



## ANÁLISE DA FERRAMENTA FMEA NO PROCESSO DE MANUTENÇÃO DE ARES-CONDICIONADOS

Brena Bezerra Silva (IFSP) bezerra.brena@yahoo.com.br  
Tiago Soares da Rocha (UFSCar) tiago-soares-darocha@outlook.com  
Paulo Renato Pakes (UFSCar) paulopakes@ufscar.br

### Resumo

A gestão da manutenção é de grande importância dentro das empresas. Além de manter a disponibilidade dos equipamentos, gera um aumento na sua vida útil e redução de custos de manutenção. Devido a isso, o presente trabalho tem como objetivo a aplicação da ferramenta FMEA para propor soluções viáveis por meio de um plano de ação para o processo de manutenção dos ares-condicionados industriais de uma empresa do setor sucroenergético. A coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas, análise da documentação fornecida pela empresa e observações do dia a dia de trabalho dos mecânicos e auxiliares da empresa. Com base nos resultados, foram encontradas 17 causas de falha em relação a três modos de falha. Para auxiliar na estruturação do FMEA, foi utilizada a ferramenta Diagrama de Ishikawa para ajudar na descoberta das principais causas. Foram priorizadas quatro causas por meio do Número de Prioridade de Risco (RPN), devido ao alto risco que as causas ofereciam para a produção. Para a análise dos resultados, foi utilizada a ferramenta 5W1H, para realizar um plano de ação, propondo ações corretivas e preventivas. A aplicação da ferramenta FMEA, com a inclusão do Diagrama de Ishikawa junto com o 5W1H, mostrou-se efetiva na análise das falhas que ocorrem no processo de manutenção dos ares-condicionados, com uma melhor geração de resultados para a empresa.

**Palavras-Chaves:** Gestão da Manutenção; Ares-condicionados; Plano de Ação

### 1. Introdução

Para Tovar (2017), é de grande importância que o setor de manutenção funcione de maneira rápida e efetiva a fim de que os equipamentos estejam sempre disponíveis quando necessários e que sempre busque a redução de falhas, aumento da confiabilidade e aumento da disponibilidade dos equipamentos.

Em vista disso, existem algumas ferramentas dentro da gestão da manutenção que asseguram a efetividade da produção. Uma dessas ferramentas é o Método de Análise do Tipo e Efeito de Falha (FMEA). Ela auxilia na identificação e na solução de falhas em um processo (GONÇALVES ET AL. 2015).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é realizar a aplicação da ferramenta FMEA para auxiliar na identificação de falhas em ares-condicionados de tipo industrial com o intuito de descobrir os principais problemas, e com isso, propor melhores ações corretivas e preventivas para serem utilizadas durante o seu processo de manutenção.

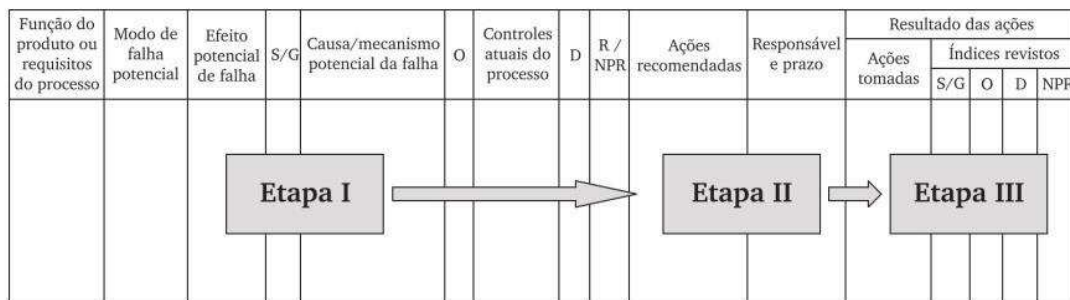
## **2. Revisão bibliográfica**

### **2.1. Método de análise e efeito de falha (FMEA)**

De acordo com Toledo et al. (2012) a ferramenta FMEA é um método que tem como objetivo evitar em um processo ou em um produto em desenvolvimento falhas provenientes por meio das análises das falhas potenciais, e com isso propor ações de melhoria.

Segundo Carpintelli (2016), a ferramenta FMEA possui três etapas para a sua realização. Na primeira etapa, começam a ser identificadas as possíveis falhas, causas e os meios existentes de detecção de falha. Nessa etapa, são definidos os parâmetros de severidade, ocorrência e detecção para que depois seja feita a definição das soluções para as falhas, utilizando como indicador o Número de Prioridade de Risco (RPN). Já na segunda etapa, depois de serem feitas as análises das causas de falhas e os meios de detecção e já ter conhecimento da ordem de prioridade de resolução de falhas, devem ser feitos planos de ação para minimizar ou até eliminar as falhas prioritárias. Na terceira etapa, depois de serem implementadas as ações propostas, devem ser verificadas novamente todas as falhas corrigidas para ver se as correções foram realmente efetivas. Na figura 1, é apresentado o desenvolvimento da ferramenta de acordo com as etapas específicas.

Figura 1 – Desenvolvimento do FMEA



Fonte: Carpintelli (2016)

### 2.1.1. Formulário do FMEA

Serão apresentados a seguir os conceitos sobre cada um dos tópicos necessários para a realização do FMEA com base nos autores Toledo et al. (2012); Pedrosa (2014); Carpintelli (2016) e Correia (2016) utilizando também como base a figura 1 apresentada no tópico acima.

- Função do Produto/Requisitos do Processo: é indicado qual o item (produto) ou processo que será analisado;
- Modo de Falha Potencial: pode ser qualquer evento que possa causar uma diminuição parcial ou total da função do produto ou processo e de suas metas de desempenho;
- Efeito Potencial de Falha: descreve os efeitos que pode decorrer de cada falha que podem afetar o desempenho do produto/processo.
- Severidade/Gravidade (S): a severidade mostra o grau de impacto negativo provocado pelo efeito do modo de falha. A severidade é calculada por meio dos impactos dos efeitos do modo de falha. Usualmente, existe uma forma de se avaliar a severidade por meio de uma escala de 1 (sem efeito) a 10 (efeito perigoso), que será apresentada na figura 2;

Figura 2 – Índice de Severidade

SEVERIDADE		
Índice	Severidade	Critério
1	Mínima	O cliente mal percebe que a falha ocorreu
2	Pequena	Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente
3		
4	Moderada	Deterioração significativa no desempenho de um sistema, com descontentamento do cliente
5		
6		
7	Alta	Sistema deixa de funcionar, com grande descontentamento do cliente
8		
9	Muito Alta	Idem ao anterior, porém afeta a segurança e apresenta risco de vida
10		

Fonte: Toledo et al. (2012)

- e) Causa/Mecanismo Potencial de Falha: são apresentadas as possíveis causas da falha. Deve-se identificar todas as causas, não importando a sua origem;
- f) Ocorrência (O): é feita uma análise de quais as chances das causas de falha fazer acontecer a falha. A ocorrência é medida em uma escala de 1 (pouca probabilidade de ocorrer) a 10 (grande probabilidade de ocorrer), apresentada na figura 3;

Figura 3 – Índice de Ocorrência

OCORRÊNCIA			
Índice	Ocorrência	Proporção	Cpk
1	Remota	1:1.000.000	Cpk > 1,67
2	Pequena	1:20.000	Cpk > 1,00
3		1:4.000	
4	Moderada	1:1.000	Cpk < 1,00
5		1:400	
6		1:80	
7	Alta	1:40	
8		1:20	
9	Muito Alta	1:8	
10		1:2	

Fonte: Toledo et al. (2012)

- g) Controle Atual do Processo: é verificado se existe algum procedimento na empresa que auxilia a detectar ou também prevenir a ocorrência do modo de falha;
- h) Detecção (D): avalia-se a possibilidade de ser feita a detecção da falha. Também, é avaliado se os métodos de controle definidos são eficazes para detectar a falha. A detecção é avaliada por um índice, com notas de 1 (impossível de se detectar) a 10 (detecção com facilidade) apresentado na figura 4;

Figura 4 - Índice de Detecção

DETECÇÃO		
Índice	Detecção	Critério
1	Muito Grande	Certamente será detectado
2		
3	Grande	Grande probabilidade de ser detectado
4		
5	Moderada	Provavelmente será detectado
6		
7	Pequena	Provavelmente não será detectado
8		
9	Muito Pequena	Certamente não será detectado
10		

Fonte: Toledo et al. (2012)

- i) Risco/Número de Prioridade de Risco (RPN): índice calculado conforme a multiplicação dos índices Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (O). Esse índice tem como finalidade priorizar a eliminação dos modos de falha. Esse índice é calculado para cada modo de falha e o seu resultado ficará entre os valores 1 e 1000. Com o resultado, cria-se uma prioridade de ação, utilizando também os índices de severidade, ocorrência e detecção;
- j) Ações Recomendadas: devem-se determinar condutas para reduzir ou eliminar os riscos associados a cada modo de falha. As ações devem ser primeiramente direcionadas para os modos de falha que tenham o índice severidade entre 09 e 10, mesmo com o RPN com uma prioridade menor, por conta que o efeito do modo de falha pode ser relativamente perigoso para o usuário final;
- k) Resultado das ações: deve-se realizar novamente a análise e verificar se os índices de severidade, ocorrência e detecção realmente diminuíram com as medidas implantadas para a correção das falhas.

## 2.2. Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa foi criado pelo japonês Kaoru Ishikawa no ano de 1943 e aperfeiçoado nos anos posteriores. Ele tem como objetivo fazer a relação entre o efeito e as causas existentes (RODRIGUES, 2010).

Conforme Silva et al. (2018), devem ser seguidos alguns passos para elaborar um diagrama de Ishikawa, apresentados a seguir:

- Determinar o problema a ser estudado (identificação do efeito).
- Relatar sobre as possíveis causas e registrá-las no diagrama.
- Construir um Diagrama agrupando as causas em “6M” (Mão de obra, Máquina, matéria-prima, Método, e Meio-ambiente).
- Analisar o diagrama, a fim de identificar as causas verdadeiras.
- Correção do problema

Para realizar o diagrama de Ishikawa, devem-se buscar pessoas especializadas no problema estudado, como operadores, engenheiros, ou qualquer pessoa que realmente entenda sobre o tema estudado. Essas pessoas juntas irão discutir abertamente sobre o tema proposto. Esse processo é chamado de Brainstorming (SANTOS; CECCATO; MICHELON, 2011).

### 2.3. Ferramenta 5W1H

A ferramenta 5W1H é um método de plano de ação muito efetivo de simples aplicação e que se conseguem inúmeros resultados. Essa ferramenta se baseia em um checklist de atividades bem específicas que precisam ser executadas para a resolução de problemas (DOS ANJOS, 2018).

Na figura 5, é apresentado as principais perguntas relacionadas ao 5W1H.

Figura 5 – Plano de Ação 5W1H

5W1H		
What	O que?	O que deve ser feito?
Who	Quem?	Quem será o responsável?
Where	Onde?	Onde deve ser executado?
When	Quando?	Quando deve ser executado?
Why	Por quê?	Porque deve ser executado?
How	Como?	Como deve ser executado?

Fonte: Adaptado de Negrão et al. (2019)

### 3. Método de pesquisa

A pesquisa, de abordagem qualitativa, se caracteriza como um estudo de caso. Para os autores, a escolha do método de pesquisa se fez pela necessidade de observação e análise dos parâmetros a serem estudados. Além disso, existe uma determinação em aprofundar seus conhecimentos sobre o tema de pesquisa proposto neste trabalho, devido a sua importância dentro das empresas.

A empresa estudada foi escolhida devido à importância que ela exerce dentro do setor onde atua, e pela importância que exerce em toda a região, por movimentar a economia, inclusive empregando 3700 funcionários.

Além disso, a empresa estudada possui um processo de produção contínuo, que funciona durante vinte e quatro horas por dia, durante os sete dias da semana, no seu período de safra. Devido à importância da disponibilidade dos equipamentos para a confiabilidade do processo, são necessários planos de manutenção bem elaborados e funcionários capacitados que entendam sobre como deve ser realizado o processo de manutenção nos equipamentos, de modo que se garanta a disponibilidade e a confiabilidade.

Tendo em vista esse contexto, a ferramenta escolhida para realizar a análise do processo de manutenção dos ares-condicionados foi a ferramenta FMEA, devido à sua fácil utilização e sua efetividade quando utilizada de forma correta.

A coleta de dados foi realizada com múltiplas formas de evidências: realização de entrevistas com os colaboradores do setor de manutenção (mecânicos, auxiliares e encarregados), observação do dia a dia de trabalho dos mecânicos e por último, a realização da análise da documentação cedida pela empresa. O período de coleta de dados aconteceu entre os meses de julho e agosto de 2020. O equipamento objeto de estudo foram os ares-condicionados utilizados no processo de produção na refrigeração das salas de controle de máquinas. O período de dados analisados se estendeu de abril a agosto de 2020.

Depois de realizada a coleta de dados, foi feita a análise dos dados, utilizando os conceitos abordados na revisão bibliográfica sobre as etapas de realização do FMEA com o intuito de se analisar os modos, efeitos e causas de falha do equipamento estudado.

Dessa forma, foi possível propor soluções viáveis para as causas de falha que possuíam mais riscos conforme o índice do RPN, utilizando a ferramenta 5W1H. Para uma melhor gestão dos dados, foi utilizado a ferramenta Microsoft Excel para auxiliar na organização das informações coletadas, além de auxiliar no processo de análise dos dados.

#### **4. A empresa**

A empresa se localiza no interior de São Paulo, na zona rural da cidade de São Joaquim da Barra, e atua no setor sucroenergético. Possui três principais produtos: açúcar cristal, etanol e energia elétrica. Seus principais clientes são a Coca-Cola, Nestlé, Petrobrás, Pepsico, Mondeléz, CPFL Energia, dentre outras. Sua capacidade de produção está em torno de 10.500.000 sacas de açúcar com o total de moagem em torno de 6.700.000 toneladas de cana-de-açúcar, 2.500.000 litros de etanol e 250 Gwh de energia cogeraada.

##### **4.1. Descrição da função do ar-condicionado na empresa**

Utilizados no processo de produção a fim de realizar a refrigeração das salas do centro de controle de máquinas (CCM), os ares condicionados são de modelo industrial, num total de 70 equipamentos, localizados em toda a planta industrial. No CCM, encontram-se todos os

painéis de controle dos equipamentos. É de grande importância que a temperatura de dentro da sala esteja controlada em 26 °C (temperatura de projeto), para a manutenção da vida útil dos painéis de comando.

Perante a importância dos ar-condicionados para a empresa e pelo fato de que o equipamento não possui um planejamento de prevenção de falhas implantado, será apresentado a seguir o desenvolvimento da ferramenta FMEA como primeira etapa de elaboração de um plano de ação com ações corretivas e preventivas para a manutenção desse equipamento na empresa estudada.

### 5. Elaboração e Resultados do FMEA

Com a aplicação da ferramenta FMEA, foi possível identificar três modos de falha, que foram: “equipamento congelado”, “compressor não funciona” e “vazamento de fluido refrigerante” para o equipamento de estudo.

A partir disso, foram encontradas 17 causas de falha por meio da utilização da ferramenta Diagrama de Ishikawa. As causas foram alocadas de acordo com a classificação 6M, e a análise foi realizada de acordo com cada modo de falha específico. As causas encontradas serão apresentadas no quadro 1.

Quadro 1 – Causas de Falha

Equipamento	Função	Falha	Modo de Falha	Efeito de Falha	Causa de Falha	
					A	M
Ar-condicionado	Refrigerar o ambiente	Não refrigerar	Equipamento Congelado	Aumento da temperatura na sala do CCM Pane nos painéis Parada no processo de produção	A1	Relé Travado
					A2	Motor do ventilador parado
					A3	Termostato desregulado
					A4	Falta de fluido refrigerante
					A5	Quantidade de fluido muito alta/muito baixa
			A6		Sujidades/Entupimento na serpentina	
			A7		Correia desregulada	
			A8		Correia danificada	
			A9		Fiação danificada	
			A10		Capacitor do motor danificado	
			A11		Capacitor do motor queimado	
			A12		Chave seletora danificada	
			A13		Termostato danificado	
			A14		Queima do compressor	
			A15		Furo na tubulação	
			A16		Tubulação desgastada	
			A17		Fluido refrigerante de baixa qualidade	
			Compressor não funciona			
			Vazamento de Fluido Refrigerante			



### 5.1. Determinação dos índices

Para determinar os índices de severidade, foram utilizados os critérios estabelecidos no quadro 2.

Quadro 2 – Índice de Severidade

Severidade		
ÍNDICE	SEVERIDADE	CRITÉRIO
1	Mínima	Falha simples, que pode ser realizada a manutenção sem a parada do equipamento
2	Pequena	Falha simples, entretanto deve ser realizada a parada do equipamento para fazer a manutenção
3		
4		
5	Moderada	Falha mais complexa, entretanto não é necessário fazer a parada do equipamento
6		
7	Alta	Falha mais complexa, exige um tempo de manutenção maior, e também deve ser realizada a parada do equipamento
8		
9	Muito Alta	Falha altamente complexa que pode afetar a produção.
10		

Fonte: Adaptado de Toledo et al. (2012)

Para ser calculado os índices de ocorrência foram utilizados os critérios estabelecidos no quadro 03.

Quadro 3 – Índice de Ocorrência

Ocorrência		
ÍNDICE	OCORRÊNCIA	CRITÉRIO
1	Remota	Não possui histórico de falhas
2	Pequena	A falha é difícil de acontecer
3		
4		
5	Moderada	Existe registros de falha frequentes
6		
7	Alta	Número alto de falhas
8		
9	Muito Alta	A falha é quase inevitável
10		

Fonte: Adaptado de Toledo et al. (2012)

Para calcular o índice de detecção, foram utilizados os critérios estabelecidos no quadro 4.

Quadro 4 – Índice de Detecção

Detecção		
ÍNDICE	DETECÇÃO	CRITÉRIO
1	Muito Grande	A falha será detectada de imediato
2		
3	Grande	A falha será detectada de forma fácil
4		
5	Moderada	A falha pode ser detectada facilmente
6		
7	Pequena	A falha não será detectada facilmente
8		
9	Muito pequena	É provável que a falha não será detectada
10		

Fonte: Adaptado de Toledo et al. (2012)

A partir da quantificação dos índices, foi possível realizar o cálculo do RPN. Com o cálculo, que é apresentado junto com o FMEA no quadro 5, foram priorizadas quatro causas, que de acordo com o risco do RPN, são as que necessitam de uma prioridade maior em serem resolvidas. Para definir as ações necessárias de correção, foi realizada a aplicação de um 5W1H, que será apresentado no quadro 6.

Quadro 5 – FMEA

Equipamento	Função	Falha	Modo de Falha	Efeito de Falha	Causa de Falha			RPN		
					S	O	D			
Ar-condicionado	Refrigerar o ambiente	Não refrigerar	Equipamento Congelado	Aumento da temperatura na sala do CCM Pane nos painéis Parada no processo de produção	A1	Relé Travado	3	4	6	72
					A2	Motor do ventilador parado	3	5	3	45
					A3	Termostato desregulado	1	6	2	12
					A4	Falta de fluido refrigerante	3	6	8	144
					A5	Quantidade de fluido muito alta/muito baixa	3	4	6	72
					A6	Sujidades/Entupimento na serpentina	3	8	2	48
					A7	Correia desregulada	3	4	3	36
			A8		Correia danificada	3	6	4	72	
			A9		Fiação danificada	3	3	6	54	
			A10		Capacitor do motor danificado	3	3	6	54	
			A11		Capacitor do motor queimado	3	4	6	72	
			A12		Chave seletora danificada	3	4	5	60	
			A13		Termostato danificado	3	4	3	36	
			A14		Queima do compressor	3	6	5	90	
			A15		Furo na tubulação	3	6	7	126	
			A16		Tubulação desgastada	3	6	3	54	
			A17		Fluido refrigerante de baixa qualidade	1	2	7	14	

Fonte: Autoria própria (2020)

Quadro 6 – 5W1H

Causas	What (O que?)	Where (Onde?)	Why (Por quê?)	When (Quando?)	Who (Quem)	How (Como?)
A15	Soldagem da tubulação	Equipamento	Para estancar o vazamento de fluido	Imediato	Mecânicos	Relizando a soldagem da tubulação
	Substituição da tubulação	Equipamento	Para estancar o vazamento de fluido, devido que a tubulação está desgastada	Imediato	Mecânicos	Relizando a substituição da tubulação
A4	Verificar o que esta causando a falta de fluido	Equipamento	A falta de fluido pode ocasionar a não refrigeração do ambiente e também pode causar a queima do compressor	Imediato	Mecânicos	Averiguar de onde vem o vazamento
A14	Substituição do Compressor	Equipamento	A queima do compressor impede que o equipamento funcione corretamente	Imediato	Mecânicos	Substituição do compressor
	Revisão periódica do nível de fluido	Equipamento	Para evitar que o compressor queime devido a falta de fluido	Período de safra	Mecânicos	Utilizando o manômetro
A18	Troca da marca do fluido refrigerante	Empresa	Para não danificar o equipamento (corrosão nas tubulações do equipamento), além de ser uma ação preventiva	Entressafra	Setor de compras junto com o setor de manutenção	Escolha de um fluido refrigerante de qualidade superior

Fonte: Autoria própria (2020)

A causa A4 diz respeito à falta de fluido refrigerante. O fluido refrigerante é um composto químico que se altera de estado físico (líquido ou gasoso) de acordo com o processo de refrigeração do ar-condicionado. O fluido tem a capacidade de absorver todo o calor do ambiente e passa-lo para fora do ambiente.

O sistema de refrigeração de um ar-condicionado é um sistema fechado devido ao fluido somente passar por transformações físicas dentro de todo o sistema refrigerante. Devido ao que foi citado anteriormente, não é possível que o fluido acabe ou se esgote. Portanto, para essa causa em questão, realizar a recarga de fluido não é uma solução viável, pois mesmo que ocorra a recarga, o fluido irá continuar a vazar sem resolver o problema original.

A falta de fluido refrigerante acontece principalmente por conta de vazamentos nas tubulações do sistema refrigerante, e sua falta pode ocasionar tanto a falta de refrigeração no ambiente, como a queima do compressor. Como sugestão para uma das soluções desse problema, deve ser averiguada a causa dos vazamentos. Os vazamentos de fluido refrigerante acontecem

principalmente devido a furos na tubulação, inclusos na causa A15. Portanto, outra solução da causa A4 será apresentada junto com a causa A15.

Foram propostas três formas para detectar onde estão os vazamentos existentes:

- Utilização do teste de estanqueidade;
- Utilização de um detector de vazamento eletrônico portátil de mão;
- Utilização de um detector de vazamento por luz ultravioleta.

A empresa já utiliza o teste de estanqueidade para a detecção dos vazamentos. Porém, esse teste possui um processo bem longo, além de necessitar de apoio externo para realizar o procedimento.

Com base em pesquisas e por sugestão dos mecânicos da empresa, foram encontrados dois métodos que podem auxiliar a detecção dos vazamentos em um tempo menor, que é a utilização de um detector de vazamento eletrônico e a utilização de um detector de vazamento por luz ultravioleta. Como sugestão de melhoria da detecção de vazamentos, foi proposto que a empresa integre os dois equipamentos sugeridos acima no dia a dia da manutenção, a fim de tornar o processo de detecção mais rápido e eficiente.

Com a descoberta da origem, quantidade e tamanho dos furos na tubulação é possível determinar qual a melhor ação a ser tomada. Se os furos causarem micro vazamentos, a solução mais viável é a realização da solda na tubulação. Entretanto, se a tubulação já tiver pontos de solda ou se não existir alguma forma de corrigir os furos, é recomendado realizar a substituição de toda a tubulação do sistema.

Para ações preventivas relacionadas a essa causa de falha, deve-se averiguar o porquê da utilização do fluido refrigerante de má qualidade, que em questão é a causa A17 apresentada no FMEA, e propor uma solução para esse problema, devido à qualidade do fluido poder influenciar no estado da tubulação do sistema refrigerante.

A causa A14 especifica a queima do compressor, que tem a função de fazer a compressão do fluido refrigerante para a refrigeração do ambiente. Nesse caso, a melhor solução para essa causa seria a substituição do compressor, pelo fato de que, se ele está queimado, o ar-condicionado não realiza o procedimento de compressão do fluido, não refrigerando o ambiente. Panin (2018) diz que a substituição dos componentes é vantajosa por conta de aumentar a vida útil do equipamento, e com isso irá reduzir custos com possíveis manutenções futuras, e com isso, prolongar sua vida útil.

Em relação a ações preventivas sobre a queima do compressor, sugere-se que se realizem verificações periódicas no nível de fluido refrigerante.

A causa A17 especifica a má qualidade do fluido refrigerante. Mesmo não sendo considerada prioridade de acordo com o índice do RPN, é uma causa que deve ser bem avaliada, pois a má qualidade do fluido refrigerante pode aumentar o nível de corrosão da tubulação, causando um desgaste mais rápido, podendo inclusive danificar os componentes que estão em contato direto com o fluido. Para solução do problema, é sugerido que a empresa substitua o fluido refrigerante por um de qualidade superior, para que os danos futuros sejam reduzidos, inclusive os custos com manutenções.

Assim, podem-se resumir as ações preventivas para os ares-condicionados que serão apresentados no quadro 7.

Quadro 7 – Ações Preventivas

Ações Preventivas	O que será feito
Revisão periódica do nível de fluido refrigerante	Será verificado o nível de fluido refrigerante no equipamento utilizando um manômetro.
Troca do fluido refrigerante	Será averiguado junto com o setor de compras qual o melhor fluido que deve ser comprado

Fonte: Autoria própria (2020)

## 5. Conclusões

O presente trabalho utilizou como base a ferramenta FMEA para realizar uma análise do processo de manutenção dos ares-condicionados de tipo industrial da empresa estudada.

De início, foi realizada uma revisão bibliográfica para se ter um embasamento teórico sobre as ferramentas utilizadas. Em seguida, foi realizada a coleta de dados por meio de entrevistas, análise da documentação fornecida pela empresa e pela observação do dia a dia dos mecânicos e auxiliares. Dessa forma, foi possível realizar a aplicação da ferramenta.

Durante a análise dos resultados, foi possível descobrir os modos, efeitos e causas de falha dos equipamentos. Com isso, foi possível realizar o cálculo do RPN, por meio da quantificação dos índices de severidade, ocorrência e detecção. A partir do índice do RPN, foi possível realizar a priorização de quatro causas de falha que mais necessitavam de correção: falta de fluido refrigerante, furos na tubulação, queima do compressor e fluido refrigerante de



baixa qualidade. Com essa identificação, realizou-se um plano de ação com a ferramenta 5W1H, a fim de propor soluções preventivas e corretivas.

As principais dificuldades encontradas durante este trabalho foram relacionadas ao difícil acesso aos dados necessários. Além disso, outra limitação encontrada foi a dificuldade em encontrar pesquisas relacionadas ao tema de estudo relacionados a ares-condicionados.

Devido a essas dificuldades, este estudo se torna importante por se tornar um embasamento para outros trabalhos que tratem do mesmo tema, a fim de auxiliar outras empresas que também possa ter as mesmas dificuldades encontradas.

Por fim, conclui-se que todos os objetivos propostos no trabalho foram realizados, e que a aplicação da ferramenta FMEA, aliada a ferramentas como o Diagrama de Ishikawa e 5W1H, foi bastante efetiva, aumentando a confiabilidade da análise dos dados encontrados.

## REFERÊNCIAS

CARPINTELLI, L.C.R. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2016.

CORREIA, A.F.G. **Análise de Risco com recurso à FMEA: Propostas para a graduação da severidade e ocorrência**. 2016. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Porto.

DOS ANJOS, J.S. **Falhas na manutenção de pneus em uma frota de caminhões: uma análise das causas aplicando a ferramenta FMEA**. 2018. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial) – Universidade Federal do Pará, Abaetetuba.

GONÇALVES, L.C.A.G. et al. Aplicação do método FMEA no sistema abastecimento de matéria-prima em uma indústria produtora de álcool combustível. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 35., 2015, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABEPRO, 2015. 15p.

NEGRÃO, J. et al. Métodos de roteirização de veículos: uma revisão da literatura. In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. 9., 2019, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: APREPRO, 2019. 11p.

PANIN, L.K. **Novos componentes aumentam a vida útil dos equipamentos**. 2018. Disponível em: <<http://www.tecniar.com.br/noticias/novos-componentes-aumentam-vida-util-dos-equipamentos-2/>>. Acesso em: 10 out. 2020.

PEDROSA, B.B.M. **Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) aplicada a um Secador Industrial**. 2014. 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.



RODRIGUES, M. V. **Ações para a Qualidade**. 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2010.

SANTOS, D.S. ; CECCATO, M.S. ; MICHELON, M.H. **Eficiência da ferramenta 8D aplicada em uma indústria do setor metal-mecânico – estudo de caso**. 2011. 78f. Trabalho de Conclusão de Curso) – Graduação em Engenharia de Produção, FAE Centro Universitário, Curitiba.

SILVA, A.L. et al. Implantação do diagrama de Ishikawa no sistema de gestão da qualidade de uma empresa de fabricação termoplástica para resolução e devolutiva de relatórios de não conformidade enviados pelo cliente. **Revista Gestão em Foco**, p. 387-397, 2018.

TOLEDO, J. C. et al. de. **Qualidade: Gestão e Métodos**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

TOVAR, P.H.H. **Análise FMEA para aplicação da metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade: estudo de caso em motor hidráulico Poclain**. 2017. 65f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.