



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



**ANÁLISE DE ESTRAGO DO CABO DE ACETATO NA PRODUÇÃO DE
FILTROS PARA CIGARRO**

MARIA TEREZA VIDIGAL SOUZA

Uberlândia – MG
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA



**ANÁLISE DE ESTRAGO DO CABO DE ACETATO NA PRODUÇÃO DE
FILTROS PARA CIGARRO**

Maria Tereza Vidigal Souza

Monografia de graduação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Engenharia Química.

Uberlândia – MG
2021

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA MONOGRAFIA DA DISCIPLINA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE MARIA TEREZA VIDIGAL SOUZA
APRESENTADA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, EM 10/03/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dra. Miria Hespanhol Miranda Reis

Orientador - FEQUI/UFU

Prof^ª. Dra. Patrícia Angélica Vieira

FEQUI/UFU

Mestranda Sophia Franciscani Mendes

FEQUI/UFU

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus por me iluminar e me dar forças para superar as dificuldades durante esta longa jornada;

Aos meus pais, Valtair e Elizabete, pelo apoio incondicional, por fazerem o impossível para que meu sonho se tornasse realidade, pelo incentivo e por nunca me deixarem desistir frente aos inúmeros obstáculos que enfrentei ao longo dessa caminhada;

À toda minha família, por sempre acreditarem em mim, por me dar motivação, por contribuir para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje, em especial: meu irmão Glauco, meus tios Salete, Baco, Reginalda e Antônia, meus primos João Paulo, Rafaela, Flávia e Aline, nosso caçula amado Joaquim, aos meus padrinhos Amilcar e Uda, e a todos os outros familiares que estiveram comigo nessa jornada;

Ao meu namorado Gabriel, que se tornou minha família, por todo amor e carinho, por todo cuidado no nosso relacionamento, pelo incentivo a sempre ser uma pessoa melhor e por todo amor que existe entre nós, te amo meu amor;

Aos amigos que conheci na melhor época de nossas vidas, por estarem comigo nos momentos de alegria e tristeza, por me confortarem nos momentos de *stress*, pelas diversas noites em claro estudando ou farreando, pelas inúmeras histórias construídas ao longo desse tempo, por serem a família que eu escolhi. Especialmente: Taynara, Natália, Ana Luísa, Mariana, Lara, Kelly, Paulo, Cláudia e Ana Carolina;

Ao meu mais que especial amigo Argileu, que partiu deste mundo e nos deixou uma saudade imensa, que além de todo amor que criamos entre nós, nos proporcionou momentos de conselhos, boas gargalhadas, histórias para contar e que agora olha por nós de onde estiver. Obrigada por sempre trazer à tona o melhor de mim, vou te levar comigo até o fim, te amo amigo;

A todos os professores que foram imprescindíveis na minha formação profissional e pessoal;

A minha orientadora, Miria, pelo empenho dedicado a este trabalho, pelas correções, pela paciência e pelo suporte;

A todos meus colegas de trabalho da BAT Brasil, especialmente à Talita, Luis Felipe, Yasmin, Isabela, Arthur, Caio e Otávio por toda a ajuda e por se tornarem grandes e verdadeiros amigos em tão pouco tempo;

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para que este caminho fosse trilhado e concluído com sucesso.

SUMÁRIO

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA	ii
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	iv
RESUMO	v
INTRODUÇÃO.....	6
OBJETIVOS.....	7
1.1 Objetivo Geral.....	7
1.2 Objetivos Específicos	7
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1 A empresa	8
2.2 CBN e IWS	9
2.3 Ferramentas do IWS	10
2.4 <i>Unified Problem Solving</i> (UPS).....	12
2.5 Processo de produção do acetato de celulose	14
2.6 Processo de fiação do acetato de celulose em cabo de acetato	15
2.7 Produção de filtros de cabo de acetato para cigarros.....	17
MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3.1 Material.....	20
3.1.1 Matéria Prima	20
3.2 Metodologia.....	20
3.2.1 Declaração direcionada do problema	21
3.2.2 Análise de causa e efeito	21
3.2.3 Teste piloto - validação das hipóteses	22
3.2.4 Implementação de contramedidas	25
RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1 Excesso de peso na barra de filtro.....	26

4.2	Baixo rendimento de cabo de acetato	27
4.3	Divergência no inventário de matéria-prima	28
4.4	Valores dos parâmetros físicos da barra de filtro especificados pelo OMQ diferentes do real	29
4.5	Contador de barras de filtro do equipamento com falha elétrica	30
4.6	Falha no aparelho de leitura dos parâmetros de qualidade da barra	30
4.7	Perda de umidade do cabo de acetato durante a fabricação dos filtros.....	31
4.8	Análise <i>Why-Why</i> para implementação de contramedida.....	32
CONCLUSÃO.....		33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Premissas do IWS	9
Figura 2 - Diagrama <i>Fishbone</i> ou espinha de peixe	11
Figura 3 - Análise Why-Why	12
Figura 4 - As cinco fases do UPS	13
Figura 5 - Estrutura do acetato de celulose.....	14
Figura 6 - Mecanismo da reação de produção do acetato de celulose.....	14
Figura 7 - Visão geral do processo de fiação do acetato de celulose em cabo de acetato.....	15
Figura 8 - Fardo de cabo de acetato.....	16
Figura 9 - Princípio de funcionamento de uma máquina de filtro.....	17
Figura 10 - Tecnologia DF-10 de fabricação de barras de filtro	17
Figura 11 - Barras de filtro	18
Figura 12 - Cabo de acetato aberto.....	18
Figura 13 - Especificação do filtro 31035131	20
Figura 14 - Desperdício de cabo de acetato comparado com o desperdício de outras matérias-primas utilizadas na fábrica	21
Figura 15 - Diagrama espinha de peixe das possíveis causas e natureza	22
Figura 16 - Classificação das hipóteses.....	22
Figura 17 - Contador de barras de filtro do equipamento DF-10	24
Figura 18 - Gabarito de contagem manual de filtros.....	24
Figura 19 - Curva característica do filtro 2.1Y31000 de acordo com o Cable.....	27
Figura 20 - Balanço de massa global.....	28
Figura 21 - Pesagem do estrago gerado na fabricação das barras de filtro	28
Figura 22 - Pesagem de filtros sem triacetina em balança de precisão	29
Figura 23 - Especificação do filtro 31035131	29
Figura 24 - Comparação entre os valores médios de peso total da barra da balança de precisão e do QTM	30
Figura 25 - Análise <i>Why-Why</i>	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Preenchimento de uma matriz 6W2H	10
Tabela 2 - Média de peso da barra de filtro de janeiro de 2018 a maio de 2019.....	26
Tabela 3 - Comparação entre parâmetros da especificação vs <i>Cable</i>	27
Tabela 4 - Quantidade de barras contadas manualmente e pelo contador do equipamento	30
Tabela 5 - Resultados de peso após processamento do cabo de acetato sem produção de barras de filtro	31

RESUMO

A melhoria contínua em processos produtivos vem sendo cada vez mais almejada por empresas de diversos ramos da economia, dentre elas, as indústrias de tabaco, que estão adotando em todo mundo essa metodologia de trabalho, como o *Integrated Work System* (IWS), que foi criado a fim de, no contexto atual da empresa, alcançar objetivos futuros que tragam resultados significativos de melhoria nos principais indicadores da companhia. Em vista disso, em uma das indústrias de tabaco situadas na cidade de Uberlândia-MG, no setor de produção dos filtros para cigarros, notou-se uma elevada perda de cabo de acetato, matéria-prima principal para produção dos filtros de cigarro, que gerou em apenas cinco meses um impacto de 2,5% a mais no indicador de desperdício de matéria-prima (*Waste*) da fábrica e, até então, não era conhecida a causa raiz desse impacto. O objetivo desse trabalho foi desenvolver uma análise profunda acerca do desperdício de cabo de acetato, produzido através do acetato de celulose, na produção de filtros para cigarro por meio de quatro ferramentas do IWS e mapear a causa raiz para implementar soluções e contramedidas que eliminassem o problema. Todas as ferramentas de análise utilizadas no estudo são advindas do *Unified Problem Solving* (UPS), uma das ferramentas de análise mais robustas do IWS. Para esse fim, seis hipóteses de causa raiz do problema foram elaboradas pela equipe técnica, nas quais todas foram testadas experimentalmente em chão de fábrica e constatou-se que o cabo de acetato em questão estava perdendo umidade causando uma redução de massa do mesmo e um consumo real de cabo de acetato maior que o teórico para fabricar a mesma quantidade de barras de filtros, com isso, a empresa estava comprando do fornecedor um fardo de matéria-prima com 2,5% a mais de água que o especificado, gerando um impacto financeiro anual de 3,75 milhões de reais para a companhia.

INTRODUÇÃO

A necessidade da melhoria de processos no mercado de trabalho em empresas de pequeno a grande porte, é hoje um fator determinante para crescimento e retomada de estabilidade dos negócios em vista do cenário econômico não favorável atual.

Em vista disso, essa melhoria contínua vem sendo cada vez mais indagada pelas empresas através de metodologias de trabalho cujo objetivo são desenvolver habilidades e comportamentos para entrega de resultados superiores de forma sustentável. A Procter & Gamble foi a empresa pioneira no Brasil na implementação de metodologias de trabalho como esta, o *Integrated Work System* (IWS) foi criado pela mesma a fim de entender o verdadeiro objetivo e condição atual da empresa, estabelecer a condição futura e fazer a melhoria contínua até que as metas estabelecidas sejam alcançadas.

Dotada com suficiente *Know-how*, a P&G passou a vender essa metodologia para empresas multinacionais, de pequeno e grande porte. Uma das empresas a adotar esse sistema de trabalho, foi a empresa líder mundial no setor de tabaco, presente em mais de 200 países, com sede em Londres e com uma de suas fábricas situadas na cidade de Uberlândia, Minas Gerais, na qual foi executado o estudo desse trabalho.

A fábrica situada em Uberlândia possui várias linhas de produção, que vão desde o processamento primário do tabaco vindo das usinas localizadas no sul do Brasil e a fabricação dos filtros até a produção do cigarro. A empresa baseia sua metodologia em um princípio direcionador chamado *Compelling Business Need* (CBN), que, por sua vez, toma como alicerce a orientação do *Integrated Working System* (IWS), que possui como principal objetivo a redução de perdas. Segundo REIS e BARCELOS, 2017, a metodologia do IWS visa alcançar condições reais para o alcance de “zero” perdas, de forma a reduzir retrabalhos, desperdícios, acidentes e incidentes, avarias e falhas, e paradas não planejadas nos equipamentos de produção.

Em uma das linhas de produção da fábrica de Uberlândia, a linha de fabricação dos filtros para cigarro, uma das maiores perdas que ocorriam era o desperdício do cabo de acetato, matéria-prima principal utilizada na produção dos filtros e, que até então, não se sabia qual era a causa raiz dessa perda.

Dessa maneira, um grupo de trabalho foi montado com algumas pessoas chaves, incluindo técnicos e analistas do setor, especialistas naquela área de produção a fim de mapear a causa da perda citada que, em apenas cinco meses, já havia impactado em 2,5% acima do

esperado no indicador de desperdício de matéria-prima (*Waste*), financeiramente isso representava mais de R\$600 mil, com projeção para gerar um impacto de R\$1,4 milhões para a empresa até o final de 2019.

OBJETIVOS

1.1 Objetivo Geral

Desenvolver análise profunda acerca do desperdício de cabo de acetato, produzido através do acetato de celulose, na produção de filtros para cigarro por via de ferramentas de IWS, afim de mapear a causa raiz e implementar soluções e contramedidas para eliminar o problema.

1.2 Objetivos Específicos

- Coletar todas as informações referentes à análise, através da ferramenta de *6W2H*, para fornecer de maneira organizada o entendimento do problema;
- Definir, através da ferramenta *Fishbone* todas as possíveis causas e efeitos do problema, sejam elas de natureza humana, material, do equipamento, método, meio ambiente ou de medida;
- Testar hipóteses previamente estabelecidas pela equipe técnica para cada possível causa listada, que possam levar a causa raiz do problema e documentar como a conclusão de cada uma foi julgada, através do teste piloto;
- Registrar a causa raiz das hipóteses que forem testadas como verdadeiras e propor contramedidas que assegurem o não retorno do problema, através da ferramenta *Why-Why Analysis*.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A empresa

A empresa onde esse estudo foi desenvolvido é uma produtora de cigarros brasileira a mais de um século no mercado. Fundada em 1903, a companhia é uma das empresas líderes do grupo global o qual pertence, detendo a liderança absoluta do mercado brasileiro de cigarros com 78,1% de participação no mercado formal em 2015, enquanto suas exportações de tabaco chegaram a 108 mil toneladas no mesmo ano. O valor global estimado da companhia é de aproximadamente R\$ 2,5 trilhões, segundo SOUZA CRUZ, 2018.

A empresa atua em toda a cadeia produtiva, desde a produção de sementes, o processamento de tabaco até a fabricação e distribuição direta do produto no varejo. Classificada como uma empresa de grande porte, possui 6,6 mil colaboradores diretos e 240 mil indiretos, sendo presente em todo o território nacional, distribuída nas unidades: matriz, uma fábrica, três usinas de processamento de tabaco, um centro de pesquisa, seis regionais de marketing e centrais integradas de distribuição (CIDs) e trinta centrais operacionais de distribuição (CODs).

Como cita SOUZA CRUZ, 2018, “a Companhia abastece diretamente com seus produtos mais de 300 mil pontos de venda, espalhados por 5,5 mil municípios brasileiros, constituindo a mais complexa operação de distribuição do Grupo BAT e uma das mais abrangentes do Brasil”.

A fábrica localizada em Uberlândia-MG é a maior unidade fabril do setor de tabaco da América Latina. Inaugurada em 1978, a fábrica de Uberlândia é responsável por 100% do volume de cigarros produzido pela empresa no Brasil.

Atualmente o mercado de tabaco apresenta grandes desafios, como o crescimento do mercado ilegal, principalmente em decorrência do crescente contrabando de cigarros vindos do Paraguai, o sistemático aumento da carga tributária e as rígidas restrições regulatórias para comercialização do produto.

Diante de tamanhas adversidades, a companhia ainda necessita ser uma empresa sustentável e atuante, de forma a gerar valor compartilhado para os seus *stakeholders*, garantindo a qualidade do seu produto para os seus consumidores com o menor custo de produção, o que envolve a redução e monitoramento de KPIs como OEE (Overall Equipment Effectiveness – principal indicador de performance de equipamentos) e Waste (indicador de desperdício de matéria-prima).

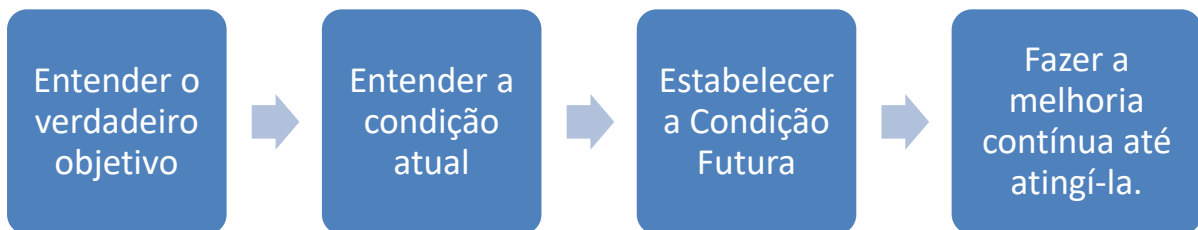
2.2 CBN e IWS

O CBN consiste em uma representação visual dos objetivos da companhia para os 3 anos seguintes. Esse princípio centraliza os esforços em objetivos claros e bem determinados. Isso se faz por meio de indicadores estratégicos que estão perfeitamente alinhados à visão do negócio. A exemplo desses indicadores, tem-se o foco voltado para eliminação total de acidentes, redução de reclamações do consumidor, crescimento em OEE e percentuais orçamentários.

Já o IWS é um modelo de produção industrial pautado na melhoria contínua. Esse sistema produtivo visa desenvolver habilidades e comportamentos de seus envolvidos, afim de entregar resultados superiores de forma sustentável. Esse sistema é uma tradução do Toyotismo para a indústria de bens de consumo desenvolvido pelas empresas *Procter & Gamble* e *Enerst Young*.

Deste modo, a Figura 1 relaciona as premissas do IWS, e tem como diretriz que a metodologia de zero perdas somada a 100% de envolvimento dos colaboradores decorre em resultados superiores.

Figura 1 – Premissas do IWS



Fonte: Elaborada pela autora

Como indicadores, tem-se os tradicionais indicadores de medidas de saída como eficiência, plano de produção e qualidade e também os indicadores do próprio IWS como medidas de processo, são eles: *stops* que representa o número de paradas do equipamento, *MTBF (Mean Time Between Failure)* que representa o tempo médio entre falhas e *MTTR (Mean Time to Repair)* que representa o tempo médio para reparo de falhas.

O IWS tem em sua composição como principal estratégia a análise de perdas, para alcançar em seus equipamentos a situação de zero perdas, ou seja, zero defeitos, zero desperdício, zero avarias, zero retrabalho, zero acidentes e zero paradas não planejadas, afinal, tudo fora do ideal calculado é considerado perda do processo e pode impactar negativamente os indicadores mencionados anteriormente.

2.3 Ferramentas do IWS

Para que seja efetivo, o IWS se utiliza de certas ferramentas de análise que instruem, desenvolvem e permitem o fluxo de informações do time. O investimento em formação de pessoas é crucial para se chegar ao objetivo final e, neste caso, o custo de implementação dessas ferramentas é quase nulo.

Além disso, essas ferramentas auxiliam diariamente os colaboradores da companhia a direcionar planos de ação para mitigar problemas que possam impactar os resultados da fábrica. Nesse trabalho foram utilizadas 4 ferramentas de IWS que auxiliaram a equipe técnica a encontrar a causa raiz do problema em estudo e são elas: *6W2H*, diagrama *fishbone*, teste piloto e análise *Why-Why*. Todas essas ferramentas são utilizadas no *Unified Problem Solving* (UPS) para solução de problemas.

- *6W2H* – é uma técnica de coleta de informações que fornece uma maneira organizada de reunir informações e entender um problema. *6W* e *2H* representam as perguntas a serem feitas quando se tenta entender e definir determinada situação, a sigla em inglês representa cada pergunta, sendo elas: *what, why, where, when, who, whom, how e how much*, assim como descrito na tabela 1 abaixo.

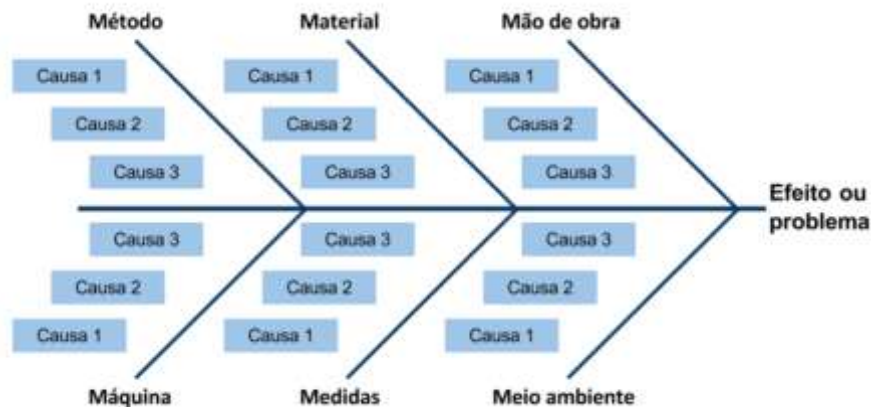
Tabela 1 - Preenchimento de uma matriz *6W2H*

Pergunta	Tradução	Resposta
What	O quê	Assunto
Why	Por quê	Propósito
Where	Onde	Local
When	Quando	Tempo e/ou sequência
Who	Quem	Pessoas envolvidas
Whom	Pra quem	Pessoas afetadas
How	Como	Método, como acontece
How Much	Quanto	Custo/impacto

Fonte: Elaborada pela autora

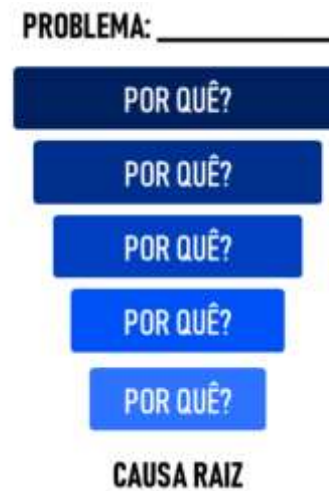
- *Fishbone* – O diagrama espinha de peixe é utilizado para identificar todas as possíveis causas colaboradoras de um problema. Ela relaciona as causas e efeitos e ordena as ideias em categorias úteis, como mostra a figura 2, onde todas as causas listadas devem se encaixar em cada quadrante de acordo com seu tipo, natural, equipamento, método, medida, humano ou material.

Figura 2 - Diagrama *Fishbone* ou espinha de peixe



Fonte: BLOG CONTA AZUL, 2017

- Teste piloto – teste piloto é um teste de uma solução ou hipótese selecionada, que normalmente é realizado em pequena escala devido ao tempo, escopo e orçamento reduzido. Ele é usado para avaliar tanto a solução quanto a contramedida e tornar sua implementação mais eficiente em longa escala. O teste piloto fornece dados sobre os resultados esperados e expõe problemas no plano de implementação. Um teste piloto ajuda a identificar as falhas em uma solução escolhida para uma possível causa de um problema, onde a hipótese é validada como verdadeira ou não.
- Análise *Why-Why* – também conhecido como “5 Por quês”, é um método de perguntas e respostas para explorar as relações de causa e efeito subjacentes a um problema particular, que força as pessoas a pensarem sobre causa raiz e impede que uma equipe fique satisfeita com soluções superficiais. Normalmente a análise dos por quês é utilizada em conjunto com o diagrama espinha de peixe, onde para cada causa deve ser performada uma série de perguntas do tipo “por que isso acontece?” até que se encontre de fato a causa raiz de um problema, assim como mostra a figura 3.

Figura 3 - Análise Why-Why

Fonte: FERRAMENTAS DA QUALIDADE, 2019

2.4 Unified Problem Solving (UPS)

O UPS é uma das ferramentas mais robustas do IWS pois engloba várias outras ferramentas em seu escopo com o objetivo de resolver um problema cuja causa é desconhecida, é um método simplificado que gera engajamento entre a equipe em busca do melhor resultado. As quatro ferramentas citadas anteriormente são inclusive utilizadas nessa metodologia de resolução de problemas.

Esse método é utilizado para resolver determinado problema após aplicar outras ferramentas de análises mais simplificadas sem sucesso, com essa metodologia conseguimos atingir a causa raiz de problemas crônicos e fornecer contramedidas e soluções sustentáveis.

O UPS permite, de forma estruturada, a modificação ou a criação de padrões como resultado de uma contramedida para solução efetiva de um problema. A metodologia de aplicação do UPS é feita através de cinco fases, sendo elas: entendimento da situação, investigação da causa raiz, implementação e avaliação contramedidas, sustentabilidade dos resultados e padronização e replicação, assim como mostra a figura 4.

Figura 4 - As cinco fases do UPS

Fonte: UPS *Training* 2018

A primeira fase do UPS é para responder à pergunta mais ampla do *6W2H*: “qual é o problema?” e dessa maneira, através de dados, obter uma declaração direcionada do problema. Delimitar o problema torna-o mais fácil de ser entendido e resolvido, essa fase é o alicerce para o restante do processo e por esse motivo, a análise deve ser robusta.

Durante a segunda fase, são listadas todas as possíveis causas do problema para entender sua complexidade. Para cada possível causa listada, deve-se testar uma hipótese para validar se aquela é, de fato, a causa raiz do problema em estudo. Assim como na primeira fase, é crucial gastar tempo para fazê-la corretamente para que a implementação, sustentação e padronização sejam bem sucedidas.

Para a terceira fase, a principal pergunta é: “Como resolvemos este problema da melhor maneira?”. Tratando dados, avaliando, selecionando e implementando soluções, nela uma ação de contenção deve ser implementada rapidamente para restringir os efeitos do problema. Essas ações de contenção são os “primeiros socorros” antes de que as ações preventivas sejam definidas.

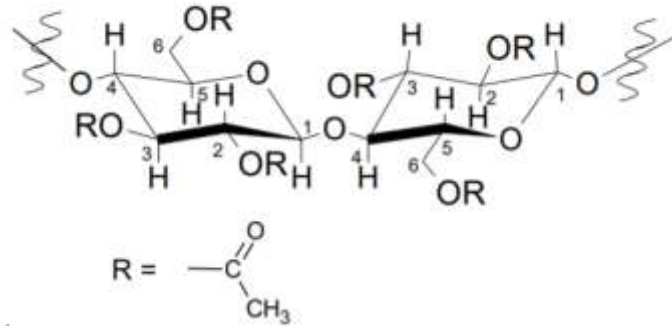
A fase quatro trata a avaliação dos resultados para determinar se o problema foi resolvido. Então, ela se preocupa com a implementação de controles como, por exemplo, criar um novo padrão, para assegurar que o novo método seja seguido.

A quinta e última fase é sobre desenvolver recomendações para reuplicar os padrões e contramedidas. Nela também é necessário documentar todas as conquistas e lições aprendidas.

2.5 Processo de produção do acetato de celulose

O acetato de celulose, figura 5, devido a sua larga aplicação principalmente em fibras e plásticos, possui grande importância comercial.

Figura 5 - Estrutura do acetato de celulose

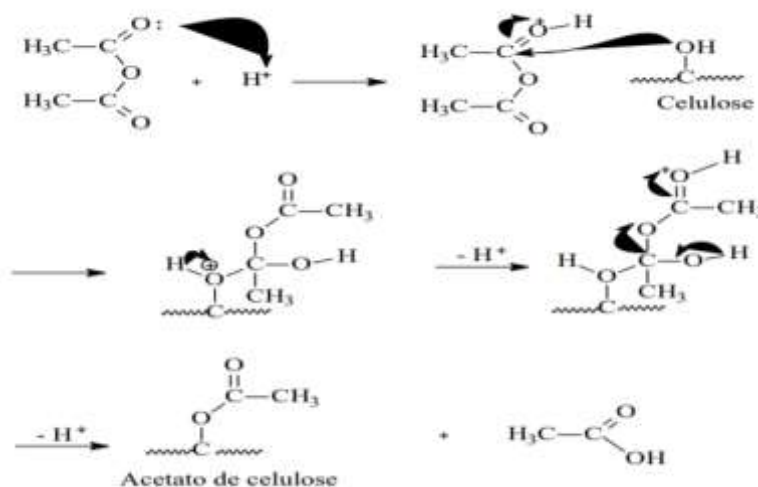


Fonte: CRUZ, C. A. 2010

Esse produto já foi muito utilizado na indústria têxtil e de filmes fotográficos, devido sua alta solubilidade em acetona, sua termoplaticidade, resistência ao mofo e também por ser hipoalergênico. Atualmente, ele tem sido substituído pelo nylon, pois com o tempo o mesmo se oxida e libera ácido acético. Neste trabalho, o acetato de celulose é matéria-prima principal do cabo de acetato, na produção de filtros para cigarro, devido a seu alto poder de absorção.

O acetato de celulose pode ser obtido através de uma reação de acetilação da celulose, onde a celulose reage com uma mistura de ácido acético e anidrido acético, sendo catalisada por perclórico ou ácido sulfúrico, assim como mostra o mecanismo da reação na figura 6.

Figura 6 - Mecanismo da reação de produção do acetato de celulose



Fonte: CRUZ, C. A. 2010

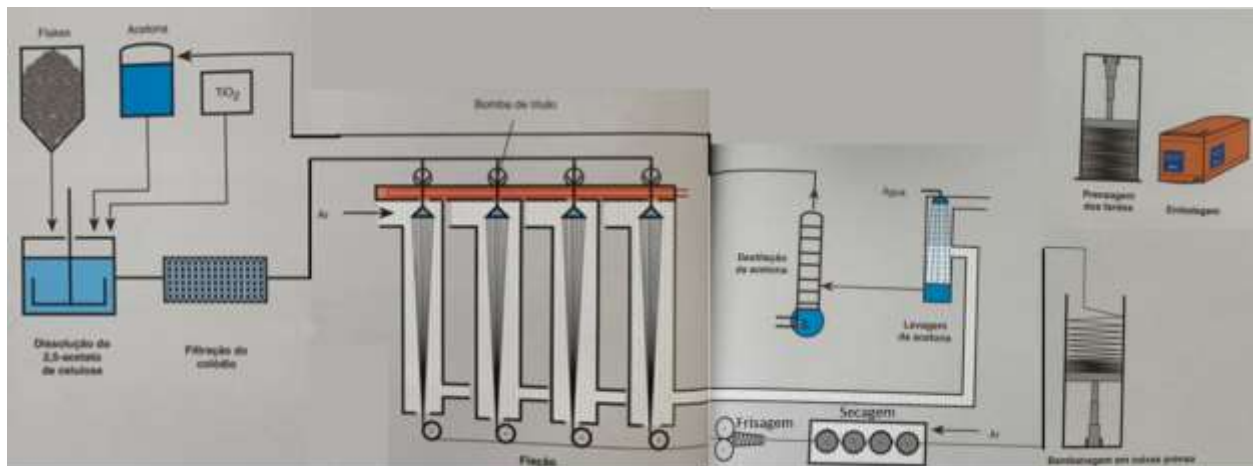
SASSY e SHANZY, 1995 apresentaram que quando as cadeias de celulose se tornam acetiladas, elas se desprendem do cristal se tornando solúveis em meio reacional, o que resulta na conversão do cristal para estrutura mais quebradiça.

Na literatura, é possível encontrar diversas metodologias de produção do acetato de celulose, dentre elas a partir do jornal usado e pelo caroço de manga, que foi estudada pelo grupo de reciclagem de polímeros do Instituto de Química da Universidade Federal de Uberlândia, RODRIGUES e MEIRELES, 2010.

2.6 Processo de fiação do acetato de celulose em cabo de acetato

A produção do cabo de acetato a partir do acetato de celulose, é composto por cinco etapas, dispostas na figura 7 abaixo.

Figura 7 - Visão geral do processo de fiação do acetato de celulose em cabo de acetato



Fonte: RUSTEMEYER, 1998

Na primeira etapa é onde ocorre a preparação da solução a ser fiada, chamada de colódio, que é uma mistura de *flakes* de acetato de celulose, acetona e água, além de conter em sua composição dióxido de titânio para atingir coloração branca. Então, o colódio passa por um processo de filtração através de filtros-prensa em grandes áreas filtrantes.

Na etapa seguinte, acontece o processo de fiação, onde o filamento formado endurece pelo seu esticamento e pela evaporação do solvente na máquina de fiação. A máquina na qual esse processo acontece é composta por três partes, que são elas: extrusão, colunas de fiação e guias-mecha.

- Região de extrusão – a solução é aquecida e enviada para as fieiras através das bombas de título;

- Colunas de fiação – colunas nas quais ocorre a formação de fios, feixe com vários filamentos, e evaporação da acetona com ajuda do ar;
- Guias-mecha – nessa região ocorre a formação da mecha pela união dos fios que saem das colunas de fiação.

Na terceira etapa do processo, é onde acontece a recuperação da acetona, uma vez que o colóidio é composto por 70% de acetona, dessa maneira o processo de fiação do acetato de celulose se torna sustentável e rentável. O gás acetonado é lavado com água e separado em uma coluna de destilação.

Em seguida, é feito o processo de frisagem, que tem a função aferir cada filamento do cabo de acetato com seção transversal em forma de Y com espessura de cerca de 10 μm . Na frisadeira, a mecha de cabo de acetato é pressionada por dois rolos para dentro do canal de frisagem, que é dimensionado de maneira que o cabo fique regular.

Por último, temos o processo de secagem, bambanagem, prensagem e embalagem do cabo de acetato, que acontece por via de um secador para atingir a umidade final desejada. O cabo de acetato é disposto em caixas de forma regular e em camadas, onde em seguida o mesmo é prensado formando fardos que são embalados para o transporte e estão prontos para serem utilizados na produção dos filtros para cigarros.

A figura 8, mostra um fardo de cabo de acetato que posteriormente será utilizado na produção de filtros para cigarros.

Figura 8 - Fardo de cabo de acetato prensado



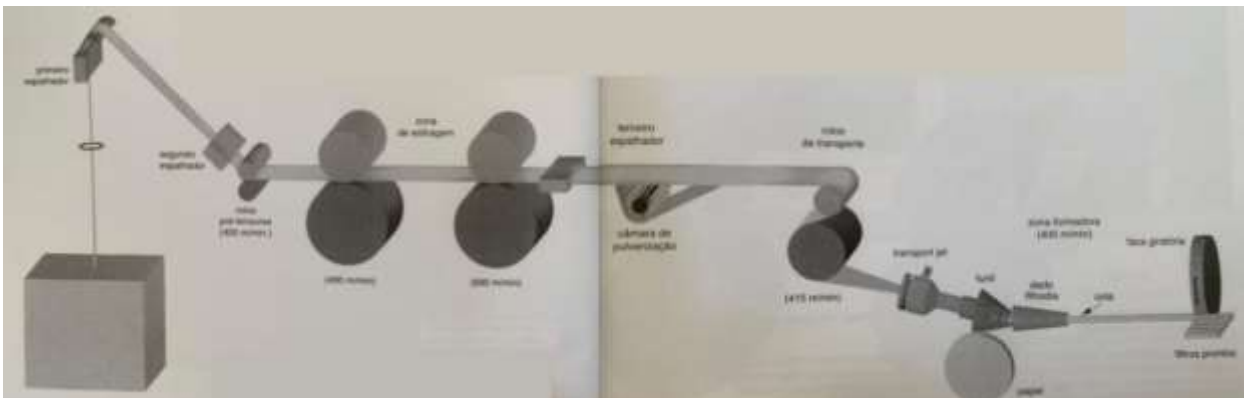
Fonte: Arquivo pessoal, 2021

2.7 Produção de filtros de cabo de acetato para cigarros

Um fardo de 478 kg de cabo de acetato, tem a capacidade de produzir cerca de 6 milhões de filtros, que podem resultar em até 36 milhões de cigarros com *plug* de filtro de 22 mm cada.

Existem várias tecnologias que são capazes de produzir esses filtros, porém todas possuem o mesmo princípio de funcionamento, figura 9.

Figura 9 - Princípio de funcionamento de uma máquina de filtro



Fonte: RUSTEMEYER, 1998

Todo a análise desse trabalho foi feita em máquinas do tipo DF-10, do fabricante G.D, disposta na figura 10. Esses equipamentos possuem 2 regiões, a zona de estiragem, onde acontece o processamento do cabo de acetato até que o mesmo atinja sua capacidade máxima de expansão para atingir os parâmetros físicos do filtro desejado e a zona formadora, onde o cabo de acetato já estirado é compactado junto a um papel específico para produção de barras de filtros em formato de tubo, figura 11.

Figura 10 - Tecnologia DF-10 de fabricação de barras de filtro



Fonte: GIDI, 2018

Figura 11 - Barras de filtro

Fonte: Arquivo pessoal, 2021

No primeiro momento da fabricação, a mecha do cabo de acetato é aberta ao máximo, como mostra a figura 12, por meio de infusão de ar vindo do primeiro e segundo espalhador da máquina. Em seguida, o cabo de acetato é estirado e seus filamentos vão se deslocando em relação aos outros, através de um sistema de pares de rolos tensionadores cobertos de ranhuras, que através de diferença de velocidade são capazes de tensionar e fixar o cabo de acetato em processo contínuo.

Figura 12 - Cabo de acetato aberto

Fonte: Arquivo pessoal, 2021

Após a etapa de estiramento, o cabo de acetato entra na câmara de pulverização de triacetina, substância responsável pelo enrijecimento da barra de filtro conferindo-lhe a dureza adequada de acordo com a especificação do mesmo, onde recebe uma névoa de micro gotículas de triacetina por meio de escovas rotativas.

No próximo passo, o cabo de acetato já pulverizado de triacetina é conduzido, ainda em processo contínuo, até o *Transport Jet* e comprimido até o dedo *Rhodia*. Esses dois utensílios do equipamento são responsáveis por conceder o diâmetro correto da barra de filtro. Posteriormente, a tripa formada de cabo de acetato, já envolta de papel, é levada para a câmara de formação, onde o papel é selado a quente e cortado por facas giratórias em comprimento pré-definido.

A triacetina aplicada ao cabo de acetato no início do processo de fabricação se difunde uniformemente na barra de filtro, na primeira hora seguinte, onde os pontos pegajosos secam e o filtro endurece. O endurecimento do filtro é medido macroscopicamente através do aumento da dureza de toda a barra.

MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Material

3.1.1 Matéria Prima

Os filtros utilizados na análise do projeto foram os de acetato de celulose, com comprimento de 132 mm e com formato em Y dos filamentos do cabo de acetato. O cabo de acetato utilizado foi o de título 2.1Y31000, isso significa que o mesmo possui espessura de 2,1 den, com seção transversal em formato de Y e com 31.000 den de espessura total, ou seja, 14.762 filamentos. Sendo que 1 den (denier) equivale a 0,0001 g/m. Essa especificação resulta em um filtro com código de rastreabilidade 31035131.

A especificação do filtro em questão é descrita pela figura 13, onde o mesmo deve entregar como parâmetros físicos, 450 mmWG de queda de pressão e 760 mg de peso total da barra.

Figura 13 - Especificação do filtro 31035131

Características - 31035131				
Característica	Target	Limite Superior	Limite Inferior	UoM
Circunferência do Filtro	24.000	24.050	23.950	mm
Comprimento Barra de Filtro	132.00	132.50	131.50	mm
Dureza do Filtro	80.00	-	79.00	%
Ovalização	100.000	-	95.000	%
Peso de Cabo Acetato	597.00	609.00	585.00	mg
Peso de Triacetina	72.00	76.32	67.68	mg
Peso Total do Filtro	760.000	775.200	744.800	mg
QP do Filtro	450.00	463.500	436.500	mmWG

Fonte: DELMIA APRISO, 2019

3.2 Metodologia

Os filtros de acetato de celulose foram fabricados em máquina DF-10 (fabricante GD) conforme tecnologia convencional de fabricação. As barras possuíam 24 mm de circunferência e 132 mm de comprimento. Foram fabricados filtros para a especificação do título do cabo de acetato com descrição 2.1Y31000, descrita em ALVES, 2016.

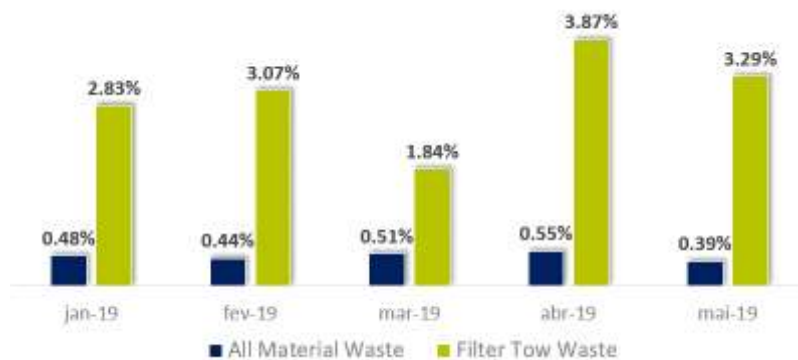
A análise do projeto foi executada de acordo com cada etapa do *Unified Problem Solving* (UPS) e foi dividido em cinco etapas, que são elas: declaração direcionada do problema através do 6W2H; análise de causa de efeito através do *Fishbone*; detalhamento das hipóteses em paralelo com a validação das mesmas por meio do teste piloto e implementação de contramedidas através da análise *Why-Why*.

3.2.1 Declaração direcionada do problema

Na primeira etapa do projeto foi realizada pela equipe a observação do problema no chão de fábrica para entender os fenômenos que acontecem quando a perda ocorre. Também foram reunidos todos os dados estatísticos que comprovassem a perda.

E então, através de dados comprovados pelo balanço de matéria-prima que acontece semanalmente na fábrica, montamos nossa declaração direcionada do problema, respondendo as 8 perguntas do 6W2H (o que, quem, onde, a quem, qual, como, quando e quanto): desperdício de cabo de acetato em 2,5% acima do esperado, que ocorre na tecnologia DF10. Inicialmente, impactará as operações do setor de produção de filtros na fábrica, mas no longo prazo, haverá um efeito cascata, impactando toda a fábrica e depois toda a região. É uma perda frequente, que aparece gradativamente, aumentando sua intensidade sazonalmente. O problema sempre ocorreu no processo normal de fabricação do filtro, embora a perda de material seja maior em alguns meses do ano, indicando sazonalidade, figura 14.

Figura 14 - Desperdício de cabo de acetato comparado com o desperdício de outras matérias-primas utilizadas na fábrica

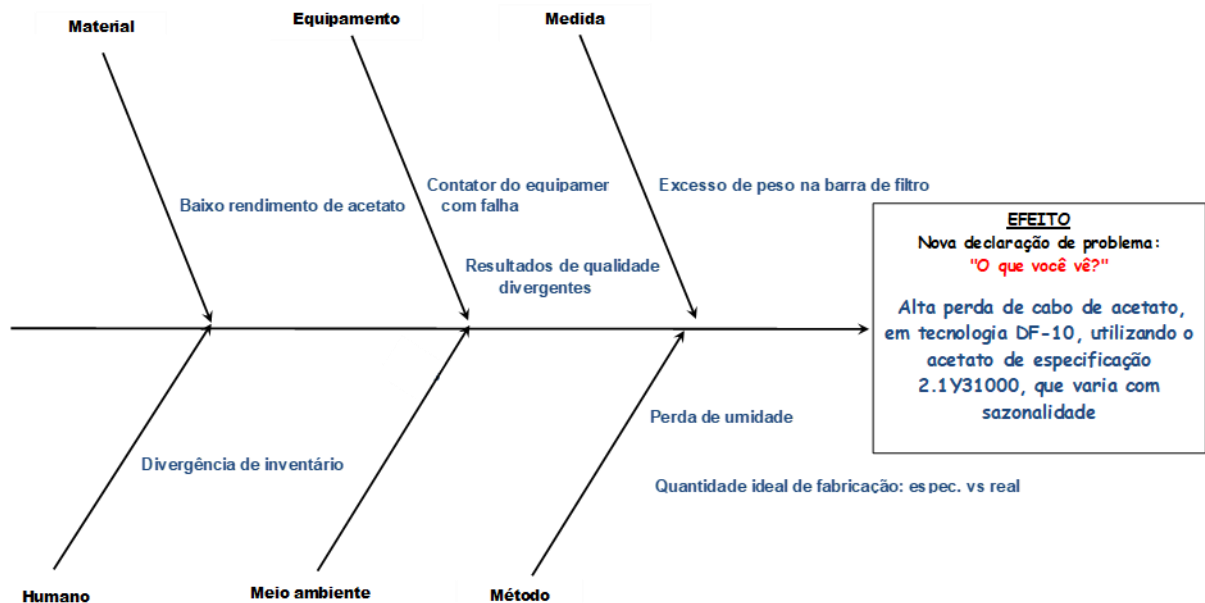


Fonte: Arquivo pessoal, 2019

3.2.2 Análise de causa e efeito

Nessa etapa foi feito o levantamento de todas as possíveis causas raiz do problema, separadas por natureza, que se encontram depositas no diagrama espinha de peixe da figura 15.

Figura 15 - Diagrama espinha de peixe das possíveis causas e natureza



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Cada hipótese levantada foi classificada de acordo com sua natureza, como mostrado no diagrama espinha de peixe e na figura 16.

Figura 16 - Classificação das hipóteses



Fonte: Elaborada pela autora

3.2.3 Teste piloto - validação das hipóteses

Para cada hipótese foi definido um teste para validá-la e assim, descartar ou não caso a hipótese seja comprovada como verdadeira.

A primeira hipótese testada foi o excesso de peso na barra de filtro, onde a variação do sobrepeso na barra de filtro poderia estar causando um maior consumo de cabo acetato na produção das barras. Foram feitas comparações estatísticas com os resultados de sobrepeso do ano de 2018 com os dos meses de janeiro a maio de 2019.

A segunda hipótese testada foi a do baixo rendimento de cabo de acetato que poderia estar acontecendo nos lotes recebidos da matéria-prima. Essa validação foi feita através de análise dos resultados mostrados pelo *software Cable*, fornecido pela fabricante do cabo de acetato, *Rhodia*, que indica qual a quantidade necessária de cabo de acetato para produzir o filtro do estudo com a queda de pressão ideal de acordo com sua especificação, ou seja, o *software* nos indica o ponto ótimo de operação através de uma curva característica do filtro.

A terceira hipótese é a que o inventário de matéria-prima poderia apresentar divergências, onde a contagem de estoque poderia estar sendo feita de maneira incorreta gerando divergência nos resultados de estrago de matéria-prima, dessa maneira todo o processo de contagem de estoque de matéria-prima foi acompanhado e conferido para comprovar a tese. Essa hipótese foi testada através de um balanço de massa, onde foram feitas pesagens do estoque inicial e final do fardo de cabo de acetato e comparado com a quantidade de barras de filtros fabricadas e o desperdício de cabo de acetato que não passou pela máquina foi pesado para comparar com os valores de estrago registrados pelo sistema.

Em seguida, testamos a hipótese de que os valores dos parâmetros físicos da barra de filtro especificados pela curva *Optimal Manufacturing Quantity (OMQ)* poderia ser diferente do real. Foram produzidas 100 barras de filtro sem triacetina e foi feita a pesagem dessas barras produzidas individualmente em grupos de 20 barras cada amostra. Após a coleta dos dados de peso, foram retirados o papel e o adesivo de todas as barras de filtro e, em seguida, a quantidade de cabo de acetato restante foi pesada em balança de precisão. O peso obtido, dividido pela quantidade de barras, fornece a quantidade ideal de fabricação do cabo de acetato para cada barra de filtro.

A quinta hipótese testada partiu do pressuposto de que o contador de produção do equipamento, figura 17, poderia estar com falhas e conseqüentemente causando alterações no volume de produção, e também impactando na qualidade dos testes realizados.

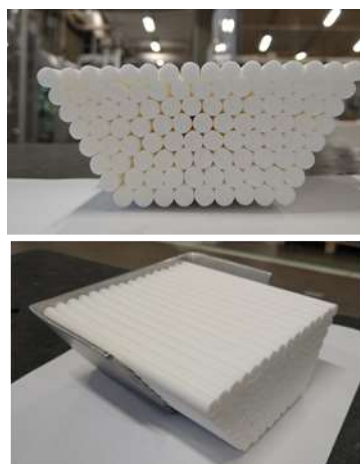
Figura 17 - Contador de barras de filtro do equipamento DF-10



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

A equipe eletrônica da fábrica foi acionada para garantir condições básicas do contador e, posteriormente, foram produzidos uma certa quantidade de barras e as mesmas foram contadas manualmente, com ajuda de um gabarito de contagem com capacidade para 100 barras de filtro mostrado na figura 18, para comparação com a quantidade apontada pelo contador da máquina.

Figura 18 - Gabarito de contagem manual de filtros



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

A sexta hipótese dizia que o aparelho de medição dos parâmetros físicos que garantem a qualidade dos filtros (QTM – mede circunferência, queda de pressão, ovalização e peso total da barra de filtro) poderia apresentar falhas, indicando uma falsa tendência no peso do filtro, gerando resultados de sobrepesos incorretos. Dessa maneira, foi feito uma comparação entre o peso médio indicado no QTM de cada barra de filtro com o peso indicado por uma balança de precisão, para uma amostragem de 10 barras de filtros.

Por fim, foi testada a última hipótese do estudo, onde dizia que no próprio equipamento, o cabo de acetato poderia estar perdendo umidade devido a quantidade de conjuntos e componentes em alta temperatura e velocidade presentes na máquina. Supôs-se que ele poderia perder umidade, fazendo com que sua massa reduzisse e, conseqüentemente, aumentando o consumo da matéria-prima para fabricar a mesma quantidade de barras de filtro. Essa perda de umidade pode ser dita como desperdício de cabo de acetato.

Foram feitos dois testes para calcular a perda de umidade. Cerca de 2 kg de cabo de acetato foram pesados e processados no equipamento. Não houve aplicação de triacetina e nem a formação da barra de filtro. Em seguida, a pesagem aconteceu novamente para calcular a variação de peso antes e depois do processamento no equipamento. Algumas amostras (10g cada) foram levadas para o laboratório, onde foram aquecidas no forno. Através da variação da massa, antes e depois do aquecimento, a perda de umidade foi calculada pela equação 1. O mesmo teste também foi realizado pelo fornecedor da matéria-prima, *Rhodia*, para comprovar com maior eficácia a tese.

$$\%Perda\ Umidade = \frac{Peso\ Inicial - Peso\ Final}{Peso\ Inicial} \quad (1)$$

3.2.4 Implementação de contramedidas

Na última etapa do trabalho, todo o projeto foi documentado em um arquivo de UPS na biblioteca digital da empresa e nele foi descrito todas as recomendações a serem seguidas acerca da causa raiz encontrada para minimizar os impactos que estavam sendo causados pelo desperdício da matéria-prima citada.

Para hipótese que for validada como verdadeira, deve ser performada uma análise *Why-Why* com sugestões e um plano de ação para implementação da contramedida e, dessa maneira, foi possível formalizar as mudanças propostas e alavancar melhorias pela companhia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como mostrado anteriormente, na figura 14, diagrama espinha de peixe, chegou-se em sete possíveis causas raiz para o problema em questão que, lembrando, são elas: excesso de peso na barra de filtro caracterizada como sendo do tipo medida, baixo rendimento do cabo de acetato do tipo material, divergência no inventário de matéria-prima do tipo humano, valores dos parâmetros físicos da barra de filtro especificados pelo OMQ diferentes do real do tipo método, contador de barras de filtro com falha do tipo equipamento, QTM com possível falha do tipo equipamento e perda de umidade da matéria-prima no processo de fabricação do tipo método.

Para cada hipótese testada, segue os resultados obtidos através do teste piloto.

4.1 Excesso de peso na barra de filtro

Os resultados da média de peso da barra de filtro de 2018 comparadas com 2019, de janeiro a maio, se encontram dispostos na tabela 2.

Tabela 2 - Média de peso da barra de filtro de janeiro de 2018 a maio de 2019

Filtro - 31035131				
	Média peso	Target Peso	Limite inf	Limite sup
Janeiro	751	763	748	778
Fevereiro	754	763	748	778
Março	756	763	748	778
Abril	757	763	748	778
Maio	754	763	748	778
Junho	749	763	748	778
Julho	750	763	748	778
Agosto	750	751	736	766
Setembro	750	751	736	766
Outubro	753	751	736	766
Novembro	751	751	736	766
Dezembro	755	751	736	766
Janeiro	751	751	736	766
Fevereiro	756	751	736	766
Março	754	751	736	766
Abril	759	760	745	775
Maio	765	760	745	775

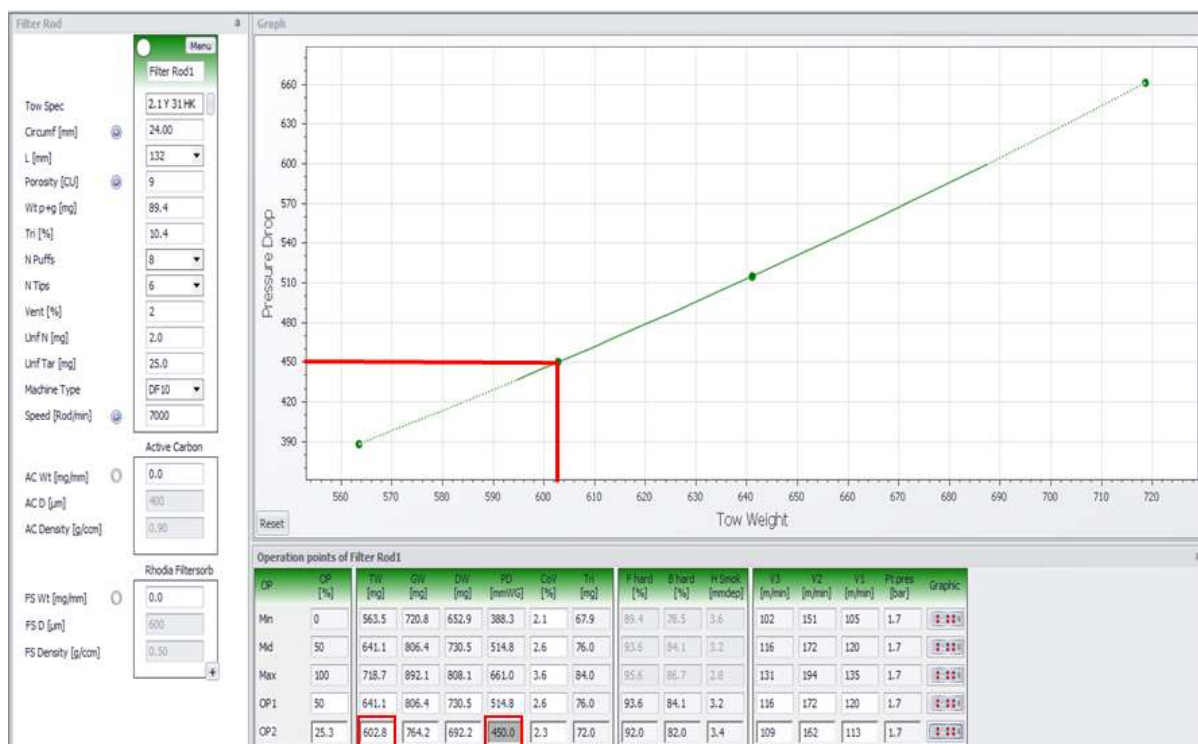
Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Ao comparar os resultados, é possível notar que não havia grandes variações no resultado, ou seja, não havia excesso de peso que justificasse maior consumo de cabo acetato, pois em todos os meses analisados obtivemos resultados próximos do *target* esperado. Portanto, a hipótese foi classificada como falsa.

4.2 Baixo rendimento de cabo de acetato

De acordo com o software Cable, fornecido pela Rhodia, para produzir o filtro 31035131 com 450 mmWG de queda de pressão são necessários 602,8 mg de cabo de acetato, como mostra o ponto ótimo da curva característica do filtro na figura 19.

Figura 19 - Curva característica do filtro 2.1Y31000 de acordo com o Cable



Fonte: Cable, 2019

Trata-se de um cabo de acetato de título 2.1Y31000, que pode trabalhar no intervalo de 388,3 até 661,0 mmWG para o parâmetro queda de pressão. Para a especificação em questão, figura 13, ele está no ponto ótimo de operação 25 que, na teoria, é o ponto ótimo para trabalhar com média e desvio padrão de todos os parâmetros especificados. Dessa maneira, observa-se que todos os parâmetros estão condizentes com a especificação do filtro, conforme comparação feita na tabela 3.

Tabela 3 - Comparação entre parâmetros da especificação vs Cable

Parâmetro	Cable	Especificação	UNID
Peso de cabo de acetato	602,80	597,00	mg
Peso total da barra	764,20	760,00	mg
Queda de pressão	450,00	450,00	mmWG
Peso de triacetina	72,00	72,00	mg

Fonte: Elaborado pela autora

Portanto, não há divergência significativa entre os valores e a hipótese é classificada como falsa.

4.3 Divergência no inventário de matéria-prima

O inventário de matéria-prima consiste em contagens manuais de todo o estoque de matéria-prima da fábrica para aferir se a quantidade de material que entra representa a mesma quantidade de produto que sai e, de maneira simplificada, temos que tudo aquilo que entra no sistema menos o que sai resulta em desperdício, como mostrado na figura 20.

Figura 20 - Balanço de massa global



Fonte: Elaborada pela autora

Dessa maneira, ao longo de uma semana, diversas pesagens de todo estrago gerado nas máquinas de produção de filtro foram feitas, figura 21, para comparar com os resultados do balanço de matéria-prima resultante da equação da figura 20.

Figura 21 - Pesagem do estrago gerado na fabricação das barras de filtro



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Foi visto que ao longo das cinco simulações realizadas para o inventário, obteve-se uma média de peso de estrago de cabo acetato gerado pela máquina de 1,7 kg, exatamente igual ao valor gerado automaticamente pelo sistema de inventário. Não foram encontradas divergências no sistema de contagem do inventário. Portanto, a hipótese foi classificada como falsa.

4.4 Valores dos parâmetros físicos da barra de filtro especificados pelo OMQ diferentes do real

Em 100% das barras de filtro sem triacetina produzidas no teste, o valor de peso obtido pela balança de precisão estava de acordo com a especificação do filtro, conforme mostrado na figura 22.

Figura 22 - Pesagem de filtros sem triacetina em balança de precisão



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

A especificação desse filtro, diz que para cada barra de filtro, são necessárias 597 mg de cabo de acetato, figura 23, para atingir os demais parâmetros especificados. Em pesagem realizada em 20 barras de filtro produzidas sem triacetina e após retirar o papel invólucro, foi encontrado o valor médio de 11,94 g de cabo de acetato, ou seja, exatamente 597 mg. Não houve divergência entre os valores, portanto a hipótese foi classificada como falsa.

Figura 23 - Especificação do filtro 31035131

Características - 31035131				
Característica	Target	Limite Superior	Limite Inferior	UoM
Circunferência do Filtro	24,000	24,050	23,950	mm
Comprimento Barra de Filtro	132,00	132,50	131,50	mm
Dureza do Filtro	80,00	-	79,00	%
Ovalização	100,000	-	95,000	%
Peso de Cabo Acetato	597,00	609,00	585,00	mg
Peso de Triacetina	72,00	76,32	67,68	mg
Peso Total do Filtro	760,000	775,200	744,800	mg
QP do Filtro	450,00	463,500	436,500	mmIWG

Fonte: DELMIA APRISO, 2019

4.5 Contador de barras de filtro do equipamento com falha elétrica

Após a equipe eletrônica da fábrica garantir condição básica do contador de filtros do equipamento, várias contagens manuais foram realizadas em produção e em nenhuma delas houve divergência com o valor apontado pelo contador do equipamento, conforme ilustrado pela tabela 4.

Tabela 4 - Quantidade de barras contadas manualmente e pelo contador do equipamento

Teste	QTD barras manuais	QTD barras contador
1	100	101
2	100	100
3	100	102
4	100	101
5	100	101
6	100	100
7	100	100
8	100	100
9	100	100
10	100	101

Fonte: Elaborada pela autora, 2019

Não foram encontradas diferenças significativas que pudessem justificar a perda analisada no trabalho. Portanto, a hipótese foi classificada como falsa.

4.6 Falha no aparelho de leitura dos parâmetros de qualidade da barra

Para cada 10 barras de filtros pesadas no aparelho de medição, foi obtido um valor médio de 6,96 g de peso total, enquanto que o aparelho de medição indicou um valor médio de 6,955 g, como mostra a figura 24.

Figura 24 - Comparação entre os valores médios de peso total da barra da balança de precisão e do QTM



Fonte: Arquivo pessoal, 2019

Em todos os testes realizados para a validação dessa hipótese não houve divergência na leitura do aparelho de medição. Portanto, a hipótese foi classificada como falsa.

4.7 Perda de umidade do cabo de acetato durante a fabricação dos filtros

Na tabela 5 estão dispostos os resultados obtidos nos testes realizados em máquina e pelo fornecedor para comprovação dessa hipótese, logo após o processamento do cabo de acetato sem formação da barra de filtro.

Tabela 5 - Resultados de peso após processamento do cabo de acetato sem produção de barras de filtro

Teste	Peso de cabo de acetato inicial (g)	Peso de cabo acetato final (g)	Perda de umidade (%)
Máquina	2251,01	2194,60	2,50
Fornecedor	1077,20	1056,00	1,97

Fonte: Elaborado pela autora

Obteve-se um valor de 6,49% de umidade do fardo cabo de acetato antes de ser processado no equipamento, equivalente a 2.251,01 g em peso e 5,19% de umidade após ser processado na máquina, equivalente a 2.194,60 g em peso, ambos medidos em laboratório. Através da equação 2, foi possível calcular a perda de cabo de acetato no processo de fabricação de barras de filtro.

$$\%Loss = \frac{Initial\ Weight - Final\ Weight}{Initial\ Weight} = \frac{2.251,01 - 2.194,60}{2.251,01} = 2,5\% \quad (2)$$

Os resultados obtidos em teste pelo fornecedor da matéria-prima podem ser considerados equivalentes devido condições climáticas que foram executados terem sido diferentes das do teste em máquina na fábrica, que pode influenciar em variação no valor da umidade.

Os 2,5% de perda equivalem a quantidade de cabo acetato que é desperdiçado durante o processamento do mesmo para a produção dos filtros, exatamente equivalente a porcentagem de perda mencionada no início do trabalho, impacto esse que deu fruto ao estudo. Portanto, essa hipótese foi classificada como verdadeira.

4.8 Análise *Why-Why* para implementação de contramedida

A figura 25 mostra a análise *Why-Why* operada para a hipótese testada como verdadeira.

Figura 25 - Análise *Why-Why*

ANÁLISE WHY-WHY	
Efeito	Desperdício de cabo acetato acima do esperado em 2,5%
Why	Consumo real da matéria-prima maior que o teórico
Why	Perda de umidade no processo de fabricação
Why	Componentes do equipamento em alta temperatura e velocidade
AÇÕES TRATATIVAS PROPOSTAS	
1	Ajuste no valor da matéria-prima ofertada pelo fornecedor
2	Redução da quantidade de água no fardo de matéria-prima pelo fornecedor

Fonte: Elaborado pela autora

Foi comprovado que a perda de umidade do material dentro do equipamento de fabricação de filtros se deu devido à alta velocidade e temperatura dos componentes da máquina, que é inerente ao processo e, como o equipamento foi atestado em plenas condições básicas de funcionamento, a única tratativa possível para o problema era trabalhar em alterações na matéria-prima que pudessem diminuir o impacto de perda de umidade.

CONCLUSÃO

A metodologia utilizada se mostrou efetiva para investigação de causa raiz quando várias hipóteses diferentes podem resultar em um mesmo impacto e não se sabe, de fato, qual a verdadeira causa.

A partir do presente trabalho, foi comprovado que a perda de cabo de acetato no processo de produção de barras de filtros para cigarro se deu devido a perda de umidade da matéria-prima durante o processamento da mecha de cabo de acetato, antes mesmo da barra de filtro ser formada dentro do equipamento. A perda total de 2,5% comprovada pelo estudo via UPS, pode gerar uma *saving* anual de 3,75 milhões de reais para a companhia.

Entende-se que durante o processo, a perda de umidade do material em estudo causou uma redução de massa do mesmo e, conseqüente, um consumo real de cabo de acetato maior que o teórico para fabricar a mesma quantidade de barras de filtros, ou seja, a empresa estava comprando do fornecedor um fardo de matéria-prima com 2,5% a mais de água que o especificado.

Finalmente, é aconselhável que a companhia de cigarros negocie com o fornecedor um ajuste adequado de valor ou umidade do fardo de matéria-prima de maneira que o impacto no indicador de *Waste* da fábrica seja minimizado. Dessa maneira, o estudo desse trabalho foi encaminhado para o setor da empresa responsável pelos assuntos jurídicos e corporativos, LEX – *Legal and External Affairs*, visto que essa negociação envolve termos de contrato entre empresa e fornecedor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A EMPRESA - Líder e vencedora, a BAT Brasil contribui há mais de um século para o desenvolvimento do país. SOUZA CRUZ, 2018. Disponível em:

<http://www.souzacruz.com.br/group/sites/SOU_AG6LVH.nsf/vwPagesWebLive/DO9YABCW>. Acesso em: 26/01/2021

ALVES, B. V. 2016. **A influência da densidade do filtro de cigarros nos teores da fumaça**. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/151397/001010755.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 20/09/2020.

CRUZ, C. A. 2010. **Síntese e caracterização de partículas de acetato de celulose, a partir do caroço de manga, para a produção de matrizes de liberação controlada de drogas**.

Disponível em:

<<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/17326/1/Diss%20Alisson.pdf>>. Acesso em: 26/01/2021

MEIRELES, S. C.; RODRIGUES, F. G. 2010. **Caracterização de membranas assimétricas de acetato de celulose a partir de biomassa: Jornal e semente de manga**. Disponível em: <

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861710000226>> . Acesso em: 27/01/2021

REIS, R.; BARCELOS, A. M.; MACHADO M. M. 2017. **Implementação de metodologia de trabalho para zero perdas em indústrias do gênero alimentício**. Disponível em: <

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/151397/001010755.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 23/09/2020.

RUSTEMEYER, P. 1998. **Filter tow e acetato de celulose – o processo de produção da árvore ao consumidor**. Ed. Rhodia Acetow AG, maio 1998. Disponível em: <

<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.466.5762&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 27/01/2021