

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA – EEL/USP

GUSTAVO GABRIEL MACHADO DE ABREU

**REDUÇÃO DE PERDAS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PAPEL
DECORATIVO, APlicando DMAIC.**

LORENA

2020

GUSTAVO GABRIEL MACHADO DE ABREU

**REDUÇÃO DE PERDAS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PAPEL
DECORATIVO, APlicando DMAIC.**

Monografia apresentada à Escola de Engenharia de Lorena, - Universidade de São Paulo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Orientador: Prof MSc Antonio Carlos da Silva

LORENA

2020

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado
da Escola de Engenharia de Lorena,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Abreu , Gustavo Gabriel Machado de
REDUÇÃO DE PERDAS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE
PAPEL DECORATIVO, APLICANDO DMAIC. / Gustavo Gabriel
Machado de Abreu ; orientador Antonio Carlos da
Silva . - Lorena, 2020.
51 p.

Monografia apresentada como requisito parcial
para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia
Química - Escola de Engenharia de Lorena da
Universidade de São Paulo. 2020

1. Produção de papel . 2. Redução de perdas. 3.
Lean manufacturing. 4. Dmaic. I. Título. II. Silva ,
Antonio Carlos da , orient.

AGRADECIMENTOS

À minha família e amigos, o meu mais sincero obrigado.

Aos minha mãe Rosária que preparou com maestria o terreno para que eu pudesse crescer e me tornar um grande profissional. Sou muito grato pela educação que recebi e pelo exemplo e de luta e dedicação que ela representa para mim.

À minha madrinha Marlene por todo amor e ensinamentos que contribuíram para o meu crescimento pessoal.

À minha companheira Luísa que sempre me apoiou e me encorajou a lutar pelos meus objetivos. Agradeço também o companheirismo durante a nossa jornada e ao esforço incondicional em me ver realizado.

Aos meus veteranos gestores e amigos, Carlos Antonelli, Lucas Akira, Roberto Haddad e Domingos Martins pelos ensinamentos e oportunidades a mim concedidas. O conhecimento profissional e pessoal que ao lado de todos sempre será lembrado por mim.

Aos meus irmãos e irmãs de república. Gota, Dieguinho, Edmauro, Cocito, Sasha, Chad, BC, Filé, Vampeta, Cigano, Sagui, Brinquedo, Motoca, Trivago, Lesa, Greg, Canarinho, Ranheta, Chris, Helinho, Jurandir, Casulo, Luiggi, Marcia, Lourdes, Maria e Rosa. A oportunidade de ter dividido conquistas, alegrias e momentos de aprendizado ao lado de vocês foi a mais importante da minha da vida e sempre levarei todos vocês em meu peito.

Agradeço profundamente a todas as pessoas que passaram pela minha vida durante o ciclo da faculdade e espero poder contribuir para a construção de um mundo melhor levando todos os ensinamentos e aprendizado que compartilhei com cada um.

Faltam palavras para agradecer a grandeza de todos que me trouxeram até aqui. Fico com o clichê e com a certeza de que ainda vou agradecê-los muito nos próximos passos e vitórias que a vida me reserva.

RESUMO

ABREU, G. G. M PROJETO DE REDUÇÃO DE PERDAS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE PAPEL DECORATIVO, APLICANDO DMAIC. 2020, 49f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2020.

O atual cenário econômico condiciona empresas a buscarem novas técnicas e práticas para se manterem competitivas em um mercado cada vez mais globalizado, as desafiando a reduzirem custos e a otimizar processos. Com isso, é fundamental o investimento em metodologias de gestão e melhoria de processos que visam a otimização de recursos e sustentabilidade como o *Lean Manufacturing*. A redução de custos com matéria-prima é um dos pilares da filosofia e fomenta a busca constante pelo uso consciente e eficiente dos insumos necessários para o sistema produtivo. O presente trabalho descreve a implantação de um projeto de melhoria com foco na redução de consumo de resinas poliméricas no processo industrial de fabricação de laminados decorativos. Conhecimentos inerentes ao processo produtivo foram utilizados e com apoio da ferramenta DMAIC atividades de análise do problema, medição de impacto do problema, análise das causas de desperdício, implementação de ações de correção e controle do processo foram desempenhadas durante o período de seis meses em uma planta industrial de média escala. Além disto, ferramentas da qualidade como analise “what if”, 5w2h, matriz e esforço x impacto foram utilizadas nas etapas de tomada de decisão e na definição dos planos de ção. Ferramentas de análise de dados como o Minitab® e o Excel® foram utilizadas para a confecção de gráficos e dados estatísticos que embasaram as conclusões feitas em torno do problema observado. Foram observadas reduções de 30% no descarte médio de matéria-prima. Como resultado final o projeto obteve uma redução de 27,29% no índice de desperdício em peso bruto de resina formulada.

Palavras-chave: Produção de papel, redução de perdas, *Lean Manufacturing*, DMAIC

ABSTRACT

ABREU, G. G. M LOSS REDUCTION PROJECT IN THE DECORATIVE PAPER PRODUCTION PROCESS, APPLYING DMAIC. 2020, 49p. Monograph (Undergraduate in Chemical Engineering) - Lorena School of Engineering, University of São Paulo, Lorena, 2020.

The current economic scenario conditions companies to seek new techniques and practices to remain competitive in an increasingly globalized market, challenging them to reduce costs and optimize processes. Thus, it is essential to invest in management methodologies and process improvement aimed at optimizing resources and sustainability such as Lean Manufacturing. The reduction of raw material costs is one of the pillars of the philosophy and encourages the constant search for the conscious and efficient use of the necessary inputs for the production system. The present work describes the implementation of an improvement project focused on reducing the consumption of polymeric resins in the industrial process of manufacturing decorative laminates. Knowledge inherent to the production process was used and with the support of the DMAIC tool activities to analyze the problem, measure the impact of the problem, analyze the causes of waste, implement corrective actions and control the process were performed during the six-month period in a medium scale industrial plant. In addition, quality tools such as "what if" analysis, 5w2h, matrix and effort x impact were used in the decision-making stages and in the definition of the action plans. Data analysis tools such as Minitab® and Excel® were used to produce graphs and statistical data that supported the conclusions made around the observed problem. Reductions of 30% were observed in the average disposal of raw materials. As a final result, the project obtained a reduction of 27.29% in the waste rate in gross weight of formulated resin.

Keyword: Paper production, loss reduction, Lean Manufacturing, DMAIC

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Etapas de uma investigação pesquisa-ação.....	24
Figura 2 – Matriz Impacto x Esforço.....	29
Figura 3 – Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa).	32
Figura 4 – Desvio na utilização de resina no estado final.	34
Figura 5 – Gráfico de Pareto de causas do desvio no estado final.....	35
Figura 6 – Gáfico Boxplot da amostra no estado inicial.	36
Figura 7 – Dados estatísticos do estado inicial	36
Figura 8 – Gráfico de séries temporais de aplicação de resina no estado inicial.	37
Figura 9 – Carta I da aplicação de resina no estado inicial.	38
Figura 10 – Relatório de capacidade da aplicação de resina no estado inicial.....	39
Figura 11 – Comportamento do descarte médio no estado inicial.....	40
Figura 12 – Ocorrência de quebras de bloco no estado inicial.....	40
Figura 13 – Gráfico de Boxplot de comparação do estado inicial e final após a implementação das melhorias.....	42
Figura 14 – Dados estatísticos de comparação entre o estado inicial e o final.	42
Figura 15 – Relatório de capacidade após a implementação das melhorias no estado final ...	43
Figura 16 – Ocorrência de quebras de bloco no segundo semestre de 2019, após as ações de melhoria.	44
Figura 17 – Comportamento do descarte médio no segundo semestre de 2019, após as ações de melhoria.	45
Figura 18 – Desvio na utilização de resina no primeiro semestre de 2019.	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Relação da causa com a ação definida na matriz de Impacto x Esforço.	30
Quadro 2 – Brainsotrmig de possíveis causas	31
Quadro 3 – Análise “What-if”.....	33
Quadro 4 – Verificação do tempo de vida útil de resina após a quebra de bloco.	46

SUMÁRIO

1.	Introduçao.....	11
1.1	Justificativa	12
1.2	Objetivo geral.....	12
1.3	Objetivos específicos	12
2.	Fundamental teórica	13
2.1	Processo de impregnação de papel	13
2.2	Resinas poliméricas	13
2.3	Lean manufacturing.....	14
2.4	Os sete desperdícios.....	15
2.4.1	Superprodução	15
2.4.2	Transporte em excesso	15
2.4.3	Material parado	15
2.4.4	Desperdício de processamento.....	16
2.4.5	Movimentação durante as operações.....	16
2.4.6	Produtos defeituosos.....	16
2.4.7	Inventário (estoque).....	16
2.5	Padronização	16
2.6	Ferramentas da qualidade.....	17
2.6.1	Gráfico de pareto	18
2.6.2	Diagrama de causa-efeito	18
2.6.3	Brainstorming (tempestade de ideias)	19
2.6.4	5s's	19
2.6.5	Análise “what if”	20
2.6.6	Matriz esforço-impacto	21
2.6.7	Análise 5w2h.....	21

2.7	DMAIC.....	22
3.	Metodologia	24
3.1	Método de pesquisa	24
3.2	Metodologia de resolução do problema: DMAIC	25
3.2.1	Definir.....	25
3.2.2	Medir	27
3.2.3	Analisar	28
3.2.4	Implementar	29
3.2.5	Controlar.....	30
4.	Resultados e discussão	31
4.1	Dimensionamento do problema e definição de metas	34
4.2	Estado inicial.....	35
4.3	Aplicação de resina.....	41
4.4	Descarte de resina	43
4.5	Erro de operação	45
4.6	Problema com o equipamento.....	45
4.7	Endurecimento de resina	46
4.8	Avaliação final do projeto	46
5.	Conclusão	48

1. INTRODUÇÃO

O atual cenário da indústria brasileira, em meio à crise econômica que acentuou-se fortemente nos últimos anos tem gerado diversas dificuldades no setor. Com isso, o poder de consumo do consumidor final fica reduzido e as organizações precisam buscar soluções internas para manter a lucratividade. A necessidade de busca por alternativas e soluções para retomada do crescimento fomenta a busca por ferramentas e métodos sustentáveis que incentivem a produção com alto índice de qualidade e baixa de variabilidade, para que assim, sejam competitivas e mantenham sua posição no mercado. Sob essa ótica a organizações precisam, além de manter a qualidade do produto, eliminar custos e operações que não geram valor ao produto final para equilibrar o saldo produtivo.

Este cenário de competitividade aliado às estratégias de aumento de lucratividade e redução nas despesas sugere a otimização das operações aplicando conceitos e ferramentas com foco na utilização integral dos recursos e na eficiência do processo e das pessoas que nele atuam. Existe a tendência de procura por estas metodologias que podem auxiliar os líderes a atingir os resultados esperados.

Levando em consideração uma linha de produção de papel decorativo e fita de borda em uma empresa de médio porte localizada no vale do Paraíba, interior de São Paulo e com participação relevante no mercado moveleiro este trabalho tem o objetivo de descrever ações e atividades desenvolvidas na principal linha de impregnação química de papel com foco na otimização dos insumos envolvidos na transformação do papel cru e produto final com foco na redução de material rejeitado ao final dos blocos de produção.

As atividades foram desenvolvidas com foco na filosofia de produção enxuta ou *Lean Manufacturing*, que visa eliminar desperdícios comuns ao ambiente produtivo identificando quais são as operações onde o uso dos recursos e matérias-primas poderiam ser otimizados e o desperdício de material eliminado. Primeiramente o fluxograma do processo de impregnação química do papel foi estudado e a partir daí todas as atividades e recursos foram avaliados com foco em identificar possíveis pontos de melhoria com foco na utilização eficiente dos insumos envolvidos na operação.

O foco do trabalho foi reduzir o consumo de resina polimérica que é aplicada ao papel. Todas as operações envolvidas no processo foram estudadas como a preparação das soluções, a aplicação da solução no papel, o controle de vida útil das resinas e o descarte do material.

Durante o estudo, todos os procedimentos de aplicação foram revisados com o auxílio dos colaboradores envolvidos na operação.

1.1 JUSTIFICATIVA

Este trabalho visou explorar a importância da busca por melhoria contínua alinhada ao contexto atual de um processo industrial, levando em consideração os elementos presentes em uma fábrica do setor moveleiro. A otimização dos recursos pode representar um aumento significativo na competitividade comercial e na representatividade da empresa no contexto nacional.

O foco foi a garantia de padronização dos processos envolvidos na eficiência da operação e a conscientização da comunidade interna sobre a importância do uso consciente da principal matéria-prima utilizada na linha de produção utilizando conceitos e filosofias do *Lean Manufacturing* e aplicando a metodologia DMAIC na execução da pesquisa.

Foram utilizados dados reais para propor ações de melhoria com o objetivo de atingir uma redução palpável e compatível com o atual momento da organização em questão.

1.2 OBJETIVO GERAL

Propor redução de consumo da principal matéria-prima envolvida no processo industrial de impregnação de papel empregando conceitos da cultura Lean Manufacturing, através da aplicação do método DMAIC de solução de problemas.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar possibilidades de redução do consumo de resina polimérica durante o processo de impregnação de papel.
- Descrição das atividades do projeto de melhoria por meio da aplicação do método de resolução de problemas DMAIC.
- Padronização das atividades envolvidas no controle do consumo de matéria-prima.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PROCESSO DE IMPREGNAÇÃO DE PAPEL

Trata-se de um processo contínuo que é executado em uma máquina impregnadora que contém uma banheira de imersão e um conjunto de fornos de secagem. No primeiro passo, o papel é embebido na resina impregnadora e depois seco. Posteriormente, o papel pré-impregnado é revestido por resina e seco novamente até um teor de umidade entre 6-7 % (DAVIM; AGUILERA, 2017).

Como assegura Barbu; teischinger, 2010, além da umidade, o teor de resina Ureia-formol depositado na estrutura do papel é uma importante propriedade de controle visto que este composto é o principal responsável pelo comportamento químico e físico do laminado. É a proporção deste composto que ditará o caráter maleável ou rígido do papel impregnado.

É interessante, aliás, que o papel impregnado chegue ao cliente em forma de fita e com a resina "pré-curada", de forma que ao aplicar a fita na superfície de interesse, com ação de calor, o material seja totalmente curado sem a necessidade de adição de mais resina. Conferindo ao produto uma adaptabilidade a superfície de aplicação (CHARLES; CARRAHER, 2016).

2.2 RESINAS POLIMÉRICAS

Pode-se dizer que a escolha da resina polimérica é vital na qualidade final do produto laminado. Neste contexto, a resina ureia- formol têm sido um composto amplamente utilizado na indústria, para Lessmann (2008) fica claro que o baixo custo, a solubilidade em água e a alta velocidade de cura são fatores importantes para a difusão comercial deste composto.

Conforme verificado por Brydson (1999), tratam-se de material de baixo massa molecular e com comportamento termorrígido, ou seja, quando aquecidos formam ligações covalentes em cadeia entre átomos de carbono. Para a aplicação, uma suspensão do monômero em água banha o papel e a solução é transportada ao interior da estrutura celulósica, após a saturação total, o calor do forno retira o solvente e as ligações entre os monômeros tornam-se permanentes.

2.3 LEAN MANUFACTURING

O *Lean manufacturing* é uma filosofia oriunda do Sistema Toyota de Produção idealizada por Taiichi Ohno e Eiji Toyoda após a década de 50 no Japão. Naquela época a indústria japonesa enfrentava enormes dificuldades e baixa competitividade em relação a FORD, maior construtora da época, que tinha como filosofia a Superprodução. Em meio a este cenário os dois enxergaram que, em um ambiente de escassez de recursos a eliminação de desperdícios deveria se tornar o objetivo principal e a partir daí, ditar o ritmo de produção, gestão de estoque, controle de qualidade e outras fontes de perda. (WOMACK, 2011)

Com as ideias da produção enxuta em prática, pôde-se observar que o Sistema Toyota começou a demonstrar resultados visíveis durante a grande crise do petróleo em 1973. Mesmo com o crescimento lento, oriundo do momento geopolítico, a organização pôde lucrar através dos custos de estoque e de força de trabalho, como assegura (MONDEN, 1994).

Segundo Shingo (1989), pode-se dizer que a superprodução é a maior fonte do desperdício no ambiente industrial. Neste contexto, fica claro que recursos como matéria-prima, energia e mão de obra estão sempre em transformação para a geração do produto final. O mais preocupante, contudo, é constatar que este material acaba ficando parado no final da linha de produção e ocupando espaço nos estoques. Ohno (1997) afirma que o material desperdiçado em forma de produto acabado muitas vezes é difícil de se enxergar. O sistema Toyota de produção tinha como objetivo minimizar exatamente este tipo de perda, atuando com lotes menores e produção programada para atendimento do cliente com um fluxo bem definido de tudo o que era consumido durante o processo e com base apenas no necessário para a produção.

Pode-se conceituar alguns princípios teóricos que regem a prática para que se obtenha um sistema enxuto e que são características marcantes da filosofia Lean. Para Womack; Jones; Roos (2004) a linha de produção precisa ser dimensionada com base na demanda real, sendo "puxada" pelo cliente e com um comportamento contínuo, que seja flexível às variações de demanda do mercado empregando uma forte gestão de estoque com volumes próximos do zero, com total otimização das matérias-primas e domínio da qualidade durante toda a linha. Além da clareza e domínio dos empregados em relação aos métodos, limpeza e organização do ambiente.

2.4 OS SETE DESPERDÍCIOS

A filosofia *Lean* clássica é delimitada por sete tipos de desperdício que devem ser monitorados e eliminados do processo por não acrescentarem valor ao produto final. Com isto, é extremamente importante que se saiba identificar quais eles são e como eles podem ser observados no ambiente fabril (OHNO, 1997).

2.4.1 SUPERPRODUÇÃO

Consiste em produzir muito de forma demasiada, além do volume programado ou antes do período realmente necessário. É gerada por motivos como altos tempos de preparação de equipamentos ou até mesmo falta de confiança no maquinário, e por consequência, à produção de grandes lotes. Grandes volumes de estoque, consumo excessivo de matéria-prima e deterioração de material são algumas das consequências da superprodução (RIANI, 2006).

2.4.2 TRANSPORTE EM EXCESSO

Está associado ao tempo e aos recursos envolvidos no processo. Para Torres (2011) o arranjo físico precisa ser elaborado de forma que as atividades de transporte e movimentação sejam reduzidas o máximo possível. O excesso de movimentos gera um aumento no custo que pode ser evitado se o material for entregue sempre no local de uso.

2.4.3 MATERIAL PARADO

Consiste em perder tempo com material parado esperando processamento, o que gera a formação de fila, resultado de um balanceamento ineficiente entre a demanda das máquinas e a quantidade de material parado esperando processamento. A técnica de Kanban, desenvolvida por (SHINGO, 2004) visa a sincronização da produção aliada a troca rápida de ferramentas.

2.4.4 DESPERDÍCIO DE PROCESSAMENTO

Consiste na análise de valor e identificação de operações que não agregam o valor esperado ou acrescentam custo desnecessário ou dispensável ao processo. Segundo Riani (2006) é necessário avaliar a capacidade de um determinado equipamento em desempenhar a operação desejada.

2.4.5 MOVIMENTAÇÃO DURANTE AS OPERAÇÕES

Insiste em promover e garantir um estudo apropriado dos tempos e métodos envolvidos no processo produtivo e em suas movimentações internas. Embora a automação seja amplamente utilizada nestes casos, o enfoque deve ser a simplificação das movimentações através de soluções simples (TORRES, 2011).

2.4.6 PRODUTOS DEFEITUOSOS

Para Riani (2006) são produtos que não satisfazem os requisitos de uso do produto por não estarem dentro da especificação do cliente. A produção de defeitos implica no desperdício de material, disponibilidade de mão de obra, equipamentos, movimentação e armazenagem de materiais com defeito, inspeção de produtos, entre outros. O sistema de gestão da qualidade é um agente importante no combate aos produtos defeituosos.

2.4.7 INVENTÁRIO (ESTOQUE)

Se perde com estoque de matéria-prima ou produto acabado quando estes recursos ficam esperando etapas do processo. Em processos com Lead time elevado e altos tempos de preparação de máquina manter o nível estoque parece ser uma solução, porém manter este material parado gera desperdício de investimento e espaço (TORRES, 2011).

2.5 PADRONIZAÇÃO

Padronização de processos é um conjunto consensual de procedimentos ou ações ou métodos com eficiência e segurança comprovados. Nesse contexto, fica claro que em um

ambiente de trabalho padronizado todos tem trabalho e responsabilidades claros, o que possibilita um potencial mais efetivo de utilização das pessoas e máquinas. O mais preocupante, contudo, é constatar que são distribuídas as cargas de trabalho igualmente. Não é exagero afirmar que viabilizar um melhor fluxo de atividades que agregam valor ao produto final em todo esse processo, sendo assim, se um operador dispõe de seis minutos para agregar valor a uma etapa de produção e outro tiver quatro, então eles não estão igualmente equilibrados. Conforme verificado por (ORTIZ, 2010).

2.6 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

A constante evolução tecnológica e o alto nível de exigência dos consumidores por produtos e serviços de qualidade estão fazendo com que as empresas adotem métodos mais eficientes a fim de garantir um aumento na produtividade e na qualidade dos produtos e serviços além de reduzir custos de fabricação. A busca por padrões de manufatura, melhoria contínua, otimização e tomadas de decisão mais eficazes têm se transformado em fatores importantes para obtenção de desempenhos significativos e a sobrevivência em mercados extremamente competitivos (FARAGO, 2015).

Conforme verificado por Carpinetti (2010), a melhoria contínua ou pontual está diretamente ligada à demanda e aos investimentos relacionados à mesma. A busca por ajustes e conceitos que melhorem o desempenho dos processos já existentes, ou até mesmo a criação de novos processos, denotam formas de buscar um avanço do estado final em relação ao inicial. Assim, é de extrema importância que existam formas de identificar oportunidades. Sob essa ótica, os meios são os métodos e as ferramentas, sendo o método uma sequência lógica para atingir o objetivo determinado e as ferramentas são os recursos a serem utilizados no método.

Segundo Paladini (2008), as ferramentas da Qualidade podem ser divididas em três grandes grupos, as ferramentas básicas, as ferramentas gerenciais e as ferramentas avançadas. Algumas destas ferramentas foram utilizadas no presente trabalho e serão discutidas posteriormente, dentre elas estão: Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa-Efeito, Brainstorming (Tempestade de ideias), 5S's, 5W2H e 6 Sigma. As ferramentas podem ser utilizadas separadamente ou em conjunto e foram aplicadas de forma sistema conforme o andamento do projeto.

2.6.1 GRÁFICO DE PARETO

O gráfico de Pareto faz parte das sete ferramentas da qualidade e é amplamente utilizado em análises de dados observados em ambientes industriais. Teve origem no século XVI como resultados dos estudos do italiano Vilfredo Pareto, que demonstrou sua constatação de que cerca de 80% da riqueza mundial estava nas mãos de 20% da população. A partir desta análise observou-se que a proporção (80/20) está presente em diversas operações. Segundo Filho (2016), este tipo de análise torna possível a conclusão de que, em várias circunstâncias, existem poucos itens vitais e muitos itens triviais, de modo que classificá-los em um gráfico facilita analisar e visualizar quais são prioritários.

A utilização desta ferramenta pode ser muito útil no tratamento de não conformidades, onde se deseja identificar as principais causas de determinado defeito e posteriormente, identificar pontos de melhoria e definir planos de ação que devem ter foco principal nos itens classificados como prioridade. De acordo com Werkema (2014), categorizar as causas de defeito é o primeiro passo para a construção do gráfico, pois de acordo com a característica do defeito será possível agrupar causas semelhantes e atribuir a recorrência observada de forma que a medição dos defeitos seja eficiente. Após a categorização, os defeitos devem ser listados em ordem decrescente de recorrência e depois somam-se os valores atribuídos a cada valor. Por fim, calcula-se o valor acumulado dos grupos até se observar que 100% dos defeitos fazem parte da análise.

2.6.2 DIAGRAMA DE CAUSA-EFEITO

O diagrama de causa-efeito ou diagrama de *Ishikawa* é um método efetivo utilizado na pesquisa das causas-raiz de problemas. A forma mais comum de se iniciar o diagrama é seguindo um roteiro de perguntas como *o que, quando, onde, como e por que*, além de perguntas específicas ao problema observado. Este tipo de diagrama é comumente utilizado em sistema de melhoria contínua por fornecer uma forma estruturada de sessões de *brainstorming*. Frequentemente, a estrutura identifica possíveis causas sob os títulos da terminologia 6M: máquina, mão de obra, materiais, métodos, medição e matéria-prima (SLACK et al., 2013).

Como define Longary (2017) a disposição gráfica do diagrama de causa-efeito consiste em uma estrutura semelhante a um esqueleto de peixe, cuja cauda pode representar a origem do problema, as espinhas do peixe representam o conjunto de causas; onde cada causa pode ser

explicada em tópicos que suprimam a ideia principal por trás da causa. Por fim, a cabeça do peixe representa o efeito observado na abordagem do problema.

2.6.3 BRAINSTORMING (TEMPESTADE DE IDEIAS)

O *Brainstorming* é que uma ferramenta que faz parte de um grupo de ferramentas chamadas técnicas de criatividade onde o objetivo é a geração de ideias. A proposta principal é suspender o julgamento de ideias onde quem está no controle do *Brainstorming* estimula o diálogo de forma que não existem sugestões tolas ou fora de contexto, toda ponderação é útil para alcançar um número muito grande de ideias pertinentes ao tema discutido. Segundo Hawkins (2019), pode ser definido como um meio de obter um grande número de ideias de um grupo de pessoas em pouco tempo.

Como assegura Rawlinson (2017), existem quatro regras fundamentais para um bom funcionamento de uma sessão de *Brainstorming*, que são:

- Suspender julgamento: exige que todos, inclusive o líder, coloquem de lado suas avaliações pessoais em relação a opinião do outro. Nenhuma avaliação de valor é permitida e em caso de julgamento ou estereotipação o líder ou outro participante, devem intervir e retornar com o processo livre de conclusões precipitadas.
- Roda livre: significa que todos os participantes tem liberdade de expressar suas ideias, sem medo de dar ideias boas ou ruins, apenas com espaço para falar o que pensa.
- Quantidade: como forma de quebrar o medo de julgamento, o propósito é produzido o maior número possível de ideias onde a busca pelo número máximo de sugestões pode fornecer boas soluções em relação ao tema discutido.
- Fertilização cruzada: ao tempo que em reuniões tradicionais cada indivíduo é responsável por desenvolver sua própria ideia, aqui é papel do grupo auxiliar a todos no desenvolvimento e progressão de tópicos levantados durante a reunião.

2.6.4 5S'S

A filosofia 5S nasceu no Japão na década de 1960 e carrega um significado histórico. É considerado como uns dos movimentos envolvidos em reconstruir o país no período pós-

guerra. O professor Vicente Falconi Campos é considerado o responsável por trazer a filosofia para o Brasil e hoje a mesma está implantada em diversos segmentos. (DOMINGUES, 2011).

Conceitualmente o foco do 5S é a mobilização de todos os colabores envolvidos no processo na promoção e implementação de todas as mudanças necessárias no ambiente de trabalho. Eliminar desperdícios identificando fontes que devem ser eliminadas e prezar pela limpeza e organização do local de trabalho são os pilares do pensamento. (JUNIOR et al., 2015).

Cada "S" da filosofia representa uma forma de manter o ambiente limpo para o bem-estar de todos, organizado de forma que todos conheçam todos os elementos da área e saibam como utilizá-los e sustentável. Como constatou Ortiz (2009), os 5S são: Seiri (classificar), Seiton (organizar), Seiso (limpar), Seiketsu (padronizar), Shitsuke (manter).

Como assegura Mondem (1994) cada conceito dos 5S é definido da seguinte forma:

- Seiri: Identificar e separar as coisas necessárias das desnecessárias e abandonar o que não é útil.
- Seiton: Organizar todos itens de consumo e armazenar de forma que todos possam encontrá-los. Todos os objetos devem estar identificados em seu endereço de armazenamento.
- Seiso: Limpeza diária do ambiente e das máquinas. A limpeza rotineira tem como objetivo evitar as quebras de máquina e conferir bem-estar aos colaboradores.
- Sheiketsu: Promover a ação dos 3S anteriores com senso de saúde e respeito mútuo entre todos os envolvidos, criando um ambiente de harmonia, higiene e saúde.
- Shitsuke: Estar sempre em conformidade com as normas e práticas do ambiente.

2.6.5 ANÁLISE “WHAT IF”

A identificação de riscos em projetos de melhorias é essencial para a tomada de decisão por parte das lideranças dos processos, neste contexto, os métodos de análise de riscos são amplamente utilizados no fomento de informações que possam elucidar cenários hipotéticos que podem ocorrer em um determinado sistema. As análises podem ser qualitativas, semiquantitativas ou quantitativas. Segundo Moraes (2013) a análise What-If é um dos métodos de análise qualitativa onde o objetivo é prever a identificação de cenários potenciais e os impactos dos seus efeitos, para assim, estabelecer recomendações para minimizar a vulnerabilidade das operações. A utilização desta ferramenta possibilita estabelecer um nível de aprofundamento que pode inibir possíveis influências de julgamento que frequentemente estão presentes em um plano de ação.

A técnica é desenvolvida através de um questionário contendo as suposições "E se". As indagações devem abordar os procedimentos, instalações e processos de forma que pontos específico ao tema abordado sejam tocados durante o desenrolar do método. A aplicação do What-If permite uma ampla quantidade de riscos e possíveis soluções sejam identificadas através do estudo de desvios, podendo estabelecer um consenso na interpretação final das ações a serem seguidas em torno do problema (RUPPENTHAL, 2013).

2.6.6 MATRIZ ESFORÇO-IMPACTO

Em um projeto de melhoria, é de extrema importância que se tenha uma clara percepção de prioridade e impacto das ações planejadas. Partindo deste ponto, identificar e organizar as causas-raiz de forma que as causas que tenham mais relevância ao problema ou forneçam maior risco ao processo é um ponto primordial para a montagem do plano de ação. Como assegura Dias (2015), as probabilidades de ocorrência da causa tratada e a noção em torno das consequências que os riscos relacionados a elas representam é o primeiro passo para a quantificação do impacto. Neste processo, a percepção das lideranças do processo em torno das consequências qualitativas dos riscos é extremamente importante.

Considerar o esforço relacionado a uma ação é ponderar quais fatores influenciam no desempenho e determinada ação. Variáveis como custo, mão de obra envolvida, tempo de realização e mudança de filosofia são exemplos de variáveis que precisam ser levadas em consideração no momento de mensura o esforço a determinada atividade. Cruzar as medições de impacto e esforço, consiste então em organizar de forma gráfica uma ordem de prioridade dentro de um conjunto específico de ações, onde as ações com maior magnitude deverão ser desenvolvidas antes das ações de menor peso na avaliação (MUNIZ; IRIGOYEN, 2019).

2.6.7 ANÁLISE 5W2H

A Terminologia 5W2H tem como objetivo o planejamento e elucidação de dados relacionados ao planejamento da qualidade, organização de aquisições e até mesmo planejamento de riscos de determinado processo. A regra consiste em basicamente fazer perguntas que levantem informações primordiais ao tema abordado. A sigla 5W2H remete aos termos da língua inglesa What (O que), Who (Quem), Why (Por que), Where (Onde), When (Quando), How (Como) e How Much/How Many (Quanto). Para Daychoumd (2007), é

importante que a aplicação desta técnica seja feita por indivíduos que tenham conhecimento sobre os elementos e atividades relacionados ao processo em questão, pois isto implica em uma maior assertividade de respostas e consequentemente uma boa funcionalidade da metodologia.

2.7 DMAIC

A metodologia DMAIC aborda um problema que tenha sido identificado na organização e oferece uma análise imparcial, visando minimizar tendências que possam ditar uma possível solução do problema. Além proporcionar uma economia de recursos e pessoas, partindo do problema real. Shankar (2009) assegura que o caráter colaborativo do modelo do DMAIC também acrescentar mais qualidade a abordagem da causa raiz do problema.

De forma esquematizada, o DMAIC consiste em 5 etapas: A delinearção e dimensão do processo, a caracterização da metrologia, a determinação da capacidade, a otimização do processo e controle do estado final do processo. Para que seja aplicável o DMAIC é importante que um problema teórico seja apresentado forma mensurável, com isso, medir um problema é uma questão prática que precisa ser feita com métodos estatísticos confiáveis. As etapas de análise e controle também precisam ser fundamentadas pela estatística, além de necessidade da apresentação de uma solução prática após o uso destas ferramentas (ANDRIETTA; MIGUEL, 2002).

Werkema (2006) define as 5 etapas de utilização da ferramenta da seguinte forma:

- Definir: Descrever o problema com precisão, definir a meta avaliando o histórico do problema, além seu impacto e retorno econômico.
- Medir: Levantar os dados que fomentam o problema, estratificar o problema de acordo com as necessidades, avaliar a coleta de novos dados, inspecionar os sistemas de medição e avaliar os pontos prioritários do problema.
- Analisar: Analisar o processo em que o problema foi observado, analisar os dados do problema prioritário, identificar e organizar as causas associadas ao problema prioritário e priorizar as causas fundamentais.
- Melhorar: Gerar ideias de solução com potencial de solução das causas raiz, priorizar as soluções, avaliar os riscos das soluções prioritárias, testar em pequena escala as soluções, identificar e implementar melhorias.

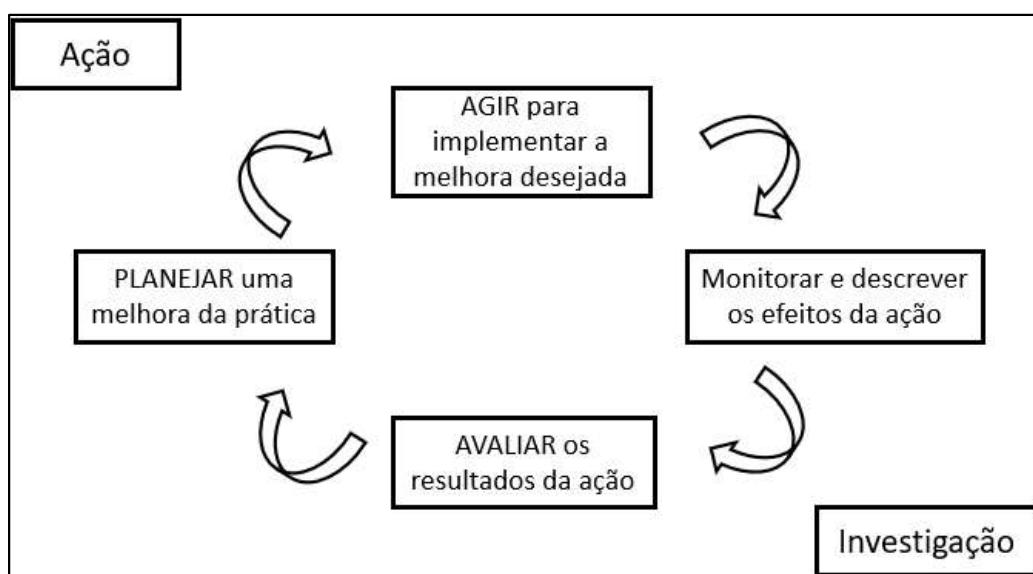
- Controlar: Avaliar o alcance da meta na escala macro, padronizar as alterações advindas das soluções, transmitir os novos padrões aos envolvidos.

3. METODOLOGIA

3.1 MÉTODO DE PESQUISA

Foi empregada a "Pesquisa Ação" como método de pesquisa e abordagem dos conceitos e ações envolvidos no projeto. Como assegura Prodanov; Freitas (2013), pode-se dizer que este método é realizado em um conjunto de estreita relação entre o pesquisador e os participantes. Neste contexto, todos estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo no desenvolvimento do trabalho. Não é exagero afirmar que o objetivo do método não é somente o levantamento de dados, mas também desenhar um papel ativo de ação que crie influencia na realidade estudada. A Figura 1 representa as fases do método selecionado para a pesquisa.

Figura 1 - Etapas de uma investigação pesquisa-ação



Fonte: Adaptado de Tripp (2005) página 446.

É comum em processos de melhoria a utilização de ciclos que monitorem as ações propostas com o objetivo de aprimorar a prática investigando a mudança causada e julgado os resultados observados. Na "Pesquisa Ação" a primeira etapa é a identificação do problema, seguida do planejamento da solução. Após o planejamento a solução é implementada, monitorada e por fim avalia-se a sua eficácia (TRIPP, 2005).

3.2 METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA: DMAIC

O DMAIC foi a metodologia escolhida para realização da pesquisa e foi seguido de forma integral com prazos definidos e reuniões de rotina de acordo com cada fase do projeto. O tempo total de ação do projeto foi de seis meses levando em conta a data de abertura do projeto, o cronograma de atividades de todas as fases DMAIC e a definição das metas de acordo com a visão estratégica da empresa.

3.2.1 DEFINIR

Primeiramente, levantou-se o cenário atual relacionado as operações de aplicação e controle do descarte da resina utilizada no processo de impregnação. Com base nos dados fornecidos pelo sistema de qualidade e formulários de levantamento de informações definiu-se o histórico das quantidades envolvidas na perda global de resina envolvida no processo. Os valores percentuais de resina perdida durante todo o processo foram contabilizados tornando possível um diagnóstico detalhado da amplitude do problema.

A partir da identificação do volume total envolvido no desperdício de matéria-prima, todas as operações envolvidas em um possível descarte ou perda de resina foram enumeradas para que a análise pudesse ocorrer de forma pontual e exclusiva para cada problema envolvido na perda de resina. Levando em consideração a descrição técnica do processo de impregnação definiu-se que a causa raiz do problema poderia estar contida em cinco pontos do processo: aplicação de resina no papel em quantidade excessiva, descarte demasiado de resina após a produção, erros de operação, falhas no equipamento e não-conformidade na resina. Como etapa complementar de análise e dimensionamento dos tópicos citados as quantidades totais de perda foram categorizadas e plotadas em um gráfico de Pareto.

Após as análises em torno da dimensão e natureza do problema, as causas relacionadas aos efeitos medidos na etapa de priorização foram estudadas separadamente para identificar quais fatores contidos no processo poderiam influenciar no problema observado.

- Aplicação de resina: a especificação de qualidade do produto final está diretamente ligada à quantidade de resina aplicada no papel. A proporção mássica da resina em relação ao papel precisa seguir um intervalo pré-determinado e validado pelo cliente final de acordo com o comportamento final esperado pela fita decorativa. O cálculo da aplicação de resina seguiu a Equação 1.

$$\text{Resina aplicada} = \frac{\text{Massa de resina}}{\text{Massa de papel}} \quad (1)$$

Neste estudo o range seguiu sempre os valores compreendidos no intervalo de $1,01 \pm 0,02$. Durante o processo de produção os valores desta proporção podem ser interpretados das seguintes formas:

1 - Quantidade de resina abaixo do valor de 0,99: resulta em problema de qualidade do produto e a fita de borda pode não apresentar o rendimento esperado podendo gerar danos ao cliente final.

2 - Proporção ideal de 1,01: se a aplicação respeitar o valor exato especificado o produto é dito conforme e com uso de matéria-prima eficiente.

3 - Quantidade acima do range 1,03: não indica não conformidade no produto final pois a quantidade necessária para aplicação final está sendo obedecida, porém é um indicador de superprodução visto que a quantidade extra de resina não agrupa valor ao produto final, sendo assim, uma causa potencial de desperdício de resina.

- Descarte de resina: está diretamente ligado ao tipo de produto que se deseja processar e as formulações de resina variam de acordo com isto. A formulação de resina é estrategicamente planejada de acordo com a necessidade de rendimento físico da fita na aplicação ao móvel, sendo assim, em alguns casos, é necessária a parada de máquina e a retirada da resina de máquina após o final de determinada produção para que o próximo lote seja produzido. Com isto, é necessário agrupar produtos de mesma característica e formulação de resina para minimizar a quantidade de descartes.

- Erro de operação: o controle da aplicação de resina é feito pelo operador responsável pela produção. O ajuste da aplicação é feito no rolo dosador, um par de cilindros que tem a função de “espremer” o papel que sai molhado após o banho de resina. A capacidade de intervenção caso os valores de aplicação não estejam dentro da especificação é responsabilidade do mesmo. Além do controle da quantidade de resina utilizada durante a produção com base no lote de produção com o cuidado de minimizar a quantidade de sobra de resina após a produção.

- Problemas com o equipamento: como citado acima o controle de aplicação da resina é feito no ajuste de rolos dosadores que comprimem o papel embebido em resina. Os parâmetros

de ajuste dos rolos estão associados ao tipo de produto e resina onde o operador precisa ajustar a máquina de forma assertiva. Sendo assim, é necessário que a máquina responda aos ajustes quando for necessário e que entregue a resposta que o operador necessita.

- Endurecimento da resina: algumas formulações de resina podem ser reaproveitadas em produções posteriores, sendo assim é extremamente necessário conhecer o tempo de vida das formulações e controlar a condições de armazenamento dos descartes.

3.2.2 MEDIR

Na etapa de medição, foi feita a coleta de dados que descrevem o problema de acordo com os tópicos definidos na etapa de análise utilizando dados contidos na base de dados do sistema de gestão da qualidade da fábrica citada no início do trabalho. As informações contidas nos relatórios de qualidade do produto foram feitas a partir de instrumentos de medição calibrados e precisão adequada. Em alguns casos, foram tomadas medidas direto da máquina seguindo os procedimentos protocolados pelo processo.

- Aplicação de resina: como primeira fonte de dados, utilizando o equipamento de medição de ajuste do rolo dosador que fornece o teor de resina aplicada, devidamente calibrados contou-se com o auxílio dos operadores e acompanhamento dos responsáveis pelo processo para a observação do processo de controle da taxa de aplicação de resina. Inicialmente, foram coletadas 100 amostras da medida de aplicação durante todos os turnos de produção, o intervalo de medições foi estabelecido em 2 horas. Após o desenvolvimento do projeto uma nova medição foi realizada nos mesmos moldes da primeira.

Após a obtenção das medições experimentais iniciou-se o processo de análise estatísticas dos dados brutos. Todo o estudo foi conduzido por meio do software Minitab® e como saída foram obtidos os resultados pertinentes a distribuição dos dados e capacidade do processo.

- Descarte de resina: Para medir o impacto da necessidade de quebra de blocos e consequentemente o sequenciamento da programação de produção, observou-se a quantidade de descartes causados por situações de troca de formulação de resina.

De forma geral, o objetivo foi observar que a quantidade de quebras estava diretamente ligada ao volume de produção, logo conclui-se que o valor mais adequado para examinar uma

possível influência do descarte na quebra de blocos seria o peso médio dos volumes retirados de máquina, pois estas medidas poderiam ilustrar um potencial ou não de controle da quantidade que sobrava em máquina ao final das produções. Levando em consideração o raciocínio mencionado acima, o indicador chave para a medição da causa foi o descarte médio por quebra de bloco. Erro de operação: Como forma de quantificar a capacidade de atuação dos operadores e o domínio na operação verificou-se se todos os envolvidos no processo estavam devidamente treinados. Todos os seis operadores envolvidos diretamente no problema estudado foram previamente orientados.

- Problema com o equipamento: Em torno da calibração e vida útil do conjunto de ajuste do rolo dosador, foi feita a verificação das condições do equipamento em conjunto com a equipe de manutenção com o objetivo de identificar possíveis avarias ou necessidade de intervenção. Após análise detalhada conclui-se que o conjunto estava em condições normais de utilização.

- Endurecimento da resina: O tempo de vida útil das formulações foi observado de acordo com as condições ambientes do local de armazenamento. Levando-se em consideração as especificações dos componentes presentes nas formulações e certificados pelos respectivos fornecedores mediu-se se o tempo estava de acordo com o padrão estabelecido. A título de classificação, pode-se separar as formulações em dois grupos, neste trabalho eles serão abordados como A e B. O principal fator que diferencia os tipos de formulação está na proporção de resinas e o efeito gerado por esta composição no produto final. Para a formulação A, o tempo de vida útil está estimado em 36 horas; enquanto o componente B poderá ser reutilizado sem perder rendimento em até 72 horas.

3.2.3 ANALISAR

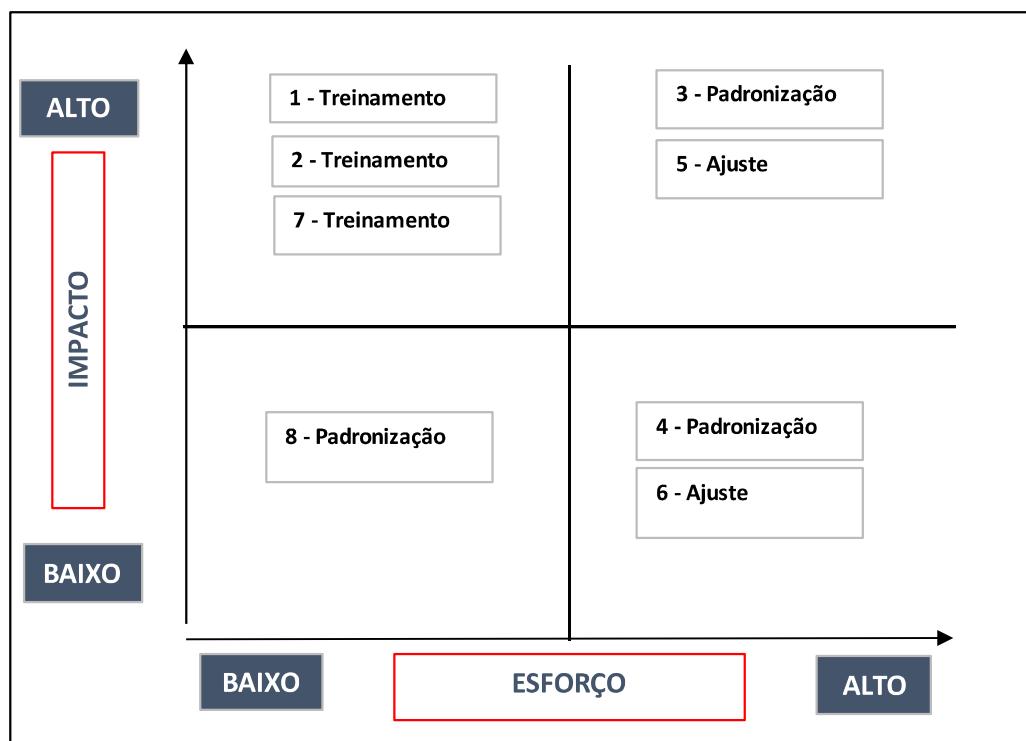
Após a etapa de medição, os resultados obtidos foram discutidos e analisados por uma equipe que continha o Supervisor de Produção, os líderes da operação e o autor do trabalho. Por meio de uma reunião de Brainstorming, todos os tópicos relevantes ao tema foram discutidos e todos os envolvidos foram estimulados a contribuir com sua experiência e opinião.

Ao final da discussão redigiu-se um relatório contendo todos as argumentações e observações pertinentes, além disto, para cada efeito foram indicadas possíveis causas.

3.2.4 IMPLEMENTAR

Em posse das causas raízes do problema muitas ideias e formas de implementar melhorias foram propostas e discutidas pela equipe. Como forma de priorizar as ações com maior impacto e resposta rápida por parte do processo, utilizou-se a matriz de Impacto x Esforço. A matriz é dividida em quatro quadrantes com dois eixos transversais, um indica o impacto gerado pela ação e o outro mede o esforço relacionado a implantação da ideia. A Figura 2 ilustra a matriz resultante das discussões, enquanto o Quadro 1 enuncia as ações definidas pela equipe.

Figura 2 – Matriz Impacto x Esforço.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 1- Relação da causa com a ação definida na matriz de Impacto x Esforço.

1	Controle ineficiente da aplicação de resina
2	Nascimento de "qualidade extra" ao produto final
3	Quebra de blocos excessiva
4	Falta de controle na quantidade de resina ao final do bloco
5	Desgaste do rolo dosador
6	Inficiência do sistema de controle do dosador
7	Negligência no controle da vida útil
8	Matéria prima não conforme

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a definição da matriz, elaborou-se um plano de ação baseado na metodologia 5W2H (O que, quando, quem, por que, onde, como e quanto). O uso da metodologia se faz necessário para a definição das responsabilidades e acompanhamento em tempo real dos prazos e tarefas. Com o objetivo de verificar a efetividade do método e das ações, reuniões quinzenais foram realizadas entre os integrantes do grupo de ação do projeto.

3.2.5 CONTROLAR

Na etapa de controle foram feitas medições diárias do inventário de resina, onde mediu-se a evolução do comportamento de perda de matéria-prima. O objetivo da medição era observar se as quantidades de perda e descarte de resina diminuíram e se a metodologia utilizada no controle do consumo seria eficiente. Além disso, foram realizados balanços mensais em torno dos valores envolvidos na redução do consumo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação dos dados presentes neste trabalho é feita em termos percentuais na elucidação dos resultados obtidos. Optou-se por esta forma de apresentação para que dados absolutos e relevantes para a organização sejam preservados.

De forma sistémica, todos os tópicos relacionados ao desperdício observado foram explorados com o auxílio das documentações e procedimentos relacionados a cada tema. Nos tópicos em que se julgou necessária a consulta a colaboração de equipes de apoio, como manutenção e P&D, os responsáveis pelos respectivos departamentos foram consultados. O Quadro 2 mostra abaixo o resultado final da reunião de análise.

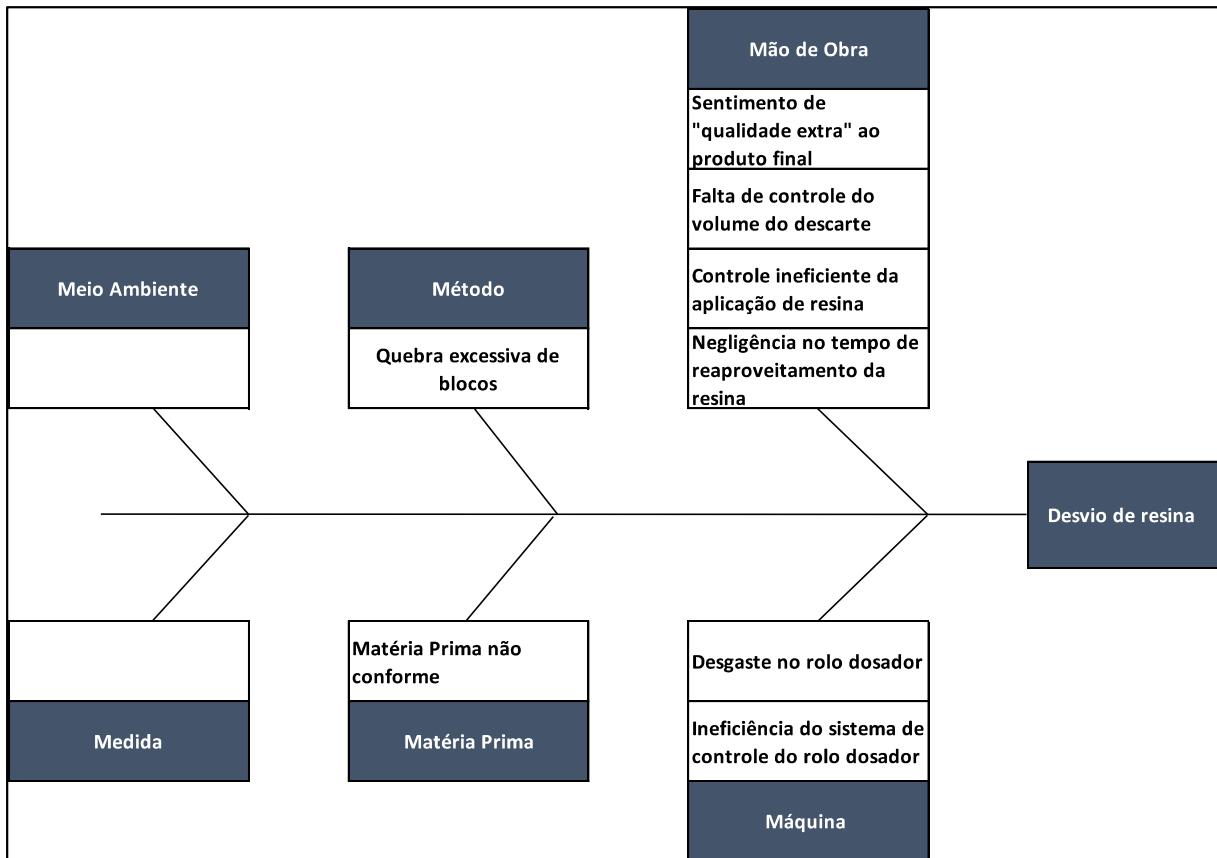
Quadro 2 – Brainstorming de possíveis causas

Efeito	Causa
Aplicação de resina em excesso	Controle ineficiente da aplicação de resina
	Sensação de qualidade extra ao produto final
Descarte elevado de resina	Quebra de blocos excessiva
	Falta de controle no volume do descarte
Erro de operação	Falha na leitura da medição da aplicação
Problema com o equipamento	Desgaste do rolo dosador
	Inficiência do sistema de controle do dosador
Endurecimento da resina	Negligência no controle da vida útil
	Matéria-prima não conforme

Fonte: Elaborado pelo autor.

Em uma etapa posterior, definiu-se que uma forma efetiva para examinar as causas-raízes do problema seria pela utilização do Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa). A Figura 3 ilustra a aplicação da ferramenta.

Figura 3 – Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Cada elemento do grupo 6M envolve características que podem permear um problema observado no ambiente industrial. No contexto deste trabalho cada um deles atua de forma específica:

- **Medida:** Trata de causas relacionadas a uma falsa medição, seja por erro de paralaxe ou até mesmo por interpretação precipitada dos resultados obtidos.
- **Mão de obra:** Associada ao erro humano, negligência ou falta de orientação adequação no desempenho da função.
- **Método:** Está relacionado a procedimentos ou metodologias inadequados ou ineficientes ao processo cliente.
- **Meio ambiente:** Acontece quando causas externas interferem nas saídas do processo.
- **Matéria-prima:** Ocorre quando o insumo não atende aos requisitos do processo ou seu estado de conservação não é o especificado.
- **Máquina:** Quando as causas estão ligadas ao funcionamento ou estado de conservação dos equipamentos envolvidos no processo.

Após a classificação das causas pelo diagrama de causas fez-se necessária uma análise detalhada de causa, pois ainda se julgou necessário um maior nível de detalhamento das possíveis causas. Nesta etapa, a ferramenta utilizada na análise foi o “What-If”. O objetivo da ferramenta é explorar as atividades e consequências até o momento em que se propõe uma ação definitiva de correção, conforme o Quadro 3.

Quadro 3 – Análise “What-if”.

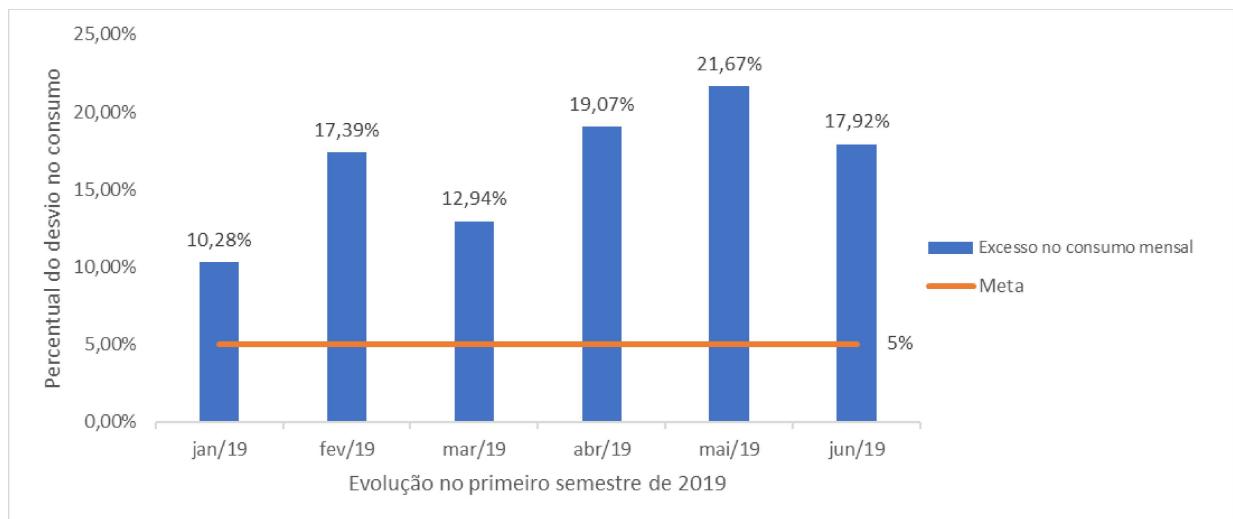
Índice	Atividade	O que aconteceria se?	Causas	Consequências	Obrservação e recomendação
1	Controle inefficiente da aplicação de resina	Seria utilizada mais resina do que o necessário	Rolo dosador retira menos resina do papel	Alto consumo de resina sem valor agregado ao produto	Procedimento de ajuste do rolo e capacidade de ajuste de máquina
2	Sentimento de "qualidade extra" ao produto final	Aumento na aplicação da resina	Interpretação erronea em relação ao processo	Negligência no controle	Procedimento de controle da especificação
3	Quebra de blocos excessiva	Maior necessidade de parada de máquina	Programação de produção	Aumento no número de descarte	Ajuste do método de programação
4	Falta de controle na quantidade de resina ao final do bloco	Quantidade de resina formulada superior ao volume necessário	Calculo inefficiente da quantidade mínima de resina para a produção	Aumento no volume de sobra no final do bloco	Procedimento de cálculo da quantidade mínima de resina formulada
5	Desgaste do rolo dosador		Falta de manutenção preventiva	Ajuste inefficiente	Manutenção no rolo ou substituição
6	Ineficiênciac do sistema de controle do dosador	Leitura incorreta	Equipamento com defeito	Aplicação de resina fora do valor especificado	Manutenção preventiva
7	Negligência no controle da vida útil	Endurecimento da resina	Falha no reaproveitamento	Descarte da resina	Procedimento de controle de sobras e reaproveitamento de sobras
8	Matéria-prima não conforme	Produto não conforme	Não conformidade	Descarte do lote e MP e do produto	Laudos de qualidade de MP

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1 DIMENSIONAMENTO DO PROBLEMA E DEFINIÇÃO DE METAS

Na definição do escopo do projeto utilizaram-se dados disponíveis pelo sistema de qualidade da empresa sobre as quantidades de matéria-prima consumida e os índices de perda de cada material. Inicialmente, foi realizado um levantamento das quantidades relacionadas ao desperdício de matéria-prima levando em consideração os valores envolvidos no período compreendido entre janeiro de 2019 e junho de 2019 com o objetivo de visualizar o cenário inicial do problema e justificar a necessidade da pesquisa, conforme apresentado na Figura 4, apresentando a porcentagem superior ao padrão indicado no consumo mensal.

Figura 4 – Desvio na utilização de resina no estado final.



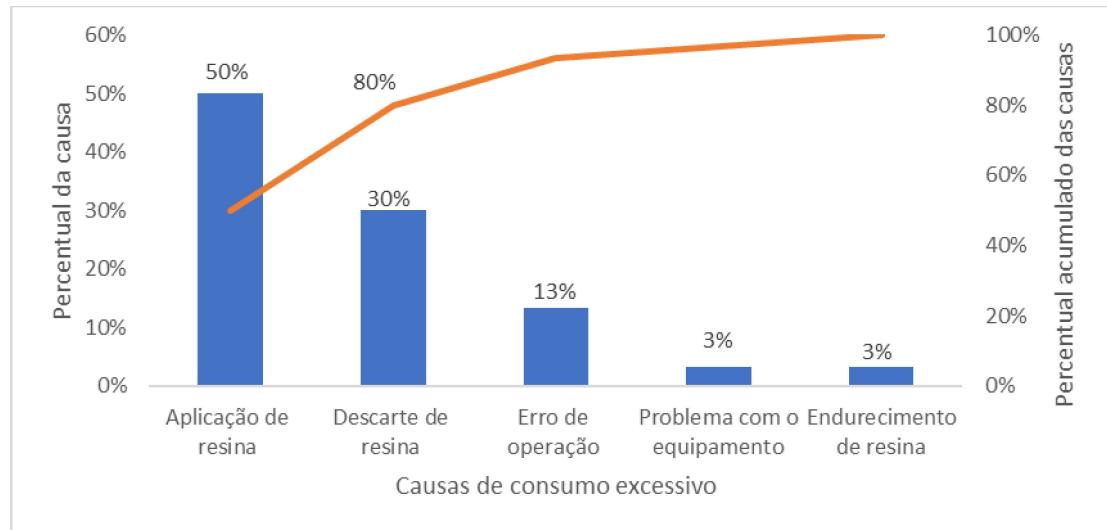
Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software *Excel®*.

Levando em consideração o comportamento do período observado, os recursos disponíveis para a condução do projeto e a visão estratégica da gestão de produção definiu-se que a meta para o índice perda de resina no processo seria de 5% levando em consideração que este valor representa as quantidades mínimas de descarte e desvio de aplicação de resina durante o processo produtivo.

Com base na observação do processo de aplicação da resina e em poder de dados fornecidos pelo sistema de gestão da qualidade no controle de perdas e consumo de matéria-prima as quantidades envolvidas no consumo excessivo de resina foram expostas em gráfico de

Pareto, com o auxílio da ferramenta Excel 2016 da Microsoft®. A Figura 5 mostra os dados distribuídos em função de recorrência, do maior para o menor.

Figura 5 – Gráfico de Pareto de causas do desvio no estado final.



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software *Excel*®.

Após elencar os principais motivos atribuídos ao consumo excessivo de resina, foram medidos em separados os impactos e características de cada causa de desperdício de resina.

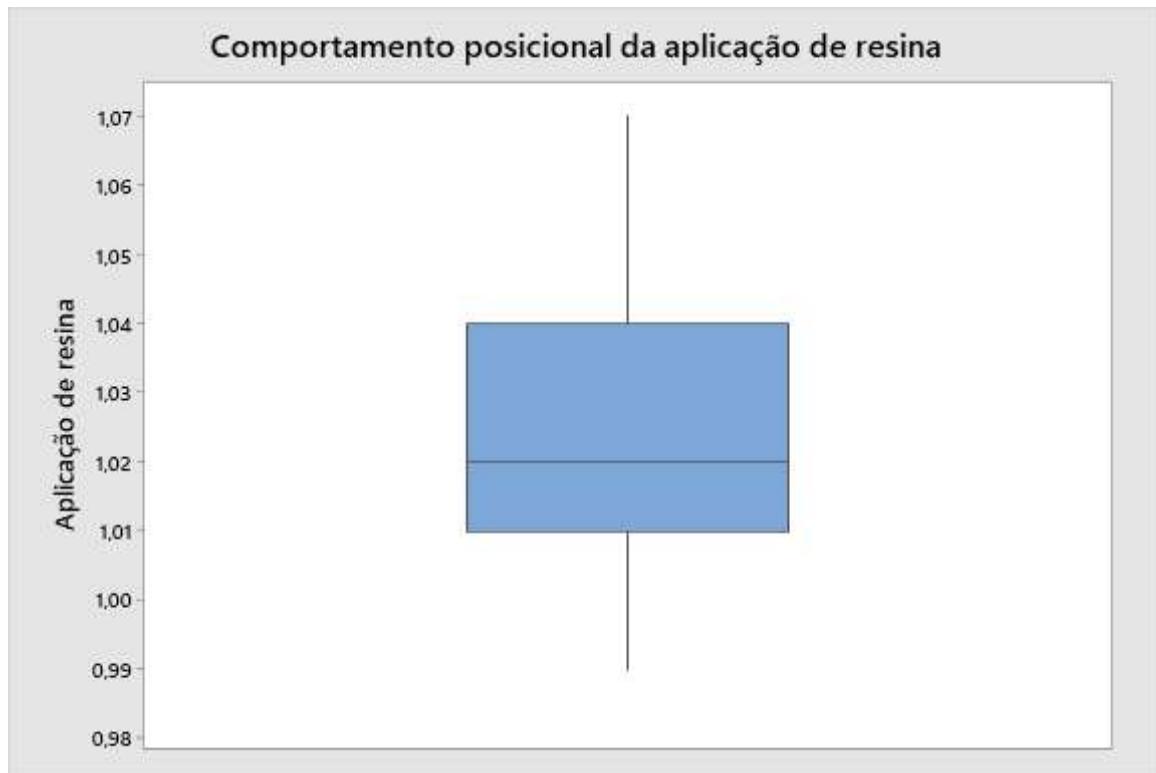
4.2 ESTADO INICIAL

Com base na classificação adotada na etapa de priorização e identificação das causas de descarte, e com auxílio dos dados obtidos pela coleta descrita na metodologia utilizou-se o programa computacional *Minitab*® para gerar uma visualização objetiva e clara do comportamento da aplicação de resina durante o processo produtivo. A partir da suspeita de que a quantidade de resina aplicada ao papel estaria acima da necessária para garantir qualidade ao produto foram feitas algumas análises.

Boxplot (diagrama de caixa): o primeiro dado estatístico levantado foi o desenho do gráfico *Boxplot*. Este tipo de gráfico é utilizado para avaliar a distribuição empírica de dados amostrais por meio da observação de medidas de posição e variação relativa. Medidas importantes como a média, desvio-padrão e 1º e 3º quartis podem indicar o comportamento e a perspectivas de um fenômeno sob observação. Com base nas medições realizadas em máquina

as Figuras 6 e 7 apresentam algumas análises realizadas, levando em consideração os conceitos contidos no *Boxplot*.

Figura 6 – Gáfico Boxplot da amostra no estado inicial.



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software *Minitab®*.

Figura 7 – Dados estatísticos do estado inicial.

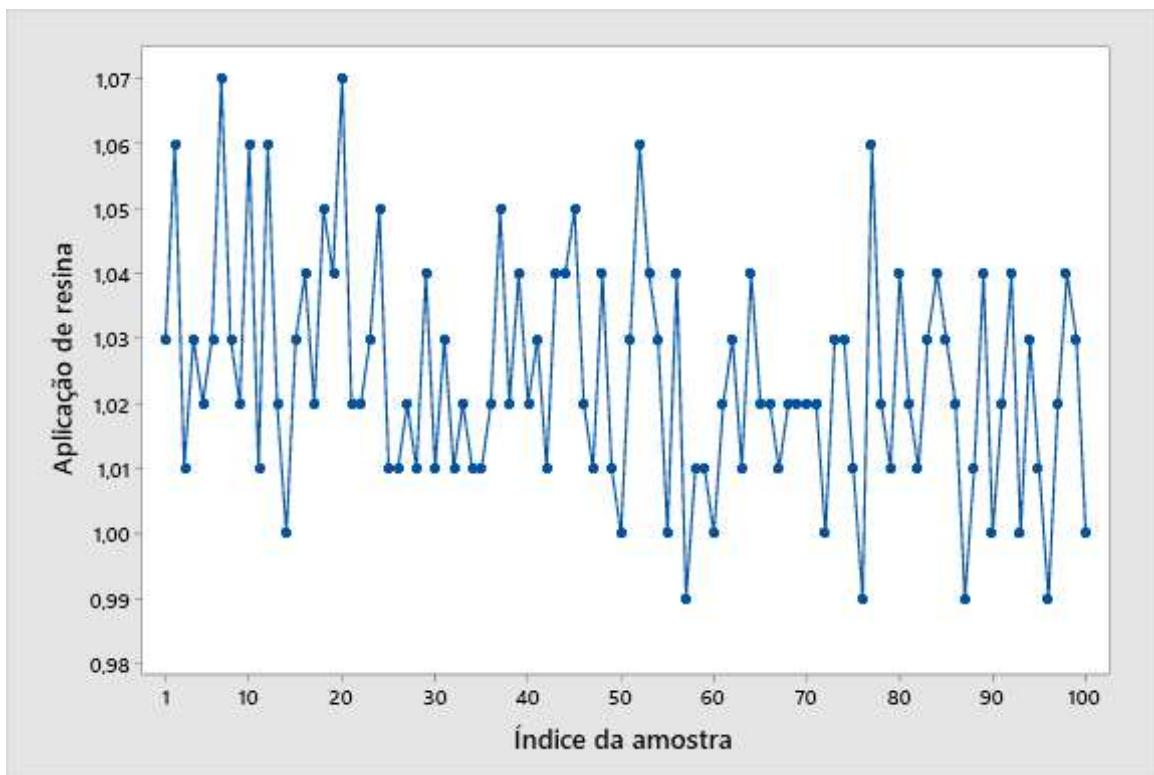
Estatísticas									
Variável	N	N ^a	Média	DesvPad	Variância	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
Aplicação de resina	100	0	1,0240	0,0179	0,00032	0,9900	1,0100	1,0200	1,0400
N de									
Variável	Máximo	DIQ	Moda	Moda					
Aplicação de resina	1,0700	0,0300	1,02	24					

Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software *Minitab®*.

Gráfico de série amostral: a observação do comportamento da resposta do processo ao longo do tempo foi utilizada para investigar quais seriam as consequências de uma influência externa ou tentativa de ajuste de máquina nos dados amostrais conforme exemplificado na Figura 8. Mudanças no comportamento amplitudinal ou desvios de tendência dos valores de

resposta podem indicar que durante a medição do processo houve uma interferência externa ao processo.

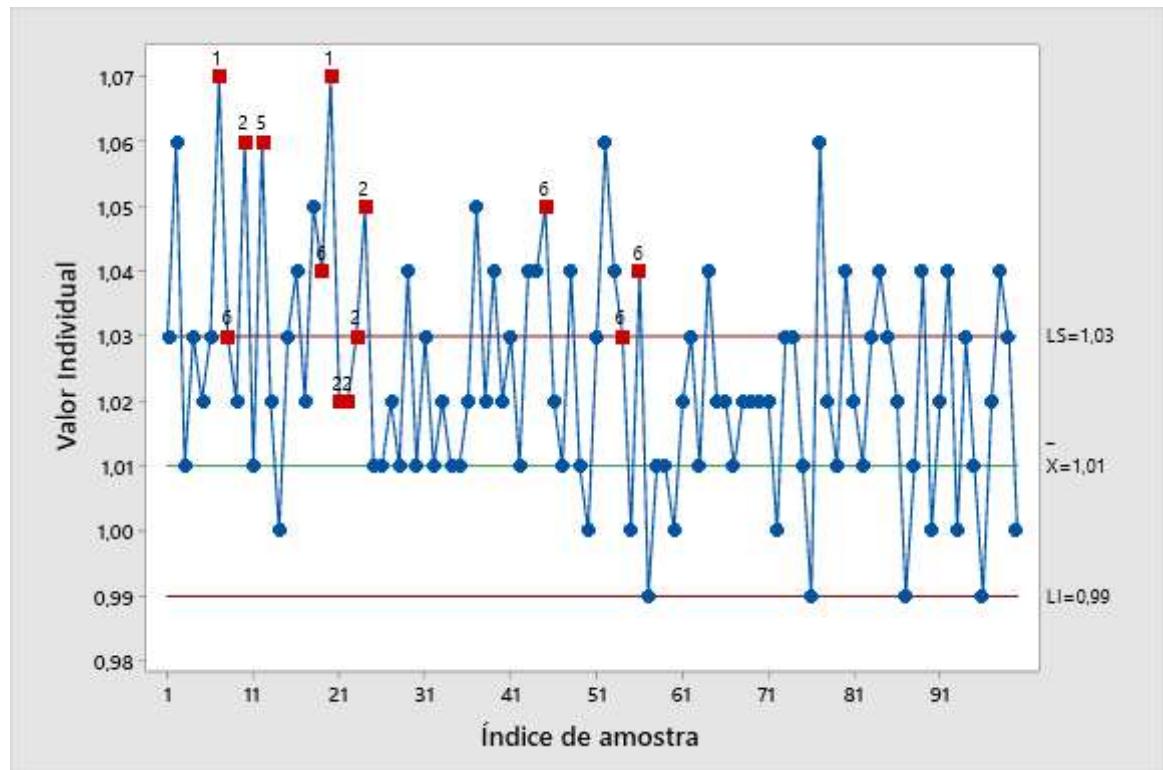
Figura 8 – Gráfico de séries temporais de aplicação de resina no estado inicial.



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software *Minitab®*.

Carta I: Carta de controle que tem como objetivo monitorar o comportamento do processo analisando os dados de forma individual ao longo do tempo. Esta ferramenta permite a observação em relação aos limites de controle ou especificações de determinado processo, assim como a visualização da tendência nas variáveis de resposta, conforme apresentado na Figura 9.

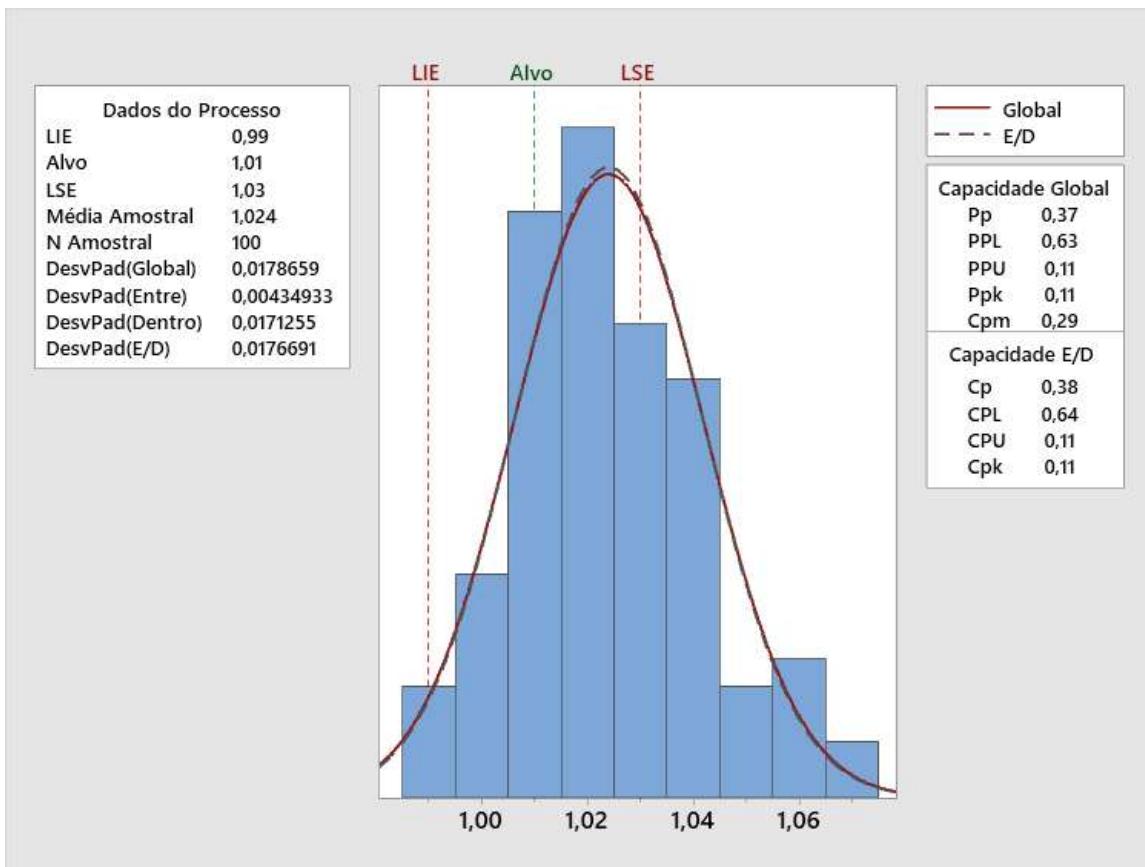
Figura 9 – Carta I da aplicação de resina no estado inicial.



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software *Minitab®*.

Relatório de capacidade: Utilizada para analisar a capacidade do processo em atender aos requisitos definidos. Nesta análise os índices de CP, Cpk, Pp e Ppk determinam a centralidade e dispersão das amostras, além da observação da previsibilidade estatística do processo. Como referência dos valores a serem atingidos, determinou-se internamente que o valor ótimo de Cp seria de 1,33 e que a diferença entre os valores de Pp e Ppk deveria ser menor do que 0,2. Os valores de LIE (Limite inferior de especificação) e LSE (limite superior de especificação), assim como o valor alvo seguiram a especificação pelos parâmetros de aplicação definidos pela companhia $1,01 \pm 0,02$, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 – Relatório de capacidade da aplicação de resina no estado inicial.

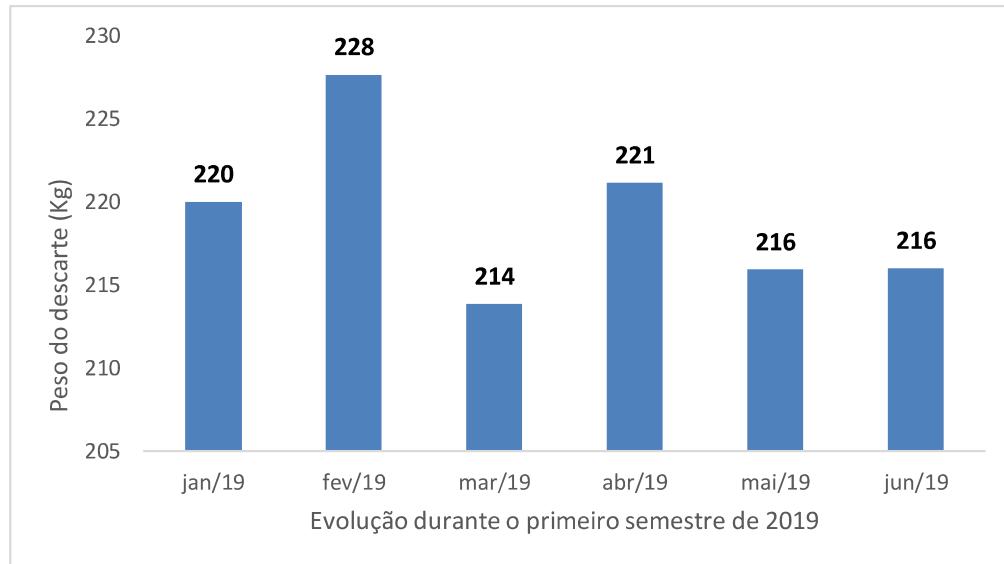


Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software *Minitab®*.

Outro fator de extrema relevância para a definição do estado inicial do processo foi medir o impacto dos descartes de resina ao final dos blocos de produção. Utilizando formulários de identificação da quantidade de descarte de matéria-prima, foram obtidos dados que explicavam ao longo do tempo de operação quanto de resina era descartado e em quais momento isto acontecia.

Utilizando o programa computacional *Excel®*, gráficos de barras foram utilizados para visualizar e examinar o comportamento dos descartes. Na Figura 11 estão demonstrados os pesos médios dos descartes realizados ao final dos blocos de produção e fortalece a suspeita de que os volumes retirados de máquina apresentavam uma margem de redução.

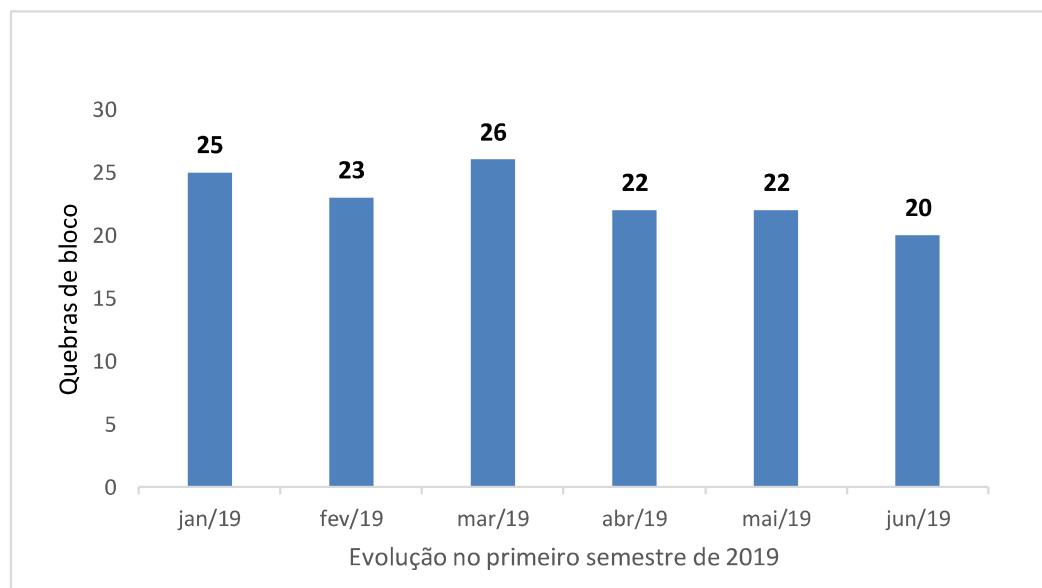
Figura 11 – Comportamento do descarte médio no estado inicial.



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software *Excel®*.

Além de concluir que o método de descarte oferecia uma margem de melhora, foi possível enumerar quantas eram as situações em que a programação de produção limitava a produção contínua e a consequente otimização do uso da resina. Levantaram-se as quantidades de descarte realizados nos seis primeiros semestres de 2019, como apresentado na Figura 12.

Figura 12 – Ocorrência de quebras de bloco no estado inicial.



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software *Excel®*.

4.3 APLICAÇÃO DE RESINA

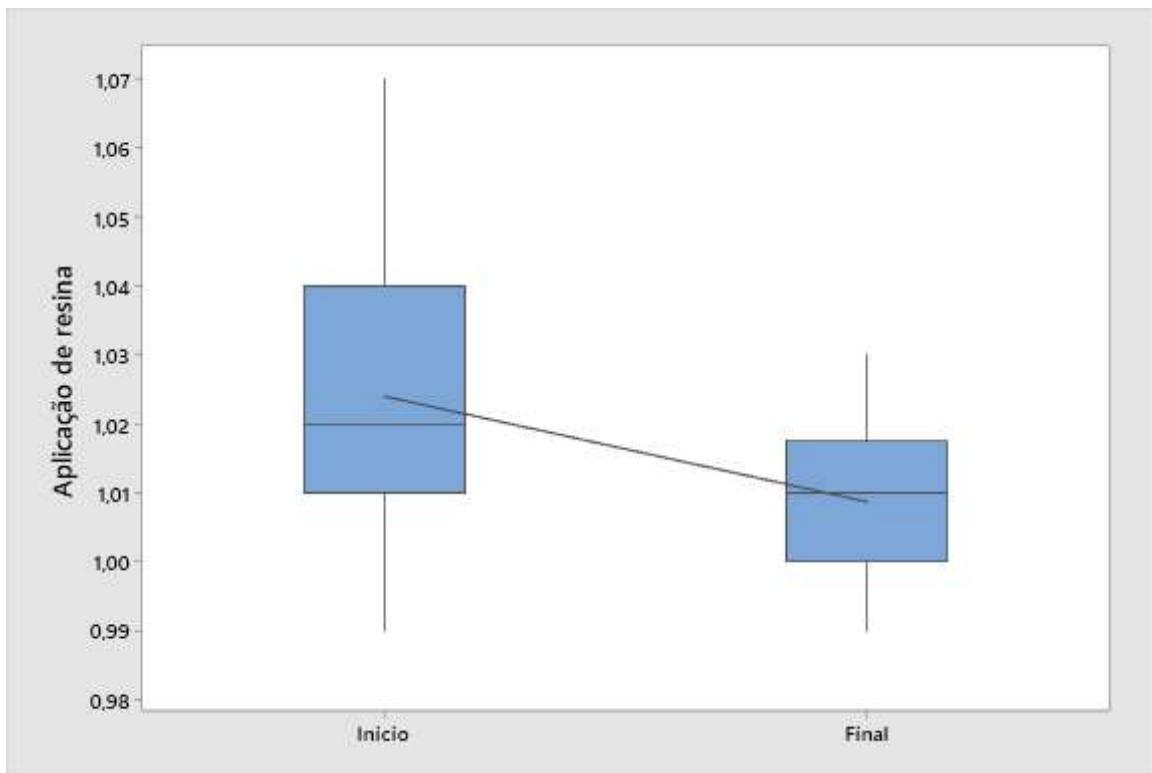
Com base nos dados e observações da etapa medir do DMAIC foi possível compreender os fatores que levavam ao consumo excessivo de resina. Constatou-se que a taxa de aplicação de resina apresentava comportamento acima do esperado. A principal suspeita era de que o ajuste dos rolos dosadores de resina, muitas vezes, não era o ideal. Os elementos estatísticos obtidos no estudo foram utilizados para estudar se a taxa de desvio na operação apresentava um padrão e se seria possível atingir uma estabilidade na aplicação de resina.

Inicialmente foi possível notar que a média amostral ou valor médio amostral das medidas feitas, demonstra que o ponto de equilíbrio aritmético se encontra acima do valor ideal de 1,01 assim como a mediana, valor que tem a função de indicar o quanto simétrico é o grupo de dados. Também foi possível observar que o terceiro quartil, medida que indica a porcentagem posicional de 75% das amostras apresenta valor acima do especificado, assim concluiu-se que grande parte dos lotes produzidos na fase de medição continham maior composição de resina do que seria necessário. Embora os dados apresentassem um comportamento não desejado, a distribuição das medidas ao longo do tempo indicavam que a aplicação incorreta se dava no momento de ajuste inicial do processo, pois não foi possível identificar variações bruscas ou indícios de tentativa de correção no ajuste de lotes que já apresentavam uma taxa de aplicação constante.

O foco da ação de melhoria foi a recertificação dos operadores na operação de ajuste de máquina no controle dos rolos e o conjunto de ações de verificação do valor aplicado. Todos os operadores responsáveis pela operação foram treinados com foco na garantia do atendimento da especificação, a necessidade de evidenciar que a aplicação extra de matéria-prima geraria um desperdício demais de recurso e dinheiro.

Após o período de treinamentos, novas medidas foram observadas, 100 amostras foram retiradas com base nos dados de produção fornecidos pelo sistema de qualidade. A Figura 13 apresenta o comportamento da taxa de aplicação de resina no estado final em comparação com o estado inicial onde é possível observar que as medidas estatísticas posicionais estão ajustadas conforme o valor alvo do processo.

Figura 13 – Gráfico de Boxplot de comparação do estado inicial e final após a implementação das melhorias.



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software *Minitab®*.

Após as atividades de conscientização em torno do fato de que a aplicação extra de resina não traria ganho de qualidade ao produto e que o ajuste do rolo deveria ser respeitado a risca, foi possível notar que a distribuição dos dados apresentou uma leve tendência de aproximação ao limite inferior da especificação, o que de forma geral, também precisa ser combatido. A Figura 14 apresenta este comportamento.

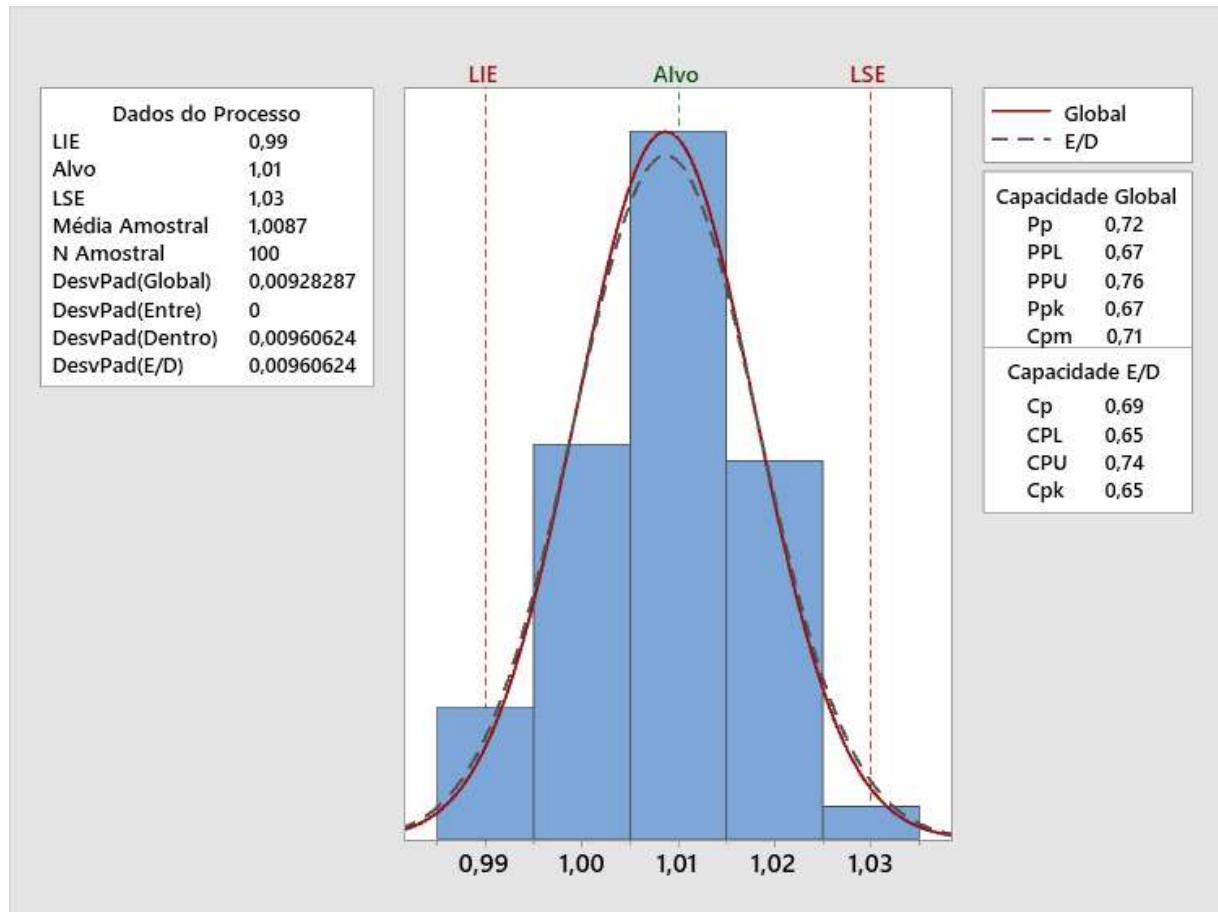
Figura 14 – Dados estatísticos de comparação entre o estado inicial e o final.

Estatísticas											
Variável	N	N*	Média	EP	Média Pad	DesvPad	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo
Início	100	0	1,0240	0,00179	0,0179	0,9900	1,0100	1,0200	1,0400	1,0700	
Final	100	0	1,0087	0,000928	0,00928	0,9900	1,0000	1,0100	1,0175	1,0300	

Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software *Minitab®*.

Como forma de garantia e visualização geral do estado final do processo. O relatório de capacidade do processo foi gerado e com base nos valores pré-estabelecidos de Cp e Pk já mencionados no item 3.2.2 apresentou valores mais sólidos e com maior potencial maior de previsibilidade, conforme Figura 15.

Figura 15 – Relatório de capacidade após a implementação das melhorias no estado final.



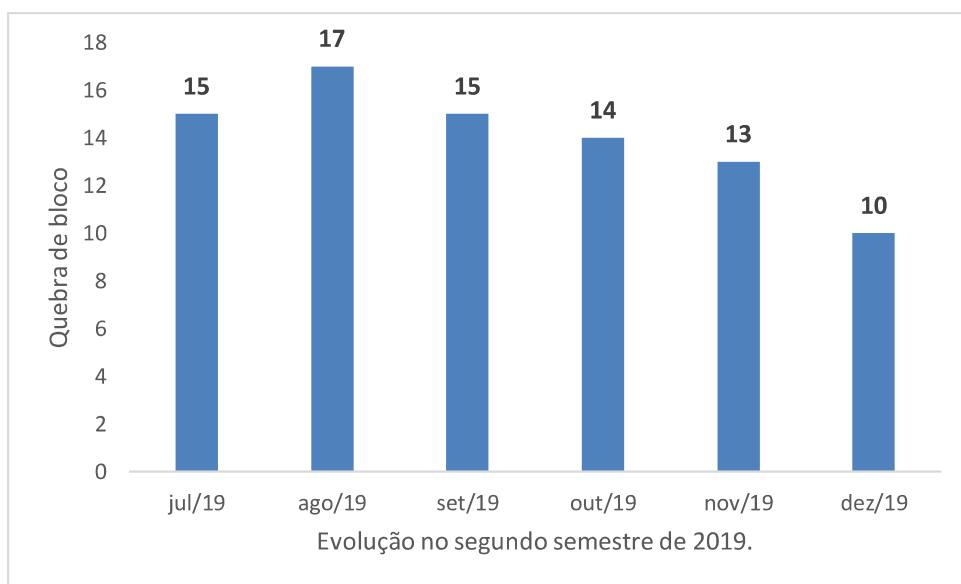
Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software *Minitab®*.

4.4 DESCARTE DE RESINA

Após a análise do perfil de programação das quebras de bloco, definiu-se que seria de extrema importância uma estratégia bem definida na combinação dos lotes de produção de forma que as situações de quebra de bloco e consequentemente descarte de resina deveriam ser minimizadas. Contanto com a participação do time de programação e controle da produção foram discutidas condições e situações em que o agrupamento de lotes e fomento da

combinação de produtos de mesma condição física fossem concentrados. A figura 16 demonstra que o esforço em organizar o sistema produtivo de forma mais eficiente e com melhor combinação entre os elementos envolvidos na programação de produção geraram impactos significativos nas necessidades de descarte de matéria prima.

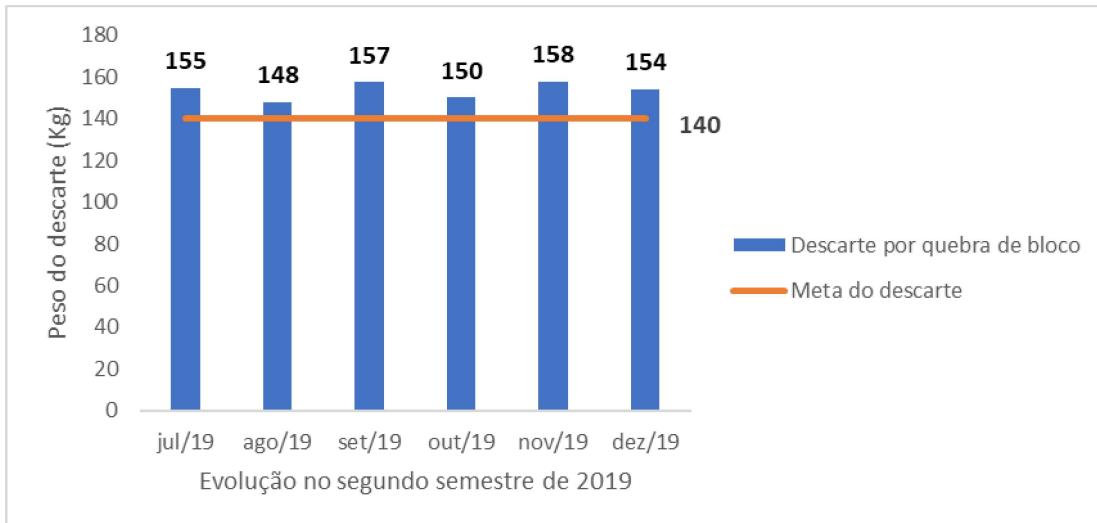
Figura 16 – Ocorrência de quebras de bloco no segundo semestre de 2019, após as ações de melhoria.



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software *Excel®*.

Em condições mais favoráveis e com menor recorrência de descarte o controle das quantidades de matéria-prima envolvidas no processo seria outro fator importante na diminuição do impacto no desperdício de resina. Com base nas dimensões de máquina, foi possível definir que a capacidade mínima necessária para que o papel seja embebido pela resina no tanque de mergulho durante o processo de impregnação foi de 140 Kg de solução. Sendo assim, definiu-se que, contando com uma situação de maior previsibilidade em relação à necessidade de quebra o operador seria capaz de calcular de forma antecipada a quantidade total de resina necessária de determinado lote com o acréscimo da quantidade mínima de aplicação, sendo assim, a aplicação de resina seria possível e a quantidade de descarte estaria definida no menor valor possível. Com base neste parâmetro e após atividades de treinamento, os resultados foram avaliados e estão apresentados na figura 17.

Figura 17 – Comportamento do descarte médio no segundo semestre de 2019, após as ações de melhoria.



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software *Excel®*.

4.5 ERRO DE OPERAÇÃO

Um dos principais ganhos relacionados ao projeto foi o conhecimento e confiança conquistados pelas equipes de operação durante as reuniões de Brainstorming e discussão em torno dos problemas relacionados ao ajuste equivocado dos rolos dosadores e ao dano causado à economia do processo relacionados ao sentimento de que ao aplicar resina de forma demasiada geravam para a empresa. Após a implantação dos conceitos do *Lean Manufacturing* e do fomento ao cuidado com um dos recursos mais vitais do meio produtivo foi nítida a filosofia de zelo e responsabilidade sob os processos de aplicação, formulação e descarte de matéria prima.

4.6 PROBLEMA COM O EQUIPAMENTO

As investigações e ações em torno dos equipamentos, com envolvimento direto das equipes de manutenção, tiveram papel fundamental no domínio da operação de ajuste. Todos os procedimentos de manutenção preventiva foram cumpridos e o monitoramento dos equipamentos envolvidos no processo teve papel importante no resultado final do projeto.

4.7 ENDURECIMENTO DE RESINA

A importância da gestão dos descartes e consciência em torno dos períodos de armazenamento da resina formulada evidenciaram um ganho direto ao processo. Com o auxílio das equipes de P&D o ambiente produtivo absorveu a filosofia de cuidado e responsabilidade em torno da conservação de matérias-primas. Considerando as propriedades e definições mencionadas anteriormente, cinco descartes de cada grupo foram reservados em condições reais de produção e os tempos de vida útil foram tomados, conforme o Quadro 4.

Quadro 4 – Verificação do tempo de vida útil de resina após a quebra de bloco.

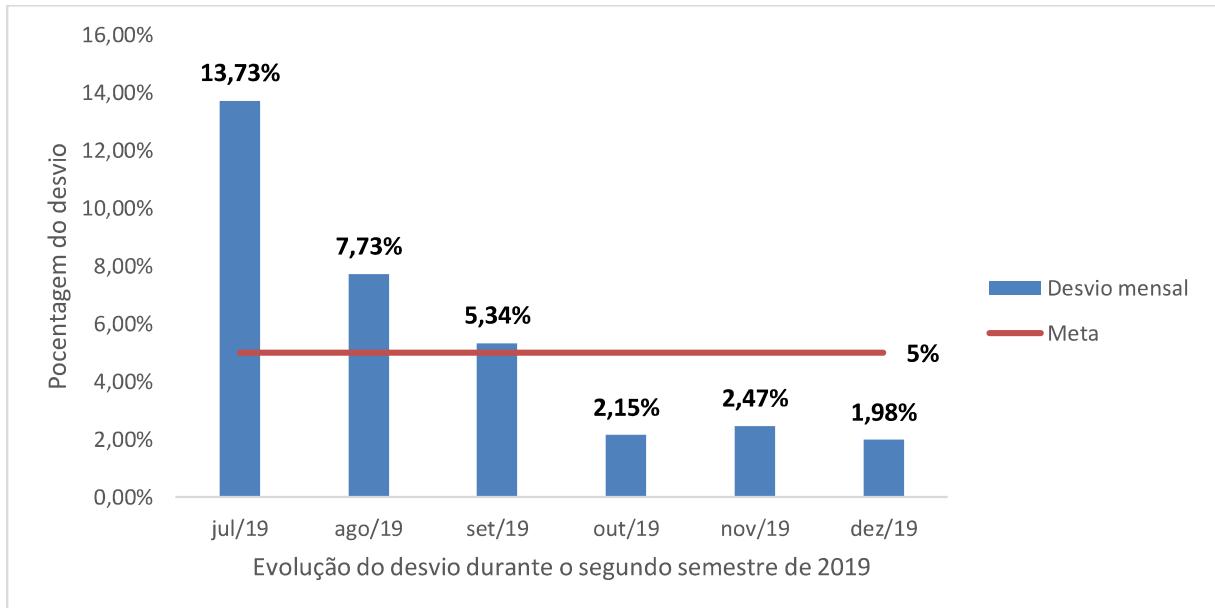
Tipo A		Tipo B	
Padrão: 36 horas	Tempo de vida útil	Padrão: 72 horas	Tempo de vida útil
Amostra 1	OK	Amostra 1	OK
Amostra 2	OK	Amostra 2	OK
Amostra 3	OK	Amostra 3	OK
Amostra 4	OK	Amostra 4	OK
Amostra 5	OK	Amostra 5	OK

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.8 AVALAÇÃO FINAL DO PROJETO

Como base de comparação para a verificação de efetividade do projeto, os índices de perda de matéria durante os últimos seis meses de 2019 foram considerados. Dentro deste período todas as ações de melhoria foram executadas e os resultados foram acompanhados em tempo real durante o projeto. A figura 18 apresenta a evolução dos resultados obtidos durante o período de início da implantação das ações de melhoria, com início em julho de 2019. Neste trabalho os resultados estão apresentados considerando o percentual de resina desperdiçada como forma de manter o sigilo em relação as quantidades brutas utilizadas no processo industrial.

Figura 18 – Desvio na utilização de resina no primeiro semestre de 2019.



Fonte: Elaborado pelo autor utilizando o software Excel®.

Durante a etapa de finalização do projeto e apresentação dos ganhos do processo, os valores brutos de resina desperdiçada foram calculados e apresentados à diretoria para o julgamento final em relação ao sucesso da proposta do projeto. Para calcular o ganho final do projeto foram considerados os indicadores mensais de perda em valor absoluto. A quantidade total de resina perdida no segundo semestre de 2019 foi comparada à quantidade desperdiçada no primeiro semestre do mesmo ano. A Equação 2 apresenta o cálculo matemático utilizado para a obtenção do valor final de redução no índice de perda de resina.

$$\text{Redução} = \frac{(peso\ desperciçado\ no\ 1º\ semestre - peso\ desperciçado\ no\ 2º\ semestre)}{peso\ desperciçado\ no\ 2º\ semestre} \quad (2)$$

Considerando o cálculo descrito obteve-se como resultado final uma redução de 27,29% no peso bruto de resina desperdiçada no processo industrial de impregnação de papel.

5. CONCLUSÃO

Os avanços obtidos em termo do estudo estatístico das medições e entendimento da necessidade da assertividade no ajuste da máquina garantiram que o processo de produção possa se tornar mais confiante, levando em consideração que a média de 1,0087 de aplicação de resina, atingida após as ações de melhoria, demonstram um ganho visível no atendimento dos pré-requisitos do projeto.

O entendimento e domínio dos fatores que geram superprodução e desperdício de recursos se tornou um aliado importante na rotina industrial de modo que os volumes médios de descarte apresentaram 30% de redução. Além disso, as recorrências de quebra de bloco passaram de uma média 23 quebras mensais para 14 em apenas seis meses.

O ganho de eficiência no processo de controle e responsabilidade no uso das resinas representou 27,29% de redução mensal em peso de matéria-prima descartada.

Como forma de garantir longevidade aos conceitos e práticas propostos, a padronização das práticas operacionais representou um pilar importante na condução do projeto. Quando se atinge um nível de organização necessário para que os procedimentos sejam sempre seguidos o nível de sintonia e domínio dos pontos fundamentais ao resultado final se tornam uma filosofia intrínseca ao time de produção. Observou-se que o rendimento da operação apresentou alto nível de melhora além de nível de conhecimento dos envolvidos na produção.

Por fim, considera-se que o trabalho atingiu seu objetivo de descrever o desenvolvimento da melhoria empregando o método de resolução de problema DMAIC. Além de garantir o atingimento da meta definida pela empresa o método se mostrou apto para ser utilizado em oportunidades futuras.

REFERÊNCIAS

- ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. A Importância do Método Seis Sigma na Gestão da Qualidade Analisada sob uma Abordagem Teórica. **Revista de Ciência & Tecnologia**, v. 11, p. 91–98, 2002.
- BARBU, M. C.; TEISCHINGER, A. **Processing Technologies for the Forest and Biobased Products**. Kuchl,Austria: LIT Verlag Munster, 2010.
- BRYDSON, J. A. **Plastics Materials**. 8. ed. Cambridge, United States: Butterworth-Heinemann, 2016.
- CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade: conceitos e técnicas**. São Paulo: Atlas, 2010.
- CHARLES, E.; CARRAHER, J. **Carraher's Polymer Chemistry, Ninth Edition**. CRC Press ed. New York, NY,United States: CRC Press, 2016.
- DAVIM, J. P.; AGUILERA, A. **Wood Composites: Materials, Manufacturing and Engineering**. 1. ed. Berlim, Boston, United States: De Gruyter, 2017.
- DAYCHOUM, M. **40 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ.: Brasport, 2007.
- DIAS, F. **GERENCIAMENTO DOS RISCOS EM PROJETOS**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ.: GEN Atlas, 2014.
- DOMINGUES, M. A. **A IMPORTÂNCIA DO PROGRAMA 5S PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DA QUALIDADE**. 2011. UFPR, 2011.
- FARAGO, R. **Proposta de melhoria para o processo DMAIC com integração do AHP: uma aplicação na operação de distribuição física de bebidas**. Ribeiro Preto: Faculdade de Economia Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, 2015..
- FILHO, M. P. **Gestão da Produção Industrial**. 20 Ed. ed. Curitiba: Ibpex, 2016.
- HAWKINS, J. **Brainstorming: Become a Brainstorming Facilitator by Learning These Techniques**. United States: scribl, 2019.
- JUNIOR, I. M. et al. **Gestão da qualidade e processos**. São Paulo, SP, Brasil: Editora FGV, 2015.
- MONDEN, Y. **Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time**. 1. ed. Heidelberg, Germany: Springer, 1994.
- MORAES, G. **Sistema de Gestão de Riscos**. 1 Ed. ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Gerenciamento Verde Livraria e Livraria virtual, 2013.
- MUNIZ, A.; IRIGOYEN, A. **Jornada Ágil e Digital: Unindo práticas e frameworks que potencializam o mindset colaborativo e a experimentação**. Rio de Janeiro, RJ.: BRASPORT Livros e Multimídia Ltda., 2019.
- OHNO, T. **Sistema de Produção Toyota: Além da Produção em Larga Escala**. 1. ed. Delhi, India: Bookman, 1997.

- ORTIZ, C. A. **Kaizen e implementação de eventos kaizen.** 1. ed. Delhi, India: Bookman, Editora, 2010.
- PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e prática.** 2 ed. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **METODOLOGIA DO TRABALHO CIENTÍFICO: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico.** 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- RAWLINSON, J. G. **Creative thinking and Brainstorming.** New York: Routledge, 2017.
- RIANI, A. M. Estudo De Caso: O Lean Manufacturing Aplicado Na Becton Dickinson. **Revista Eletrônica Produção e Engenharia**, p. 52, 2006. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ep/files/2009/06/tcc_jan2007_alineriani.pdf>.
- RUPPENTHAL, J. E. **Gerenciamento de Riscos.** 2013. Colegio Técnico Industrial de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2013. Disponível em: <<https://www.ufsm.br/proreitorias/prograd/wp-content/uploads/sites/342/2020/04/GERENCIAMENTO-DE-RISCOS.pdf>>.
- SHANKAR, R. **Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide.** Milwaukee, United States: Press, ASQ Quality, 2009.
- SHINGO, S. **A study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint.** 1. ed. Boca Raton, Florida, United states: CRC Press, 1989.
- SHINGO, S. **Sistema de Produção Com Estoque Zero.** 1. ed. Dehli, India: Bookman, Editora, 2004.
- SLACK, N. et al. **GERENCIAMENTO DE OPERAÇÕES E DE PROCESSOS.** 2 Ed. ed. Dehli, India: Bookman, Editora, 2013.
- TORRES, L. F. Avaliação da aplicação da manufatura enxuta em uma empresa do setor automobilístico: um estudo de caso. p. 123, 2011.
- TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e pesquisa**, v. 31, n. 3, p. 443–466, 2005.
- WERKEMA, C. **FERRAMENTAS ESTASTÍSTICAS BÁSICAS DO LEAN SEIS SIGMA INTEGRADAS AO PDCA E DMAIC.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- WERKEMA, M. C. C. Lean Seis Sigma - introdução às ferramentas do Lean Manufacturing. **Revista Gestão Industrial**, v. 2, n. 2, p. 120, 2006. Disponível em: <<http://www.pg.cefetpr.br/ppgep/revista/revista2006/resumos/Vol2Nr2/artigo12.php>>.
- WOMACK, J. **Caminhadas pelo Gemba.** 1. ed. São paulo: Lean Institut Brasil, 2011.