porquês dos pesadores de matéria-prima	33
Figura 18 – Cinco Porquês do padrão de densidade da barbotina de porcelanato	35
Figura 19 – Consumo de bolas por tamanho e por fornecedor	36
Figura 20 - Gráficos de dispersão desvio da meta x uso do fornecedor A	36
Figura 21 - Gráficos de dispersão desvio da meta x uso do fornecedor B	37
Figura 22 - Diagrama de Árvore	38
Figura 23 - Plano de ação 5W1H para os pesadores de matéria-prima	39
Figura 24 - Modelo do plano de manutenção e limpeza preventivas dos roletes e da correia	40
Figura 25 - Plano de ação 5W1H para a receita da massa	41
Figura 26 - Plano de ação 5W1H para fornecedores de bola de alta alumina	42
Figura 27 - Gráfico e tabela com preços e desgastes das bolas por fornecedor e tamanho	42

Figura 28 - Média da densidade de barbotina e número de paradas das balanças de MPM após melhorias	43
Figura 29 - Consumos de defloculante, gás nos atomizadores e bolas de alta alumina nos moinhos	44
Figura 30 - Procedimento Operacional Padrão para correção de não-conformidades nos controles da barbotina	46
Figura 31 - Dashboard no Power BI com indicadores atualizados do mês de novembro	47

GRÁFICOS

Gráfico 1 - N° de paradas dos pesadores de MPM de janeiro a junho	29
Gráfico 2 - Gráfico do histórico da média mensal da densidade da barbotina de porcelanato	30
Gráfico 3 - Consumo de bolas de alta alumina, em Kg, por fornecedor	30
Gráfico 4 - Gráfico de Dispersão (densidade x n° de paradas)	31
Gráfico 5 - Gráfico de Pareto (n° de paradas por pesador)	32
Gráfico 6 - Gráfico de Dispersão (média da densidade diária x consumo de gás diário)	34

TABELAS

Tabela 1 - Custos do setor de preparação de massa	26
Tabela 2 - Tabela do consumo de alta alumina por tamanho	35
Tabela 3 - Matriz de Priorização das Soluções	38
Tabela 4 - Cálculos dos impactos financeiros	45

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA	9
3. OBJETIVOS	9
3.1. OBJETIVO GERAL	9
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4. REFERENCIAL TEÓRICO	17
4.2. PROCESSOS INDUSTRIAIS	17
4.2. CICLO DMAIC	18
4.2.1. Fase Define (Definir)	19
4.2.2 Fase Measure (Medir)	19
4.2.2.1. Diagrama de Ishikawa	12
4.2.3. Fase Analyze (Analisar)	10
4.2.3.1. Gráfico de Pareto	13
4.2.3.2. Cinco Porquês	14
4.2.3.3. Gráfico de Dispersão	14
4.2.4. Fase Improve (Melhorar)	14
4.2.4.1. Diagrama de Árvore	15
4.2.4.2. Matriz de Priorização	15
4.2.4.3. Plano de Ação 5W1H	15
4.2.5. Fase Control (Controlar)	16
4.2.5.1. Carta de Controle	16
4.2.5.2. Procedimento Operacional Padrão	16
4.3. GESTÃO À VISTA	16
5. METODOLOGIA	17
5.1. A EMPRESA	17
5.2. COLETA DOS DADOS	18
5.3. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	18
5.4. QUANTO À ABORDAGEM	19
5.5. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AOS OBJETIVOS	16
6. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO	20
6.1. FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO	20
6.2. PREPARAÇÃO DE MASSA	20
6.3. PRENSAGEM	23
6.4 ESMALTAÇÃO E SERIGRAFIA	24
6.5. FORNOS - FASE DE QUEIMA	24
6.6. RETIFICAÇÃO	24

6.7. CLASSIFICAÇÃO E EMBALAGEM	25
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
7.1. ETAPA 1: DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E DA META (D)	25
7.2. ETAPA 2: MEDIÇÃO DO PROCESSO (M)	28
7.3. ETAPA 3: ANÁLISE DAS CAUSAS POTENCIAIS (A)	30
7.3.1. Pesadores de matéria-prima	30
7.3.2. Padrão de densidade inadequado	34
7.3.3. Fornecedor de Alta Alumina de má qualidade / caro	35
7.4. ETAPA 4: IMPLEMENTAÇÃO DAS SOLUÇÕES (I)	37
7.4.1. Plano de Ação: Manutenção e Limpeza Preventivas das Correias Transportadoras dos Pesadores de Matéria-Prima	39
7.4.2. Plano de Ação: Mudança das Dosagens de Matérias-Primas	40
7.4.3. Plano de Ação: Mudança de Fornecedor de Bola de Alta Alumina	42
7.4.4. Resultados obtidos com as melhorias propostas	43
7.5. ETAPA 5: CONTROLE DAS MELHORIAS (C)	46
7.5.1. Procedimento Operacional Padrão: Moagem	46
7.5.2. Gestão à Vista com Power BI	47
8. CONCLUSÃO	48
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1. INTRODUÇÃO

Considerando que as indústrias são geralmente responsáveis por beneficiar matérias-primas e transformá-las em produtos acabados ou semiacabados, o componente custo sempre foi muito importante. Todavia, a análise que comumente centrava-se na medição dos custos, evoluiu para sua gestão, segundo o autor Silva (1999), pois a simples apuração dos custos não seria mais suficiente para apoiar por completo as tomadas de decisão das organizações.

Assim, o foco das empresas passa a ser a redução de custos, sem que isso afete a qualidade e a produtividade de sua linha de produção. Segundo Atkinson *et al.* (2001), a redução de custos envolve mais do que somente encontrar formas de cortar os custos. O foco principal é reduzi-los, enquanto se mantém ou melhora a qualidade do produto. Por isso, possuir uma eficiente gestão dos custos operacionais de produção torna-se essencial para o bom desempenho da organização.

Para esses autores, na visão estratégica da qualidade, surgiram ferramentas gerenciais que auxiliam na identificação das causas raízes de problemas que afetam a empresa e nos caminhos que devem ser seguidos para a resolução destes através de planos de ação. Visando a aplicação dessas ferramentas para a redução de custos aliada à manutenção da qualidade e produtividade, o presente trabalho é uma aplicação prática inter e multidisciplinar e que envolve conceitos de engenharia de produção, mais especificamente, em gestão da qualidade e gestão de custos de produção. O método aqui proposto consiste na aplicação de conhecimentos teóricos em um projeto prático dentro de um departamento de produção de uma grande empresa consolidada no mercado de revestimentos cerâmicos, situada no Sudeste brasileiro.

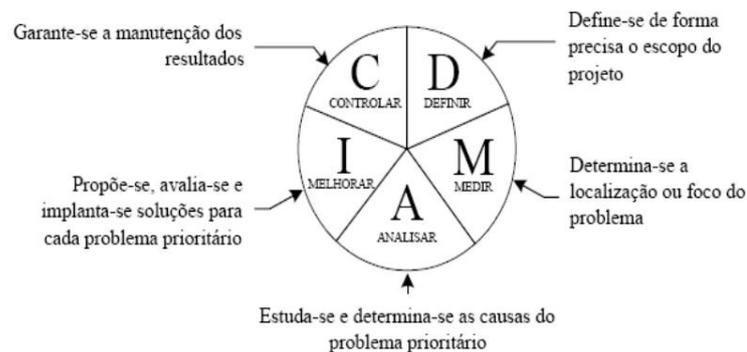
O Setor Cerâmico tem grande relevância dentro da economia brasileira, sendo que este é o terceiro maior produtor no mundo, produzindo no ano de 2020, 840 milhões de metros quadrados, ficando atrás apenas da Índia e da China, respectivamente, segundo a ANFACER (2020). No quesito de consumidores, o Brasil está em segundo lugar mundial, consumindo 826 milhões de metros quadrados, atrás da China. Nesse contexto, é notório a importância desse ramo para a economia brasileira, com 28 mil empregos diretos e outros 200 mil indiretos, gerando 6% do PIB da indústria de material de construção.

O referente trabalho busca melhorar a utilização de insumos de produção específicos do setor de preparação de massa de uma indústria de cerâmica, reduzindo seus custos e paradas industriais, mantendo a qualidade do produto final, por meio do uso de ferramentas gerenciais do DMAIC e da Gestão à Vista.

Segundo Rotondaro *et al.* (2002), o ciclo DMAIC pode ser classificado, como mostrado na figura 1, nas seguintes etapas: Definir (D), ou seja, definição dos problemas e da meta a ser alcançada; Medir (M), ou seja, conhecer e medir o estado atual do processo; Analisar (A), encontrando a causa raiz do problema; Implementar (I), confecção de um plano de ação para resolução do problema; Controle (C), manter os padrões da solução.

Para a manutenção das resoluções definidas através da aplicação da metodologia DMAIC, é necessário que se tenha um feedback constante aos operadores de uma fábrica através de indicadores de produção, para que estes ajustem sua maneira de trabalhar em tempo real. Isso é possível com a utilização da metodologia de Gestão à Vista, definida por Mello (1998) como sendo uma forma de comunicação que pode ser observada por qualquer um que trabalha em uma determinada área, qualquer um que esteja de passagem por esta área e para qualquer um que possa visualizá-la. Comunicação disponível em linguagem clara e acessível a todos.

Figura 1 – Ciclo DMAIC



Fonte: Adaptado de Pande (2001); Werkema (2001) apud Franz e Caten (2003).

Segundo Lins e Holanda (2011), a Gestão à Vista é uma ferramenta que permite a visualização do status das atividades em andamento, por parte dos gestores e dos colaboradores, permitindo acompanhamento da produção e tomadas de ações, quando necessárias.

2. MOTIVAÇÃO E JUSTIFICATIVA

Para a fabricação de um produto, qualidade e custo são características fundamentais, representando importantes fatores de posicionamento competitivo de uma empresa no mercado. Para Vieira (2021), a otimização de processos é uma das principais características exploradas pelo mercado industrial por estar diretamente atrelada aos requisitos de segurança e ao aumento da margem de lucro. Isto pode ser obtido através da identificação e resolução de métodos, materiais, paradas industriais e fornecedores que estejam se opondo a esse objetivo.

Este trabalho é relevante por se tratar da utilização de ferramentas presentes no ciclo DMAIC para a resolução de problemas geradores de altos custos à uma empresa, mantendo a produtividade e qualidade do seu produto final. Para os autores Bisgaard e Freiesleben (2001), a metodologia DMAIC possui grande sucesso pois está baseada na redução de altos custos, além da melhoria da produtividade por meio do levantamento e gestão de defeitos, gerando maior equilíbrio do sistema produtivo. Ao mesmo tempo, o presente trabalho expõe a importância da utilização da metodologia de gerenciamento *Gestão à Vista* como uma das formas de gerar manutenção dos resultados obtidos.

É importante que as empresas tenham métodos sistematizados de identificação e resolução de problemas, além de controle dos processos que foram otimizados para que estes não tornem a gerar empecilhos à qualidade dos produtos finais, prejudicando a estratégia competitiva da corporação.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Reduzir os custos do setor de preparação de massa de uma indústria de cerâmica através da aplicação das metodologias DMAIC e gestão à vista.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os subprocessos produtivos do setor de preparação de massa que mais geram altos custos;

- Levantar as causas potenciais dos altos custos, identificar as causas raízes e sugerir possíveis soluções;
- Definir os métodos de controle e planos de ação para a aplicação das soluções;
- No contexto da Gestão à Vista, desenvolver dashboards para gestão operacional da empresa.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. PROCESSOS INDUSTRIAIS

Para Werkema (1995), processo é “uma combinação dos elementos, equipamentos, insumos, métodos ou procedimentos, condições ambientais, pessoas e informações do processo ou medidas, tendo como objetivo a fabricação de um bem ou o fornecimento de um serviço”.

Os processos industriais são uma sequência de atividades que transformam as matérias-primas em diferentes produtos finais. Os produtos finais têm potencial de gerar retorno financeiro à empresa, através de seus valores agregados, que compõem o preço de venda.

Para Harrington (1993), “processo é qualquer atividade que recebe uma entrada (input), agrega-lhe valor e gera uma saída (output) para um cliente interno ou externo, fazendo uso dos recursos da organização para gerar resultados concretos”.

Uma indústria pode ser caracterizada como um processo que contém subprocessos menores, compondo o fluxo de produção de bens ou o fornecimento de serviços, dos quais é exigido um gerenciamento. Esse gerenciamento, para Campos (1992), “é a essência do gerenciamento em todos os níveis da empresa. O primeiro passo no entendimento do controle de processo é a compreensão do relacionamento causa-efeito. Sempre que ocorre (efeito, fim, resultado), existe um conjunto de causas (meios) que podem ter influenciado. Observando a importância da separação das causas de seus efeitos no gerenciamento e como nós temos a tendência de confundi-los, os japoneses criaram o diagrama de causa e efeito”.

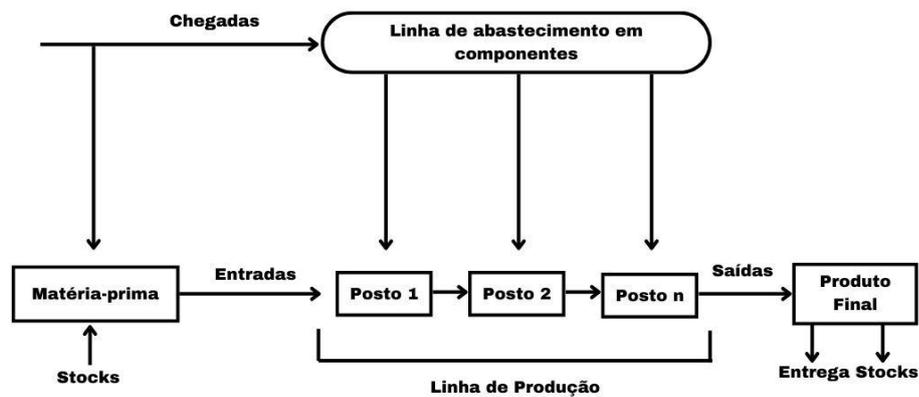
Na contemporaneidade, a otimização de processos certifica a vantagem dentro do mercado competitivo para uma empresa, seja ela dos mais variados ramos. Isso é devido ao aumento de produtividade, somado à redução de custos. Para Amaral (2022), na prática, tal estratégia tem como objetivo maximizar tanto o lucro quanto os resultados, evitando assim desperdícios, porém sem colocar em risco a qualidade da entrega e alcançando a excelência.

Dentro dessa lógica, Mezzogori *et al.* (2020) diz que a metodologia Lean Six Sigma pode ajudar empresas a melhorar a performance operacional, desenvolvendo o que o autor

chama de fluxo de valor sem desperdícios, sendo que nestes, o trabalho flui de forma contínua de uma atividade de valor agregado para a próxima. O foco disso está na identificação e remoção de processos não otimizados.

Em relação ao fluxo de produção, que vai de encontro ao planejamento de produção, o fluxo do objeto de estudo é contínuo, que tem como base previsões de encomendas por partes dos clientes, ou seja, é um fluxo de produção baseado na demanda, fazendo assim, que se reduza as esperas e o acúmulo de estoque, como ilustrado na figura 2. Esse tipo de produção não exige grande flexibilidade, em razão da produção ser em grande parte automatizada.

Figura 2 - Fluxo de produção contínuo



Fonte: Ribeiro, 1999.

4.2. CICLO DMAIC

O ciclo DMAIC trata-se de um método contido no Seis Sigma, metodologia que se iniciou na década de 80, pela Motorola, tendo como motivação primária a redução do índice de falhas por produtos fabricados e o controle de variações dos processos que prejudicam a padronização, conforme afirmaram os autores Coronado e Antony (2002). Segundo Carvalho (2005), o DMAIC é uma ferramenta empregada na gestão da qualidade, que visa a redução de desperdícios, resolução de gargalos e melhoria de processo a partir da análise de dados. Cada letra da sigla representa uma fase da metodologia, sendo elas: *Define, Measure, Analyze,*

Improve e Control. Conforme Harry e Schroeder (2000) afirmaram, empresas que se utilizam do DMAIC conseguem reduzir gastos mais eficientemente do que as que não utilizam.

4.2.1. Fase Define (Definir)

O objetivo da fase de definição do DMAIC é definir claramente o escopo do projeto, avaliando o histórico do problema que está sendo analisado e o processo onde ele ocorre. É nessa fase que, também, serão acordados os principais pontos do projeto através do contrato.

É importante que a definição do problema seja bastante clara, pois com isso, as ações a serem tomadas para a resolução do mesmo se tornam mais evidentes.

A principal ferramenta a ser empregada nessa fase é a Carta do projeto, que firma um acordo entre a equipe executora do projeto e os gestores da empresa, e deve conter: o título do projeto, a escolha dos colaboradores, descrição do problema e da meta quantitativa.

4.2.2. Fase Measure (Medir)

O objetivo da fase de medição é conhecer o estado atual do processo envolvido a partir de análises estatísticas da base de dados existente e levantar as causas potenciais do problema estudado. Segundo o autor Werkema (2013), nesta parte do processo, ocorre o enfoque do problema onde são aplicadas ferramentas que permitem quantificá-los e assim organizá-los em ordem prioritária. A principal ferramenta a ser utilizada, além da análise estatística e do histórico do processo, é o Diagrama de Ishikawa.

4.2.2.1. Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa ou Espinha-de-Peixe, é uma ferramenta da qualidade que auxilia no levantamento das causas potenciais de um problema, para posteriormente atacar as causas raízes. Foi criada por *Kaoru Ishikawa* em 1943, que a utilizava na indústria para investigar a dispersão da qualidade dos produtos. O Diagrama Espinha-de-Peixe recebe esse nome por conta de sua estrutura se assemelhar a uma, onde o problema é exposto na “cabeça” do “peixe” e suas causas potenciais são divididas em categorias (geralmente em mão-de-obra, material, método, meio-ambiente, medida e máquina), dispostas lado a lado no “corpo” do

“peixe”.

Segundo Werkema (1995), para a confecção do diagrama, devem ser feitas as seguintes etapas:

- Definir o problema a ser estudado e o que se deseja obter;
- Estudar e conhecer o processo envolvido através de observação, documentação e troca de ideias com pessoas envolvidas;
- Fazer uma reunião com as pessoas envolvidas no processo e discutir o problema. É importante incentivar todos a exporem suas ideias, fazer um *brainstorming*;
- Montar o diagrama, e conferir com todos a representação da situação atual;
- Marcar aquilo que é mais importante para obter o objetivo que se pretende alcançar.

4.2.3. Fase Analyze (Analisar)

O objetivo principal da fase de análise é identificar as causas raízes que afetam o processo de forma significativa e geram variabilidade no resultado de interesse. A partir da identificação dessas causas, é necessário que estas sejam comprovadas com fatos e dados, usando gráficos, análises estatísticas e ferramentas qualitativas.

Segundo Santos (2014), os dados levantados devem passar por um processamento para serem transformados em informações valiosas para a análise de todo o processo.

Lin *et al.* (2013) citam que nesta etapa são identificadas as variáveis que afetam o processo, sendo necessário encontrar as causas raízes do problema para que haja aprofundamento nos detalhes, identificando as suas atividades críticas.

As principais ferramentas utilizadas nessa fase são: Diagrama de Pareto, Cinco Porquês e Gráfico de Dispersão.

4.2.3.1. Gráfico de Pareto

Segundo Selemmer e Stadler (2010), a ferramenta Diagrama de Pareto “permite que sejam identificados e classificados aqueles problemas de maior importância e que devem ser corrigidos primeiramente. Ao solucionar o primeiro o problema, o segundo se torna mais importante”. Isso permite com que os maiores esforços sejam dedicados à resolução dos problemas de maior importância, fazendo com que a corporação faça uso adequado de seus recursos para a melhoria da qualidade de seus processos.

É um gráfico de colunas dispostas de maneira decrescente em relação à ocorrência de um fenômeno, acompanhado de uma linha crescente que representa o valor acumulado de cada uma das colunas. O gráfico evidencia que a quantidade de defeitos total se concentra em poucos fenômenos, os quais devem ser atacados.

4.2.3.2. Cinco Porquês

Ferramenta utilizada para identificar a causa raiz de um determinado problema. Pergunta-se, a princípio, o porquê o principal problema ocorreu, obtendo assim um problema “secundário”, advindo da resposta à essa primeira pergunta. Em seguida, pergunta-se o porquê do problema “secundário”, e assim sucessivamente.

4.2.3.3. Gráfico de Dispersão

Essa ferramenta é utilizada para verificar se há relação entre duas ou mais variáveis de natureza quantitativa dentro de um processo produtivo. Uma das variáveis é disposta em forma de linha, enquanto a outra em forma de pontos. Verifica-se a relação existente através do coeficiente (r) da regressão linear simples obtida:

- r próximo de $+1$ = correlação positiva;
- r próximo de -1 = correlação negativa;
- r próximo de 0 = não há correlação.
-

4.2.4. Fase Improve (Melhorar)

Essa fase se propõe a testar e executar as soluções para o problema identificado. Segundo Santos (2014), a equipe precisa realizar ações que permitam corrigir tais problemas, introduzindo as melhorias desejadas, após finalizadas as análises das informações e identificados os problemas.

Para cada causa raiz comprovada na fase de Análise, identificamos uma solução adequada que será implementada através de um plano de ação. Devem ser verificados, também,

os impactos e os resultados obtidos com as melhorias implementadas.

As principais ferramentas utilizadas nessa etapa são: Diagrama de Árvore, Matriz de Priorização e Plano de Ação 5W1H.

4.2.4.1. Diagrama de Árvore

A fase de melhoria se inicia através de um *brainstorming* com o objetivo de levantar as possíveis soluções das causas raízes identificadas. Para cada uma dessas soluções, são estabelecidos caminhos a serem percorridos de modo a atingi-las. A partir desses caminhos, criam-se novos caminhos, gerando, assim, ramificações que permitem chegar a uma solução mais detalhada.

4.2.4.2. Matriz de Priorização

Essa ferramenta se propõe a definir quais ideias de melhoria devem ser levadas adiante no projeto. Utiliza-se de escores para correlacionar as soluções propostas com os critérios de priorização, que costumam ser: baixo custo, facilidade e impacto positivo sobre a causa. Nela, são definidos pesos para cada um dos critérios e a relação destes com as soluções propostas através de escores: 0 (não há correlação), 1 (correlação fraca), 3 (correlação moderada) e 5 (correlação forte). Em seguida, é multiplicado o valor de cada célula pelo peso do critério e, por fim, somados os valores das linhas para a obtenção da nota final. Através das notas finais, classifica-se as soluções mais importantes.

4.2.4.3. Plano de Ação 5W1H

Após a priorização das soluções, estas devem ser desdobradas em informações mais tangíveis, como o que exatamente será feito em cada uma das soluções, prazo em que serão feitas, por quem serão feitas, onde, porquê e como as ações serão executadas. A partir disso, cria-se um Plano de Ação que contempla cada dessas informações, utilizando-se da metodologia 5W1H, que faz referência a: *What* (O que será feito?), *Who* (Por quem será feito?), *Why?* (Por que será feito?), *When* (Quando será feito?), *Where?* (Onde será feito?) e *How?* (Como será feito?).

4.2.5. Fase Control (Controlar)

A fase de controle auxilia na manutenção das melhorias obtidas. Além disso, estabelece um novo patamar para melhorias futuras, contribuindo para o processo de melhoria contínua da fábrica.

As principais ferramentas utilizadas nessa fase são: Carta de Controle e Procedimento Operacional Padrão.

4.2.5.1. Carta de Controle

Para a confecção da Carta de Controle, extrai-se um conjunto de amostras ordenadas no tempo, que são interpretadas em função de linhas horizontais que estabelecem fronteiras entre o que está conforme e não-conforme, chamadas de Limite Superior de Controle (LSC) e Limite Inferior de Controle (LIC).

As Cartas de Controle são feitas para dados com distribuição normal, ou, pelo menos, aproximadamente normal. Avaliam a estabilidade de determinado processo, promovendo, assim, o seu controle. Dependendo da forma como os pontos se comportam, considerando as suas variabilidades, pode-se chegar à conclusão que o processo está sujeito apenas a causas comuns de variação ou a causas incomuns e geradoras de preocupação.

4.2.5.2. Procedimento Operacional Padrão

O Procedimento Operacional Padrão, ou POP, é a forma como a padronização (depois da melhoria obtida) é registrada. O objetivo é fazer com que as melhorias obtidas perdurem através de treinamento constante dos operadores e supervisores, apresentando uma linguagem adequada para quem vai utilizá-lo, contendo instruções, fluxogramas, ações corretivas e etc.

4.3. GESTÃO À VISTA

A Gestão à Vista é uma metodologia de gerenciamento na qual os colaboradores da empresa podem visualizar os resultados em tempo real, com informações que mostram o andamento do trabalho em um mesmo departamento, ou até mesmo na empresa como um todo.

Para Silva *et al* (2017), as vantagens da implantação da Gestão à Vista são o

compartilhamento das soluções das dificuldades encontradas com a participação de todos da equipe; trabalhadores mais satisfeitos e mais cientes do que está ocorrendo no processo; maior visibilidade dos administradores; com isso gerando melhorias nos indicadores de produtividade (e conseqüentemente, um aumento de produtividade); e por estar mais integrada ao processo como um todo, um maior comprometimento da equipe.

Segundo Mello (1998), os principais objetivos da Gestão à Vista são:

I. Oferecer informações acessíveis e simples, capaz de facilitar o trabalho diário, aumentando o desejo de se trabalhar com maior qualidade.

II. Aumentar o conhecimento de informações para o maior número de pessoas possível.

III. Reforçar a autonomia dos funcionários, no sentido de enriquecer os relacionamentos e não de enfraquecê-los.

IV. Fazer com que o compartilhamento das informações passe a ser uma questão de cultura da empresa.

Para atingir todo esse contexto, são utilizadas inúmeras ferramentas como tabelas, gráficos, fluxogramas, painéis compartilhados, a metodologia Kanban, softwares. Nesse contexto, o Microsoft Power BI se torna uma boa opção para que ocorra esse compartilhamento de fácil visualização, tendo em vista sua fácil entrada e modelagem de dados, criando visuais em formas de dashboards interativos em tempo real, podendo também personalizar seus indicadores. Além disso, sua utilização não requer grande habilidade, facilitando o uso dos mais diversos colaboradores.

5. METODOLOGIA

5.1. A EMPRESA

A empresa possui 3 linhas de produção e produz atualmente 36 milhões de metros quadrados divididos em porcelanato e monoporosa, gera mil empregos diretos e outros oito mil indiretos, e o parque fabril da empresa tem mais de 300 mil metros quadrados. Os produtos são comercializados no mercado interno brasileiro, visando lojistas da área de pisos e revestimentos e exportação para países dos cinco continentes, tendo grande participação no mercado do setor cerâmico nacional.

Para o entendimento do processo produtivo, foram feitas duas visitas guiadas pelo técnico

do processo ao setor de preparação de massa e leitura das instruções de trabalho específicas do setor, assim como uma visita guiada pelo gerente industrial a todos os setores da fábrica.

5.2. COLETA DOS DADOS

O problema foi definido a partir da observação dos indicadores de consumo e custo dos principais insumos da preparação de massa, em conjunto com o coordenador do setor e o gerente industrial. Foi acordado, em reunião com o gerente industrial, que a meta do projeto tivesse como referência as metas de consumo de gás e bolas de alta alumina pré-estabelecidas pela própria empresa, assim como o cronograma de execução do mesmo.

Nas fases de medição e análise do ciclo DMAIC, a fim de estratificar os dados, foram fornecidos à equipe, pelo coordenador do setor, relatórios extraídos do sistema TOTVS Protheus (referentes às paradas das balanças de matéria-prima e consumo de bolas de alta alumina por fornecedor) e de planilhas de controle do Excel (referentes aos consumos diário e mensal de gás nos atomizadores e à densidade da barbotina). Foram feitas reuniões, em conjunto com o coordenador e os colaboradores, tanto para a realização do *brainstorming* na confecção do Diagrama de Ishikawa quanto para a execução dos Cinco Porquês, posteriormente.

Na fase de melhoria, o *brainstorming* para a construção do Diagrama de Árvore e a definição das soluções prioritárias a partir da Matriz de Priorização foram feitos em conjunto com o coordenador do setor. Tanto os planos de ação, quanto o Procedimento Operacional Padrão e o *dashboard* para a gestão à vista, implementados na fase de controle, foram validados pelo coordenador e gerente industrial.

A coleta dos custos e preços para os cálculos do impacto financeiro e custos totais dos insumos foi feita a partir de planilhas do Excel fornecidas pelos setores de compras e suprimentos da fábrica.

5.3. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Este trabalho de conclusão de curso propõe, em forma de um estudo de caso real, uma abordagem e desenvolvimento de uma aplicação prática multi e interdisciplinar, que envolve conceitos relacionados à engenharia de produção, tais como gestão de custos, técnicas de análise de dados e gestão da qualidade. O método de desenvolvimento proposto visa, principalmente, a aplicação de conhecimentos teóricos em um projeto real e prático dentro de

uma empresa no ramo de revestimentos cerâmicos e busca a redução de custos das linhas de produção de porcelanato e monoporosa.

5.4. QUANTO À ABORDAGEM

O trabalho é uma pesquisa tanto qualitativa quanto quantitativa, devido ao fato de ser baseada em estudos estatísticos e investigações indutivas, proporcionadas pelo processo produtivo e seus integrantes.

É uma pesquisa qualitativa, pois tem objetivo de utilizar técnicas e ferramentas presentes no ciclo DMAIC para a resolução de problemas em uma indústria de cerâmica. A compreensão do sistema produtivo da fábrica pode ser obtida através da relação dinâmica existente entre os pesquisadores e o ambiente fabril específico.

É uma pesquisa quantitativa, pois obtém dados do objeto que está sendo estudado, representados por métricas quantitativas, traduzindo em números importantes informações do processo industrial. Segundo Silva & Menezes (2000), “nesta pesquisa traduz-se em números, opiniões e informações para posteriormente analisá-los e classificá-los”.

5.5. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AOS OBJETIVOS

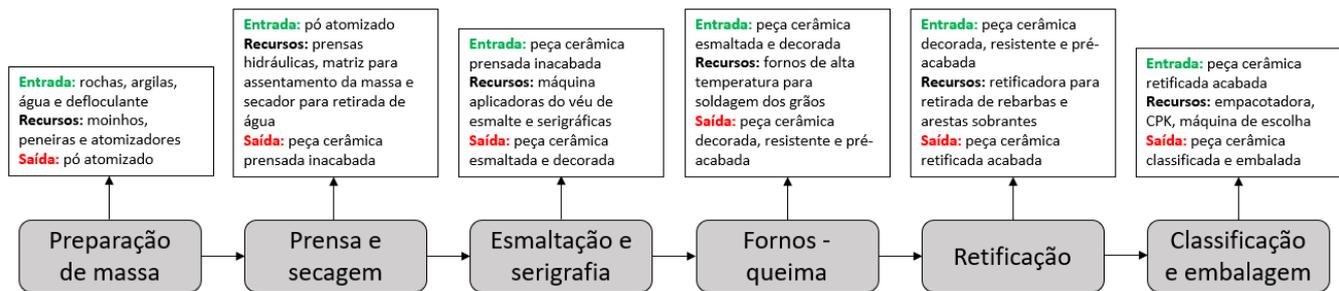
É uma pesquisa de caráter descritivo, pois utiliza-se de técnicas padronizadas para a obtenção dos dados e na descrição de características de determinados fenômenos. O pesquisador deve descobrir a frequência com que determinado fenômeno acontece dentro de um sistema, assim como funcionam os processos produtivos dentro da fábrica.

Tem caráter exploratório, também, pois “tem o objetivo de familiarizar-se com o problema, com o intuito de torná-lo explícito ou construir hipóteses” (GIL, 2002). Segundo Jung (2010), “a pesquisa exploratória visa a descoberta de fenômenos ou, a melhoria teórico-prática de sistemas, processos e produtos, em síntese, visa a inovação pela proposição de novos modelos”. O presente trabalho visa melhorar a utilização de insumos da produção através da aplicação de ferramentas presentes no ciclo DMAIC e Gestão à Vista.

6. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

6.1. FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO

Figura 3 – Fluxograma do processo produtivo



Fonte: imagem feita pelos autores.

6.2. PREPARAÇÃO DE MASSA

A preparação de massa é o setor principal na confecção deste trabalho, onde serão aplicadas as melhorias propostas, portanto, descrito com um nível maior de detalhamento. Nessa etapa, utiliza-se diversas matérias-primas classificadas em plásticas e não plásticas, que são dispostas em lotes separados por tipificação, conforme mostrado na figura 4.

Figura 4 - Lotes de matérias-primas



Fonte: imagem feita pelos autores.

Essas matérias-primas são pesadas por 11 balanças para cada produto (monoporosa e porcelanato). Através de correias transportadoras, essas matérias-primas são encaminhadas ao setor de preparação de massa e armazenadas em grandes silos, localizados próximos às entradas dos moinhos de porcelanato e monoporosa. Quando há demanda de produção, as bocas dos

silos são abertas e as matérias-primas caem para dentro dos moinhos, onde são misturadas com água e defloculante para a ocorrência do processo de moagem utilizando bolas de alta alumina (figura 5). O resultado é uma mistura homogênea aquosa, de cor escura, denominada barbotina. O defloculante é um composto químico cuja função é impedir a sedimentação das matérias-primas e diminuir a quantidade de água requerida no interior dos moinhos. Portanto, a quantidade de defloculante interfere diretamente na densidade da barbotina.

Figura 5 - Moinho de bolas da linha de produção de porcelanato e bolas de alta alumina, de tamanhos diferentes.



Fonte: imagens feitas pelos autores.

As bolas de alta alumina, também chamadas de corpos moedores, moem as matérias-primas dentro dos moinhos através da fricção e choques mecânicos, transformando-as em partículas menores. A empresa em questão utiliza-se de três tamanhos diferentes (25mm, 30mm e 40mm de diâmetro), cada um adequado para um módulo do moinho. Quanto maior o diâmetro, maior capacidade de quebra das matérias-primas, porém maior espaço entre as bolas, resultando em partículas maiores. Quanto mais perto da saída dos moinhos, menor o tamanho da bola, para que as partículas menores sejam quebradas. Periodicamente os moinhos precisam ser reabastecidos de bolas por causa do desgaste delas, sendo a necessidade desse processo aferida por meio de uma fita métrica especial.

Após a saída do moinho, a barbotina passa por um processo de peneiramento primário para a retirada das impurezas de maior granulometria, para depois ser transportada para um outro conjunto de peneiras, por onde passa por um peneiramento mais fino. Na figura 6, podemos ver esse processo.

Figura 6 - Conjunto de peneiras de granulometria fina



Fonte: imagem feita pelos autores.

A barbotina, peneirada, é armazenada em grandes tanques. Conforme há demanda de produção, a barbotina é puxada dos tanques através de bombas pneumáticas para o sistema de peneiramento pré-atomização, onde novamente são retiradas impurezas, dessa vez com granulometria ainda menor, como demonstrado na figura 7.

Figura 7 - Peneiramento da barbotina líquida pré-atomização



Fonte: imagem feita pelos autores.

Já na fase de atomização, a barbotina é lançada em jatos finos no interior dos atomizadores, vistos na figura 8, através de grandes lanças e submetida a intensas pressões e temperaturas. O objetivo é retirar a água da barbotina de forma suficiente para transformá-la em um pó, chamado de “pó atomizado” ou “massa” (figura 9). Todo esse processo utiliza como fonte de energia o gás natural e um sistema de recuperação de calor dos fornos e secadores,

chamado de “recuper”. Dito isso, quando há problemas com o “recuper”, isso incorre em consumos mais elevados de gás natural por parte dos atomizadores.

Figura 8 - Atomizadores das linhas de produção de porcelanato e de monoporosa, respectivamente



Fonte: imagens feitas pelos autores

Figura 9 – O pó atomizado na saída do atomizador



Fonte: imagem feita pelos autores.

O pó atomizado é, então, armazenado em silos grandes, cujas bocas são abertas sobre correias transportadoras que levam o pó atomizado até o próximo setor, o de prensagem.

6.3. PRENSAGEM

Na fase de prensagem, ocorre a conformação da massa através da compactação da massa

contida no interior de uma matriz rígida, através da enorme pressão provocada pela prensa. Primeiro, ocorre o preenchimento do molde com a massa atomizada, depois a prensagem da mesma para conformação e, por fim, extração da peça. Essas prensas hidráulicas são operadas pelos operadores, que também fazem o controle de qualidade através de medição das dimensões e controle de compactação da massa.

6.4 ESMALTAÇÃO E SERIGRAFIA

Na fase de esmaltação, é aplicado sobre a peça cerâmica resultante da prensagem um revestimento liso e cristalino, para que a decoração seja posteriormente adicionada à peça. O esmalte também forma uma superfície dura e não porosa de fácil limpeza. Os esmaltes são, geralmente, constituídos de pó de vidro misturado com óxidos coloridos. Sua aplicação sobre a peça é feita através de pulverização. Nessa fase, também operam as serigráficas, responsáveis pelos designs das peças. Essas serigráficas são operadas por técnicos que fazem o controle da qualidade visual e técnico.

6.5. FORNOS - FASE DE QUEIMA

Na fase da queima, a peça cerâmica é passada por fornos que operam em altas temperaturas (em torno de 1200 °C) através de rolos, para adquirir resistência mecânica e aspecto visual. Durante esse processo, ocorre uma série de transformações causadas pelos componentes da massa. Dentre elas, estão: perda de massa em função da temperatura, desenvolvimento de novas fases cristalinas, formação de fase vítrea e soldagem dos grãos. Os fornos possuem mais de 200 metros de comprimento e são operados por técnicos que controlam suas zonas de aquecimento, baseados em critérios de qualidade como resistência mecânica, aspectos visuais e dimensionais.

6.6. RETIFICAÇÃO

Na fase de retificação, se dá precisão dimensional e de esquadro à peça cerâmica, o que garante precisão nas dimensões das arestas e entre as diagonais da mesma, tudo isso dentro de uma faixa de tolerância definida pela indústria. Nessa fase, também é conferido à peça acabamento nas arestas através da remoção de rebarbas e sobras.

O processo consiste na remoção de material excedente da peça, através de rebolos de desbaste que ficam dispostos de forma paralela. A operação é feita pelo operador de retífica, que também controla a qualidade através da avaliação visual e dimensional, por meio de amostragem.

6.7. CLASSIFICAÇÃO E EMBALAGEM

Nessa fase, primeiro é feito o processo de classificação das peças cerâmicas baseado em critérios de qualidade estabelecidos pela empresa e por normas técnicas. Esse procedimento de controle da qualidade é feito através de máquinas de classificação, que verificam se as peças estão na dimensão adequada e descartam as não-conformes, e um operador que faz a inspeção visual das peças.

Após a classificação, uma máquina de escolha seleciona as peças cerâmicas já classificadas e as empilha conforme a classificação. As peças, então, são transportadas para o CPK, onde são embaladas e levadas ao paletizador, para que sejam montadas em pallets e encaminhadas para expedição.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico, será apresentada toda a metodologia DMAIC aplicada para o estudo desse trabalho em específico, dividido em cinco etapas, nas quais serão usadas ferramentas já apresentadas anteriormente, objetivando a diminuição dos custos de produção e mantendo a qualidade do produto final.

7.1. ETAPA 1: DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E DA META (D)

Em reunião geral com a gerência industrial da fábrica, foi exposto que o setor de preparação de massa apresentou custos acima da meta, atrelados ao consumo dos principais insumos de produção, conforme tabela 1.

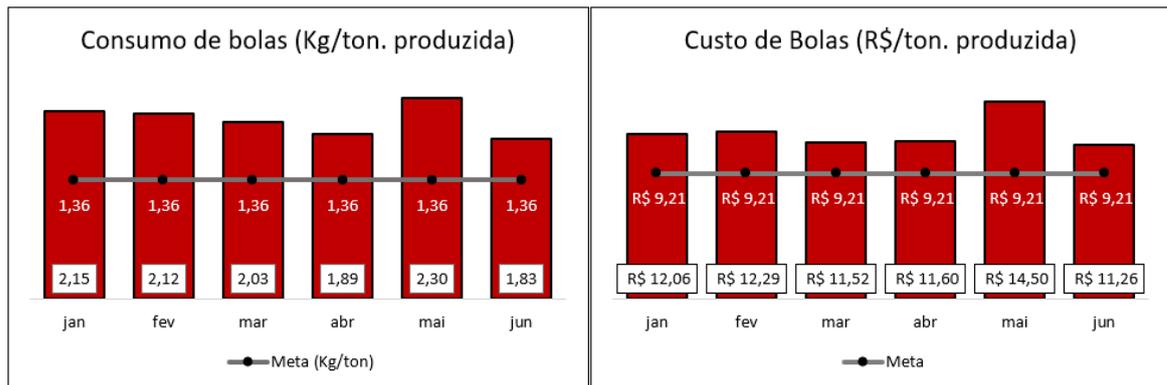
Tabela 1 - Custos do setor de preparação de massa

	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22
Produção (t)	27.905,72	20.709,04	21.711,20	22.170,52	26.523,69	22.923,42
Gás ATM - Real	R\$ 2.485.638,12	R\$ 1.941.117,55	R\$ 1.975.661,08	R\$ 2.029.464,24	R\$ 2.454.654,36	R\$ 2.207.679,01
Gás ATM - Meta	R\$ 2.442.727,45	R\$ 1.812.765,49	R\$ 1.926.977,85	R\$ 1.988.030,12	R\$ 2.412.898,94	R\$ 2.139.710,65
Alta Alumina - Real	R\$ 337.692,81	R\$ 255.445,58	R\$ 250.915,08	R\$ 257.710,83	R\$ 384.069,14	R\$ 258.457,03
Alta Alumina - Meta	R\$ 256.955,90	R\$ 190.688,81	R\$ 199.916,76	R\$ 204.146,11	R\$ 244.230,17	R\$ 211.078,83
Defloculante - Real	R\$ 421.252,50	R\$ 344.897,31	R\$ 361.666,59	R\$ 357.335,96	R\$ 409.829,95	R\$ 378.468,80
Defloculante - Meta	R\$ 406.662,64	R\$ 303.216,27	R\$ 320.487,27	R\$ 327.473,60	R\$ 387.187,07	R\$ 336.724,26
Matérias-primas	R\$ 4.652.074,14	R\$ 3.491.494,42	R\$ 3.683.485,61	R\$ 3.667.231,64	R\$ 4.396.104,47	R\$ 3.742.984,22
Custo Real	R\$ 7.896.657,57	R\$ 6.032.954,86	R\$ 6.271.728,36	R\$ 6.311.742,67	R\$ 7.644.657,92	R\$ 6.587.589,06
Custo Meta	R\$ 7.758.420,13	R\$ 5.798.164,98	R\$ 6.130.867,49	R\$ 6.186.881,47	R\$ 7.440.420,65	R\$ 6.430.497,96
Diferença	-R\$ 138.237,44	-R\$ 234.789,88	-R\$ 140.860,87	-R\$ 124.861,20	-R\$ 204.237,27	-R\$ 157.091,10

Fonte: fornecido pela empresa.

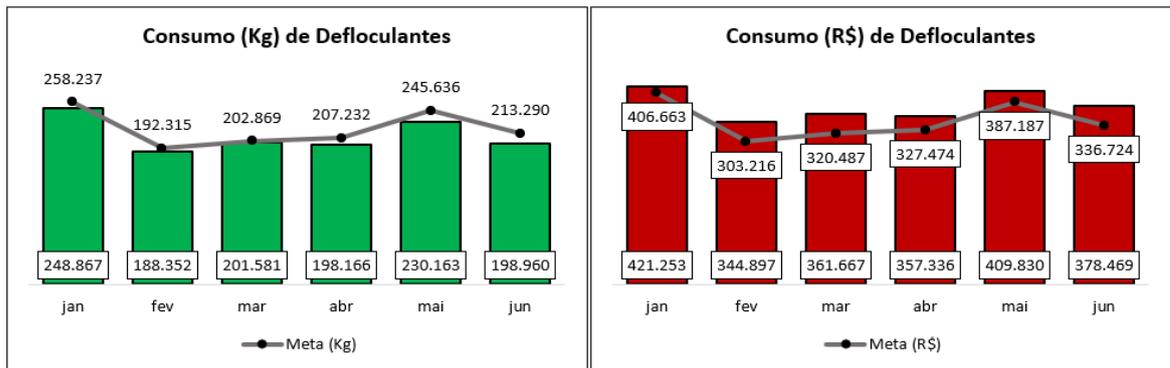
Buscando verificar o comportamento histórico do consumo dos principais insumos, foram coletados, junto à coordenação de preparação de massa, indicadores referentes aos meses de janeiro até junho, apontados nas figuras 10, 11 e 12.

Assim, verificou-se a oportunidade de diminuição do consumo de gás no processo de atomização e do consumo de bolas de alta alumina no processo de moagem, sem impactar significativamente os gastos de outros recursos e trazendo ganhos financeiros. Com isso, espera-se dentro de dois meses a adequação dos níveis de consumo de ambos os recursos de produção para abaixo da meta, mantendo a qualidade do produto final e quantificando os resultados financeiros.

Figura 10 - Consumo de bolas de alta alumina, em Kg e R\$, por tonelada produzida

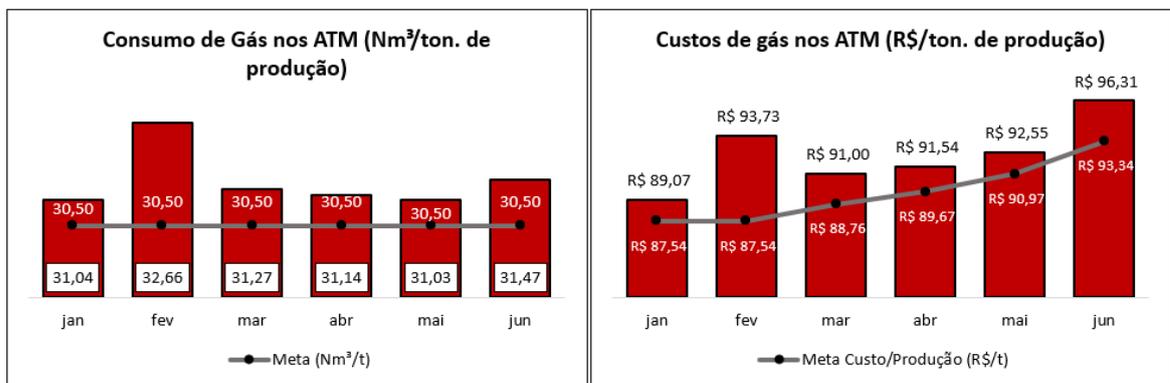
Fonte: fornecido pela empresa.

Figura 11 - Consumo, em Kg e R\$, de Defloculantes



Fonte: fornecido pela empresa.

Figura 12 - Consumo de Gás nos Atomizadores, em Nm³ e R\$, por tonelada produzida



Fonte: fornecido pela empresa.

Portanto, visando a adequação dos consumos de gás e bolas de alta alumina, firmou-se um acordo entre a equipe executora do projeto e os gestores através da Carta do Projeto, evidenciada na figura 13.

Figura 13 - Carta do Projeto

TÍTULO DO PROJETO				
Redução dos custos de consumo de gás nos atomizadores e bolas de alta alumina nos moinhos				
DESCRIÇÃO DO PROBLEMA				
A partir da observação dos indicadores do setor, evidenciou-se que os gastos com alguns insumos de produção extrapolam a meta estipulada pela empresa. Há oportunidade de melhoria do nível de consumo de gás nos atomizadores e de bolas de alta alumina.				
INDICADORES DO PROJETO			EQUIPE DO PROJETO	
Indicadores principais: consumo de gás nos atomizadores; consumo de bolas de alta alumina. Indicadores secundários: consumo de defloculante e quantidade de alarmes das balanças de MPM's.			Gerência - Líder do projeto Coord. Prep. De Massa - Executor Estagiário Industrial - Coleta de dados	
META DO PROJETO				
Diminuir o consumo mensal de gás e de bolas de alta alumina para 30,5 Nm ³ /t e 1,36 Kg/t, respectivamente, a partir de 01 de agosto de 2022.				
CRONOGRAMA				
DEFINIÇÃO	MEDIÇÃO	ANÁLISE	MELHORIA	CONTROLE
01/06 a 07/06	07/06 a 14/06	14/06 a 20/06	20/06 a 31/07	31/07 em diante

Fonte: elaborado pelos autores.

7.2. ETAPA 2: MEDIÇÃO DO PROCESSO (M)

Em seguida, foi feito um Diagrama de Ishikawa (figura 14) nas quais as causas potenciais foram levantadas através de um *brainstorming*, em reunião com o coordenador e os operadores da preparação de massa. O problema abordado envolve tanto o consumo de gás elevado, quanto o consumo de bolas de alta alumina.



Fonte: elaborado pelos autores.

Algumas das causas potenciais levantadas foram prontamente verificadas e consideradas conformes, portanto, descartadas. As causas em vermelho não foram descartadas.

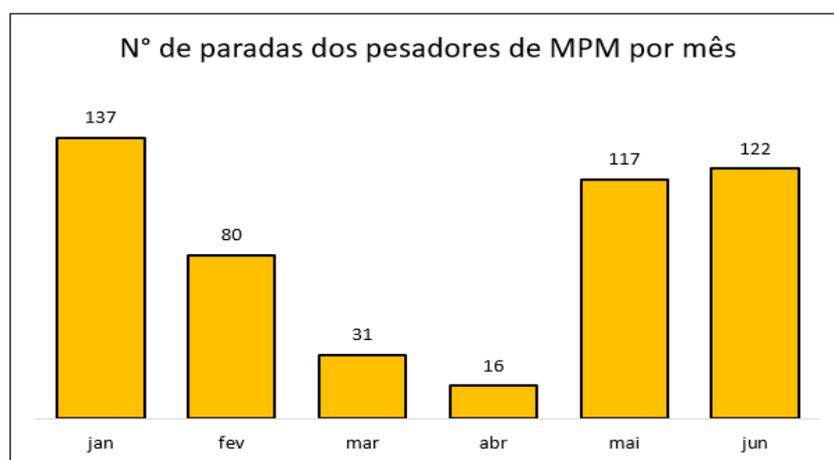
Em “equipamentos”, os pesadores de matéria-prima causando paradas nos moinhos podem ter como consequência a decantação e floculação da barbotina presente em seus interiores, o que incorre em perda de densidade da mesma, implicando em maior quantidade de água a ser eliminada no processo de atomização, gerando maior consumo de gás.

Em “método”, se o padrão da densidade da barbotina a ser trabalhado não for ótimo, pode ocorrer maior consumo de gás nos atomizadores pelos motivos já expostos anteriormente.

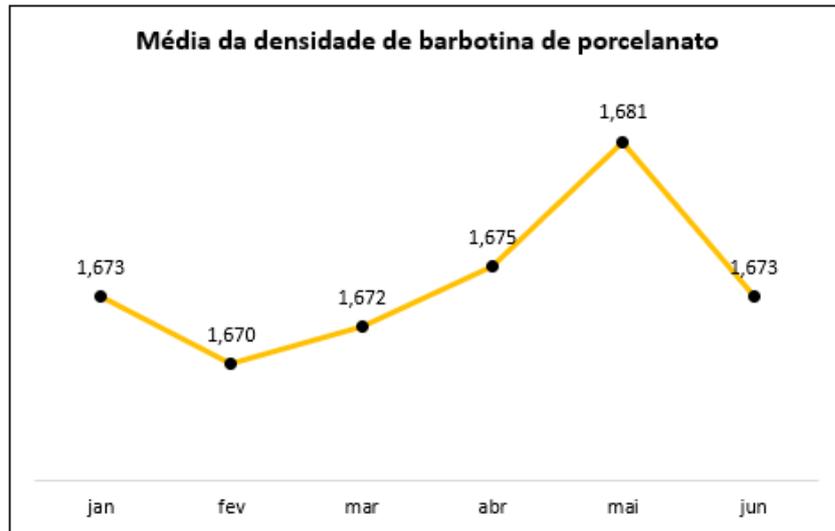
O fornecedor de bolas de alta alumina pode oferecer um produto com má qualidade e/ou preços elevados.

Foram coletados os dados necessários para a confecção de gráficos que permitam a visualização do comportamento histórico dos parâmetros associados às causas potenciais levantadas no Diagrama de Ishikawa, podendo ser visualizados no gráfico 1, o número de paradas dos pesadores de MPM por mês, no gráfico 2, a média mensal da densidade da barbotina e no gráfico 3, o consumo de bolas de alta alumina por fornecedor.

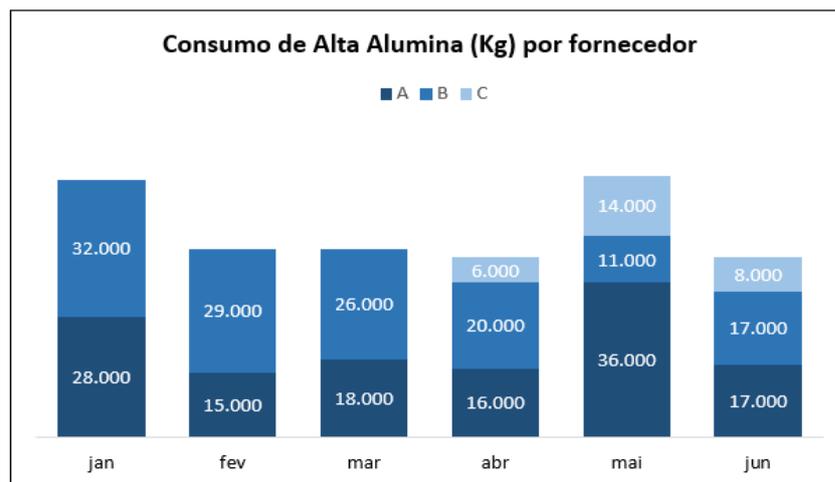
Gráfico 1 - N° de paradas dos pesadores de MPM de janeiro a junho



Fonte: elaborado pelos autores.

Gráfico 2 - Gráfico do histórico da média mensal da densidade da barbotina de porcelanato

Fonte: elaborado pelos autores.

Gráfico 3 - Consumo de bolas de alta alumina, em Kg, por fornecedor

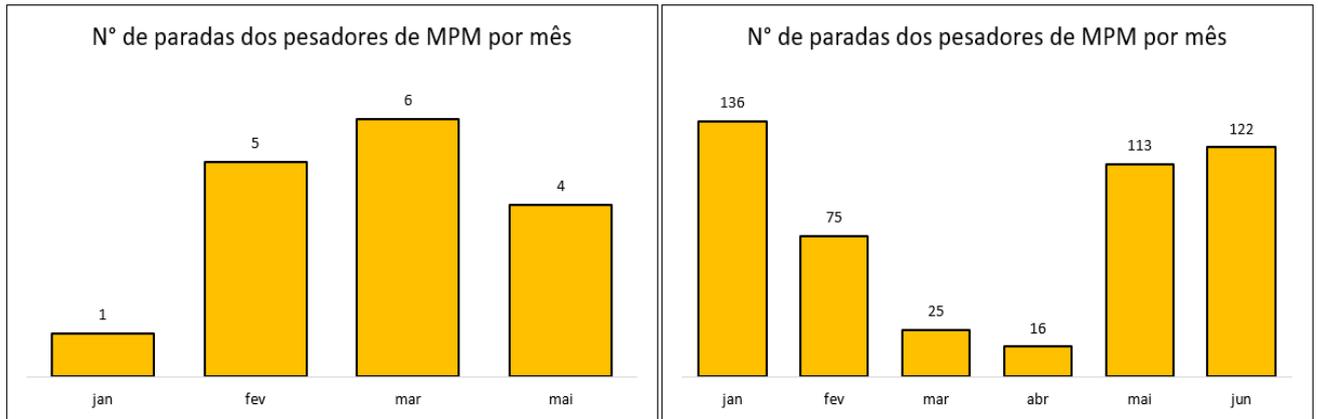
Fonte: elaborado pelos autores.

7.3. ETAPA 3: ANÁLISE DAS CAUSAS POTENCIAIS (A)

7.3.1. Pesadores de matéria-prima

Para uma análise mais detalhada, foram elaborados gráficos para o número de paradas das balanças por linha de produção (monoporosa e porcelanato), de janeiro a junho, destacadas na figura 15. Sabe-se que para cada produto, monoporosa e porcelanato, há onze balanças cuja função é pesar a quantidade correta de matérias-primas que chegam ao setor de preparação de massa, de acordo com a receita vigente.

Figura 15 - N° de paradas por mês de monoporosa e porcelanato, respectivamente

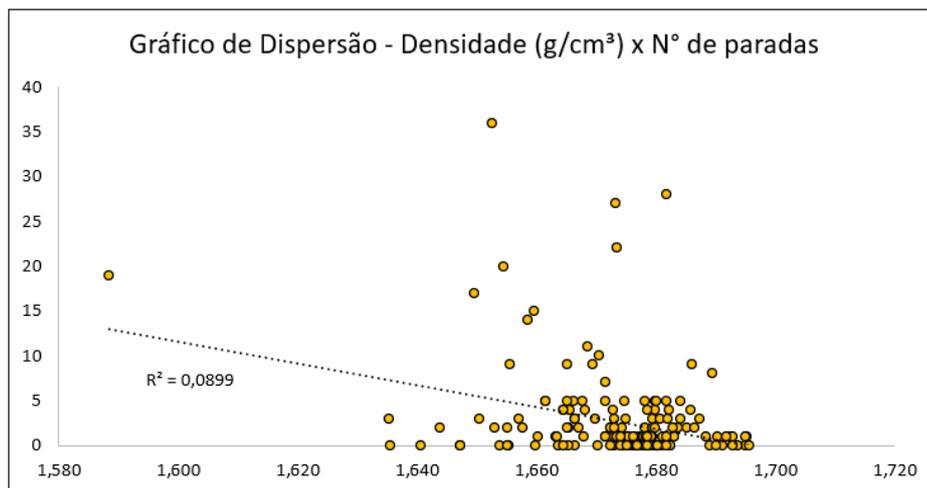


Fonte: elaborados pelos autores.

A partir dos gráficos, é possível perceber que os pesadores mais problemáticos são os da linha de produção do porcelanato, que serão o ponto de interesse deste trabalho.

Para comprovar a correlação existente entre o número de paradas dos pesadores e a densidade da barbotina de porcelanato ao longo dos dias, num período de seis meses, foi elaborado um diagrama de dispersão, utilizando-se uma base de dados com registros diários de densidade e paradas, demonstrado no gráfico 4.

Gráfico 4 - Gráfico de Dispersão (densidade x n° de paradas)



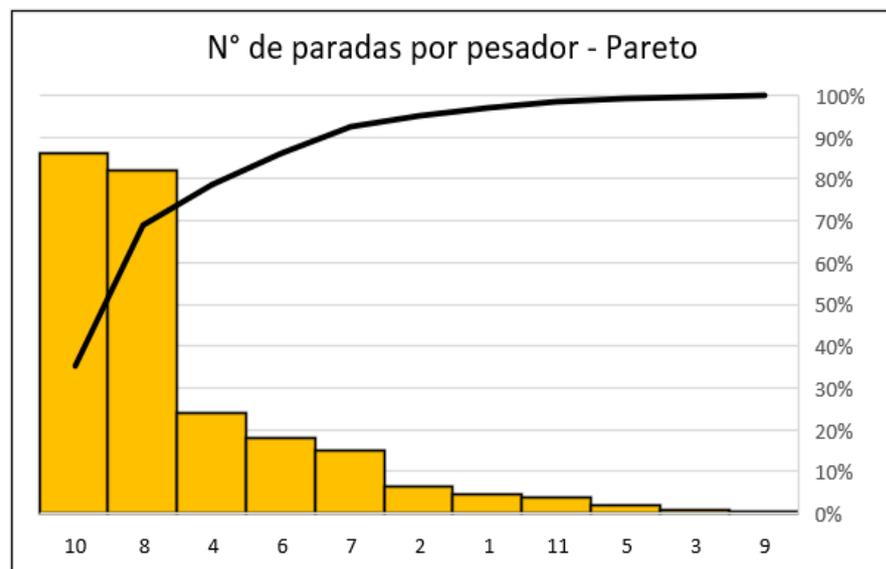
Fonte: elaborado pelos autores.

Embora o fator R-Quadrado explique apenas 8,99% da correlação, percebe-se uma leve tendência para o aumento da densidade da barbotina, conforme o número de paradas diminui, visto a aglutinação dos pontos à direita inferior. Alguns pontos não corroboram com a busca da comprovação da relação existente (visto que há alguns mais à esquerda e com poucas paradas

e, ao mesmo tempo, há outros mais à direita e com muitas paradas), devido a esse não ser o único fator determinante para a alteração da densidade, existindo muitos outros que surgem esporadicamente, como: problemas com as bombas de água e defloculante utilizados na moagem, a receita em vigência, queda da potência dos moinhos e a eficiência das bolas de alta alumina, por exemplo.

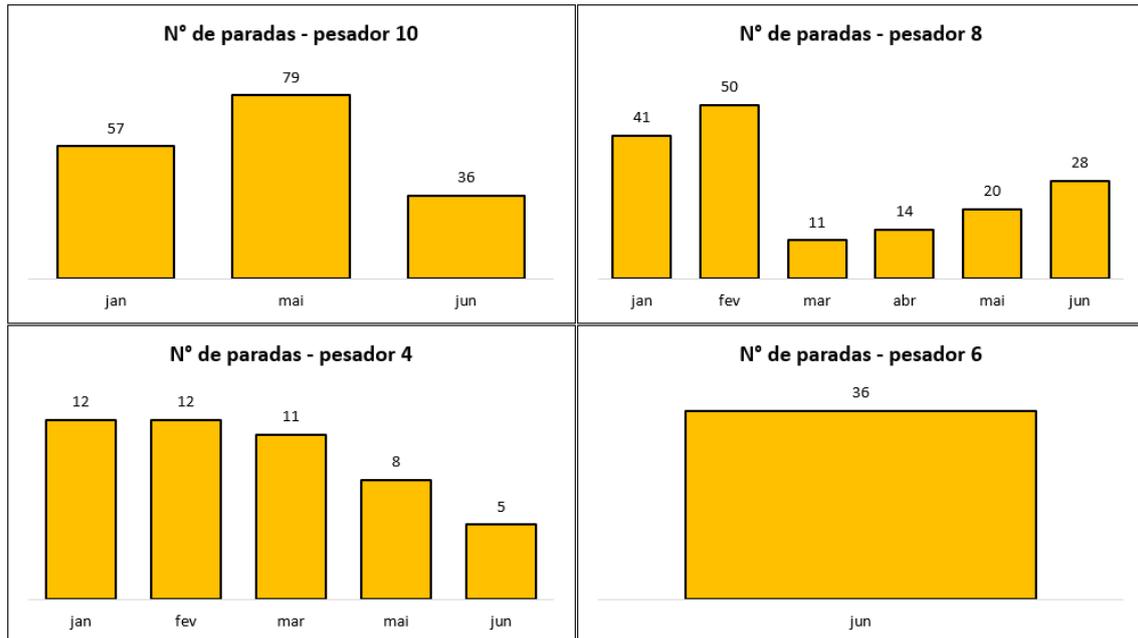
Almejando uma análise mais detalhada, construiu-se um Gráfico de Pareto com o número de paradas por pesador, evidenciado no gráfico 5.

Gráfico 5 - Gráfico de Pareto (n° de paradas por pesador)



Fonte: elaborado pelos autores.

Observa-se que mais de 80% das paradas se concentram nos pesadores 10, 8, 4 e 6, sendo o foco principal os pesadores 10 e 8. São as balanças que comportam as MPM's mais úmidas, portanto, materiais com maior potencial de gerar travamento das correias quando se acumulam nos roletes. Objetivando um nível maior de detalhamento, foram elaborados gráficos para cada um desses pesadores, expondo o número de paradas ao longo do tempo, de janeiro a junho, sendo eles demonstrados na figura 16.

Figura 16 - N° de paradas por pesador ao longo do tempo

Fonte: elaborado pelos autores.

É notável, a partir da análise dos gráficos, a cronicidade das paradas do pesador 8, em contraste com o alto número de paradas do pesador 6 apenas no mês de junho. Observa-se que o problema de paradas da balança 4 também é crônico, embora muito menos expressivo comparado ao pesador 8. Chama atenção, também, o pesador 10, pela concentração das paradas que se deu nos últimos dois meses a partir da confecção deste trabalho.

Evidencia-se, portanto, a necessidade de tomada de decisão para a resolução desses problemas. Antes, é necessário compreender que as paradas dos pesadores quase sempre estão relacionadas com o funcionamento das correias que transportam as matérias-primas para o setor de preparação de massa.

Para se chegar às causas raízes, os problemas em questão foram submetidos aos Cinco Porquês, em reunião com o coordenador do setor, mostrados na figura 17.

Figura 17 - Cinco Porquês dos pesadores de matéria-prima

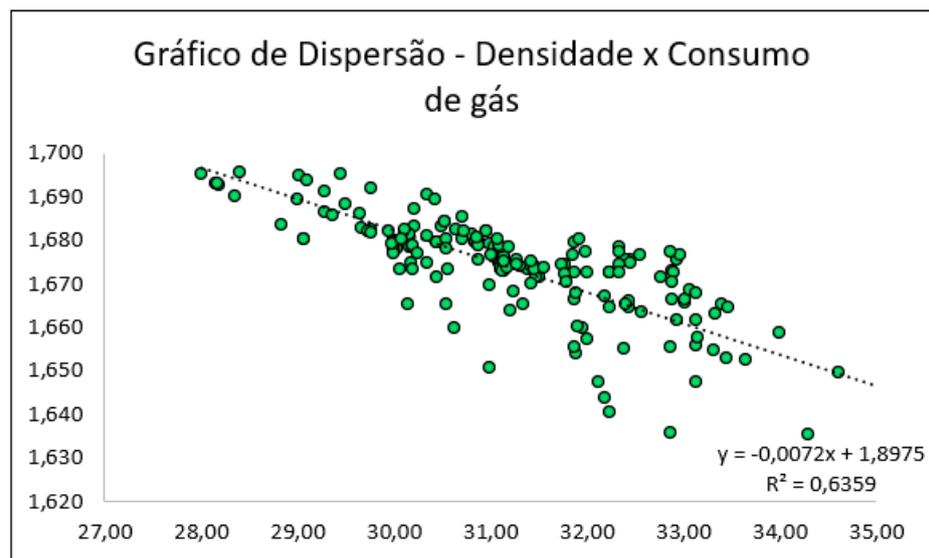
Causas	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?
Pesador 10 tendo muitas paradas	Dando muitos alarmes de capacidade alta e de capacidade baixa	Velocidade da correia transportadora com inconsistências (aumentando ou diminuindo em excesso)	Excesso ou falta de tensão na correia transportadora	Acúmulo de material nos roletes	Não há um plano de limpeza preventiva das correias
Pesador 8 tendo muitas paradas	Dando muitos alarmes de capacidade baixa	Velocidade da correia transportadora diminuindo em excesso	Desalinhamento da correia transportadora	Roletes de transporte desgastados	Não há um plano de manutenção consistente
Pesador 4 tendo muitas paradas	Dando muitos alarmes de capacidade baixa	Velocidade da correia transportadora diminuindo em excesso	Desalinhamento da correia transportadora	Roletes de transporte desgastados	Não há um plano de manutenção consistente
Pesador 6 tendo muitas paradas	Dando muitos alarmes de capacidade baixa	Velocidade da correia transportadora diminuindo em excesso	Desalinhamento da correia transportadora	Roletes de transporte desgastados	Não há um plano de manutenção consistente

Fonte: elaborado pelos autores.

7.3.2. Padrão de densidade inadequado

Em relação à densidade da barbotina do porcelanato, busca-se comprovar a sua correlação com o consumo de gás através de um Gráfico de Dispersão, feito através de dados históricos coletados diariamente, apresentado no gráfico 6.

Gráfico 6 - Gráfico de Dispersão (média de densidade diária x consumo de gás diário)



Fonte: elaborado pelos autores.

O valor de R-quadrado explica 63,59% da variância de consumo de gás, o que nos permite determinar que há correlação negativa (visto a inclinação negativa da reta) entre o consumo de gás e a densidade da barbotina.

A expressão da regressão linear " $y = -0,0072x + 1,8975$ " mostra, ainda, que a diminuição do consumo de gás em mais de 1 Nm³/ton pode ser obtida aumentando apenas 0,01 g/cm³ de densidade.

Assim, é pertinente buscar alguma forma de elevar o padrão da densidade da barbotina para 1,68 g/cm³ ~ 1,69 g/cm³, sem que isso incorra em aumento excessivo da viscosidade, o que gera piores resultados na qualidade final do produto.

Para se chegar à causa raiz da inadequação do padrão da densidade da barbotina, elaborou-se uma tabela dos Cinco Porquês, em reunião com o coordenador do setor, evidenciada na figura 18.

Figura 18 - Cinco Porquês do padrão de densidade da barbotina de porcelanato

Causa	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?
Padrão baixo de densidade	Setpoint de água alto	Setpoint de defloculante baixo	Receita não permite aumentar setpoint	Viscosidade da barbotina aumenta excessivamente, causando entupimento dos moinhos e tubulação	Algumas matérias-primas e suas dosagens não reagem bem ao aumento do uso de defloculante

Fonte: elaborado pelos autores.

7.3.3. Fornecedor de Alta Alumina de má qualidade / caro

A partir do histórico do consumo de bolas de alta alumina por tamanho e da soma de cada uma das linhas, foram obtidas porcentagens referentes ao uso de cada tamanho, como pode ser observado na tabela 2.

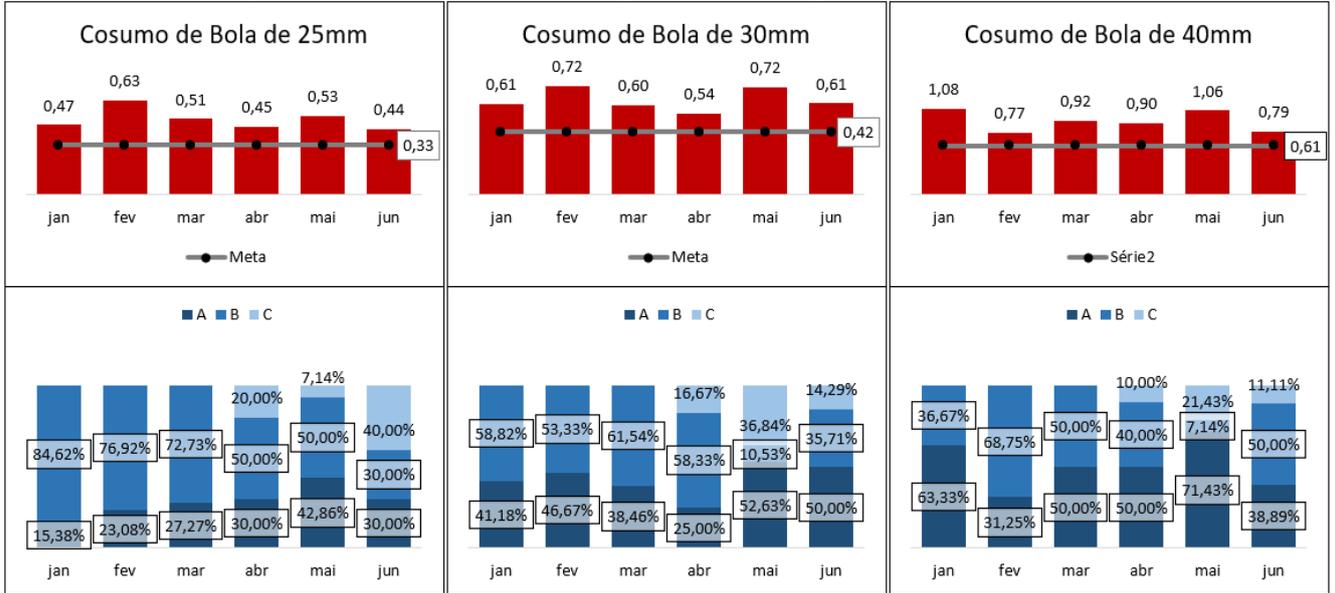
Tabela 2 – Tabela do consumo de alta alumina por tamanho

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	SOMA	%
Bola 25mm	13.000	13.000	11.000	10.000	14.000	10.000	71.000	24,23%
Bola 30mm	17.000	15.000	13.000	12.000	19.000	14.000	90.000	30,72%
Bola 40mm	30.000	16.000	20.000	20.000	28.000	18.000	132.000	45,05%
Meta (Kg/ton)	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36		
Consumo (Kg/ton)	2,15	2,12	2,03	1,89	2,30	1,83		

Fonte: fornecido pela empresa.

Partindo da meta de 1,36 Kg de alta alumina por tonelada produzida, multiplicando a meta geral pela porcentagem do uso de cada tamanho, foram estabelecidas as seguintes metas: $1,36 * 24,23\% = 0,33 \text{ Kg/ton para } 25\text{mm}$; $1,36 * 30,72\% = 0,42 \text{ Kg/ton para } 30\text{mm}$; $1,36 * 45,05\% = 0,61 \text{ Kg/ton para } 40\text{mm}$. O consumo (Kg/ton. Produzida) por tamanho de bola foi, então, confrontado com essas metas. Foi analisado, também, o consumo de cada tamanho de bola por fornecedor, demonstrado na figura 19.

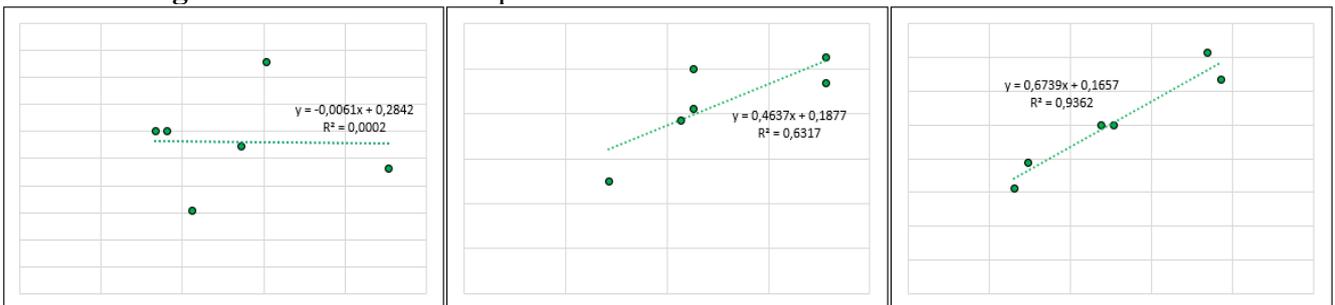
Figura 19 - Consumo de bolas por tamanho e por fornecedor



Fonte: elaborado pelos autores.

A partir da observação dos gráficos, nota-se uma tendência para o aumento do consumo de bolas conforme o fornecedor A é mais utilizado. Buscando evidência desta afirmação, foram elaborados diagramas de dispersão envolvendo as variáveis desvio da meta de consumo e uso do fornecedor A, para os tamanho de 25mm, 30mm e 40mm, respectivamente, como demonstrado na figura 20.

Figura 20 - Gráficos de dispersão desvio da meta x uso do fornecedor A

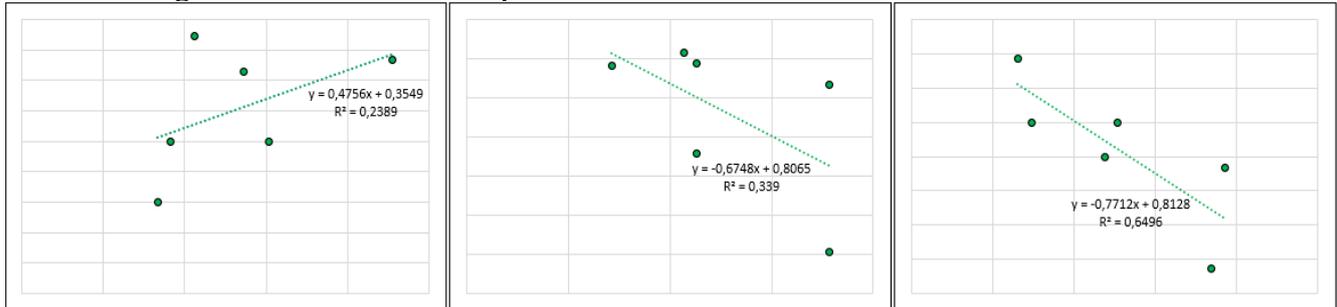


Fonte: elaborado pelos autores.

Diante do R-quadrado de 63,17% e 93,62% e coeficientes de regressão linear positivos para os gráficos dos tamanhos 30mm e 40mm, respectivamente, é possível afirmar que a utilização do fornecedor A não é benéfica, em termos de eficiência e consumo. Para efeito de comparação, foram elaborados diagramas de dispersão envolvendo as mesmas variáveis, dessa

vez, para o fornecedor, sendo exibidos na figura 21.

Figura 21 - Gráficos de dispersão desvio da meta x uso do fornecedor B



Fonte: elaborado pelos autores.

Já para o fornecedor B, a figura 21 demonstra que sua utilização para os tamanhos 30mm e 40mm é benéfica, ao contrário do tamanho de 25mm.

É importante frisar que outras variáveis estão envolvidas no fenômeno, sendo uma delas a utilização de um outro fornecedor (C). Como este teve um uso bem menor, não é de significativa importância elaborar gráficos estatísticos para o mesmo.

A análise gráfica feita acima já permite definir que o fornecedor A é inadequado, considerando apenas consumo. O fornecedor B, para o tamanho de 25mm, também não apresentou resultados satisfatórios, sabendo que o alto consumo de alta alumina está intrinsecamente relacionado ao índice de desgaste. Assim, o uso dos Cinco Porquês a fim de chegar à causa raiz é obsoleto, sendo conveniente já afirmar que o desgaste do fornecedor A é excessivamente alto.

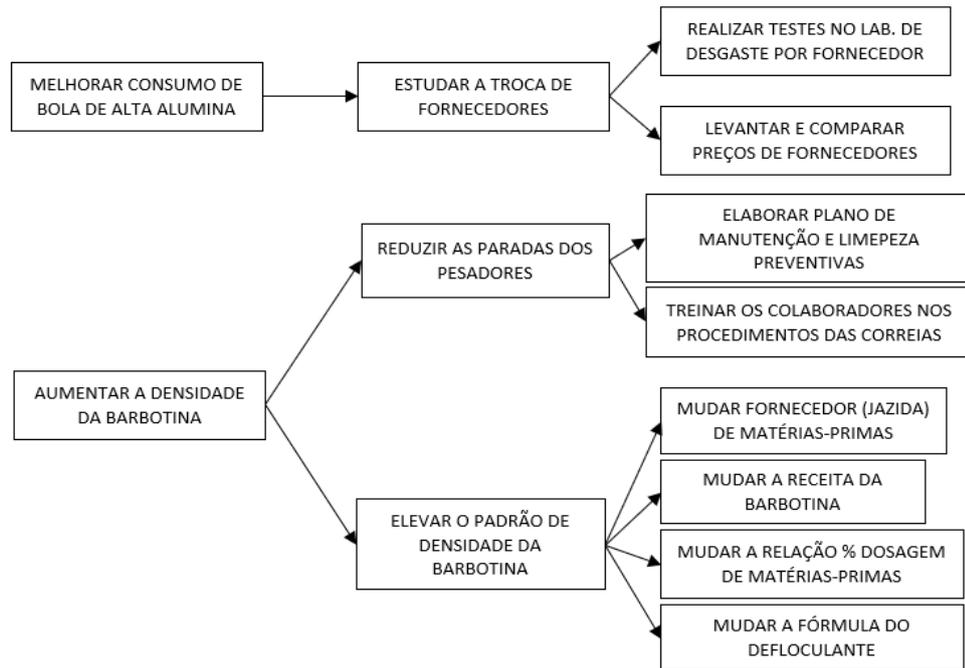
7.4. ETAPA 4: IMPLEMENTAÇÃO DAS SOLUÇÕES (I)

A fim de levantar possíveis soluções para as causas raízes identificadas, foi elaborado um Diagrama de Árvore, figura 22, com soluções em potencial, levantadas por meio de um *brainstorming*, em reunião com o coordenador do setor.

Em seguida, as possíveis soluções levantadas foram colocadas na Matriz de Priorização das Soluções, para definir quais deverão ser levadas adiante. Os critérios adotados são: facilidade de implementação, baixo custo e impacto sobre a causa, com pesos 3, 4 e 5, respectivamente.

Com as soluções prioritárias, foram elaborados planos de ação, seguindo a metodologia 5W1H.

Figura 22 - Diagrama de Árvore



Fonte: elaborado pelos autores.

Tabela 3 - Matriz de Priorização das Soluções

	BAIXO CUSTO	FACILIDADE	IMPACTO SOBRE A CAUSA	TOTAL
PESO	3	4	5	
REALIZAR TESTES NO LAB. DE DESGASTE DE BOLAS	3	5	5	54
LEVANTAR E COMPARAR PREÇOS DE FORNECEDORES	1	3	5	40
ELABORAR PLANO DE MANUTENÇÃO E LIMPEZA PREVENTIVAS	1	3	5	40
TREINAR OS COLABORADORES NOS PROCEDIMENTOS DAS CORREIAS	3	3	3	36
MUDAR FORNECEDOR (JAZIDA) DE MATÉRIAS-PRIMAS	1	1	3	22
MUDAR A RECEITA DA BARBOTINA	3	1	5	38
MUDAR A RELAÇÃO % DOSAGEM DE MATÉRIAS-PRIMAS	3	3	5	46
MUDAR A FÓRMULA DO DEFLOCULANTE	3	1	5	38

Fonte: elaborado pelos autores.

7.4.1. Plano de Ação: Manutenção e Limpeza Preventivas das Correias Transportadoras dos Pesadores de Matéria-Prima

Figura 23 - Plano de ação 5W1H para os pesadores de matéria-prima

PLANO DE MANUTENÇÃO E LIMPEZA PREVENTIVAS DAS CORREIAS DOS PESADORES					
O quê?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?
Inspeccionar os roletes das correias das balanças 4, 6, 8 e 10	Avaliar quais os roletes que necessitam de troca ou limpeza	Setor de matéria-prima/preparação de massa	Operador de matéria-prima	Até 14 de julho	Inspeção visual, acompanhada de anotação dos roletes que necessitarão de troca ou limpeza
Pedir os roletes necessários no almoxarifado da empresa ou abrir pedido de compra	Ter disponível todos os roletes que substituirão os roletes antigos/desgastados	Almoxarifado/setor de matéria-prima	Supervisor de matéria-prima	Até 14 de julho	Abrir processo de requisição no almoxarifado ou contactar fornecedores das peças para compra
Substituir roletes desgastados pelo novos e limpar os que estão contaminados	Melhorar o rolamento e a tensão das correias das balanças	Setor de matéria-prima/preparação de massa	Operador de manutenção	Até 21 de julho	Fazer as intervenções necessárias
Elaborar plano de manutenção e limpeza preventivas dos roletes das correias	Evitar futuras paradas por contaminação ou desgaste excessivo dos roletes	Setor de matéria-prima	Supervisor de matéria-prima	Até 28 de julho	Fazer documento com periodicidade de manutenção e limpeza para os roletes de cada correia
Treinar os colaboradores no plano de manutenção e limpeza	Alinhar todos os colaboradores em relação às novas práticas de prevenção	Setor de matéria-prima	Supervisor de manutenção	Até 01 de agosto	Mostrar o documento elaborado e orientar os colaboradores quanto à periodicidade da manutenção

Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 24 - Modelo do plano de manutenção e limpeza preventivas dos roletes e da correia

Pesador	Roletes		Correia		Periodicidade Preventivos	
	Danificados	Desgastados	Desalinhada	Mal tensionada?	Limpeza	Manutenção
	(n°)	(n°)	(S ou N)	(S ou N)		
1					2 meses	6 meses
2					2 meses	6 meses
3					2 meses	6 meses
4					2 meses	2 meses
5					2 meses	6 meses
6					2 meses	3 meses
7					2 meses	6 meses
8					2 meses	1 mês
9					2 meses	6 meses
10					1 mês	2 meses
11					2 meses	6 meses
HISTÓRICO DE LIMPEZA PREVENTIVA DOS ROLETES E DA CORREIA						
Item	Data Manutenção		Itens trocados	Data Limpeza Preventiva		
PESADOR 1		__/__/__			__/__/__	
PESADOR 2		__/__/__			__/__/__	
PESADOR 3		__/__/__			__/__/__	
PESADOR 4		__/__/__			__/__/__	
PESADOR 5		__/__/__			__/__/__	
PESADOR 6		__/__/__			__/__/__	
PESADOR 7		__/__/__			__/__/__	
PESADOR 8		__/__/__			__/__/__	
PESADOR 9		__/__/__			__/__/__	
PESADOR 10		__/__/__			__/__/__	
PESADOR 11		__/__/__			__/__/__	

Fonte: elaborado pelos autores.

7.4.2. Plano de Ação: Mudança das Dosagens de Matérias-Primas

A nova receita vigente, com dosagens diferentes para cada uma das matérias-primas, permite elevar o setpoint de defloculante de 0,88% para 0,92%. O setpoint é uma porcentagem referente à quantidade de defloculante utilizada em comparação com a quantidade de matéria-prima. Como consequência, a densidade da barbotina irá aumentar, assim como o consumo de defloculante. O ganho financeiro se dá pela diferença da economia gerada com a diminuição do consumo de gás para o aumento dos gastos com defloculante.

Figura 25 - Plano de ação 5W1H para a receita da massa

MUDANÇA DAS DOSAGENS DAS MATÉRIAS-PRIMAS DA MASSA DE PORCELANATO					
O quê?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?
Testar em laboratório diferentes dosagens de matérias-primas para o porcelanato	Registrar a reação da barbotina de teste ao uso de maior quantidade de defloculante	Laboratório	Técnico de laboratório	Até 14 de julho	Moer em moinhos de testes as MPM's e adicionar defloculante em dosagem maior que o setpoint vigente, avaliando viscosidade e densidade
Analisar a viabilidade das receitas testadas	Avaliar se as receitas testadas apresentam viscosidade viável com o aumento da densidade, evitando futuros entupimentos nos moinhos e tubulação	Laboratório	Técnico de laboratório	Até 14 de julho	Realizar ensaio de viscosidade e densidade
Formalizar nova receita de porcelanato e enviar aos setores de MPM e preparação de massa	Configurar nos painéis das balanças de MPM as novas dosagens % de cada MPM	Laboratório	Supervisor de laboratório	Até 21 de julho	Imprimir relação das dosagens e entregar aos supervisores dos setores citados

Fonte: elaborado pelos autores.

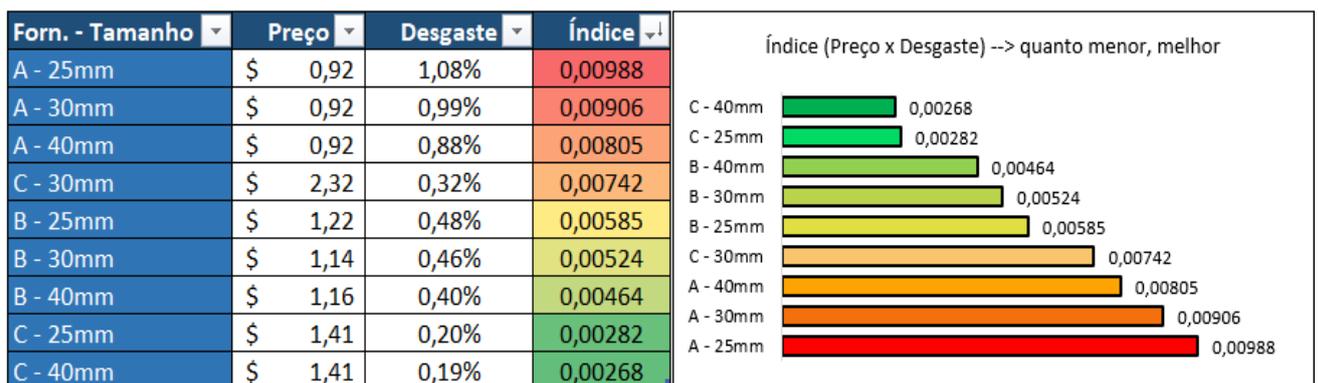
7.4.3. Plano de Ação: Mudança de Fornecedor de Bola de Alta Alumina

Figura 26 - Plano de Ação 5W1H para fornecedores de bola de alta alumina

MUDANÇA DE FORNECEDOR DAS BOLAS DE ALTA ALUMINA					
O quê?	Por quê?	Onde?	Quem?	Quando?	Como?
Pedir e selecionar amostras de diferentes fornecedores	Realizar testes de desgaste no laboratório	Setor de preparação de massa	Supervisor de preparação de massa	Até 01 de julho	Pedir 1 bag de 1.000 Kg (única opção) para cada tamanho de cada fornecedor para coletar amostras de 1 Kg e levar ao lab.
Testar em laboratório as bolas de alta alumina	Calcular a % de desgaste para cada tamanho e cada fornecedor	Laboratório	Técnico de laboratório	Até 14 de julho	Moer matérias-primas em moinhos de teste por 1 semana e comparar o peso das bolas antes x depois
Armazenar os resultados em tabela e fazer comparativo de preços	Calcular custo x benefício de diferentes fornecedores, sabendo que bolas de desgaste maior são bem mais baratas	Setor de preparação de massa	Supervisor de preparação de massa	Até 18 de julho	Multiplicar a % de desgaste das bolas pelo preço e comparar: as com o menor índice apresentam o melhor custo x benefício
Comprar novos bags do fornecedor escolhido para a realização de teste industrial	Realizar o processo de moagem com o fornecedor novo e verificar como os indicadores reagem	Setor de preparação de massa	Supervisor de preparação de massa	Até 21 de julho	Contactar os fornecedores para a compra dos bags

Fonte: elaborado pelos autores.

Figura 27 - Gráfico e tabela com preços e desgastes das bolas por fornecedor e tamanho



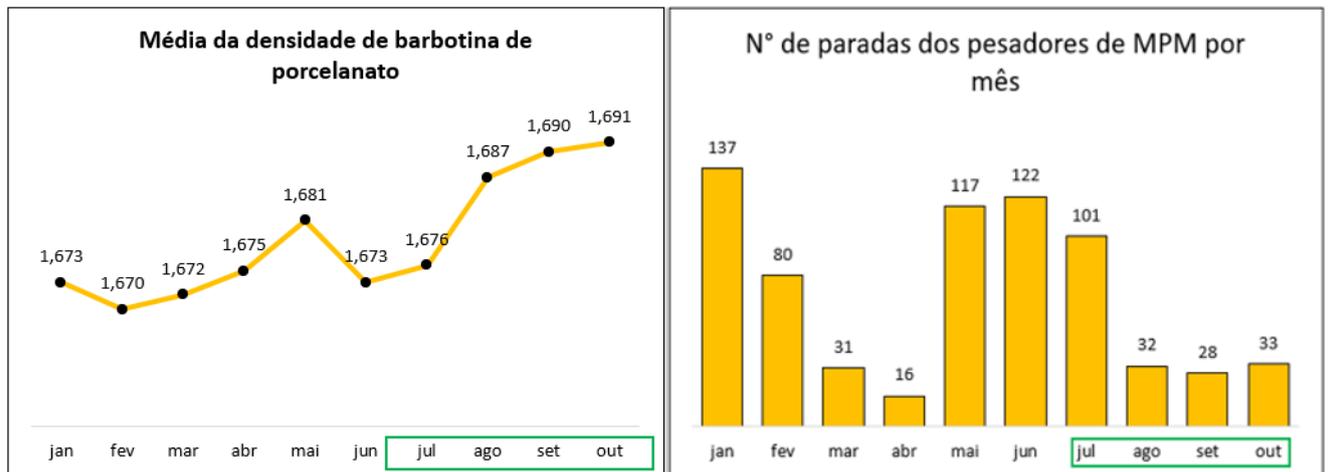
Fonte: elaborado pelos autores.

A figura 27 demonstrada acima contém os preços de cada tamanho de bola por fornecedor e os desgastes encontrados nos testes feitos em laboratório. A coluna índice, obtida a partir da multiplicação do preço pelo desgaste, indica quais os melhores fornecedores para cada tamanho de bola em custo x benefício quanto menor for o valor. Chegou-se à conclusão, portanto, que para os tamanhos de 25mm e 40mm, o melhor fornecedor é o C. Para o tamanho de 30mm, o melhor fornecedor é o B, cujo estoque já estava cheio.

7.4.4. Resultados obtidos com as melhorias propostas

Com a criação do plano de manutenção e limpeza preventivas das balanças de matéria-prima, o número de paradas teve uma diminuição expressiva a partir do mês de agosto. A mudança das dosagens das matérias-primas na receita do porcelanato, que possibilitou a adição de mais defloculante, também contribuiu para o aumento da densidade da barbotina nos meses subsequentes. A figura 28 é referente às médias mensais da densidade da barbotina e ao número de paradas dos pesadores.

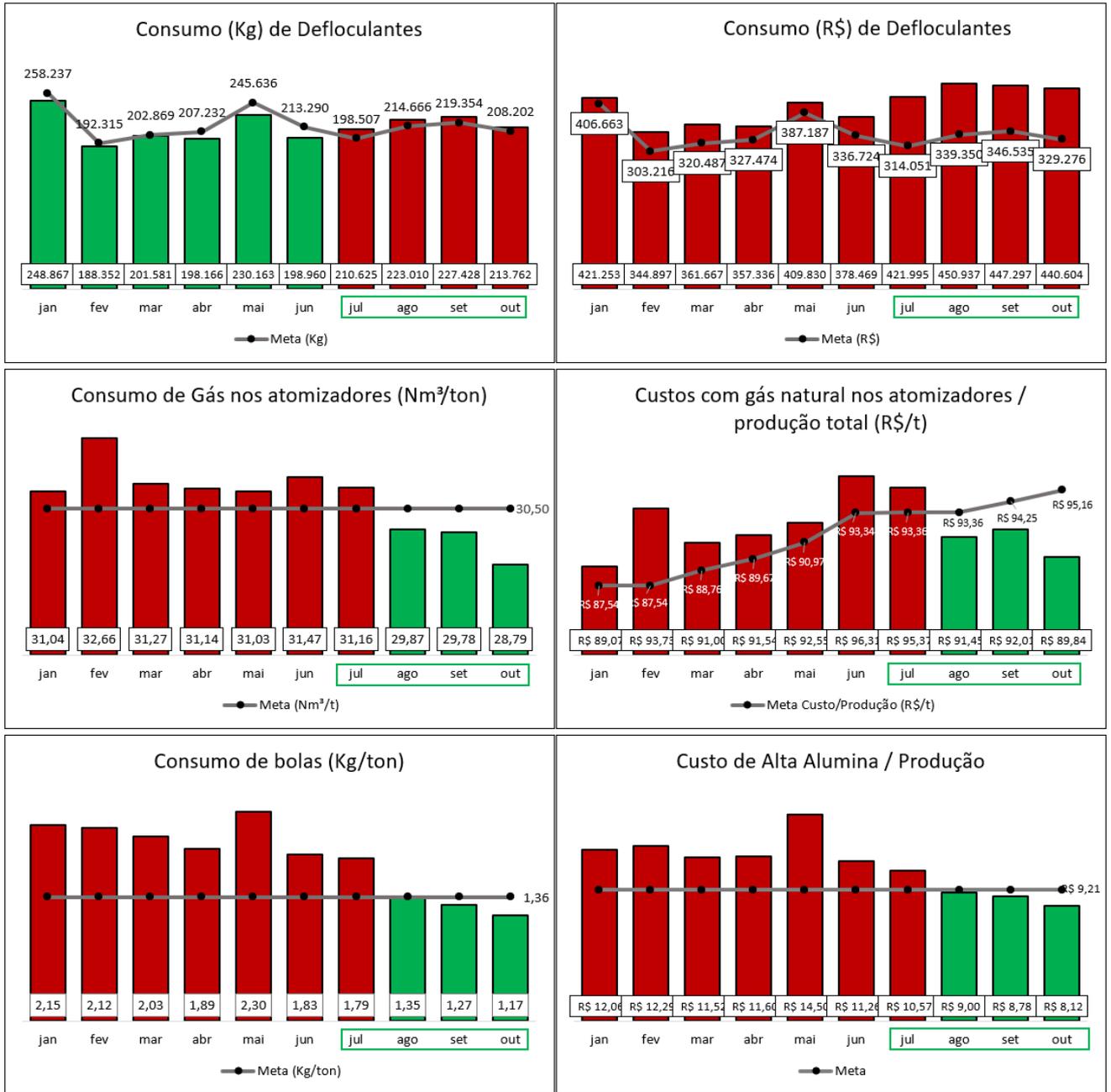
Figura 28 - Média da densidade de barbotina e número de paradas das balanças de MPM após melhorias



Fonte: elaborado pelos autores.

Diante do objetivo de elevar a densidade da barbotina, o consumo e, conseqüentemente, os custos com defloculante aumentaram, extrapolando ainda mais as metas financeiras pré-estabelecidas pela empresa. Vale ressaltar que, desde o início do ano, o preço praticado do defloculante é maior do que o orçado. O intuito é mostrar que as economias geradas pelas conseqüências do aumento da densidade (a redução do consumo de gás) e da troca do fornecedor de alta alumina superaram os gastos a mais com defloculante. Com isso, o gráfico 16 demonstra o consumo por mês dos principais insumos abordados neste trabalho, tanto em quantidade como em R\$ (valor total, no caso do defloculante, e valor por tonelada de produção para a alta alumina e gás):

Figura 29 - Consumos de defloculante, gás nos atomizadores e bolas de alta alumina nos moinhos



Fonte: elaborado pelos autores.

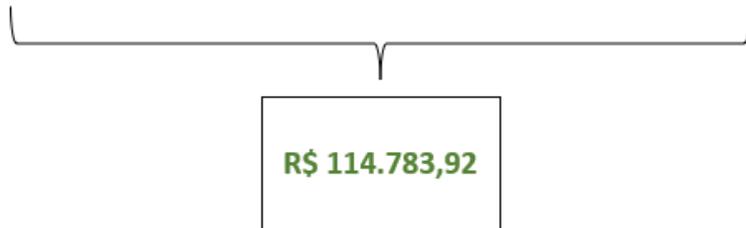
Para o cálculo de impacto financeiro, considerou-se o preço real do defloculante para o ajuste da meta. Para o cálculo da meta do custo total mensal do gás e bolas de alta alumina, a meta mensal de custo por tonelada, em reais, foi multiplicada pela quantidade de porcelanato e monoporosa produzida, em toneladas. O mesmo princípio foi utilizado para a obtenção do custo total realizado por mês.

O cálculo do impacto financeiro foi feito sobre a meta, calculando-se as diferenças entre as metas e o praticado. O valor das matérias-primas foi desconsiderado, sabendo que não houve

qualquer alteração de seu comportamento comum mesmo com as dosagens diferentes da receita anterior, ocorrendo apenas variações normais decorrentes de mudanças de preços e negociações com fornecedores, evidenciadas na tabela 4.

Tabela 4 - Cálculos dos impactos financeiros

Itens	julho	agosto	setembro	outubro
Preço defloc. (Kg)	R\$ 2,00	R\$ 2,02	R\$ 1,97	R\$ 2,06
Meta Ajust. Defloc.	R\$ 397.715,89	R\$ 434.065,80	R\$ 431.417,60	R\$ 429.143,21
Realizado Defloc.	R\$ 421.994,68	R\$ 450.937,00	R\$ 447.297,19	R\$ 440.603,99
Diferença Defloc.	-R\$ 24.278,79	-R\$ 16.871,20	-R\$ 15.879,59	-R\$ 11.460,78
Meta Gás	R\$ 1.978.675,69	R\$ 2.146.907,34	R\$ 2.220.855,07	R\$ 2.121.856,06
Realizado Gás	R\$ 2.021.214,56	R\$ 2.102.831,13	R\$ 2.168.158,76	R\$ 2.003.135,68
Diferença Gás	-R\$ 42.538,87	R\$ 44.076,21	R\$ 52.696,31	R\$ 118.720,38
Meta Bolas AA	R\$ 195.150,50	R\$ 211.742,65	R\$ 216.983,75	R\$ 205.317,89
Realizado Bolas AA	R\$ 223.923,96	R\$ 207.065,17	R\$ 206.931,92	R\$ 180.953,50
Diferença Bolas AA	-R\$ 28.773,46	R\$ 4.677,48	R\$ 10.051,83	R\$ 24.364,39
Impacto Total R\$	-R\$ 95.591,12	R\$ 31.882,49	R\$ 46.868,55	R\$ 131.623,99



Fonte: elaborado pelos autores.

A partir dos cálculos, chegou-se ao impacto financeiro de R\$ 114.783,92 entre os meses de julho e outubro, analisando pela diferença entre o realizado e a meta. Esse valor tenderia a ser mais expressivo, tendo em vista que no mês de julho as melhorias propostas ainda estavam sendo testadas e avaliadas. Tomando-se apenas como base os meses de agosto em diante, foi alcançada uma economia mensal média de R\$ 70.125,01, que representaria uma economia anual de R\$ 841.500,12, sempre analisando pela meta. Tomando como referência para o cálculo os valores praticados nos meses anteriores, a economia gerada seria ainda maior, tendo em vista os altos gastos desses períodos.

7.5. ETAPA 5: CONTROLE DAS MELHORIAS (C)

7.5.1. Procedimento Operacional Padrão: Moagem

Com o objetivo de padronizar as melhorias alcançadas, foi desenvolvido um novo Procedimento Operacional Padrão para o processo de moagem, contendo os novos padrões de densidade e uso de defloculante, evidenciado na figura 30.

Figura 30 - Procedimento Operacional Padrão para correção de não-conformidades nos controles da barbotina

CONTROLES DA BARBOTINA - PROCEDIMENTO PADRÃO		
PROCESSO	RESPONSÁVEL	OBJETIVO
CONTROLES DA BARBOTINA	OPERADOR DE MOINHO	DESCREVER PROCEDIMENTOS QUE GARANTEM A QUALIDADE DA BARBOTINA
DESCRIÇÃO DO PROCESSO		
Com o moinho em funcionamento, coletar amostra pós peneiramento primário de mais de 100 mL de barbotina a cada hora para fazer os ensaios de controle de densidade e viscosidade.		
ENSAIO DE PARÂMETRO		PADRÃO
VISCOSIDADE		CRONOMETRAGEM
<ul style="list-style-type: none"> > Tampar o orifício inferior do viscosímetro com o dedo e encher o copo com a barbotina até transbordar um pouco; > Colocar densímetro embaixo do orifício; > Tira o dedo do orifício e acionar o cronômetro; > Parar o cronômetro quando o densímetro encher. 		30 a 60 segundos
DENSIDADE		PESAGEM
<ul style="list-style-type: none"> > Com o densímetro cheio (100 mL), limpar a parte externa e realizar a pesagem com a balança tarada com o peso do densímetro vazio; > Dividir o peso por 100 para obter a leitura em g/cm³. 		Monoporosa (170 a 172 gramas) Porcelanato (169 a 170 gramas)
CONTROLES DAS NÃO-CONFORMIDADES		
VISCOSIDADE		
CONDIÇÃO	ALTA	BAIXA
DISPOSIÇÕES	Corrigir com defloculante; Adicionar mais água ao moinho para corrigir a densidade.	Retirar defloculante.
DENSIDADE		
CONDIÇÃO	ALTA	BAIXA
DISPOSIÇÕES	Adicionar água ao moinho (a cada 0,01 g/cm ³ de densidade, adiciona-se 200 L de água).	Adicionar defloculante; Retirar água do moinho (200 L para cada 0,01 g/cm ³).

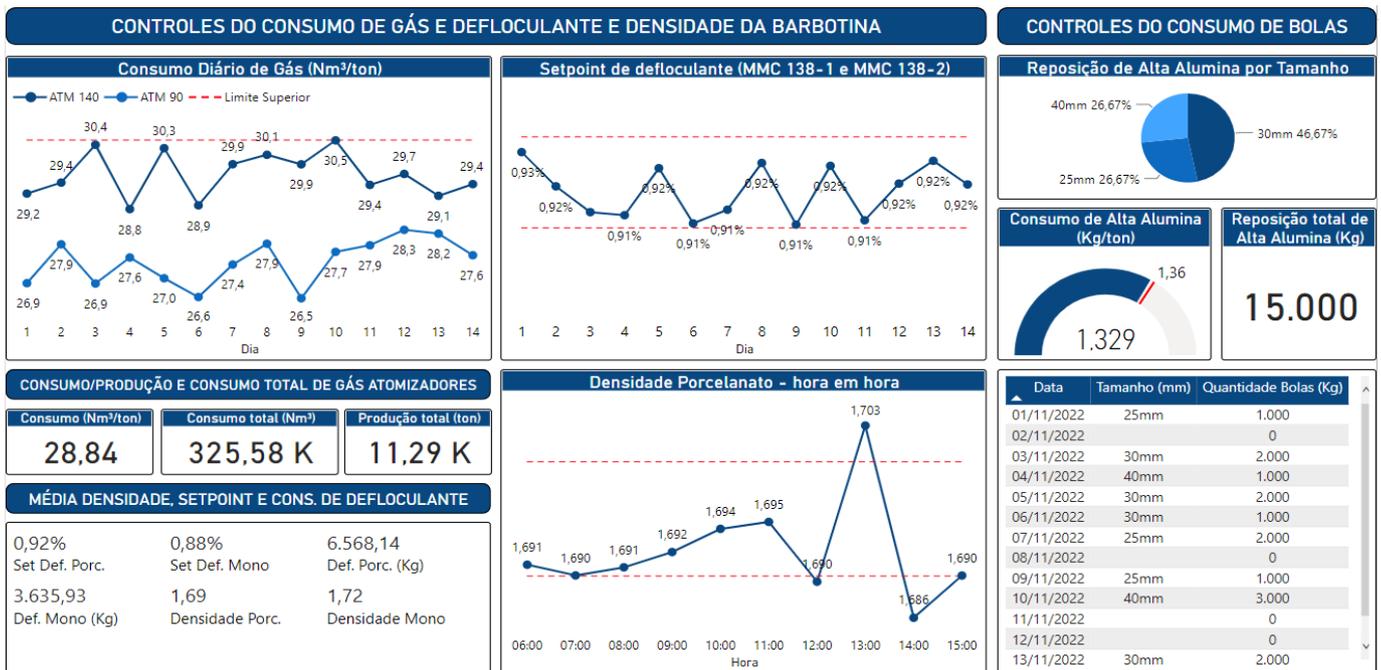
Fonte: elaborado pelos autores.

7.5.2 Gestão à Vista com Power BI

Objetivando manter a equipe alinhada quanto ao consumo atual dos insumos de produção priorizados no projeto e à manutenção do padrão da densidade da barbotina de porcelanato, foi construído e exposto na área comum um dashboard no Power BI, com visuais atualizados de hora em hora ou por dia, dependendo do indicador. Para o setpoint de defloculante dos moinhos MMC 138-1 e MMC 138-2, foram definidos Limite Inferior e Limite Superior de 0,91% e 0,93%. Os limites definidos para a densidade da barbotina de porcelanato foram de 1,69 g/cm³ e 1,70 g/cm³.

A base de dados que alimenta o painel é gerada a partir de inputs dos próprios operadores, conforme os ensaios de barbotina ou a reposição de bolas nos moinhos são realizados. Segue o resultado final na figura 31.

Figura 31 - Dashboard no Power BI com indicadores atualizados do mês de novembro



Fonte: elaborado pelos autores.

8. CONCLUSÃO

Neste trabalho, a metodologia DMAIC foi aplicada para reduzir custos com insumos de produção do setor de preparação de massa de uma indústria de cerâmica. A partir da utilização de diferentes ferramentas da qualidade, foi possível identificar as causas raízes para os altos consumos de gás e bolas de alta alumina, além do padrão inapropriado da densidade do porcelanato.

Nesse sentido, o uso do DMAIC possibilitou que os esforços implementados através dos planos de ação fossem precisamente direcionados às causas raízes, o que permite resolver os problemas abordados de forma mais eficaz e evita a tomada de ações potencialmente trabalhosas e com pouco retorno. Diante disso, com as soluções encontradas, foi possível reduzir o consumo médio mensal de gás nos atomizadores e de bolas de alta alumina para abaixo das metas estabelecidas pela própria empresa, de 30,5 Nm³/ton e 1,36 Kg/ton, respectivamente.

Conclui-se, portanto, que a meta inicial definida pelos autores foi atingida, mesmo que isso tenha implicado em gastos maiores com defloculantes a fim de promover o aumento da densidade da barbotina. Assim, é valioso justificar a importância dos cálculos feitos para a obtenção do impacto financeiro, pois possibilitaram constatar que a economia gerada com a redução dos custos com gás e alta alumina foi significativamente maior que o gasto excedente com defloculante.

Destaca-se, por fim, a eficácia da ferramenta DMAIC na identificação de fatores causadores de altos custos e no direcionamento de esforços solucionadores destes, além da implementação de ferramentas de controles que promovam a manutenção dos ganhos obtidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL DIOGO, Ana Carolina. **Otimização de Processos na Poço – Equipamentos Industriais S.A.** 2022. MESTRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL (MESTRADO EM ENGENHARIA) - INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA, Coimbra, 2022.

ATKINSON, et al. **Contabilidade gerencial**. Tradução de André Olímpio Mosselman du Chenoy Castro. São Paulo: Atlas, 2001.

BISGAARD, S; FREIESLEBEN, J. **Economics of Six Sigma**. Quality Engineering. Monticello. New York: Marcel Dekker. V.13, n.2, p.325-331. 2000-01.

CAMPOS, Vicenti Falconi. **TQC: Controle da qualidade total** (no estilo japonês). Belo Horizonte: Bloch, 1992.

CARVALHO, M. M. et al. **Gestão da Qualidade: teorias e casos**. Rio de Janeiro. Elsevier, 2005.

CONSTANTINO, Alberto de Oliveira; DA ROSA, Sergio Eduardo Silveira; CORRÊA, Abidack Raposo. **PANORAMA DO SETOR DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS**: Departamento de Bens de Consumo. [S. l.: s. n.], 2006.

CORONADO, R. B.; ANTONY, J. Critical success factors for the successful implementation of Six Sigma projects in Organizations. The TQM Magazine, v.14, pp. 92- 99, n°.2, 2002.

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

HARRINGTON, H. J. **Aperfeiçoando Processos Empresariais**. São Paulo: Makron Books, 1993.

HARRY, M. E SCHROEDER, R. **Six Sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations**. New York: 2000.

LIKER, J.K., **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIN, C. et al. **Continuous improvement of knowledge management systems using**

Six Sigma methodology. Robotics and Computers-Integrated Manufacturing, v.29, p. 93-103, 2013.

MELLO, Carlos Henrique Pereira. **Auditoria Contínua:** Estudo de Implementação de uma Ferramenta de Monitoramento para Sistema de Garantia da Qualidade com Base nas Normas NBR ISO 9000. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção- Ênfase em qualidade e produtividade), Escola Federal de Engenharia de Itajubá. Minas Gerais, 1998.

MELLO, Carlos; SALGADO, Eduardo. **Mapeamento dos processos em serviços:** estudo de caso em duas pequenas empresas da área de saúde. XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção – Porto Alegre, RS. 2005.

MEZZOGORI D., ROMAGNOLI G., & ZAMMORI F. (2020). **Defining accurate delivery dates in make to order job-shops managed by workload control.** Flexible Services and Manufacturing Journal. Vol. 33, 956-991.

NÚMEROS DO SETOR CERÂMICO. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.anfacer.org.br/setor-ceramico/numeros-do-setor>. Acesso em: 29 out. 2022.

PANDE, P. S., NEUMAN R. P., CAVANAGH, R. R. **Estratégia Seis Sigma.** Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001. 472 p.

RIBEIRO M. (1999). **O planeamento e controlo da produção na indústria alimentar do distrito da Guarda.** Dissertação de Mestrado apresentada para obtenção do grau de mestre em gestão. Universidade da Beira Interior.

ROTONDARO, R. G. et al. **Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços.** São Paulo: Editora Atlas, 2002.

SANTOS, Ivar Alves dos. **DMAIC aplicado à utilização racional de ferramentas para o setor de usinagem em indústria de grande porte.** 2014. 104f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante de Engenharia Mecânica). Universidade de Taubaté, UNITAU, Taubaté, São Paulo.

SILVA, C. (1999) “**Gestão Estratégica de Custos: O Custo Meta na Cadeia de Valor**”, Revista FAE, 2(2): 17-26.

SILVA, Jonama Nascimento; LOOS, Mauricio Johnny. **Proposta de implementação da gestão à vista no auxílio à produtividade.** Revista Espacios, [S. l.], v. 38, n. 27, p. 34, 2

fev. 2017.

SILVA, E. L., MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

VIEIRA, Arthur Antônio Souza. **Otimização da produtividade em uma bancada de automação de furação de tarugos.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG, Itumbiara, 149 p. 2021.

WERKEMA, C.: **“Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas”**, Elsevier, Brasil, 6ª Edição, 2013.

WERKEMA, M. C. C. **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos.** Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.