



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LAÍS BORGES DANTAS

**Análise da Metodologia de Tratativa de Não Conformidades Aplicada aos
Casos de Quebra do Equipamento Túnel de Secagem em uma Indústria
Alimentícia**

Recife
2025

LAÍS BORGES DANTAS

**Análise da Metodologia de Tratativa de Não Conformidades Aplicada aos
Casos de Quebra do Equipamento Túnel de Secagem em uma Indústria
Alimentícia**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador(a): Prof. Dr. Suzana de França Dantas Daher

Recife
2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Dantas, Laís Borges.

Análise da metodologia de tratativa de não conformidades aplicada aos casos de quebra do equipamento túnel de secagem em uma indústria alimentícia / Laís Borges Dantas. - Recife, 2025.

59 p. : il.

Orientador(a): Suzana de Franca Dantas Daher

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia de Produção - Bacharelado, 2025.

Inclui referências.

1. Não conformidade. 2. Análise da Árvore de Falhas. 3. FMEA. 4. Quebra. 5. Túnel de Secagem. 6. Indústria alimentícia. I. Daher, Suzana de Franca Dantas . (Orientação). II. Título.

670 CDD (22.ed.)

LAÍS BORGES DANTAS

Análise da Metodologia de Tratativa de Não Conformidades Aplicada aos Casos de Quebra do Equipamento Túnel de Secagem em uma Indústria Alimentícia

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em: 04/04/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Suzana de França Dantas Daher (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dra. Ana Paula Cabral Seixas Costa (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Rodrigo José Pires Ferreira (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, Lenimário e Fabrícia, e ao meu irmão, Breno, pelo apoio incondicional, por sempre me lembrarem de que minha felicidade é a prioridade e por acreditarem na minha capacidade, mesmo quando duvido dela.

Sou grata aos amigos que fiz ao longo da graduação, em especial Duda e Evellyn, pois juntos tornamos momentos difíceis mais leves e superáveis. Gostaria também de agradecer a Yan, que, ao longo dos quase dez anos de nossa amizade, nunca deixou de demonstrar o quanto acredita em mim.

Agradeço também à Enactus UFPE e à TGR Consultoria, por terem me proporcionado experiências valiosas que me transformaram como pessoa e como profissional, e permitiram que eu chegasse onde estou.

Deixo aqui minha gratidão aos colaboradores da manutenção, eficiência operacional e sistema de gestão integrado que fizeram parte deste estudo, colaborando com dados, informações e ideias que tornaram possível o desenvolvimento do trabalho.

Por fim, agradeço aos professores da universidade que participaram do desenvolvimento deste estudo, em especial à minha orientadora Suzana Daher, pela paciência, meticulosidade e palavras de encorajamento que me deram forças para finalizá-lo.

RESUMO

A tratativa de não conformidades é um requisito obrigatório para empresas que possuem ou desejam adquirir certificações em sistemas de gestão. Cada uma destas empresas desenvolve sua própria metodologia de investigação, porém todas possuem em comum o objetivo de eliminação de causas das não conformidades e melhoria contínua de seus processos. O presente estudo foi conduzido em uma indústria alimentícia multinacional, sendo o equipamento Túnel de Secagem o foco de análise deste trabalho. Este equipamento foi escolhido por estar presente em diversas linhas de produção de massas, apresentando reincidências de quebras, reforçando a percepção da ineficiência da metodologia RAC de tratativa de não conformidades adotada pela empresa. O estudo possui caráter diagnóstico e seu foco foi a análise crítica da metodologia RAC e proposição de melhorias que colaborassem para o alcance do objetivo de erradicação de não conformidades. Foi proposta a inclusão de novas ferramentas da qualidade como complemento às já existentes na metodologia RAC, como o diagrama de afinidades, assim como a substituição de ferramentas por outras que se adequem melhor à proposta, tais como a Análise da Árvore de Falhas (FTA) e o FMEA. Além disso, sugestões de inclusão de novas etapas, como análise do histórico de quebras do equipamento e análise de abrangência do plano de ação são discutidas. Como resultado, obteve-se uma metodologia alternativa que elimina as dificuldades identificadas no diagnóstico do RAC, e que, se aplicada, trará não só uma redução na ocorrência de quebras do equipamento Túnel de Secagem, mas também maior desempenho operacional das linhas de produção de massas.

Palavras-chave: Não conformidade; Análise da Árvore de Falhas; FMEA; Quebra; Túnel de Secagem; Indústria alimentícia.

ABSTRACT

Nonconformity management is a mandatory requirement for companies that have or want to obtain management system certification. Each one of these companies has its own investigation methodology, but they all share the common goal of eliminating causes and promoting continuous improvement. This study was carried out in a multinational food industry where the handling of nonconformities related to the breakdown of components of the Drying Tunnel equipment present in various pasta production lines, showed recurrence of nonconformities, demonstrating the inefficiency of the methodology RAC for handling nonconformities used by the company. The study was diagnostic in nature, focusing on the critical analysis of the methodology RAC used and on the proposal of improvements that will contribute to the achievement of the objective of eliminating nonconformities. The inclusion of new quality tools was proposed to complement the existing ones in the methodology RAC, such as the affinity diagram, as well as the replacement of tools with others better suited to the proposal, such as Fault Tree Analysis (FTA) and FMEA. In addition, suggestions were made to include steps such as analyzing the equipment failure history and assessing the scope of the action plan. As a result, an alternative methodology was developed that addresses the difficulties identified in the diagnosis. If implemented, it will lead not only to a reduction in the occurrence of breakdowns in the Drying Tunnel equipment but also to an improvement in the operational performance of the pasta production lines.

Keywords: Non-conformity; Fault Tree Analysis; FMEA; breakdown; Drying Tunnel; food industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – O Modelo WV para o TQM segundo Shiba.	18
Figura 2 – Ciclo PDCA.	21
Figura 3 – Diagrama de Causa e Efeito.	23
Figura 4 – Nível Hierárquico.....	27
Figura 5 – Fluxograma da metodologia de tratamento de não conformidades de quebra atual.	33
Figura 6 – RAC – Passo 1: Informações iniciais (Classificação).....	34
Figura 7 – RAC – Passo 1: Informações iniciais (Descrição da NC).....	34
Figura 8 – RAC – Passo 1: Informações iniciais (Ações de correção).	34
Figura 9 – RAC – Passo 2: Equipe da análise e análise de riscos.	35
Figura 10 – RAC - Passo 3: Brainstorming (Tempestade de ideias).....	35
Figura 11 – RAC – Passo 4: Análise dos 5 Porquês.....	36
Figura 12 – RAC – Passo 5: Plano de Ação.	36
Figura 13 – RAC – Passo 6: Eficácia.	37
Figura 14 – Gráfico de RACs por área responsável pela tratativa (2021 a 2024).....	38
Figura 15 – Gráfico de RACs da manutenção por origem (2021 a 2024).....	38
Figura 16 – Gráfico de RACs da manutenção classificados como não eficazes por origem (2021 a 2024).....	39
Figura 17 – Gráfico de Equipamento das linhas de produção de massas com maior ocorrência de quebra em 2024.....	40
Figura 18 – Túnel de Secagem de massas.	42
Figura 19 – Novo passo 3 – Brainstorming e análise de abrangência.....	47
Figura 20 – Fluxograma da metodologia de tratamento de não conformidades de quebra após aplicação das melhorias.	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FMEA	Análise de Modos de Efeitos e Falha
FTA	Análise da Árvore de Falha
NC	Não Conformidade
RAC	Relatório de Ação de Correção, Corretiva e Preventiva
TQC	Controle da Qualidade Total
TQM	Gestão da Qualidade Total

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA.....	12
1.2	OBJETIVOS.....	13
1.3	METODOLOGIA	13
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1	CONTROLE DA QUALIDADE E MELHORIA CONTÍNUA.....	16
2.2	NÃO CONFORMIDADE E AÇÃO CORRETIVA	18
2.3	FERRAMENTAS DA QUALIDADE	19
2.3.1	Método do Ciclo PDCA	20
2.3.2	Diagrama de Causa e Efeito e 5 Porquês	21
2.3.3	Brainstorming e Diagrama de Afinidades.....	23
2.3.4	Análise de Modos de Efeitos e Falha (FMEA).....	25
2.3.5	Análise da Árvore de Falhas (FTA).....	26
2.4	REVISÃO DA LITERATURA.....	28
2.5	RESUMO DO CAPÍTULO.....	31
3	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	32
3.1	DETALHAMENTO DA METODOLOGIA DE TRATATIVA DE NÃO CONFORMIDADES ADOTADA PELA EMPRESA	32
3.2	DIFICULDADES ENCONTRADAS NA METODOLOGIA VIGENTE	37
3.3	TÚNEL DE SECAGEM	41
3.4	RESUMO DO CAPÍTULO.....	43
4	ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS	44
4.1	AUSÊNCIA DE ANÁLISE DO HISTÓRICO DE QUEBRAS	44
4.2	LEVANTAMENTO DE CAUSAS POTENCIAIS SUPERFICIAL	45
4.3	AUSÊNCIA DE AÇÕES DE ABRANGÊNCIA.....	45

4.4	DIFICULDADES NA VISUALIZAÇÃO DA CAUSA RAIZ.....	47
4.5	DIFICULDADES NA ANÁLISE DE RISCO E IDENTIFICAÇÃO DE MEDIDAS DE CONTROLE.....	48
4.6	IMPACTOS ESPERADOS COM O RESULTADO DO ESTUDO.....	51
4.7	RESUMO DO CAPÍTULO.....	53
5	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

O processamento de alimentos é uma prática antiga, que foi iniciada na pré-história através da utilização do fogo para cozinhar o alimento, visando melhorar sua palatabilidade, digestibilidade e segurança. Ao longo do tempo, os processos de transformação dos alimentos foram desenvolvidos para alcançar outros objetivos, como por exemplo, acompanhar o crescimento da população e garantir que os alimentos pudessem percorrer distâncias maiores (HOBBSAWN, 2007).

Com o aumento da produção de alimentos processados, fatores como a qualidade e segurança do alimento tornaram-se desafios crescentes, sendo essas duas das principais preocupações do ramo alimentício. Fatores como falta de *know-how*, variações no processo e recursos de baixa qualidade podem causar falhas que impactam na qualidade do produto e podem gerar um alto custo para a organização. Estes desvios, no âmbito industrial, são comumente chamados de “não conformidades” (Mello e Carvalho, 2017).

A tratativa de não conformidades tornou-se não só um fator estratégico, mas também uma ferramenta de apoio à decisão, exercendo influência sobre a competitividade da organização (SILVA, 1997).

Um exemplo de não conformidade são as quebras de componentes de máquinas, o que resulta em paradas produtivas por indisponibilidade do sistema. Segundo Kardec *et al.* (2002, p. 23), a manutenção visa a garantia da disponibilidade dos equipamentos, de forma a gerar mínimo impacto ao processo produtivo. Tal objetivo é diretamente ameaçado quando a metodologia de investigação destes motivadores de paradas não alcança o objetivo desejado.

A empresa contemplada no presente estudo utiliza uma metodologia de tratativa de não conformidades chamada de “Relatório de ação de correção, corretiva e preventiva” ou RAC, baseada em múltiplas ferramentas da qualidade, que visa explorar os reais causadores do problema e desenvolver ações que mitiguem os mesmos, a fim de eliminar a possibilidade de reincidência da não conformidade gerada pela(s) causa(s) tratada(s). O desenvolvimento deste trabalho foi motivado pela observação de reincidências em volume significativo de não conformidades já tratadas, ocasionadas por um equipamento chamado Túnel de Secagem, que está presente em diversas linhas de produção de massas. Isso, então, indica uma ineficácia ligada ao método e/ou às ferramentas utilizadas na metodologia RAC.

Com os resultados deste trabalho, será possível ter clareza a respeito dos pontos fortes e fracos referentes ao método e a ferramenta utilizados no processo de tratativa de não

conformidades relacionadas a quebras de equipamentos da empresa em estudo, proporcionando assim *insights* e sugestões com potencial de melhoria da *performance* do processo.

1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

As indústrias, em sua maioria, buscam fortalecer o seu espaço em um mercado dinâmico e complexo, exigindo adaptação constante. A implantação de instrumentos tecnológicos e gerenciais que representem competitividade são uma necessidade, e os sistemas de gestão representam uma opção atrativa para o bom desempenho da organização (Maekawa, Carvalho e Oliveira, 2013).

A NBR ISO 9001:2015 possui como um de seus requisitos a Melhoria, que incumbe à organização buscar meios de identificar oportunidades de melhoria e implementá-las. Um dos meios de garantir a melhoria, segundo a NBR ISO 9001:2015, é reagir e avaliar não conformidades, determinando suas causas e estabelecendo as ações necessárias para impedir que o mesmo fenômeno se repita.

Outra vantagem de realizar a devida tratativa de não conformidades é a redução de perdas do processo, sejam elas ligadas ao tempo, material, custo, entre outros (Bertolino, 2010). Uma vez que o desvio ocorre e não é devidamente investigado e tratado, existe uma grande chance de que ele ocorra novamente, o que gera perdas recorrentes que poderiam ter sido evitadas. Por mais simples que sejam as ações de retorno às condições iniciais que permitem o retorno da conformidade do processo, a perda consequente já terá exercido seu impacto negativo.

No caso da empresa em estudo, que é certificada nas normas NBR ISO 9001:2015, NBR ISO 45001:2018, NBR ISO 14001:2015 e FSSC 22000, uma metodologia adequada de tratativa de não conformidades é extremamente necessária para que os desvios sejam propriamente estudados e controlados, a fim de evitar sua reincidência e garantir que a regulamentação esteja sendo cumprida.

Ainda que possua uma metodologia robusta já em prática, que compreende boa parte das análises e suas respectivas ferramentas de investigação para a devida avaliação das ocorrências, a empresa apresenta recorrentes reincidências de não conformidades previamente tratadas, em sua maioria concentradas na área da manutenção. A principal consequência

destas NCs é a parada na produção para correção imediata do problema, o que em termos financeiros gera perdas significativas para a empresa. Sendo assim, faz-se necessário o estudo dos fatores causadores da ineficácia destas tratativas, em especial nas não conformidades de quebra de equipamentos, a fim de desenvolver soluções que reduzam o impacto negativo causado por elas.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é sugerir melhorias à metodologia para tratativa de não conformidades, implementada em uma indústria de alimentos de grande porte, que se mostra ineficaz no alcance de seu objetivo de eliminar a reincidência de não conformidades.

Quanto aos objetivos específicos, foram delimitados os seguintes:

- Analisar criticamente a metodologia aplicada na empresa de fabricação de alimentos em estudo;
- Fazer um levantamento dos equipamentos com mais reincidências das não conformidades de quebra dentro da indústria analisada e escolher um deles para estudo mais aprofundado;
- Identificar as falhas na aplicação da metodologia RAC vigente para o equipamento analisado;
- Estruturar melhorias de ferramenta e de método a serem incorporadas ao modelo de tratativa de não conformidades atual, especificamente nos casos de quebra do equipamento escolhido para estudo.

1.3 METODOLOGIA

Quanto ao método científico, foi utilizado neste trabalho o método dedutivo que, segundo Gil (2008), parte do geral para o particular, e segue princípios considerados verídicos e indiscutíveis que permitem conclusões lógicas. Em outras palavras, o método dedutivo tem respaldo em premissas que, se consideradas verdadeiras, permitem a elaboração de conclusões incontestavelmente verdadeiras. Neste trabalho, serão utilizados conceitos gerais da análise e tratativa de não conformidades para avaliar sua aplicação específica na empresa em estudo.

Já se tratando do tipo de pesquisa, quanto à finalidade, é coerente classificá-la como aplicada, devido ao seu caráter voltado para o estudo de conhecimentos e metodologias de uma determinada empresa, onde todo o estudo será baseado. Segundo Gil (2008), a pesquisa aplicada tem como característica o interesse na utilização prática dos conhecimentos, tendo um ponto de vista mais circunstancial do que geral. A partir da análise do cenário atual, com foco nas formas com as quais a organização em estudo realiza a tratativa de suas não conformidades, serão alcançadas conclusões que trarão insights valiosos, além de sugestões de melhoria para a mesma.

Quanto à natureza, segundo Cauchick (2012), a pesquisa qualitativa tem como foco a obtenção de informações com ênfase na perspectiva do indivíduo, além da interpretação do ambiente em que o mesmo está inserido e onde a problemática ocorre. É possível observar que, para o estudo da aplicação de uma ferramenta específica a uma empresa, será necessário o foco na perspectiva dos colaboradores da organização, que descreverão, a partir de suas próprias experiências, a realidade que observam no seu dia-a-dia de trabalho. Será importante também a coleta de diferentes pontos de vista, uma vez que diferentes setores podem identificar pontos distintos de fraqueza na ferramenta. Portanto, este trabalho consiste em uma pesquisa de natureza qualitativa.

Quanto ao objetivo, esta pesquisa possui caráter explicativo, onde será feita a explicação da problemática a partir da coleta de informações através do estudo de caso. Segundo Gil (2008), a pesquisa explicativa tem como objetivo identificar fatores que possuam influência na ocorrência dos fenômenos, a fim de estabelecer relações de influência entre as variáveis. A fim de explicar a razão pela qual a ferramenta atual apresenta falhas em sua estrutura/aplicação, este trabalho utilizará o método explicativo para que seja feita a explicação do fenômeno e definida a relação entre as variáveis que constituem esta realidade.

Segundo Cauchick (2012), o estudo de caso é um método de pesquisa cuja análise se aprofunda em objetos específicos, com utilização de múltiplos instrumentos de coleta de dados e alto volume de interação entre o pesquisador e o objeto de estudo. Na pesquisa em questão, será feito um estudo de caso voltado para uma empresa multinacional do ramo alimentício, a fim de explorar seu processo de tratativa de não conformidades e identificar como o método aplicado a esta empresa em específico pode ser melhorado.

Por fim, segundo Lakatos e Marconi (2003), a documentação indireta implica o levantamento de dados através de variadas fontes, com o intuito de recolher informações prévias sobre o estudo. Para eles, dentro da documentação indireta, existem a pesquisa

documental (fontes primárias) e a pesquisa bibliográfica (fontes secundárias), sendo a primeira a forma a ser aplicada neste trabalho, que consistirá no estudo de documentos que descrevam a aplicação da ferramenta de estudo na organização. Ainda segundo Lakatos e Marconi (2003), a observação direta intensiva pode ser feita de duas formas: observação e entrevistas, sendo a segunda referente a encontros com o intuito de coletar dados de forma verbal, garantindo maior liberdade de expressão para o entrevistador e para o entrevistado. Neste trabalho, serão feitas entrevistas aos colaboradores que possuem certo grau de envolvimento com o processo em estudo, a fim de coletar diferentes pontos de vista acerca da aplicação da ferramenta a partir de pessoas que a utilizam.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho é composto por 5 capítulos. No capítulo 1, está a introdução ao tema abordado, sua justificativa e relevância, além de seus objetivos e a metodologia a ser implementada.

O capítulo 2 traz a base conceitual, que descreverá conceitos importantes a serem utilizados no desenvolvimento do trabalho, e revisão da literatura, que trará o estado da arte do tema abordado, contribuindo para o desenvolvimento desta pesquisa.

Já no capítulo 3, é detalhado o cenário atual e seus desafios que motivaram a realização do presente estudo, assim como a forma de coleta dos dados e informações referentes ao processo em estudo.

No capítulo 4, é feita a análise da metodologia atual e, a partir de seus outputs, são feitas sugestões de melhoria ao processo atualmente aplicado. Além disso, é feita uma simulação de aplicação prática da nova metodologia utilizando dados coletados e fictícios.

Por fim, no capítulo 5 estão descritas as conclusões acerca das informações coletadas nos capítulos anteriores, trazendo os pontos fortes e fracos da metodologia RAC, além das sugestões de melhoria elaboradas e ideias de futuras pesquisas complementares, tendo em vista as limitações do presente estudo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, apresenta-se a fundamentação teórica, estando detalhados os conceitos utilizados no desenvolvimento da pesquisa, e uma revisão da literatura, onde constam trabalhos previamente desenvolvidos sobre o tema, e que auxiliaram na elaboração deste estudo.

2.1 Controle da Qualidade e Melhoria Contínua

Qualidade, em termos de eficiência, representa o quão próximos estão o produto ou serviço de sua especificação. Nesta perspectiva, quanto mais conforme for o produto ou serviço em relação aos padrões para ele estabelecidos, maior qualidade será atribuída a ele. Quando o fator competitividade entra em consideração, a qualidade passa a ter uma nova definição que abrange, além da conformidade à especificação, o nível de adequação do produto ou serviço às necessidades do cliente (Maximiano, 2000).

Segundo Paladini (2012), a qualidade é um dos elementos fundamentais das organizações, sendo ela um fator crítico para a sobrevivência de um negócio. A evolução do conceito de qualidade ocorreu devido à crescente concorrência de mercado, fazendo surgir uma nova perspectiva da qualidade: a estratégica. Para ele, essa nova perspectiva introduziu um contexto amplo, de longo prazo, onde a qualidade é vista não de forma isolada, mas como parte que afeta a organização e é por ela influenciada.

A visão da qualidade como sendo um diferencial, segundo Paladini (2012), foi um avanço importante para diversas organizações, pois permitiu que suas aplicações tivessem um propósito mais claro e objetivo: fixar raízes à frente dos concorrentes.

Dentro de uma empresa, a aplicação de conceitos relacionados à gestão da qualidade podem assumir sete diferentes abordagens, chamadas de princípios da qualidade. Segundo Carpinetti (2010), a melhoria contínua requer uma análise da situação atual, visando o planejamento e implementação de melhorias. Para isso, os sete princípios da qualidade aplicados são: foco no cliente, visão sistêmica, decisão baseada em fatos, melhoria contínua, liderança, comprometimento e envolvimento e visão de processos.

A melhoria contínua é uma abordagem que defende a implementação de melhorias incrementais, ou seja, melhorias relativamente pequenas, mas que pouco a pouco fazem a

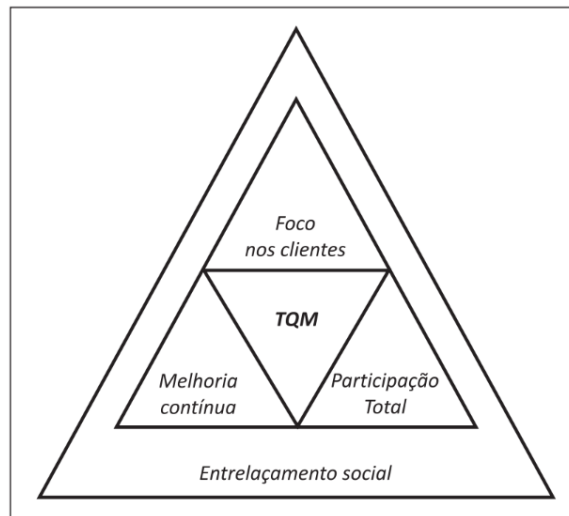
diferença no processo organizacional. O interesse da melhoria contínua, no entanto, não é a aplicação de melhorias pequenas, mas sim no impacto das mesmas sobre melhorias de maiores proporções. Em outras palavras, o que mais importa na melhoria contínua não é a taxa de melhoramento, mas sim o impulso causado pelo mesmo, sendo mais valorizada a frequência de aplicação de melhorias do que a dimensão das mesmas (Slack, Brandon-Jones e Johnson, 2018).

O envolvimento das pessoas na qualidade é uma peça fundamental. Segundo Johann (2013), “a cultura de uma organização pode ser considerada uma espécie de personalidade coletiva”, o que significa dizer que, para além das características pessoais dos colaboradores, os mesmos adotam características implementadas pela organização em sua forma de operar. Desta forma, para que seja estabelecida uma cultura da qualidade, é necessário que a organização estabeleça algumas características que sejam absorvidas e criem uma personalidade coletiva em prol da garantia da qualidade e da manutenção da melhoria contínua.

Para Carpinetti (2010), o comprometimento e envolvimento das pessoas com os objetivos da empresa são uma peça-chave para o alcance de uma boa gestão da qualidade. O autor diz ainda que o comprometimento e envolvimento dependem de vários fatores, como por exemplo motivação, capacitação e métodos de trabalho.

Para Carvalho e Paladini (2013), o TQM surgiu para aumentar a abrangência da qualidade, trazendo aspectos de gerenciamento operacional a um conceito antes limitado ao controle (TQC). Um dos modelos que busca representar o que constitui o TQM é o modelo de Shiba, representado pela Figura 1. Nele, são considerados quatro elementos fundamentais: Foco nos clientes, Participação Total, Melhoria Contínua e Entrelaçamento Social. Estes elementos trazem uma visão abrangente do processo, onde o envolvimento de fatores sociais é indispensável para o sucesso de um sistema de gerenciamento da qualidade.

Figura 1 - O Modelo WV para o TQM segundo Shiba.



Fonte: Carvalho e Paladini (2013)

Para além da ótica comportamental, a metodologia implementada também pode agir como um facilitador para a cultura da melhoria contínua e a boa gestão da qualidade. Para Carpinetti (2010), uma característica que se destaca no processo de melhoria contínua é a abordagem científica, que utiliza sequências lógicas de atividades para que se obtenha a tomada de decisão, baseando-se em informações completas e dados coletados. Ainda segundo Carpinetti (2010), várias técnicas que auxiliam no levantamento de problemas foram desenvolvidas a partir de conceitos da abordagem científica, estruturando análises de causa raiz e implementação de ações, além da avaliação de resultados.

2.2 Não conformidade e ação corretiva

De acordo com a NBR ISO 9000:2015 – Sistema de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário, uma não conformidade pode ser definida como o “não atendimento de um requisito”. Em outras palavras, a não conformidade é fruto de uma falha no processo que resultou em um output, seja ele qual for, não condizente com um ou mais requisitos.

Já no item 10.2 da NBR ISO 9001:2015, que traz os requisitos do Sistema de gestão da qualidade, é detalhado a forma como a empresa deve lidar com as não conformidades. Segundo ela, quando uma não conformidade é identificada, a organização deve responder a ela, tomando ações tanto de controle quanto de correção, ao mesmo tempo em que lida com as consequências geradas pela NC. Além disso, é dever da organização analisar criticamente a

não conformidade, a fim de definir a necessidade de ações que eliminem os causadores da NC, para que a mesma não ocorra novamente.

Além disso, a NBR ISO 9001:2015 propõe a análise de abrangência, que consiste em determinar se não conformidades similares existem em outros pontos do processo, e a análise da eficácia das ações tomadas, a fim de determinar se o que foi executado alcançou o objetivo esperado, ou se a tomada de novas ações é necessária. Este é um passo importante do controle e revisão de progresso, que permite às organizações identificar pontos de melhoria que elevarão a maturidade e robustez do sistema.

A NBR ISO 9001:2015 propõe requisitos que, se colocados em prática corretamente, auxiliam na redução de não conformidades e desperdícios. No entanto, a implementação eficiente e eficaz destes requisitos depende de diversos fatores, como uma cultura organizacional que valoriza e difunde os princípios da qualidade através de suas lideranças, por exemplo. É necessário criar as condições ideais e oferecer o suporte necessário para que haja o comprometimento de todos na manutenção do sistema de gestão da qualidade (Carpinetti, 2010).

Outra importante definição, trazida pela ISO 9000 (ABNT, 2015), é a de ação corretiva, que corresponde a uma ação que visa eliminar a causa da não conformidade e prevenir reincidência. Um plano de ação sem ações corretivas pode retomar as condições originais do processo, mas não terá influência sob o risco de reincidência da não conformidade.

Vale ressaltar que os requisitos da NBR ISO 9001:2015 discorrem sobre o que deve ser implementado, deixando em aberto a forma como coloca-los em prática. Isso faz com que a norma se torne aplicável a qualquer tipo de organização (Carpinetti, 2010), ao mesmo tempo em que dá espaço para que as organizações desenvolvam metodologias inicialmente débeis, e que necessitem de constante análise e melhoria.

2.3 Ferramentas da Qualidade

Segundo Paladini (2013), as ferramentas da qualidade são um meio de viabilizar a prática dos conceitos mais abstratos da qualidade, tornando possível a aplicação de seus princípios a fim de trazer facilidade no uso e difusão destes conceitos. Em outras palavras, as ferramentas da qualidade surgiram com o objetivo de popularizar e viabilizar a aplicação dos conceitos e princípios da qualidade nos mais diversos cenários.

Nesta seção serão trazidas noções básicas referentes ao método-base das ferramentas da qualidade e as ferramentas da qualidade pertinentes ao entendimento deste estudo.

2.3.1 Método do Ciclo PDCA

O Ciclo PDCA, segundo Slack, Brandon-Jones e Johnson (2018), consiste em uma aplicação interminável que, por esta característica, configura-se como uma abordagem de melhoramento, ou seja, uma aplicação cujo objetivo é proporcionar pequenas melhorias de forma constante.

O PDCA representa uma “lógica de operação” devido à sua abrangência, e dita a estrutura básica das ferramentas da qualidade, com uma sequência estabelecida de etapas planejadas. As etapas do método são: *Plan* (planejamento), *Do* (execução), *Check* (controle) e *Act* (ação). Por constituir um ciclo, a proposta do método é que, na etapa de ação, possam ser identificadas potenciais melhorias, que serão devidamente avaliadas quando o ciclo for reiniciado na fase de planejamento (Paladini, 2013).

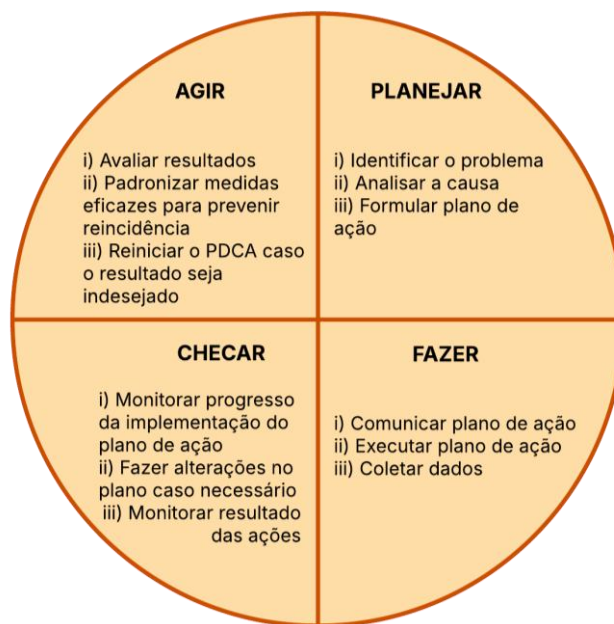
Para Slack, Brandon-Jones e Johnson (2018), as etapas do PDCA podem ser descritas da seguinte forma:

- Planejamento: Nesta etapa, é feita a análise do cenário atual que envolve o problema a ser tratado. Aqui, são coletados dados relevantes ao estudo e, a partir disso, um plano de ação é estabelecido.
- Execução: Aqui, é feita a implementação do plano de ação construído na etapa anterior, e consiste na etapa operacional, onde são testadas as estratégias de tratativa pensadas durante o planejamento.
- Controle/Checagem: Após a implementação da solução, seus resultados são avaliados para a constatação da eficácia do plano de ação. Também é verificado se a melhoria de desempenho esperada foi alcançada.
- Ação: Nesta etapa do ciclo, é feita a consolidação da mudança, caso ela tenha sido classificada como bem-sucedida na etapa anterior. Caso o plano de ação seja declarado como não eficaz na etapa de checagem, a etapa de ação consistirá na determinação das lições aprendidas para que o ciclo seja iniciado novamente.

Segundo Carpinetti (2010), o PDCA e sua versão mais detalhada, o MASP, são métodos que implementam o conceito de melhoria contínua, através de um processo decisório sistemático que se baseia em dados completos fundamentados por evidências.

Para Juran e Goldfrey (1999), a aplicação do Ciclo PDCA (Figura 2) leva ao alcance dos resultados esperados, e garante que o processo sofrerá uma melhoria crescente, que levará a ao fortalecimento da estrutura organizacional.

Figura 2 – Ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de Juran e Goldfrey, 1999

2.3.2 Diagrama de Causa e Efeito e 5 Porquês

O Diagrama de Causa e Efeito, ou Diagrama de Ishikawa, foi desenvolvido com o objetivo de identificar as causas raízes de um problema, ou seja, identificar as causas que podem ser tratadas através de ações e que, se eliminadas, garantem a não reincidência do problema através daquela causa (Summers, 2006).

O Diagrama de Causa e Efeito, que representa as relações entre um problema e suas potenciais causas, serve de guia para a identificação da causa-raiz, ou causa fundamental, que deve ser tratada. A construção do diagrama deve envolver uma equipe multidisciplinar, que tenha envolvimento com o problema a ser analisado, para que a ferramenta se torne uma

construção abrangente. A técnica do *Brainstorming* é comumente utilizada no desenvolvimento do diagrama, pois auxilia no aumento da quantidade de ideias de forma rápida e eficiente (Carpinetti, 2010).

Segundo Paladini (2013), o diagrama possui uma lógica simples, que evidencia causas e seus respectivos efeitos, e visa não só identificar problemas, mas também suas soluções. Em geral, a ferramenta serve de suporte para a tomada de decisão baseada no tipo de efeito evidenciado: caso o efeito seja positivo, as ações tomadas visarão manter a causa, e caso o efeito seja negativo, as ações visarão eliminar a causa.

Na forma mais genérica do diagrama, as causas são classificadas entre quatro categorias: método, máquina, material e homem (Carpinetti, 2010). Em seu formato mais completo, são consideradas seis classificações, sendo este o método conhecido como 6M. As classificações do 6M são: Método, Medição, Mão-de-obra, Máquina, Meio Ambiente e Material. Cada uma destas classificações trás um diferente ponto de vista para a análise de causas e enriquece a investigação (Summers, 2006).

Para a construção do diagrama, segundo Summers (2006), as seguintes etapas devem ser seguidas:

- Identificar o problema ou seu efeito de forma clara. Ele deve ser escrito de forma simplificada na extrema direita do diagrama (Figura 3).
- Identificadas as causas do problema através de discussões, guiadas através do foco em uma área de cada vez, até que sejam consideradas todas as classificações (aqui normalmente é utilizado o *Brainstorming* e o método 6M de classificação). Após o levantamento e classificação das causas iniciais, são levantadas as causas secundárias que levarão à determinação da causa-raiz (aqui normalmente utiliza-se o método dos 5 porquês).
- Construir o diagrama, organizando a relação entre as causas e suas classificações de forma visual.
- Analisar o diagrama, a fim de identificar possíveis soluções para as causas raízes encontradas. Aqui, também costumam ser tomadas decisões referentes à capacidade de execução das ações, levando em consideração fatores como conhecimento técnico, custo envolvido, etc.

Figura 3 – Diagrama de Causa e Efeito



Fonte: Esta pesquisa (2025)

Os 5 porquês é uma técnica de organização de ideias que mostra a cadeia de sintomas que levaram à causa raiz do problema. Esta técnica é muito utilizada em conjunto com o Diagrama de Causa e Efeito, sendo aplicada para cada causa inicial levantada. Após o levantamento das causas iniciais, é feito o questionamento do “**porquê**” de cada causa ter ocorrido em média **cinco vezes**, a fim de serem removidos os sintomas do problema, tornando a causa real perceptível (Summers, 2006).

Para Summers (2006), o objetivo principal é que, ao fim da aplicação da técnica, seja possível definir de forma clara e assertiva o problema real a ser investigado. Segundo Ohno (1997), esta técnica, abordagem científica utilizada no sistema Toyota de produção, busca colocar em evidência a causa raiz de um problema, mascarada por causas superficiais que, se tratadas, não resolverão permanentemente o problema. A repetição do por quê cinco vezes permite a elaboração de um plano de ação focado, evitando assim reincidências.

2.3.3 Brainstorming e Diagrama de Afinidades

O *Brainstorming* consiste em uma técnica de resolução de problemas baseada no levantamento de ideias, designada para uma aplicação em grupo (Bolsonello *et al.*, 2023). Segundo Osborn (1987), a técnica tem como princípios fundamentais o foco na quantidade, a liberdade de ideias, entre outros, ou seja, proporcionar um ambiente seguro para que não haja

barreiras que limitem a criação de ideias é essencial para que o *brainstorming* cumpra com sua funcionalidade.

A técnica consiste na interação verbal entre a equipe, onde cada pessoa deve ter sua vez de expressar suas ideias de solução de problemas sem que haja críticas ao que foi dito. Quando um número satisfatório de ideias for gerado, ou quando os participantes não conseguirem mais gerar novas ideias, a aplicação é finalizada e as sugestões são avaliadas (Maximiano, 2000).

Esta técnica é amplamente utilizada por organizações com o objetivo de gerir o conhecimento e gerar ideias que fogem do óbvio, ampliando o potencial de inovação (Young, 2020). Para Dellareti (1996), o sucesso da aplicação da ferramenta depende de sua condução, que exige uma clara apresentação das regras, esquecimento de críticas, apresentação clara do problema, geração espontânea de ideias e o registro das mesmas.

O Diagrama de Afinidades é uma ferramenta da qualidade que visa organizar informações qualitativas e permite a visualização hierárquica de ideias, sejam elas de origem interna (geradas através de um *brainstorming*) ou externa (geradas através de dados obtidos pela equipe). Uma vez que todas as ideias são levantadas, é possível organizá-las em grupos e, então, decidir quais devem ser exploradas inicialmente e quais necessitam de mais coleta de dados (Cohen, 1995).

Segundo ReVelle *et al.* (1998), o Diagrama de Afinidades é utilizado por um grupo de pessoas para auxiliar na organização de grandes volumes de informação em categorias similares, a fim de estabelecer uma estrutura. O diagrama pode comportar-se como um “mapa geográfico”, permitindo o agrupamento a fim de facilitar a compreensão e tornar clara a relação entre os fatores levantados (Dellareti, 1996).

Para Cohen (1995), a aplicação da ferramenta deve ser gerenciada da seguinte maneira: inicialmente, as ideias geradas através do *brainstorming* devem ser dispostas de forma que todos da equipe consigam visualizá-las, enquanto cada membro da equipe explica a ideia que escreveu, para que se garanta o entendimento do time. Esta etapa pode ajudar a equipe a identificar ideias iguais que podem ser unificadas. A partir disso, a equipe as reorganiza para formar *clusters* (ou grupos) de forma intuitiva, que serão posteriormente nomeados.

De acordo com He *et al.* (1996) e Anjard (1995), o diagrama é considerado uma ferramenta de *Brainstorming* e consiste em coletar grandes quantidades de dados e organizá-las em grupos baseando-se na relação entre os itens levantados, e envolve grande capacidade criativa e lógica. As categorias de um diagrama de afinidades só são determinadas após a

geração e agrupamento das ideias que possuem certo grau de afinidade entre si. Esta ferramenta permite também que ideias semelhantes sejam combinadas, evitando assim repetições e redundâncias (Dellareti, 1996). Para obter mais informações referentes ao tema, consultar material dos autores.

2.3.4 Análise de Modos de Efeitos e Falha (FMEA)

Segundo McDermott, Mikulak e Beauregard (2017), FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) é um método sistemático cujo objetivo é a detecção e prevenção de problemas antes que seja relatada a sua ocorrência. Seu foco é na prevenção de modos de falha, reduzindo assim o custo de correção, que é substancialmente maior após a ocorrência da não conformidade.

É importante que a construção do FMEA seja baseada em dados confiáveis, para que o foco da equipe não seja posicionado nos modos de falha de menor criticidade, e sejam perdidas oportunidades de melhoria dos pontos mais críticos (McDermott, Mikulak e Beauregard, 2017).

Ainda segundo McDermott, Mikulak e Beauregard (2017), ao listar os possíveis modos de falha no FMEA, devem ser consideradas, além dos problemas com o equipamento ou componente, falhas causadas por mau uso do operador. Além de identificar os modos de falha, a ferramenta também permite a exploração dos efeitos e riscos envolvidos, e sua probabilidade de ocorrência, o que a torna uma ferramenta extremamente robusta.

Para Fernandes e Rebelato (2006), as etapas do FMEA são as seguintes:

- Identificação dos modos de falha tanto conhecidos como potenciais;
- Identificação dos efeitos dos modos de falha e determinação de suas respectivas severidades;
- Identificação das possíveis causas para cada modo de falha e determinação de sua probabilidade de ocorrência;
- Identificação das formas de detecção dos modos de falha e, de acordo com a facilidade de detecção, sua probabilidade de ser percebido;
- Cálculo e avaliação do risco de cada modo de falha e estabelecimento de ações que erradiquem ou reduzam sua ocorrência.

Para cada modo de falha, é feito o cálculo do número de prioridade de risco (RPN, *Risk Priority Number* em inglês) através da multiplicação dos valores de severidade, ocorrência e detecção, determinados pela equipe avaliadora. O RPN, que varia de 1 (um) a 1000 (mil), determina o *rank* de prioridade de medidas corretivas. Os modos de falha com maior RPN possuem maior prioridade e, portanto, devem ser tratados primeiro (McDermott, Mikulak e Beauregard, 2017).

Para a definição do valor da severidade para cada modo de falha, é considerado o nível de seriedade dos efeitos do modo de falha caso ele venha a ocorrer. Já para a definição do valor da ocorrência, é recomendável que sejam utilizados dados históricos do equipamento, que indicarão com que frequência o modo de falha costuma ocorrer. A partir desta informação, é possível que a equipe de análise entre em consenso quanto ao valor atribuído ao modo de falha. Por fim, para a definição da detecção, é avaliada a chance de que o modo de falha ou seus efeitos sejam percebidos ou detectados pela operação (McDermott, Mikulak e Beauregard, 2017).

Ainda segundo McDermott, Mikulak e Beauregard (2017), após a determinação do RPN dos modos de falha identificados, deve ser feito um plano de ação que busque de preferência eliminá-los por completo. Em casos onde o modo de falha não pode ser eliminado, existe a possibilidade de ações que visem aumentar a chance de detecção ou diminuir a severidade e ocorrência dos modos de falha e seus efeitos. Para obter mais informações referentes ao tema, consultar material dos autores.

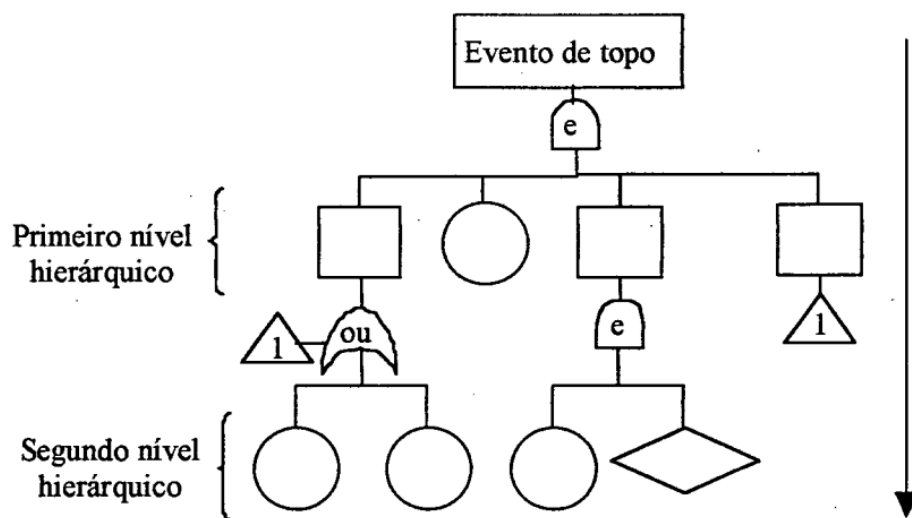
Para Stamatis (1995), o FMEA tem diversos benefícios de aplicação, como facilitar a identificação de características críticas e significativas, a identificação e prevenção de falhas e a criação de fóruns de prevenção de falhas através da coleta de dados. No entanto, a ferramenta só será bem sucedida em uma empresa se a necessidade de melhoria contínua estiver enraizada na cultura organizacional.

2.3.5 Análise da Árvore de Falhas (FTA)

A Análise da Árvore de Falhas (FTA, *Fault Tree Analysis* em inglês) é uma técnica dedutiva que investiga as possíveis causas de falhas pré-identificadas no sistema. Estas falhas, chamadas de “evento topo”, podem ser causadas por problemas de equipamento, erro humano ou influência externa (Contini, 1995).

O método foi criado com o intuito de avaliar qualitativamente o processo de falha de um sistema complexo e suas consequências, mas também pode ser utilizado para análises quantitativas. Nele, o evento topo é analisado e uma árvore composta de diversas combinações de falhas que o geraram é construída (Figura 4). O evento topo é destrinchado até que os efeitos de falha dos componentes básicos do sistema possam ser identificados (Billinton e Allan, 1992).

Figura 4 – Nível Hierárquico



Fonte: Sakurada, 2001

A árvore de falhas possui símbolos, chamados de portas lógicas, que indicam a relação entre os eventos. As portas lógicas “E” e “OU” determinam se o evento topo pode ser resultante de uma combinação de eventos básicos ou não (Sakurada, 2001).

Segundo Billinton e Allan (1992), existem duas formas de calcular a probabilidade de ocorrência do evento topo na árvore de falhas. A primeira delas combina os eventos básicos utilizando álgebra booleana, enquanto a segunda consiste em uma abordagem numérica que combina as probabilidades dos eventos básicos. A diferença principal entre as abordagens é que a primeira representa um cálculo “*top-down*”, enquanto a segunda inicia-se dos eventos básicos, tornando o cálculo mais simplificado em casos mais complexos.

Segundo Sakurada (2001), o diferencial do método é que ele serve tanto como facilitador da análise de confiabilidade quanto relacionar a causa e efeito dos eventos, proporcionando

um maior entendimento do sistema e seus modos de falha. Para obter mais informações referentes ao tema, consultar material dos autores.

2.4 Revisão da Literatura

Existem vários trabalhos voltados à temática de identificação e redução de não conformidades (NC). Contudo, poucos destes estudos apresentam discussões acerca dos sistemas de tratativa de NCs e, em sua maioria, serem referentes apenas a NCs identificadas no produto final, não contemplando NCs de processo. Neste tópico, estão dispostos alguns dos desenvolvimentos referentes ao tema em estudo, que constituem a base deste trabalho.

Donauter, Peças e Azevedo (2015) apresentam uma metodologia de identificação da origem de não conformidades ligadas a máquinas de um processo produtivo composto por vários estágios. Uma vez que a máquina originária da não conformidade é identificada, é possível investigar as causas-raízes da NC de forma mais assertiva e eficiente. A identificação da máquina é feita através da mineração de dados que, a partir de inputs fornecidos pelo sistema e por colaboradores, identifica onde existe maior concentração de NCs ao longo do processo produtivo. Este estudo limita-se à rastreabilidade da origem de não conformidades ligadas ao produto final, e não explora a tratativa da não conformidade, apenas a sua identificação.

Ravoy e Parment (2021), por sua vez, trazem uma perspectiva voltada para a priorização de não conformidades, não adentrando em questões como atribuição de responsabilidade e tratativa de NCs. Sua proposta foi um conceito prático de priorização de NCs, utilizando uma ferramenta baseada em dados, cuja definição de prioridade baseia-se em três critérios: custo (quanto custará a resolução da NC?), repetibilidade (quantas vezes por mês a NC aconteceu?) e duração (quanto tempo até NC ser resolvida?), baseando-se na ferramenta FMEA. Como resultado de uma aplicação piloto, foi alcançado o objetivo de classificar apenas por volta de 20% das NCs como prioridade alta, porém o artigo não discorre sobre a aplicabilidade do resultado.

Deswandri et al.(2023) propôs em seu artigo a integração das ferramentas HAZOP, FTA e FMEA para identificação, análise de causa raiz, análise de risco e tratativa de modos de falha de Reatores de Água Pressurizada Integral, utilizados em sistemas de refrigeração. Segundo os autores, a integração das três ferramentas traz a vantagem de eficiência na análise

e equilíbrio entre as forças e fraquezas de cada ferramenta. Através da identificação das consequências pelo HAZOP, as mesmas se tornam os eventos de topo da Árvore de Falhas, que são destrinchados até que os potenciais modos de falha sejam identificados. Em seguida, é feita a análise de risco a partir do cálculo do RPN e um plano de ação é recomendado. A aplicação das ferramentas em conjunto mostrou-se vantajosa, gerando uma análise abrangente, porém insustentável, em casos onde o acompanhamento do equipamento é constante, devido à ausência de uma metodologia de gerenciamento do plano de ação proposto.

Renosori, Oemar e Fauziah (2023), à frente do problema de aumento no registro de falhas do indutor toroidal fabricado por uma empresa específica, propôs a aplicação conjunta das ferramentas FMEA e FTA com o objetivo de fornecer uma análise robusta dos modos de falha que proporcione a redução das ocorrências de quebra do componente. Após a utilização do Diagrama de Pareto para definição das falhas dominantes, as mesmas são destrinchadas através da Árvore de Falhas e, em seguida, as causas raízes encontradas são ranqueadas e sua prioridade é determinada. Apesar de ser uma aplicação robusta, a mesma possui limitações quando não são inclusas metodologias para resolução dos problemas levantados, tornando-a assim passível de complicações a longo prazo.

Ziv e Parmet (2021) propuseram uma ferramenta baseada em machine learning para a definição de responsáveis pela tratativa de não conformidades que, de acordo com os autores, é uma atividade que exige tempo e outros recursos, quando poderia ser automatizada, mesmo que parcialmente. A ferramenta, chamada SANC (*Semi-automated NC*), utiliza dados existentes como informações sobre onde a NC foi observada, que elemento ou componente apresentou a falha, quantas vezes a NC ocorreu e qual é o fornecedor envolvido, para determinar para qual setor da empresa a responsabilidade pela tratativa da não conformidade deve ser alocada. A alocação assertiva de responsáveis é determinante para a correta tratativa da NC, e reduz a probabilidade de reincidência da não conformidade.

Kharub (2020) traz em sua pesquisa uma abordagem concentrada na avaliação e controle de risco referente a não conformidades presentes na produção de remédios. Para ele, a análise do risco e elaboração de medidas de controle é fundamental para a garantia da qualidade do produto, que, assim como o alimento, é uma commodity que exige atenção especial, pois apresenta risco à segurança do consumidor. Para a tratativa das não conformidades, o autor propõe a integração de dois frameworks: análise de perigos e pontos críticos de controle e controle estatístico de processo. A análise superficial da necessidade de ações de controle e

prevenção de risco pode tornar a não conformidade recorrente, sendo um dos pontos fundamentais para a garantia da eficácia do processo de tratativa de NCs.

Tudoran, Marin e Condrea (2020), através de seu estudo, destacam a importância e o papel do que chamam de “correções” e “ações corretivas” no processo de melhoria contínua de uma organização. No artigo, são descritas não conformidades encontradas através de auditorias em quatro diferentes empresas do ramo alimentício, e, para cada NC pontuada, correções e ações corretivas foram propostas. Correções possuem o objetivo de recuperar as condições normais do processo, enquanto ações corretivas possuem um propósito a longo prazo que visa a eliminação do risco de reincidência da mesma NC. Apesar de abordar um tema alinhado com esta pesquisa, o artigo aborda ações corretivas de forma superficial, trazendo sugestões de ações sem um estudo prévio das causas das NCs e sem a aplicação de qualquer ferramenta de apoio.

He *et al.* (2023) traz a Árvore de Falhas como ferramenta de diagnóstico de falhas de pós-combustores de motores aeronáuticos, equipamentos que, devido ao seu uso em ambientes de altas temperaturas e pressurização, possuem restrições quanto à coleta de dados através de sensores. Através da aplicação, foi possível identificar os componentes que geram a maior quantidade de falhas. Porém, fica clara a ausência de uma análise mais aprofundada dos riscos associados a este componente, além das ações de controle que podem ou não existir para tratar falhas previamente identificadas. Apenas a aplicação do FTA mostra-se insuficiente quando o objetivo é um diagnóstico e plano de ação abrangente.

Liu *et al.* (2021) propõe também a utilização do FMEA em conjunto com o FTA para análise de falhas de sensores FBG envoltos em plástico reforçado com fibra de carbono, utilizados em testes de pás de turbinas eólicas. Neste artigo, a Árvore de Falhas é aplicada apenas aos três modos de falha com maior RPN, definidos através da aplicação do FMEA. Esta é uma abordagem diferente dos demais trabalhos, visto que enquanto o objetivo da aplicação do FTA antes do FMEA é definir os eventos básicos que sofrerão análise de risco, a aplicação contrária visa apenas atacar aqueles modos de falha com maior risco. Apesar de contra intuitiva, esta abordagem traz resultados mais direcionados e objetivos.

Apesar de existirem diversos trabalhos que abordam o tema de tratativa de não conformidades e, mais especificamente, investigação de modos de falha utilizando ferramentas de auxílio, estes trabalhos abordam prioritariamente as questões relacionadas à melhoria de indicadores internos da manutenção, como o MTBF e o MTTR. Não foram encontrados trabalhos acadêmicos que abordam o problema da reincidência de não

conformidade sob o ponto de vista das normas regulamentadoras dos sistemas de gestão, em especial a ISO 9001:2015. Desta forma, este trabalho busca suprir essa lacuna na literatura, conduzindo um estudo baseado na perspectiva da norma técnica, utilizando dados de um equipamento que apresenta reiteradamente falhas, apesar da fábrica adotar uma metodologia para tratamento de não conformidades.

2.5 Resumo do capítulo

Neste capítulo, foram dispostos os conceitos referentes ao controle de qualidade e melhoria contínua, que constituem os princípios do processo de tratativa de não conformidades. Além disso, foi disposta a definição de não conformidade a partir da norma NBR ISO 9001:2015, que traz também os requisitos de como as não conformidades devem ser administradas dentro das organizações. Foram também descritas as ferramentas da qualidade relevantes a este estudo, são elas o Ciclo PDCA, Diagrama de Causa e Efeito, 5 Porquês, Brainstorming, Diagrama de Afinidades, FMEA e Análise da Árvore de Falhas. Por fim, foi realizada a revisão da literatura, onde constatou-se que não foram encontrados estudos semelhantes que tratassem do problema em questão.

No próximo capítulo, será apresentada a contextualização do problema, onde será descrito o cenário atual da organização em estudo com detalhamento da metodologia vigente, e em seguida será apresentada a linha de análise que levou à escolha do equipamento Túnel de Secagem para o desenvolvimento do presente trabalho.

3 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Este capítulo discorre sobre o cenário atual em que a empresa em estudo se encontra, com o detalhamento da metodologia de tratativa de não conformidades utilizada e as principais dificuldades encontradas com sua aplicação, além de uma breve descrição do equipamento selecionado para o desenvolvimento deste estudo.

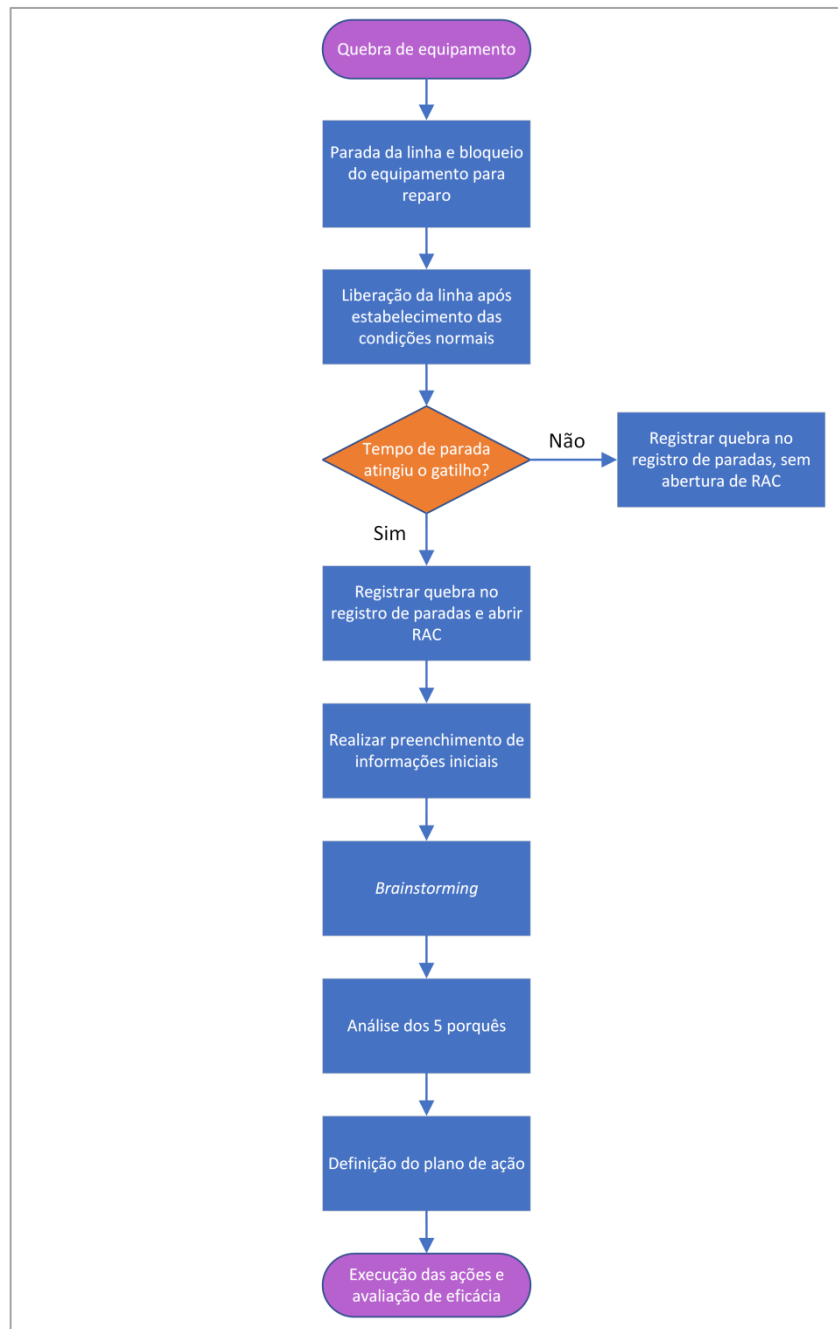
A empresa estudo de caso é uma multinacional do setor alimentício, tendo como principais produtos massas e biscoitos, com sede no estado do Ceará e diversas unidades espalhadas pelo Brasil e outros países. Cada unidade tem suas próprias certificações, sendo a unidade de Jaboatão dos Guararapes/PE, na qual o estudo foi conduzido, a que possui a maior quantidade de certificações, entre elas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001, além do esquema FSSC 22000.

3.1 Detalhamento da metodologia de tratativa de não conformidades adotada pela empresa

Uma exigência comum a todos os sistemas de gestão no qual a empresa em estudo é certificada é a tratativa de não conformidades, que, quando cabível, devem ser devidamente controladas, corrigidas, investigadas e tratadas para que não haja reincidências provenientes das mesmas causas (NBR ISO 9001:2015). Partindo deste requisito, que é verificado constantemente em auditorias internas e externas, a unidade, em 2021, passou a utilizar uma metodologia de tratativa de não conformidades desenvolvida internamente de forma corporativa, denominada **Relatório de Ação de Correção, Corretiva e Preventiva (RAC)**.

Na Figura 5 é mostrado o fluxograma com as etapas do procedimento atual adotado para os casos de quebra de equipamentos, incluindo as etapas referentes à metodologia RAC.

Figura 5 – Fluxograma da metodologia de tratamento de não conformidades de quebra atual



Fonte: Esta pesquisa (2025)

A metodologia atualmente adotada pela empresa estudo de caso é baseada no ciclo PDCA e consiste em uma combinação de diversas ferramentas da qualidade, que permitem a discussão da ocorrência, levantamento de possíveis causas, análise de causa-raiz, análise de risco e estruturação de planos de ação que eliminem a(s) causa(s) identificada(s). Esta metodologia é baseada numa sequência de 6 passos, assim descritos:

Passo 1: Informações iniciais

Primeiramente, é feito o detalhamento da não conformidade, de modo a garantir que mesmo pessoas não familiarizadas com a ocorrência sejam capazes de compreender os fatores cruciais para a análise. Especificamente para RACs de quebra, há uma série de campos que precisam ser preenchidos pelo colaborador. O primeiro é apresentado na Figura 6 com o detalhamento de local e horário da ocorrência, É preciso também descrever o problema, tanto de forma resumida quanto detalhada (Figura 7). Ainda nas informações iniciais, deve-se descrever quais as ações de correção ou ações de controle que são executadas para reestabelecer a condição original do sistema e permitir que o processo volte a funcionar em sua normalidade. Estas ações são imediatas e apenas remediam os sintomas do problema (Figura 8).

Figura 6 – RAC – Passo 1: Informações iniciais (Classificação)

QUEBRA	
Linha: _____	Dt. Ocorrência: _____
Conjunto: _____	Hora Quebra: _____
Sub-conjunto: _____	Hora Intervenção: _____
Componente: _____	Hora Start up: _____

Fonte: Relatório de Ação de Correção, Corretiva e Preventiva – RAC

Figura 7 – RAC – Passo 1: Informações iniciais (Descrição da NC)

Descrever a não conformidade de forma resumida (objeto seguido do defeito ocorrido)	
Descrever a não conformidade de forma objetiva (Área: detalhamento de onde a não conformidade foi encontrada, requisito normativo ou legal (se houver)/ Data da ocorrência/ Parte da máquina/ Processo/ Caso tenha algum custo envolvido citar neste campo)	
Norma:	Requisito:

Fonte: Relatório de Ação de Correção, Corretiva e Preventiva – RAC

Figura 8 – RAC – Passo 1: Informações iniciais (Ações de correção)

O que aconteceu antes?
Descrição das ações tomadas para restabelecimento das condições. Ação de correção (ADC). (Incluir no PASSO 5: Plano de Ação, para acompanhamento)
OM(ORDEM DE MANUTENÇÃO):

Fonte: Relatório de Ação de Correção, Corretiva e Preventiva – RAC

suficiente para encerrar a tratativa com propriedade. Caso o RAC seja encerrado como não eficaz, um novo relatório deve ser cadastrado para que a não conformidade seja tratada novamente (Figura 13).

Figura 13 – RAC – Passo 6: Eficácia

PASSO 6: Eficácia - Foi eficaz?	Conclusão da verificação da eficácia:	Encerrado por:	PASSO 7: Novo RAC gerado
☐ SIM ☐ NÃO		Data:	Nº _____

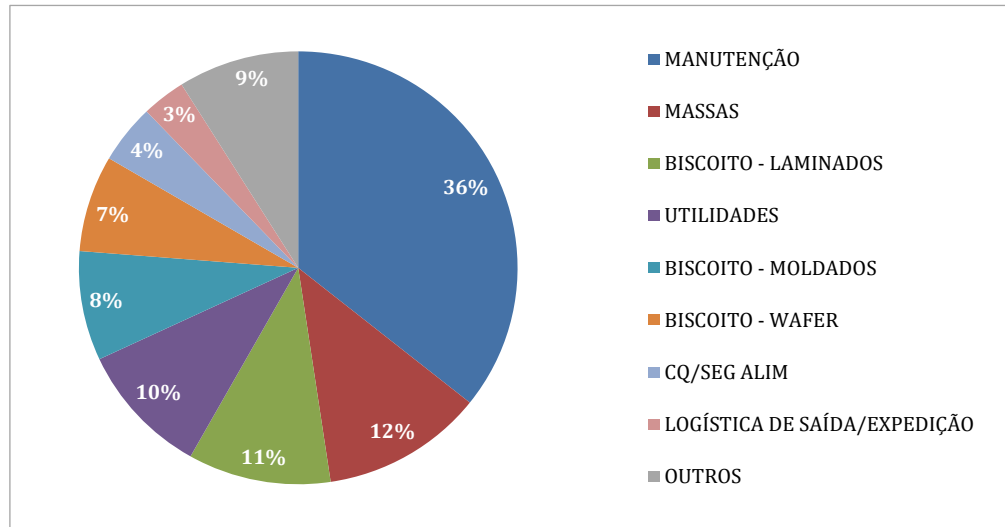
Fonte: Relatório de Ação de Correção, Corretiva e Preventiva – RAC

3.2 Dificuldades encontradas na metodologia vigente

Atualmente, a unidade Jaboatão dos Guararapes é a que possui maior volume de RACs abertos, e este cenário contém algumas justificativas. Além de ser uma das maiores unidades produtiva da Empresa, tanto em quantidade de linhas e quanto em volume de fabricação, a mesma é a única certificada em três normas ISO (Gestão da Qualidade, Gestão de Meio Ambiente e Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional). O atendimento aos requisitos destas normas requer o ajuste constante de processos e o incentivo à contínua identificação de oportunidades, gerando assim não conformidades.

Ao fazer a estratificação das origens de não conformidades, foi possível afirmar que a área da manutenção é responsável por 36% dos RACs da unidade (Figura 14). Pode-se atribuir o grande volume de ocorrências da manutenção à grande quantidade de linhas e equipamentos em uso na unidade, porém, outros fatores foram levados em consideração na constatação de que a manutenção enfrenta uma sobrecarga evitável.

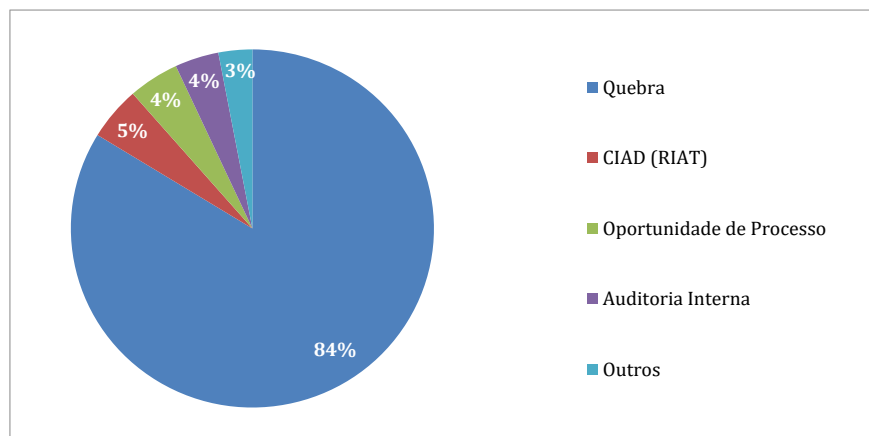
Figura 14 – Gráfico de RACs por área responsável pela tratativa (2021 a 2024)



Fonte: Esta pesquisa (2025)

Dentre os RACs da manutenção, 84% correspondem a RACs cuja origem é classificada como quebra, ou seja, uma falha no equipamento que resultou na interrupção de seu funcionamento convencional (Figura 15). Em nível de informação, a origem de RACs denominada “CIAD (RIAT)” corresponde a acidentes com ou sem afastamento, assim como incidentes relacionados à segurança do trabalho, sendo CIAD o nome dado ao registro de acidentes e incidentes da organização.

Figura 15 – Gráfico de RACs da manutenção por origem (2021 a 2024)



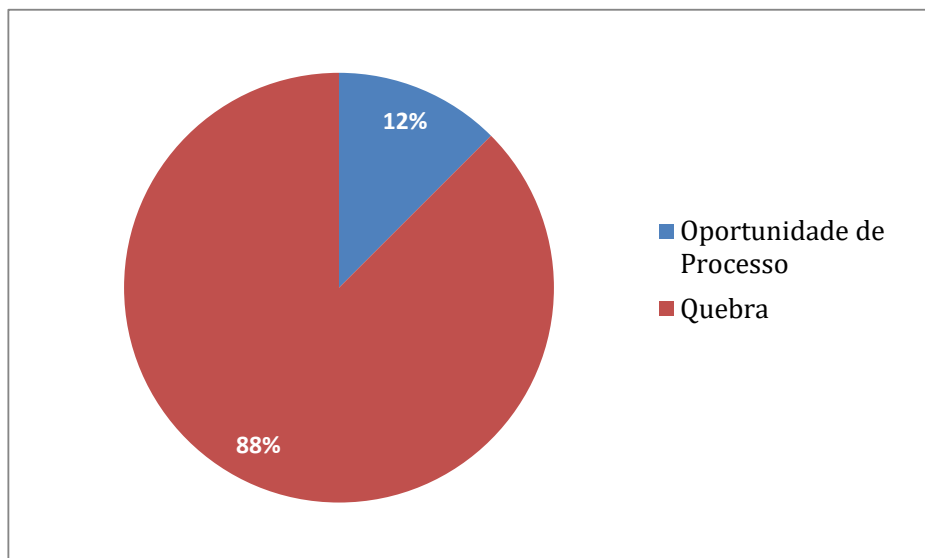
Fonte: Esta pesquisa (2025)

É importante salientar que existem gatilhos, definidos pela manutenção, que determinam a necessidade de abertura de RAC. O gatilho representa o tempo mínimo em que a linha

permanece inoperante durante a execução do reparo após a quebra do equipamento, e o mesmo varia para cada tipo de produção (massas, biscoito, etc.), tendo uma média de duas horas. Ou seja, apenas paradas que excedam o gatilho determinado são investigadas através de RAC, o que significa dizer que existe um volume ainda maior de ocorrências de quebra que não foram registradas através do RAC.

O grande volume de RACs de quebra da manutenção gerou a necessidade de investigação dos motivos por trás do fenômeno. Uma das hipóteses levantadas foi a possibilidade de os RACs de quebra da manutenção possuírem grande taxa de ineficácia, gerando assim mais de uma tratativa para a mesma não conformidade. Esta hipótese foi comprovada a partir da análise da origem responsável pela maior parte dos RACs não eficazes, ou seja, não conformidades cujas reincidências foram evidenciadas durante a fase de avaliação de eficácia do RAC. Como resultado, foi constatado que 88% dos RACs da manutenção que foram classificados como não eficazes correspondem a RACs de quebra (Figura 16).

Figura 16 – Gráfico de RACs da manutenção classificados como não eficazes por origem (2021 a 2024)

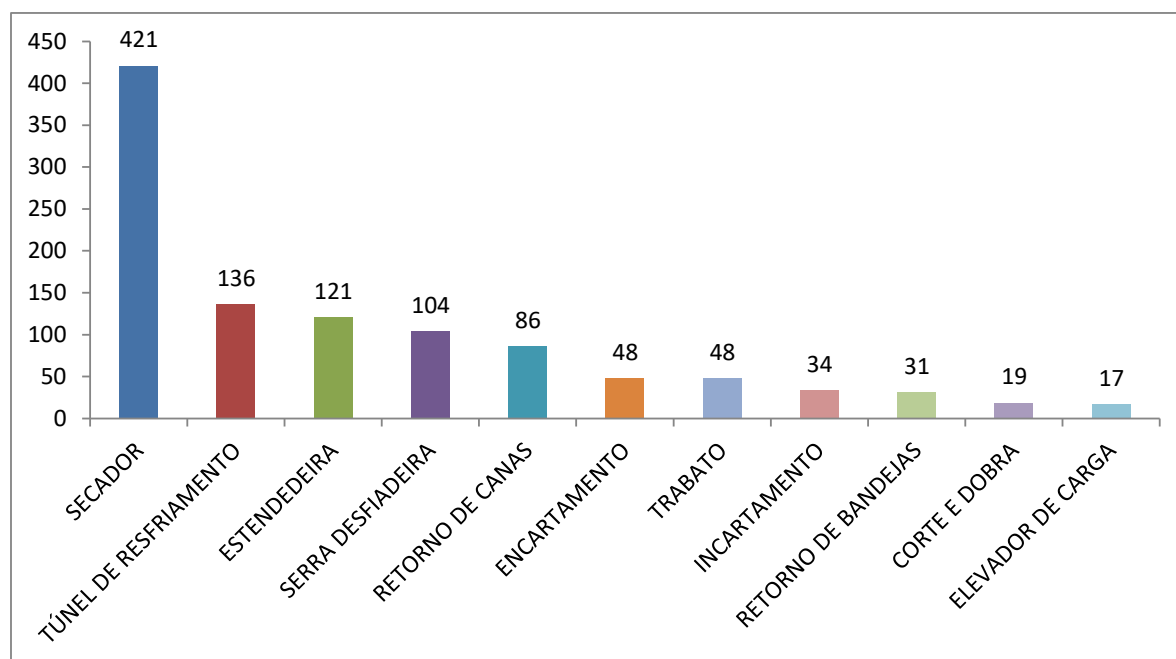


Fonte: Esta pesquisa (2025)

Dentre os 88% de RACs de quebra não eficazes, foi verificado através do campo de detalhamento das informações de quebra (Figura 6) que aproximadamente 43% deles tratam-se de ocorrências variadas relacionadas ao conjunto de **Túnel de Secagem**. Apesar de ser um equipamento de grandes proporções, este fator não justifica o fato de que as tratativas de não conformidades relacionadas a este equipamento possuam uma maior taxa de ineficácia.

A fim de obter maior compreensão acerca do comportamento deste equipamento e o impacto do mesmo para a organização, foi analisada a árvore de indicadores da área. Desta forma, este estudo buscou observar que o comportamento de não conformidades do Túnel de Secagem (ou secador). Este é o equipamento que é utilizado em 90% das linhas de massas, e devido ao seu alto uso, é compreensível que a maior parte das quebras seja proveniente do mesmo (Figura 17).

Figura 17 – Gráfico de Equipamento das linhas de produção de massas com maior ocorrência de quebra em 2024



Fonte: Esta pesquisa (2025)

Através da análise do valor acumulado de 2024 para o indicador de MTBF (Tempo Médio entre Falhas), foi constatado que quebras no Túnel de Secagem das linhas de produção de massas encerraram o ano como tempo médio entre as falhas de 89,10 horas. Já os equipamentos túnel de resfriamento e estendadeira fecharam o ano de 2024 com um MTBF acumulado de, respectivamente, 310,87 e 289,43 horas. Isso significa dizer que as linhas de massas apresentaram quebras no Túnel de Secagem com uma frequência pouco mais de três vezes maior em comparação aos próximos dois equipamentos com maior volume de quebra.

O painel de paradas também trás uma descrição das paradas, que deve conter a informação do componente específico do subconjunto que demonstrou a falha. Ao analisar os diferentes componentes pertencentes ao Túnel de Secagem, foi observado que as canas, componentes responsáveis pelo transporte da massa através do equipamento, são responsáveis por 186 das 482 quebras do equipamento. Ao verificar as ocorrências dos RACs ineficazes em

estudo, foi constatado que, apesar de não ser o foco da investigação, o componente das canas estava envolvido tanto nos efeitos das não conformidades quanto nas tratativas de mais da metade das ocorrências.

Vale ressaltar que a classificação do RAC como eficaz não impede que haja reincidência da não conformidade. Existem casos onde a reincidência da não conformidade ocorreu após o encerramento como eficaz do RAC correspondente à ocorrência anterior. Estes casos não entram na porcentagem de RACs não eficazes mostrada acima, mas são relevantes para o diagnóstico do problema.

Existem iniciativas gerenciadas pela área de eficiência operacional da organização que visam minimizar as paradas de linhas devido à quebra de equipamentos, porém, em sua maioria, análises mais compreensivas são realizadas apenas em linhas mais avançadas de acordo com o pilar de gestão autônoma (GA), que possui diversos requisitos internos de avaliação. Quanto menor for a maturidade da linha no pilar, menos complexas serão as ferramentas aplicadas, no entanto, para tratativas de não conformidades, a maturidade da linha não é levada em consideração, o que representa um gap investigativo.

Outro ponto de observação é que, mesmo para as linhas mais avançadas na gestão autônoma, as ferramentas aplicadas pela área de eficiência operacional não apresentam viés de eliminação de causas raízes. Foram analisadas algumas aplicações da ferramenta FMEA já realizadas para equipamentos de linhas avançadas em GA, e foi constatado que, para os componentes e modos de falha avaliados, foram gerados planos de ação predominantemente corretivos, ou seja, que eliminam sintomas e não causas.

3.3 Túnel de Secagem

O equipamento Túnel de Secagem (Figura 18) está presente em seis linhas de produção de massas da unidade de estudo e sua função é realizar a secagem da massa através de fluxos de ar quente, que absorvem a umidade do produto e são gerados por meio de sopradores que garantem a circulação uniforme do ar.

Este equipamento constitui boa parte da linha produtiva de massas e, consequentemente, possui diversos subconjuntos e componentes necessitam de constante manutenção para que seja mantida a sua funcionalidade. Este equipamento é considerado crítico, portando suas

manutenções, tanto preventivas quanto corretivas, são planejadas de forma meticulosa, e cada parada de manutenção preventiva dura de 7 a 12 dias.

As canas correspondem a um dos componentes do Túnel de Secagem que apresentaram maior quantidade de quebra em 2024. Elas exercem o papel de transportar o macarrão do início ao fim do túnel. Além delas, outro componente que apresentou grande quantidade de quebras foi as correntes, que são responsáveis pela movimentação das canas ao longo do túnel.

Apesar de serem identificados como os componentes que mais apresentam falhas, ambos costumam apresentar apenas os efeitos da falha, sendo raramente os causadores da quebra. As canas e correntes são responsáveis por aproximadamente 20% dos RACs de quebra de massas e, para a maioria das tratativas, uma nova causa-raiz é explorada, apesar de causas já consideradas em tratativas anteriores também fazerem parte da investigação.

Figura 18 – Túnel de Secagem de massas



Fonte: Site do fabricante (FAVA)

Por ser um equipamento crítico para o processo e corresponder à maioria tratativas de não conformidades encerradas como não eficazes, foi levantado o questionamento a respeito do nível de adequação da atual metodologia de tratativa de não conformidades para estes casos. A quantidade de componentes e a dimensão geral do equipamento, além de seu extenso histórico de quebras, indicam que as ocorrências referentes ao mesmo, a depender do componente envolvido, validam a problemática e embasam a busca por novas soluções.

3.4 Resumo do capítulo

Neste capítulo, foi descrita a metodologia atual de tratativa de não conformidades de quebra utilizada pela empresa em estudo (RAC), além dos dados que comprovam a relevância da problemática em termos de impacto para a empresa e uma breve descrição do equipamento escolhido para o estudo.

Após a análise dos dados coletados, foi constatado o padrão existente de falha no alcance do objetivo da metodologia RAC para tratativas relacionadas a quebras de equipamentos, com maior quantidade de tratativas falhas presente em não conformidades encontradas no Túnel de Secagem das linhas de massas. Este caso exemplifica a situação problema, que consiste em falhas concentradas em equipamentos específicos que, devido à sua complexidade, sofrem tratativas superficiais com a utilização de ferramentas que possibilitam a sua ineficácia.

No capítulo seguinte, será apresentada uma proposta de remodelagem da metodologia RAC para que se adeque aos casos onde há a necessidade de uma tratativa mais complexa de caráter exploratório, visando a investigação não só dos fatores que geraram a falha constatada no equipamento, mas também fatores secundários que podem fazer parte do evento cadeia gerador das paradas registradas.

4 ANÁLISE E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS

Neste capítulo, estão dispostas as análises das etapas da metodologia RAC, os principais pontos fracos identificados e sugestões de ferramentas complementares e substitutivas que visam fortificar a metodologia a fim de torna-la eficaz.

Para melhor entender o papel de cada etapa da metodologia de tratativa de não conformidades em casos onde a não conformidade trata-se de uma quebra em um equipamento considerado complexo, foi feita a análise individual das ferramentas. Foram utilizados os arquivos de RACs de quebra no conjunto de Túnel de Secagem das linhas de massas, cujas tratativas foram não eficazes, para identificação de pontos que podem ter colaborado para o mau desempenho da metodologia.

4.1 Ausência de análise do histórico de quebras

O primeiro ponto de observação é o fato de não haver uma etapa inicial voltada para o estudo do histórico do equipamento. Como detalhado anteriormente, nem todas as paradas derivadas de quebra são tratadas através de RAC, o que pode trazer uma noção equivocada da profundidade do problema que está sendo tratado. As informações referentes a todas as paradas ficam armazenadas no registro de paradas, que traz a descrição do componente que sofreu a falha, além do tempo despendido para seu reparo e retorno do processo às condições originais.

Para Sakurada (2001), a análise do histórico de desempenho traz, entre outras vantagens, a capacidade de identificação de pontos fracos que precisam de fortificação, de estabelecer padrões cronológicos de confiabilidade e monitorar a resposta do sistema a mudanças passadas. Ao incluir na metodologia uma etapa de revisão do histórico de paradas, possibilita-se a coleta de informações que transmitam não só a tendência da ocorrência, mas também a sua severidade, tornando a tratativa mais assertiva e robusta.

Tratar ocorrências isoladas e ocorrências repetitivas da mesma forma em muitos casos torna a análise e tratativa da segunda insuficiente para a resolução do problema. A forma mais prática de distingui-las é a realização da análise do histórico de quebra, sendo assim possível identificar padrões e realizar uma abordagem que mescla correção e prevenção, a fim de

eliminar não só o problema identificado, mas aqueles que não foram levantados e podem ter relação com a natureza de quebra repetitiva do equipamento.

4.2 Levantamento de causas potenciais superficial

O *Brainstorming*, primeira ferramenta da metodologia, apesar de possuir uma definição simples, é crítico para a análise, e seu nível de complexidade é o primeiro determinante de eficácia da tratativa. Para os RACs não eficazes analisados, todos possuíam apenas uma causa potencial considerada procedente durante a aplicação da ferramenta. Foi verificado através de consulta aos colaboradores participantes das tratativas em questão que, apesar de todos estarem cientes do objetivo da ferramenta e da forma correta de aplicá-la, existem dificuldades claras para organização das ideias, onde muitas das causas potenciais levantadas acabam referindo-se à mesma coisa ou sendo a consequência uma da outra, tornando a investigação restrita a poucas ou até mesmo uma única linha de raciocínio.

O diagrama de afinidades é uma ferramenta que pode atuar neste cenário como um facilitador, tornando intuitiva a sugestão de muitas causas para que seja possível realizar o agrupamento das mesmas. Como a ferramenta é utilizada em situações com grande número de informações, a sua vantagem de utilização pode ser o fato de a mesma tornar a geração de muitas ideias “obrigatória” para a sua aplicação.

Além disso, o diagrama de afinidades pode auxiliar na correta alocação de causas na ferramenta seguinte, os cinco porquês. Um erro comum na aplicação da ferramenta nos RACs é a exploração separada de causas que muitas vezes são um “porquê” uma da outra. Este tipo de situação compromete o alcance da causa raiz, visto que o que deveria ser uma única linha de análise acaba sendo descentralizada. Por meio do agrupamento de causas, será possível identificar com maior facilidade quais causas se relacionam e podem pertencer à mesma linha de análise, evitando assim esse tipo de erro.

4.3 Ausência de ações de abrangência

Como o equipamento Túnel de Secagem é comum a diversas linhas de produção de massas da unidade, é natural que existam problemas semelhantes em todos eles. Um fator observado nos RACs em estudo é que nenhum deles possui ações de abrangência, ou seja,

ações de verificação do componente nas demais linhas para avaliação de risco de ocorrência da mesma não conformidade. Não há, na metodologia atual, um campo específico para a análise de abrangência da tratativa.

As ações de abrangência são extremamente importantes para a garantia da padronização do sistema, simplificando assim atividades como a manutenção do equipamento. Outra vantagem é a redução de risco de reincidência da não conformidade, tornando a solução não só pontual, mas sim geral. Encarar a tratativa de uma não conformidade como uma lição aprendida consiste na capacidade de entender a essência do problema e ser capaz de identificar demais locais que possuem o potencial de apresentá-lo.

Desta forma, este trabalho após o levantamento de causas potenciais, **propõe a inserção de um campo específico para a análise de abrangência da não conformidade**, onde será analisado se as causas levantadas durante o *brainstorming* e agrupadas com a aplicação do Diagrama de Afinidades possuem risco de ocorrência nas demais linhas onde o mesmo equipamento se encontra. Esta deve ser uma etapa fixa do processo, e, para isto, foi estruturado um campo a ser incluso na metodologia. A Figura 19 mostra o novo campo, que possui dois questionamentos obrigatórios a serem respondidos, que auxiliarão a equipe da análise na identificação de potenciais riscos de reincidência da não conformidade em outros locais:

- A primeira pergunta questiona se o equipamento e componente que apresentaram falha estão presentes em outras linhas/locais;
- A segunda pergunta questiona se as causas potenciais levantadas no Brainstorming possuem risco de ocorrência em outras linhas/locais.

Caso a resposta para ambas as perguntas seja “sim”, a equipe será instruída a replicar todas as ações de correção definidas para os locais identificados como potenciais vítimas da não conformidade. Por exemplo: caso uma não conformidade ocorrida na linha A tenha como uma de suas causas a inadequação do material que constitui o componente X, e for constatado que a linha B possui o mesmo componente X e existe o mesmo risco de ocorrência da não conformidade, a ação de substituição do material deverá ser aplicada às linhas A e B.

Figura 19 – Novo passo 3 – *Brainstorming* e análise de abrangência

O equipamento e componente que apresentaram falha estão presentes em outras linhas/locais?		
☐ SIM	☐ NÃO	Se sim, especifique os locais:
Existe risco de alguma das causas potenciais levantadas no Brainstorming ocorrer em outras linhas/locais?		
☐ SIM	☐ NÃO	Se sim, defina quais:

Fonte: Esta pesquisa (2025)

4.4 Dificuldades na visualização da causa raiz

A ferramenta de investigação de causa raiz aplicada atualmente na metodologia RAC, o Diagrama de Ishikawa, em conjunto com a análise dos 5 porquês, é clássica e eficiente na maioria dos casos. Porém, ao ser aplicada às tratativas relacionadas ao Túnel de Secagem, essa ferramenta demonstrou baixo desempenho, pois tornava difícil a correta exploração de todos os possíveis cenários. Muitas das causas potenciais não chegaram a sua causa raiz, tendo sido interrompidas antes da conclusão da análise.

Ao consultar colaboradores do chão de fábrica, mais especificamente técnicos da manutenção que participaram das tratativas consideradas neste estudo, sobre as maiores dificuldades ao estruturar uma análise dos 5 Porquês, muitos relataram ter dificuldades na visualização do processo. Notou-se que dos operadores da manutenção preferiam ferramentas gráficas, que permitissem a visualização do processo, tornando-o mais intuitivo e conectado às atividades diárias da equipe.

Concluiu-se então que, para possibilitar a visualização mais abrangente dos possíveis cenários que vieram a motivar a quebra, além da exploração preventiva do equipamento, faz-se necessário a utilização de uma ferramenta que se enquadre ao perfil dos usuários e à natureza da problemática, ou seja, que seja mais adequada para investigações com maior quantidade de dados.

Desta forma, **este trabalho propõe a incorporação da aplicação da Árvore de Falhas**, que traz uma proposta semelhante a do diagrama de Ishikawa e 5 Porquês,. A diferença é que a Árvore de Falhas é uma ferramenta visual com potencial de facilitar o engajamento da equipe multidisciplinar na investigação das causas-raízes.

Para investigações de equipamentos complexos como o Túnel de Secagem, são necessárias ferramentas que permitam a inclusão de informações adquiridas através da análise

do histórico de paradas do equipamento, além de novas possibilidades, que podem estar conectadas entre si. A ferramenta dos 5 Porquês como é aplicada na metodologia de tratativa de não conformidades, apesar de alcançar o objetivo de encontrar as causas raízes das falhas em maior parte dos casos, torna-se restrita para os casos de maior complexidade, que precisam de uma abordagem de abrangência para que todas as alternativas sejam exploradas.

4.5 Dificuldades na análise de risco e identificação de medidas de controle

Para os RACs do Túnel de Secagem em estudo, ao fazer a análise de risco da não conformidade, não foram identificadas medidas de controle para evitar a ocorrência da quebra, e não houve ações com o objetivo de estabelecer estas medidas. Atribuiu-se este erro ao fato de que, primeiramente, a análise de riscos é feita para a não conformidade e não para cada uma de suas causas-raízes e, em segundo lugar, à falta de clareza desta etapa da metodologia. Muitos dos participantes das tratativas em estudo informaram não terem conhecimento do objetivo do campo, sendo este apenas preenchido pelo responsável da tratativa, na maior parte das vezes sem o envolvimento da equipe de análise.

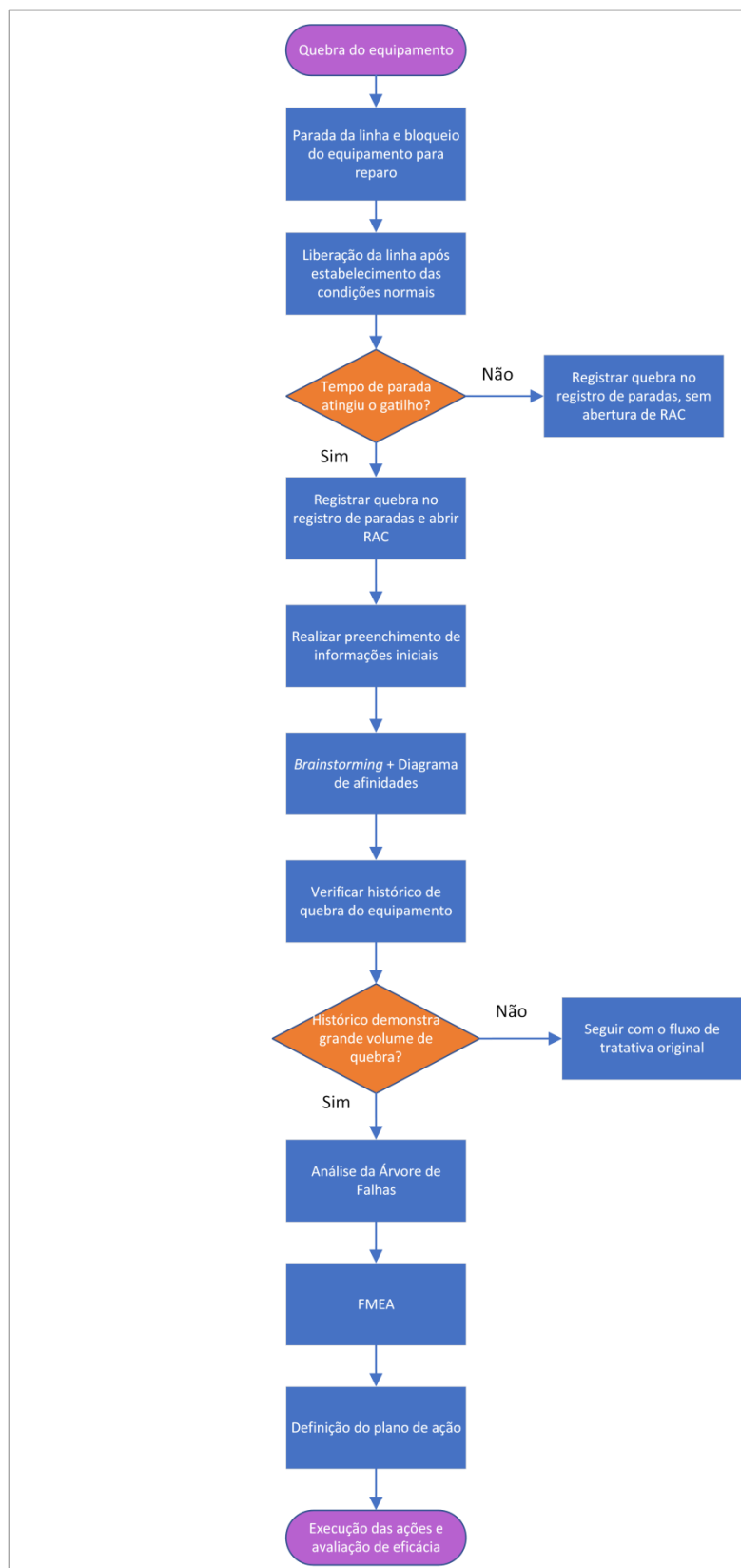
Além disso, atualmente, a metodologia de tratativa de não conformidades não possui uma etapa de priorização. Na maioria dos casos, não há necessidade de ordenação das ações, visto que, em sua maioria, são poucas ações, de áreas diferentes e que não possuem custo financeiro envolvido. Porém, para problemas complexos como o do Túnel de Secagem, a tendência é que a investigação de caráter corretivo e preventivo gere ações mais robustas e em maior quantidade, normalmente tendo a mesma equipe como executora e maior probabilidade de custo envolvido, envolvendo, por exemplo, a troca de peças ou execução de projetos de melhoria.

Desta forma, este trabalho propõe a incorporação do FMEA ao processo de análise, pois trata-se de uma ferramenta que traz como proposta a definição de uma ordem de prioridade de risco, que é determinada pela equipe de análise de acordo com fatores por eles avaliados como importantes. Para problemas avaliados como críticos, é importante que uma abordagem abrangente seja adotada, não restringindo a análise ao que ocasionou a falha atual do equipamento, mas adotando ferramentas que permitam a investigação de falhas potenciais que possam causar perdas ao processo.

Outra vantagem da utilização do FMEA é que a ferramenta proporciona a análise individual das medidas de controle existentes para cada causa. No campo de controles atuais, é possível avaliar se já existem medidas de controle para a causa e, se sim, onde estão mapeadas. A análise das medidas de controle das causas-raízes permite uma análise de risco mais abrangente, tornando a organização mais preparada para os casos adversos, visto que os mesmos já foram considerados e existem ações que visam evitá-los.

Para facilitar a visualização das propostas de melhoria e sua aplicação, foi elaborado um fluxograma (Figura 20) que mostra a metodologia após a aplicação das melhorias descritas anteriormente, com a aplicação ferramentas complementares e substituição de algumas etapas.

Figura 20 - Fluxograma da metodologia de tratamento de não conformidades de quebra após aplicação das melhorias



Fonte: Esta pesquisa (2025)

4.6 Impactos esperados com o resultado do estudo

Para Billinton e Allan (1992), a confiabilidade de um sistema não deve ser mensurada apenas através da probabilidade de falha. Deve existir o entendimento adequado da forma como o sistema opera, seu design, o ambiente em que está inserido, o estresse a que está sendo submetido e os seus modos de falha. Para isso, faz-se necessário o estabelecimento do que é considerado como aceitável no funcionamento do sistema.

Existem duas formas de reduzir o nível de inadequação de um sistema. A primeira é aumentar a robustez do sistema e a segunda é reduzir o estresse aplicado a ele através da redução da demanda (Billinton e Allan, 1992). Para uma indústria de produção alimentícia que possui como uma de suas principais preocupações o atendimento à demanda de mercado, a primeira opção é a que melhor se enquadra.

A proposta de metodologia desenvolvida através deste estudo trará como resultado o aumento da eficiência e eficácia do diagnóstico do Túnel de Secagem, equipamento crítico para o processo produtivo e que possui alta taxa de quebra resultante de inúmeros modos de falha, muitos deles ainda inexplorados. Isso trará a diminuição de RACs ineficazes relacionados ao equipamento e também uma redução na quantidade de RACs abertos, visto que a frequência das ocorrências de falha será reduzida.

A combinação de ferramentas proposta permitirá, além disso, um maior entendimento do equipamento, com a exploração facilitada de seus componentes e sua atuação conjunta e geração de insights que geram insumos para futuras avaliações de confiabilidade do sistema através do cálculo de probabilidades e implementação de recursos facilitadores na identificação de problemas que estejam prestes a ocorrer.

O planejamento de manutenções preventivas atualmente é feito através da priorização de itens que são considerados críticos para o funcionamento do sistema. Com a investigação aprofundada dos modos de falha do equipamento, será possível compreender de forma mais assertiva os principais causadores de falhas e, desta forma, determinar seu nível de criticidade baseado em dados concretos e robustos.

Para a determinação de quais ferramentas seriam mais adequadas para a investigação das não conformidades de quebra do Túnel de Secagem, foram considerados feedbacks de técnicos e demais participantes da manutenção na tratativa dos RACs em estudo. Foram selecionadas ferramentas que não só possuem uma proposta de entrega alinhada ao que faz-se necessário em uma tratativa, mas também que atendessem às preferências dos usuários. A

facilidade na aplicação da metodologia transformará a visão da operação em relação ao processo e ao controle da qualidade, tornando o conceito alcançável e intrínseco às atividades diárias dos envolvidos e fortalecendo a cultura da qualidade na organização.

O cálculo da probabilidade de ocorrência de modos de falha é um recurso muito utilizado na determinação de previsões de quebra na manutenção. A árvore de falhas é uma ferramenta que permite o cálculo de probabilidade de eventos, em sua maioria através da análise de dados históricos. Com esta informação, será possível estabelecer um padrão de quebra para os componentes do equipamento que vai além da análise de vida útil do material, tornando os planos de troca mais assertivos e reduzindo assim o custo com reposição de peças.

Além disso, a aplicação da metodologia exercerá impacto em diversos indicadores financeiros da organização, como aumento do índice de rentabilidade do negócio, devido à diminuição do valor de capital próprio investido em manutenções corretivas. Outro indicador afetado será o de custo de ociosidade, visto que o período em que a linha permanece inativa devido a ajustes não planejados reflete em gastos com mão de obra improdutiva. A otimização do *payback* também é um efeito esperado, onde o retorno do capital investido no maquinário e em sua manutenção preventiva será alcançado em um menor intervalo de tempo.

Também pode ser citado como impacto esperado a redução de desperdícios do processo. A cada ocorrência de quebra, faz-se necessário o retrabalho ou descarte de parte da produção referente aos produtos que foram, de alguma forma, afetados pelo mau funcionamento do equipamento e parada da linha. Quanto menor for a frequência de quebra do equipamento, menor será sua frequência de paradas e, conseqüentemente, menos produtos serão desperdiçados ou retrabalhados.

Por fim, a replicação desta metodologia para diferentes equipamentos com as mesmas características determinantes do Túnel de pavimentação o caminho para a implementação de uma manutenção prescritiva na organização. A manutenção prescritiva utiliza dados coletados e modelos matemáticos para previsão de falhas em conjunto com o aprendizado de máquinas com o objetivo de sugerir intervenções que evitem paradas (Machado *et al.*, 2023). Através do desenvolvimento de ações que não só busquem resolver os problemas, mas também torna-los mais perceptíveis, se estabelece uma cultura de coleta de dados que hoje apresenta muitas oportunidades de melhoria na organização, impulsionando-a no caminho de transição natural entre manutenção preventiva e manutenção prescritiva.

4.7 Resumo do capítulo

Neste capítulo, foi feita a análise dos RACs de quebra não eficazes relacionados ao Túnel de Secagem e, a partir dos pontos de dificuldade encontrados na ferramenta, foram propostas ferramentas que atuarão como complemento às que já existem na metodologia, assim como ferramentas de substituição. Também foram dispostos os impactos esperados com a aplicação da nova metodologia.

Foi observado que, para os RACs relacionados ao Túnel de Secagem, muitas das ferramentas presentes na metodologia atual mostraram-se insuficientes na tratativa das não conformidades, permitindo um aprofundamento limitado na investigação de causas e exploração de seus motivadores. Este fato foi confirmado através dos próprios colaboradores que fizeram parte das tratativas em estudo, e os mesmos auxiliaram no desenvolvimento das sugestões de melhoria através de seus insights sobre suas experiências com a metodologia.

Algumas ferramentas possuem técnicas complementares que servem de apoio para a sua aplicação correta, como é o caso do diagrama de afinidades, que foi proposto como apoio ao *brainstorming*, e outras ferramentas possuem propostas diferentes, como é o caso da árvore de falhas (FTA) e o FMEA, que buscam construir a relação entre evento topo e causa raiz de forma mais visual e avaliar cada uma das causas raízes de forma mais aprofundada, respectivamente.

Com a implementação das melhorias sugeridas neste capítulo será possível alcançar um diagnóstico mais abrangente do equipamento Túnel de Secagem, além de desenvolver planos de ação diversificados que foquem não somente na eliminação de causas raízes, mas também facilitem a identificação de futuros problemas.

5 CONCLUSÃO

O problema abordado neste trabalho foi a ineficácia da metodologia RAC de tratativa de não conformidades relacionadas a quebras no equipamento Túnel de Secagem, presente em algumas linhas de produção de massas de uma empresa multinacional do setor alimentício, que possui como principal atividade a produção de massas e biscoitos. O estudo foi restrito à unidade de Jaboatão dos Guararapes/PE, e explorou as especificidades do equipamento e dados de indicadores da área da manutenção para justificar a necessidade de implementação de uma nova metodologia.

Foi feito o estudo da metodologia atual através da análise crítica de cada uma de suas etapas e, a partir disso, foram identificados os gaps que permitiram a ocorrência de reincidências de não conformidades no equipamento, foram eles: ausência de uma análise do histórico de quebras do equipamento, um levantamento de potenciais causas superficial, ausência de ações de abrangência, dificuldades na identificação das causas raízes e dificuldades na análise de risco e identificação de medidas de controle.

Por fim foram listados os pontos positivos e negativos encontrados na metodologia atual e foram feitas sugestões de alterações, com a inclusão de ferramentas complementares como o diagrama de afinidades e a análise de dados históricos, assim como a substituição de ferramentas como o Ishikawa pelo FMEA e Análise da Árvore de Falhas (FTA).

Através da escolha de ferramentas que não só possuem a proposta alinhada com o objetivo da metodologia, que é a investigação e tratativa de não conformidades visando a eliminação de causas, mas também adequadas às preferências e necessidades dos usuários, foi possível propor uma nova metodologia que, se adotada, reduzirá os custos da manutenção com material e mão de obra ociosa, além de melhorar o desempenho das linhas de massas que possuem Túnel de Secagem e permitir a aplicação de estratégias de manutenção mais avançadas que fazem uso de uma combinação de dados e inteligência de máquina para realizar previsões e sugestões de intervenções assertivas.

O estudo foi conduzido baseando-se em um equipamento específico, o Túnel de Secagem, mas a metodologia desenvolvida pode ser aplicada a qualquer outro equipamento que apresente características de quebras frequentes em um ou mais de seus componentes, demonstrando assim a necessidade de utilização de ferramentas de investigação que permitam uma tratativa mais aprofundada.

Como sugestão de complemento ao presente estudo, trabalhos futuros podem envolver a adequação da base de dados que armazenará as informações geradas pelas tratativas de forma a facilitar sua visualização e a extração de informações. Além disso, pode ser estruturada uma estratégia de implementação da manutenção prescritiva na organização, partindo-se dos recursos facilitadores gerados através da aplicação desta metodologia em longo prazo.

REFERÊNCIAS

- ANJARD, R.; Management and planning tools. *Training for Quality*, v. 3, n. 2, p. 34-37, 1995.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Disponível em: <https://abnt.org.br/>. Acesso em: 15 de novembro de 2024.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR ISO 9000:2015. *Sistemas de Gestão da Qualidade - Fundamentos e Vocabulário*. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR ISO 9001:2015. *Sistema de Gestão da Qualidade – Requisitos*. Rio de Janeiro, 2015.
- BERTOLINO, M.; *Gerenciamento da qualidade na indústria alimentícia: ênfase em segurança dos alimentos*. Porto Alegre, ed. Artmed, 2010.
- BILLINTON, R.; ALLAN, R. N. *Reliability Evaluation of Engineering Systems*. Boston, MA: Springer US, 1992.
- BOLSONELLO, J.; SILVA, M. T.; LARA, A.; MACUCH, R.; *Uso de Brainstorming como ferramenta para aprendizagem*. v. 15, n. 36, p. 173–173, 17 fev. 2023.
- CARVALHO, M.; *Gestão da Qualidade: teoria e casos*. Ed. Elsevier, Rio de Janeiro, 2012.
- CAUCHICK MIGUEL, P.A. (org.). *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- COHEN, L.; *Quality function deployment: How to make QFD work for you*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1995.
- CONTINI, S. A new hybrid method for fault tree analysis. *Reliability Engineering & System Safety*, v. 49, n. 1, p. 13–21, jan. 1995.
- DELLARETI, F.; *As sete ferramentas do planejamento da qualidade*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996.

DESWANDRI, D.; SURDANO, S.; TYAS, R.; KUMARANINGRUM, A.; MAERANI, R.; HIDAYATULLAH, I.; SAHLAN, M.; SHARIFF, A.; HERMANSYAH, H.; Risk identification of integral pressurized water reactor (IPWR) cooling system using a combination HAZOP, FMEA, and FTA methods. *Process Safety Progress*, v. 43, n. S1, 3 jan. 2024.

DONAUER, M.; PEÇAS, P.; AZEVEDO, A. Identifying nonconformity root causes using applied knowledge discovery. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 36, p. 84–92, dez. 2015.

FAVA; Linha de produção de massas secas. Disponível em: <https://www.directindustry.com/pt/prod/fava/product-212205-2167423.html>. Acesso em: 19 mar. 2025.

HE, A.; ZENG, Q.; ZHANG, Y.; XIE, P.; LI, J.; GAO, M.; A Fault Diagnosis Analysis of Afterburner Failure of Aeroengine Based on Fault Tree. *Processes*, v. 11, n. 7, p. 2086, 13 jul. 2023.

HE, Z.; STAPLES, G.; ROSS, M.; COURT, I. Fourteen Japanese quality tools in software process improvement. *The TQM Magazine*, v. 8, n. 4, p. 40-44, 1996.

HOBBSAWN, Eric. *A era das revoluções (1789-1848)*. São Paulo: Paz e Terra, 2007.

JOHANN, S. *Comportamento Organizacional: Teoria e Prática*. Saraiva Uni. 1.ed., 2013.

JURAN, Joseph M. e GODFREY, A. Blanton. *Juran's quality handbook*. 5ª ed. The United States of America, New York: McGraw-Hill, 1999.

KARDEC, A.; NASCIF, J.; BARONI, T.; *Gestão Estratégica e técnicas preditivas*. Rio de Janeiro. Qualitymark: ABRAMAN, 2002.

KHARUB, M. Integrating the HACCP and SPC for hazard control and process improvement: a case of pharmaceutical industry. *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*, v. 14, n. 4, p. 561–586, 22 set. 2020.

LIU, Z.; LI, Y.; ZHANG, N.; LIANG, Z.; LI, F.; Reliability Analysis of CFRP-Packaged FBG Sensors Using FMEA and FTA Techniques. *Applied Sciences*, v. 11, n. 22, p. 10859, 17 nov. 2021.

MACHADO, C.; JUNIOR, S.; CELESTINO, Y.; ANDRADE, J.; JUNIOR, A.; Manutenção Prescritiva: A evolução da manutenção na indústria 4.0. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 9, n. 9, p. 4444–4458, 27 out. 2023.

MAEKAWA, R.; CARVALHO, M. M. DE; OLIVEIRA, O. J. DE. Um estudo sobre a certificação ISO 9001 no Brasil: mapeamento de motivações, benefícios e dificuldades. *Gestão & Produção*, v. 20, n. 4, p. 763–779, 5 nov. 2013.

MAXIMIANO, A.; Introdução à administração. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MCDERMOTT, R. E.; MIKULAK, R. J.; BEAUREGARD, M. R.; The Basics of FMEA. Nova York. Productivity Press; ed. 2, 2017.

MELLO, J.; CARVALHO, N.; Redução da não conformidade como planejamento para a melhoria de desempenho em uma fábrica no estado do Rio de Janeiro. *Journal of Globalization Competitiveness and Governability*, v. 11, n. 3, 22 nov. 2017.

OHNO, T.; O sistema Toyota de produção além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OSBORN, A.; O poder criador da mente: princípios e processos do pensamento criador e do Brainstorming. Traduzido por E. Jacy Monteiro. São Paulo: Editora Ibrasa, 1987.

PELLERANO, Joana A. Embalados e prontos para comer: Relações de consumo e incorporação de alimentos industrializados. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2014.

RAVOY, D.; PARMET, Y. NC 4.0, a Novel Approach to Nonconformities Management: Prioritizing Events With Risk Management Tools. *Frontiers in Artificial Intelligence*, v. 4, p. 752520, 16 nov. 2021.

RENOSORI, P.; OEMAR, H.; FAUZIAH, S.; Combination of FTA and FMEA methods to improve efficiency in the manufacturing company. *Acta logistica*, v. 10, n. 3, p. 487–495, 30 set. 2023.

REVELLE, J.; MORAN, J.; COX, C.; *The QFD Handbook*. John Wiley & Sons, Inc. New York, 1998.

SAKURADA, E. Y. *As Técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no Desenvolvimento e na Avaliação de Produtos*. Academia.edu, abr. 2001.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSON, R.; *Administração da Produção*. 8 ed., São Paulo: Atlas, 2018.

SUMMERS, D.; *Quality*. 4 ed. New Jersey: Upper Saddle River, Pearson Prentice Hall, 2006.

TUDORAN, V.; MARIN, C.; CONDREA, E.; Corrections and corrective actions – instruments for the continuous improvement of a management system, *Management and Leadership, Strategica*, p. 275-287, 2020.

YOUNG, R.; *Knowledge Management: Tools and Techniques Manual*. Asian Productivity Organization, Tokyo, 2020. Disponível em: <https://www.apo-tokyo.org/publications/knowledge-management-tools-and-techniques-manual/>. Acesso em: 10 mar. 2025.

ZIV, B.; PARMET, Y. Improving nonconformity responsibility decisions: a semi-automated model based on CRISP-DM. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 8 out. 2021.