

## **APLICAÇÃO DO MÉTODO PDCA: UM ESTUDO DE CASO NO PROCESSO DE UTILIDADES**

**Isabel Santana Borges Ferreira, Universidade de Uberaba, isabelengenharia@gmail.com**  
**Mayk Myller Alves Cardoso, Universidade de Uberaba, maykmyller19@hotmail.com**  
**Wagner Magno da Cunha Bastos, Universidade de Uberaba, wagner\_bastos@hotmail.com**  
**Núlia Félix Luís, Universidade de Uberaba, nulia\_go@hotmail.com**  
**Nilson José Fernandes, Universidade Federal de Goiás, nilsonjf10@gmail.com**

***Resumo:** No atual cenário em que o mercado é altamente competitivo necessariamente as empresas buscam por melhorias contínuas em todos seus setores. A metodologia PDCA vem sendo amplamente implementada nas indústrias por ser uma metodologia de simples aplicação e fácil adaptação à cultura das organizações. Devido esta versatilidade, pode ser utilizada também no tratamento de não conformidades, desenvolvimento de novos produtos e implementação de padrões. O presente trabalho teve como objetivo apresentar estudos feitos no setor de manutenção de uma indústria na região do Triângulo Mineiro em que foi utilizada a metodologia PDCA para identificação e solução de problemas nos processos de manutenção preventiva e corretiva de equipamentos do setor de utilidades. O método PDCA foi aplicado nos setores onde os volumes de ordens de serviços corretivos apresentavam maiores reincidências de manutenções, impactando diretamente no processo produtivo e, conseqüentemente, nos indicadores de desempenho chaves (KPI's) da organização. Resultados positivos foram notoriamente obtidos com a aplicação do método, observando-se reduções ordem de 40% nos serviços de manutenção elétrica e mecânica.*

***Palavras-chave:** PDCA, utilidades, melhoria contínua, manutenção.*

### **1. INTRODUÇÃO**

Nos ambientes industriais a demanda por melhorias de processos estimula a criação de métodos para investigar falhas, melhorar níveis de controle, bem como proporcionar um plano consistente para atingir metas e desafios. Para promover resultados utilizando métodos e técnicas é preciso realizar um diagnóstico do estado atual do processo, identificar as falhas que desestabilizam os resultados e, em seguida, aplicar a melhoria contínua (CAMPOS, 1992).

Diante desse contexto, existe uma metodologia amplamente utilizada nas indústrias chamada de ciclo PDCA (Planejar, Executar, Checar e Agir). Foi desenvolvida no século XX para auxiliar na determinação de objetivo e promover uma ruptura nos resultados atuais, buscando melhorias nos processos e redução nos custos operacionais (WERKEMA, 2013).

O método PDCA aplicado na área de manutenção vem sendo utilizado constantemente nas indústrias para evitar ou diminuir quebras/falhas em equipamentos críticos, ou seja, aqueles que afetam diretamente o processo de produção. O presente artigo apresenta um estudo de caso em que o método PDCA foi aplicado no setor de utilidades em uma indústria de fumo e cigarro, visando reduzir em média 35% dos problemas causados por manutenção nas áreas de elétrica e mecânica.

### **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **2.1. Ciclo PDCA e Ferramentas de qualidade**

Conforme Campos (1992), um dos métodos mais difundidos no gerenciamento das indústrias é o ciclo ou método PDCA (do inglês *Plan, Do, Check e Act*). O método é baseado na melhoria contínua

para solução de problemas e otimização de processos, pois proporciona o gerenciamento estratégico da organização e alinhamento com todos os colaboradores sobre a importância de se alcançar os objetivos de forma consistente.

O ciclo PDCA utiliza quatro etapas que interagem de forma cíclica na busca pela melhoria contínua dos processos (CAMPOS, 1992). Conforme Fig. (1) abaixo, podemos observar as fases que compõe a metodologia:

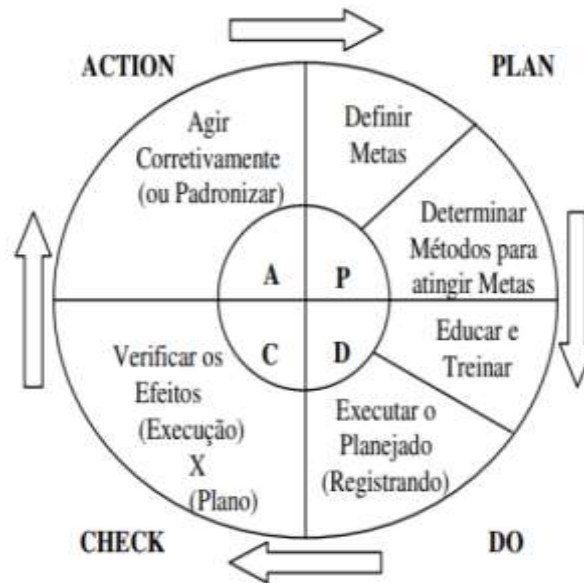


Figura 1: Etapas do PDCA (Fonte: Campos (1992, p. 30))

Segundo Seleme (2012), algumas ferramentas da qualidade colaboram com a solução dos problemas durante as etapas do PDCA. Alguns exemplos são:

- Fluxograma do processo: colabora com o entendimento do problema, no qual se obtém conhecimento do processo ou sistema;
- Gráfico de Pareto: estabelece prioridades através de um gráfico de barras em que se ordenam as frequências das ocorrências dos problemas;
- Diagrama de causa efeito ou diagrama de Ishikawa: em uma representação gráfica de espinha de peixe a ferramenta relaciona resultados do processo (efeito) com fatos (causas).

Conforme Werkema (2013), existem ainda outros tipos de ferramentas de qualidade que também colaboram com a melhoria contínua. Entre elas estão:

- 5W2H: ferramenta utilizada para o planejamento das ações de ajuste/correção;
- 5 porquês: consiste no questionamento por cinco vezes sobre o problema ou defeito, afim de descobrir sua real causa raiz.

Existe também uma ferramenta de qualidade chamada BIO (benefícios, investimento, operacionalidade), que é usada para priorizar as causas e soluções com simplicidade, facilitando assim, a agilidade na implantação das soluções (MOURA, 2020).

## 2.2. Manutenção Industrial

Segundo Rodrigues *et al.*, (2017), a manutenção tem um papel fundamental nas atividades industriais, sendo responsável por evitar degradações dos equipamentos e instalações causadas pela ação da natureza e/ou por decorrência de sua utilização.

Conforme Kardec (2009), existem três principais tipos de manutenções adotadas pelas indústrias. Elas são: a manutenção corretiva, que é manutenção em equipamentos de forma não planejada; a manutenção preventiva, que é a manutenção realizada de forma planejada com o objetivo de reduzir ou impedir falhas e, por fim; a manutenção preditiva, que é manutenção baseada na tentativa de definir um estado futuro de equipamentos ou maquinários através de coletas de dados por análises de vibrações, temperatura, físico-química de óleo, entre outros.

### **2.3. Setor de Utilidades nas indústrias**

Conforme Shreve (1997), nas indústrias de processos existem diferentes setores internos que auxiliam na fabricação de produtos. O setor de utilidades fornece sistemas funcionais que servem de base para o funcionamento da indústria na execução dos processos produtivos. Seus maquinários são responsáveis pelo fornecimento de insumos que alimentam as necessidades da produção, tais como: vapor, energia elétrica, água tratada, sistema de água gelada, sistema de vácuo, ar comprimido, produtos químicos, gás GLP, tratamento de efluentes industriais, entre outros.

## **3. METODOLOGIA**

O estudo de caso desenvolvido nesta pesquisa foi de caráter descritivo. Durante o desenvolvimento do trabalho foram usadas fontes secundárias baseadas em artigos científicos nacionais e livros. Também utilizou-se fontes primárias de pesquisa através de observações diretas no setor de utilidades.

Com relação à abordagem de pesquisa, utilizou-se a combinação da pesquisa quantitativa e qualitativa. Quanto ao método de pesquisa foi adotado o estudo de caso, que foi realizado na área de utilidades na região do Triângulo Mineiro na cidade de Uberlândia – MG, em uma empresa prestadora de serviços no setor de Engenharia e Manutenção Industrial, na qual faz a gestão da área e controla as utilidades que alimenta a produção, tais como: vapor saturado, sistema de despoeiramento de particulados de fumo nos setores de produção, ETA (Estação de Tratamento Águas), ETE (Estação de Tratamento de Efluentes), ETT (Estação de Tratamento Terciário), energia elétrica, sistema de refrigeração de água, ar comprimido, central de vácuo e outros insumos.

Dessa forma, visitas foram realizadas na empresa estudada para conhecer o processo, entender o contexto do ambiente da pesquisa, buscar fontes de evidências e coletar dados necessários ao desenvolvimento dos trabalhos. Estes foram coletados e analisados através dos documentos disponibilizados pela empresa.

Para realizar os cálculos, as informações foram coletadas e analisadas pelo *software Enterprise Resource Planning* (ERP), conhecido na empresa com *Eggy*. O mesmo é usado para gerir todas as ordens de serviços de manutenção. Os dados foram coletados num período de 12 meses (janeiro à dezembro de 2020), sendo o período de janeiro à março destinados para análises iniciais, de abril à junho para implementação dos planos de ação, e de julho à dezembro para acompanhamento dos resultados.

### **3.1. P - Planejamento**

#### **3.1.1. Conhecimento do cenário atual e macroprocesso do setor de utilidades**

A investigação iniciou com o entendimento do processo de utilidades, identificando-se desta forma os equipamentos que mais impactam no processo de fornecimento de insumos para produção. A Fig. (2) a seguir apresenta o fluxograma do processo e seus equipamentos críticos.

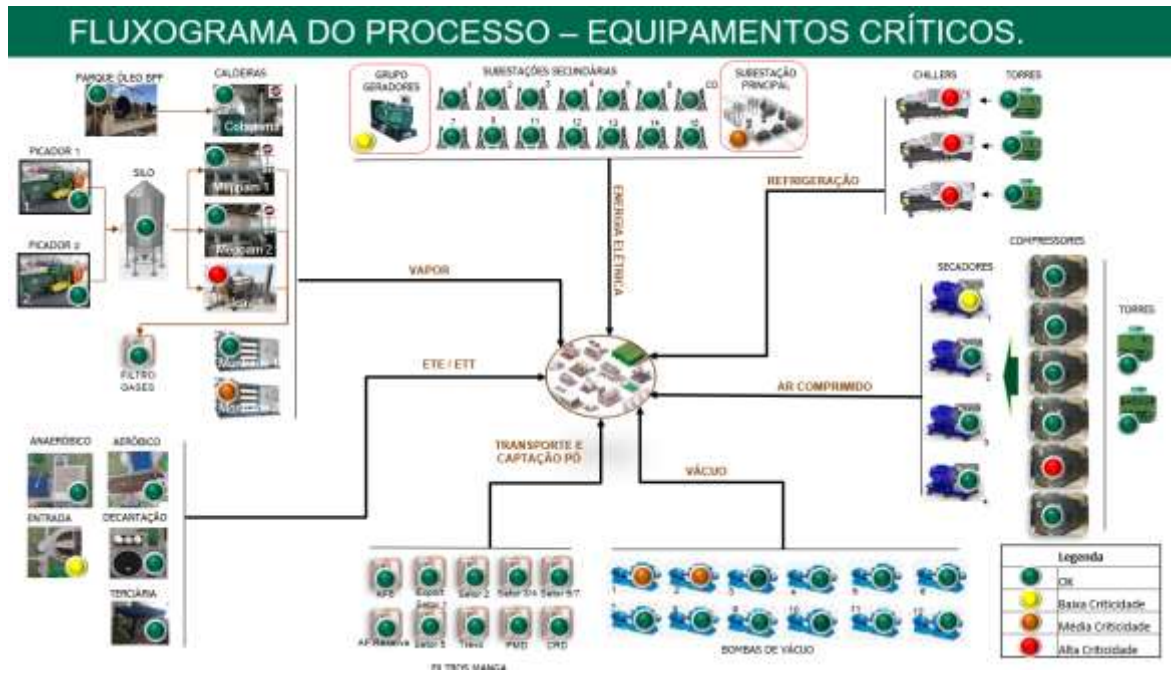


Figura 2: Fluxograma do Processo e Equipamentos Críticos (Fonte: Autores (2020)).

### 3.1.2. Investigação inicial dos problemas com maior intermitência

Foi utilizado o *software* de ERP para se obter as informações sobre os números de ordens de serviços corretivos no setor de utilidades. Aplicou-se o diagrama de Pareto, conforme apresentado na Fig. (3), durante os meses de janeiro a março de 2020.

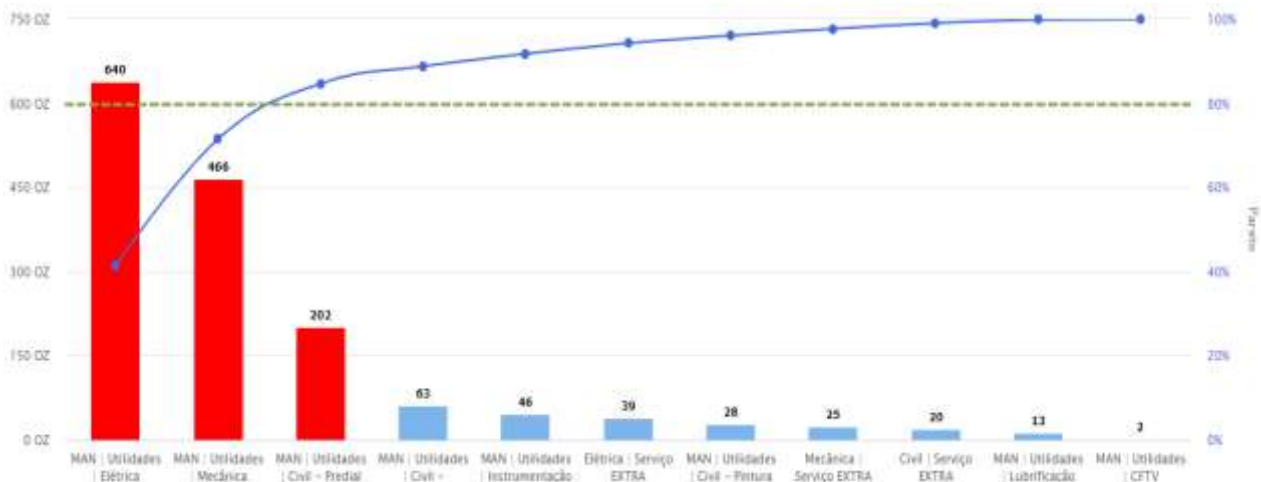


Figura 3: Diagrama de Pareto – Janeiro a Março de 2020 (Fonte: Autores (2020)).

Foi possível observar que as manutenções corretivas que mais impactavam o setor de utilidades eram os serviços de elétrica e mecânica. Dessa maneira, estabeleceu-se a meta de reduzir em 35% os problemas nestas duas frentes de trabalho.

### 3.1.3. Observar e priorizar problemas

Uma vez conhecido os principais problemas dos setores (manutenções elétricas e mecânicas), foi aplicado o diagrama de Pareto para priorizar quais equipamentos apresentavam maior número de manutenções corretivas, de acordo com as Figs. (4) e (5).

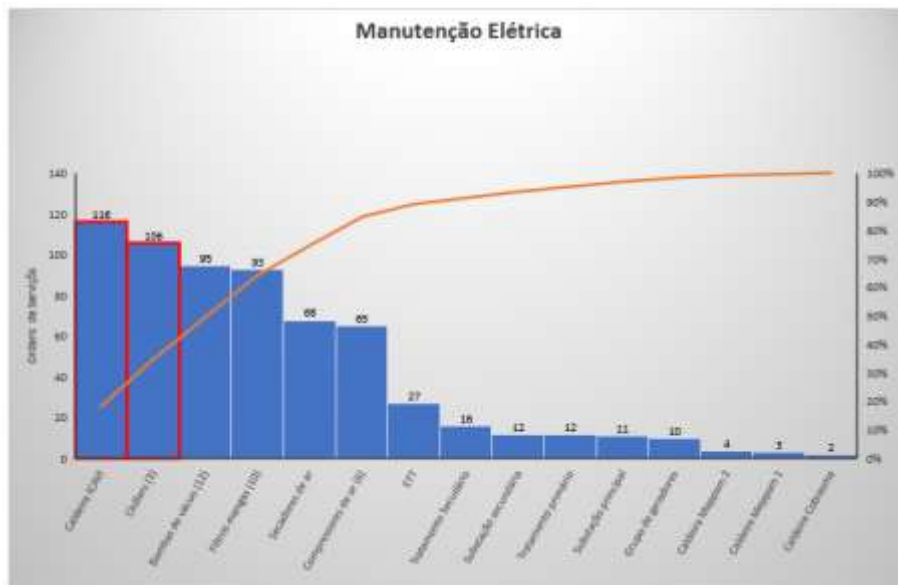


Figura 4: Equipamentos altos índices de manutenção elétrica corretiva (Fonte: Autores (2020)).

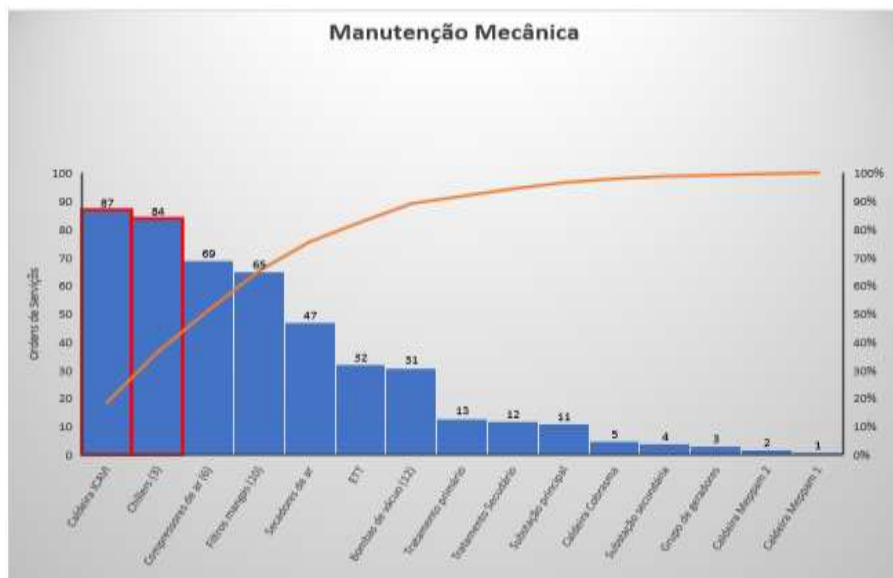


Figura 5: Equipamentos altos índices de manutenção mecânica corretiva (Fonte: Autores (2020)).

Conforme evidenciado nas Figuras 4 e 5, foram priorizados os equipamentos marcados em vermelho, sendo a caldeira ICAVI e os três Chillers, os equipamentos que apresentavam os maiores índices de manutenções corretivas. Além disso, foi evidenciado ainda que estes equipamentos são de alta criticidade para setor de utilidades, conforme apresentado na Figura 2.

### 3.1.4 . Identificar e priorizar as possíveis causas

Foi identificado pelo *software* de ERP que os principais serviços corretivos mecânicos e elétricos são: ajuste em bombas, substituição de juntas de vedação, soldas em tubulações, substituição de medidores de vazões, substituição de sensores de níveis, substituição de válvulas, desarmes e rearmes de equipamentos, falhas de comunicação, ligação de cabos elétricos, substituição de inversores e *soft start*, queima de sensores, entre outras falhas.

Para identificar as possíveis causas raízes foi aplicado o diagrama de *Ishikawa*, conforme é apresentado na Fig. (6).

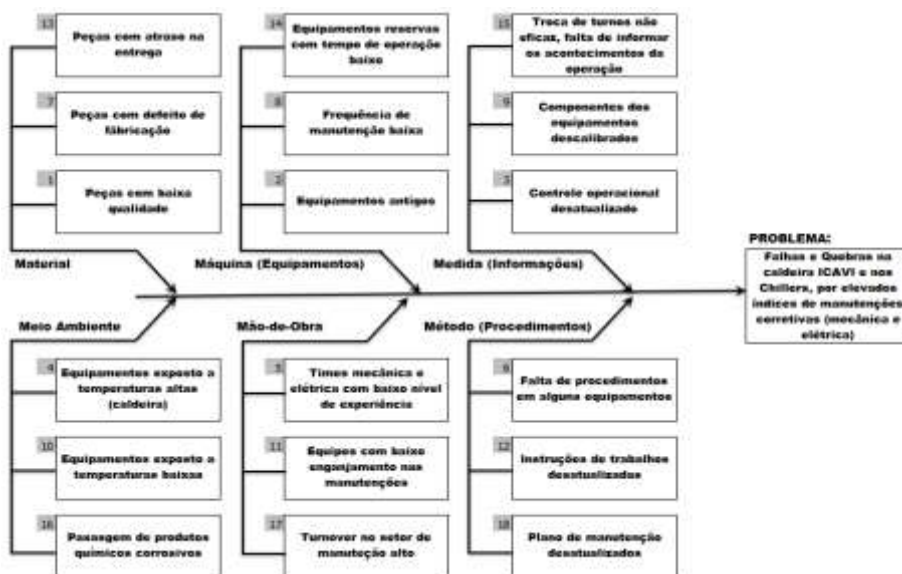


Figura 6: Diagrama de Ishikawa (Fonte: Autores (2020)).

Dos dados levantados no diagrama de *Ishikawa*, realizou-se uma matriz de priorização para definir as possíveis causas que mais influenciavam negativamente no processo de manutenção. A Fig. (7) apresenta a matriz de priorização identificada.

CAUSA INFLUENTE	PARTICIPANTES			
	Mayk	Wagner	Núlia	Total
1 Peças com atraso na entrega				
2 Peças com defeito de fabricação				
3 Peças com baixa qualidade				
4 Equipamentos expostos a temperaturas altas (caldeira)				
5 Equipamentos expostos a temperaturas baixas				
6 Passagem de produtos químicos corrosivos				
7 Peças com atraso na entrega				
8 Equipamentos reservas com tempo de operação baixo				
9 Frequência de manutenção baixa				
10 Equipamentos antigos				
11 Troca de turbinas não eficaz, falta de informar os acontecimentos de operação				
12 Componentes dos equipamentos descalibrados				
13 Controle operacional desatualizado				
14 Times mecânica e elétrica com baixo nível de experiência				
15 Falta de procedimentos em alguns equipamentos				
16 Equipos com baixo engajamento nas manutenções				
17 Instruções de trabalhos desatualizadas				
18 Plano de manutenção desatualizados				
19 Turnover no setor de manutenção alto				
20 Plano de manutenção desatualizados				
TOTAL	18	44	44	44
Notas 5	4	4	4	12
Notas 3	5	5	5	15
Notas 1	9	9	9	27
Total	18	44	44	105

**Legenda**

Nº de votos	
0,2 Forte (5)	4
0,3 Moderado (3)	5
0,5 Fraco (1)	9

Figura 7: Matriz de priorização das possíveis causas de manutenção (Fonte: Autores (2020)).

### 3.1.5 . Identificar causas reais e priorizar soluções

Em continuidade à identificação das causas raízes, aplicou-se a ferramenta dos 5 porquês para se aprimorar a análise e enfim propor soluções. A Fig. (8) apresenta a análise realizada.

Falhas e Quebras na caldeira ICAVI e nos Chillers, por elevados índices de manutenções corretivas (mecânica e elétrica)					
Causas	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?	Por quê?
Times mecânica e elétrica com baixo nível de experiência	Turnover das equipes manutenção mecânica e elétrica	Por falta de desenvolvimento profissional	Pelo fato de ser uma empresa terceirizada		
Peças com defeito de fabricação	Quando fazem as instalações das peças novas apresentam defeitos.	Porque a manutentores não estão fazendo testes nas peças quando chegam	Devido não apresentar checklist para inspeção das peças		
Instruções de trabalhos desatualizadas	Devido os manutentores não informa sobre a real situação do trabalho	Por habituar com a manutenções e não informar os detalhes	Falta de ensinaões sem uma instrução adequada de fácil entendimento	Por falta de atualizar as instruções de trabalho e garantir o entendimento de todos os trabalhadores	
Equipamentos reservas com tempo de operação baixo	Por falta de um procedimento que faça o revestimento dos equipamentos				
Plano de manutenção desatualizado	Quando os mecânicos e eletricitas fazem as manutenções não relatam os problemas para atualização	Devido falta de experiência durante as atividades	Falta de instrução de trabalho detalhada nos equipamentos		

Figura 8: Aplicação dos 5 porquês (Fonte: Autores (2020)).

Além disto, a ferramenta BIO foi utilizada para identificar a priorização das ações de correção dos problemas. As causas priorizadas foram: Peças com defeitos de fabricação, Instrução de trabalhos desatualizados, Equipamentos reservas com baixo tempo de operação e Plano de manutenção desatualizados.

### 3.1.6 . Elaborar plano de ação

O Fig. (10) a seguir apresentada a aplicação da ferramenta 5W2H para planejar e efetuar as ações de correção.

5W					2H		Status
O que? (What?)	Porque? (Why?)	Onde? (Where?)	Quem? (Who?)	Quando? (When?)	Como? (How?)	Quanto custa? (How much?)	
Criar checklist de rotina de equipamentos	Para melhorar fluxo de operação dos equipamentos	Engenharia de Utilidades	Lider de processos	até 06/04/2020	Mapeamento dos equipamentos da utilidades, fazer cronograma no excel e treinar a operação no checklist	Não terá custo	Feito
Criar checklist de inspeção de peças dos fornecedores	Identificar problemas iniciais das peças dos fornecedores	Engenharia de Utilidades	Lider de Manutenção	até 06/04/2020	Desenvolver checklist no excel e fazer treinamentos para os mecânicos recebedores de peças	Não terá custo	Feito
Fazer atualizações das instruções operacionais	Para evitar erros de operação	Engenharia de Utilidades	Lider de processos	até 20/04/2020	Fazer mapeamento das instruções, atualizar com informações detalhadas de operação e treinar equipe operacional	Não terá custo	Feito
Atualizações dos planos de manutenções dos equipamentos	Melhorar as inspeções pelas equipes de manutenção	Engenharia de Utilidades	Planejamento e Controle de Manutenção (PCM)	até 20/04/2020	Mapeamento dos equipamentos da utilidades com descrição de atividades sem detalhes, atualizar no SAP e treinar equipe de manutenção	Não terá custo	Feito

Figura 10: Ferramenta 5W2H (Fonte: Autores (2020)).

## 4. RESULTADOS E DISCUSÕES

### 4.1. Do – Executar

A aplicação do plano de ação foi executada durante os meses de abril até julho de 2020, com a colaboração dos líderes e com a equipe de planejamento de manutenção. Todo o trabalho contou ainda com o envolvimento das equipes de manutenção mecânica e elétrica para cumprir o plano de ação estabelecido na etapa anterior (item 3.1.6).

### 4.2. C – Checar

Visando mitigar as manutenções corretivas nas áreas de utilidades, foram elaborados diagramas de Pareto visando identificar os efeitos da aplicação do plano de ação nas áreas de manutenções elétrica e mecânica. Na Fig. (11) verifica-se a quantidade de falhas observadas nos meses de abril a julho de 2020:

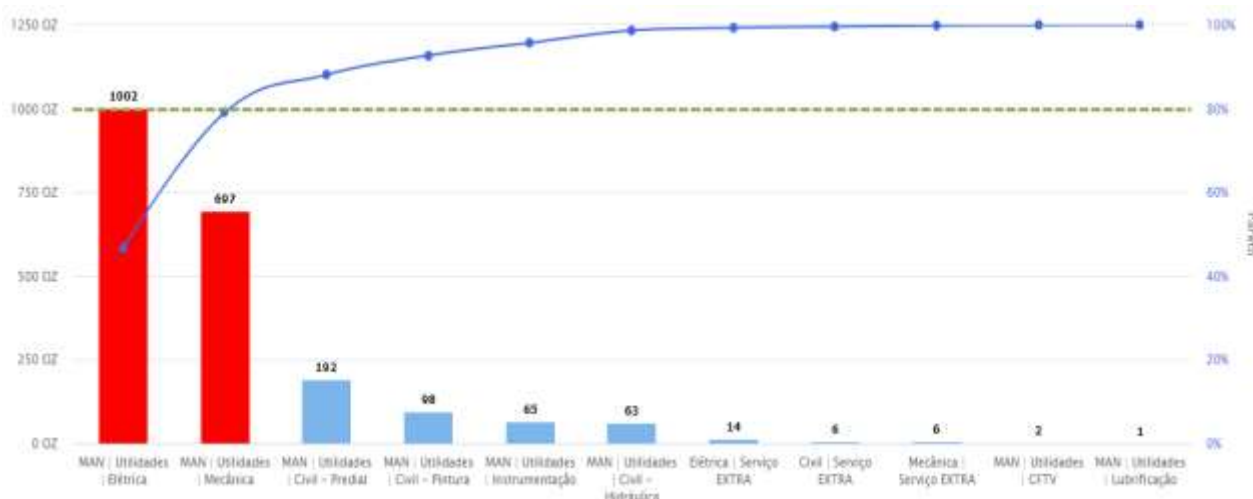


Figura 11: Diagrama de Pareto – meses abril até junho de 2020 (Fonte: Autores (2020)).

Em análise da Figura 11, é possível observar um aumento significativo na quantidade de ordens de serviços corretivos nas duas áreas de atuação mecânica e elétrica. Atribui-se este número ao fato de ser um período de adaptação e aplicação das ferramentas do plano de ação.

Comparando as figuras 3 e 11, observa-se um aumento na taxa de variação de 56,56 % de ordens de serviços elétricos, conforme cálculo pela Eq. (1) a seguir:

$$\text{Taxa de variação em porcentagem} = \left( \frac{\left( \frac{VF}{VI} \right)}{VI} \right) \times 100 \quad (1)$$

Em que VF é o valor final e VI o valor inicial.

Ainda relacionando as figuras 3 e 11, observa-se também um aumento de 49,67 % na taxa de variação de ordens de serviços mecânicos, também calculada pela equação 1.

A Fig. (12) a seguir finalmente apresenta o resultado do plano de ação durante os meses de julho a setembro de 2020.



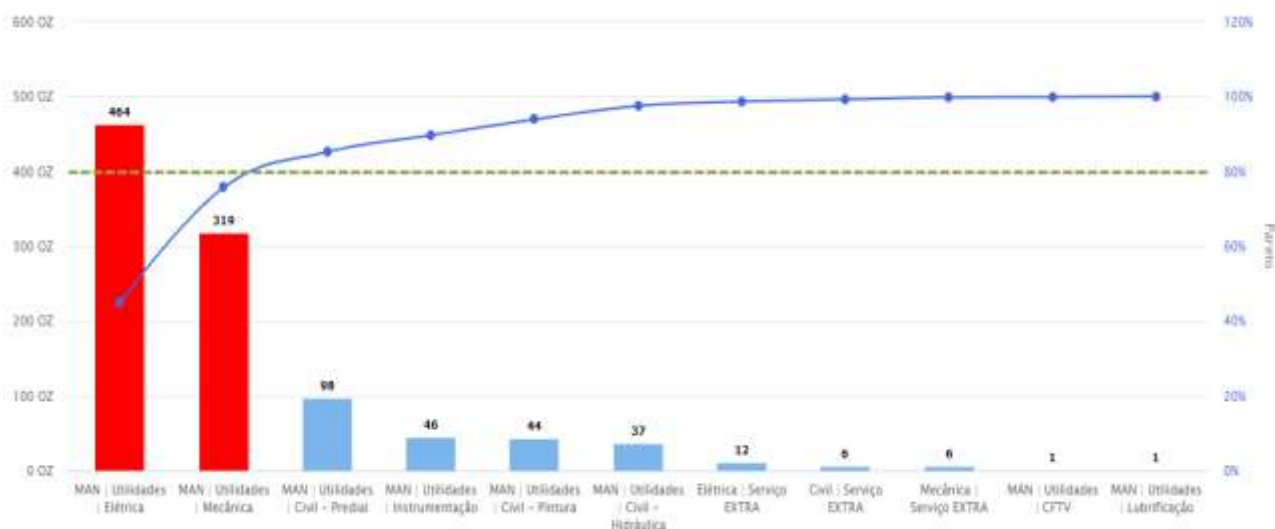


Figura 12: Diagrama de Pareto – meses julho a setembro de 2020 (Fonte: Autores (2020)).

Comparando-se agora as Figuras 3 e 12 é possível então observar uma redução significativa nos números de ocorrências de manutenções nas áreas de elétrica e mecânica, resultado do plano de ação implementado.

Analisando estas Figuras (3 e 12) observa-se uma redução na taxa de variação de 27,5 % de ordens de serviços elétricos e 31,55 % de ordens de serviços mecânicos conforme cálculos pela Equação 1. Mesmo havendo uma melhora nos resultados ainda não atingiu o objetivo do estudo que era de 35 %. Não obstante, a Fig. (13) apresenta finalmente o resultado final do plano durante nos meses de outubro a dezembro de 2020.

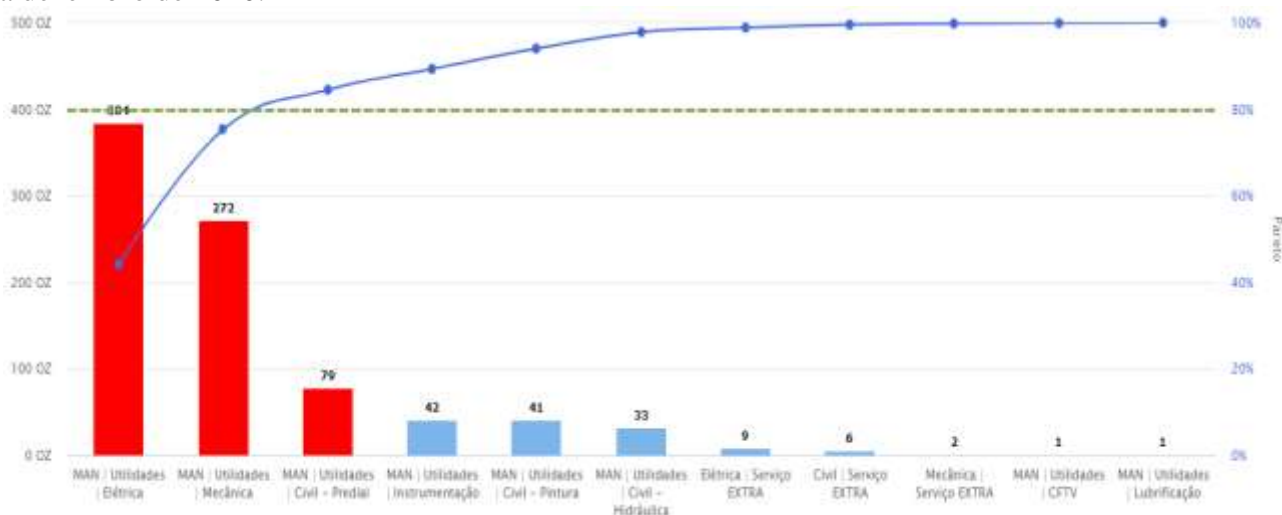


Figura 13: Diagrama de Pareto – meses outubro a dezembro de 2020 (Fonte: Autores (2020)).

Finalmente relacionando as Figuras 3 e 13 observa-se uma redução na taxa de variação de 40% de ordens de serviços elétricos e 41,63 % de ordens de serviços mecânicos, conforme cálculo realizado pela Equação 1. Dessa maneira contatou-se o alcance da meta estabelecida.

#### **4.3. A – Padronizar**

Após alcançado o objetivo do trabalho, as ações foram padronizadas usando o checklist de rodízio de equipamentos e a inspeção de peças de fornecedores. Também foi realizada a atualização dos planos de manutenção e instruções de trabalho, de acordo com as mudanças no layout dos equipamentos críticos.

### **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente estudo de caso analisou a utilização do ciclo PDCA na indústria de fumo e cigarro no setor de utilidades nas áreas de manutenções elétrica e mecânica. Por ser uma metodologia de simples aplicação, utilizou-se esta ferramenta para diminuir os índices de manutenções corretivas. Foi evidenciado que o conjunto de ferramentas e o processo sistemático da metodologia colaborou para alcançar a meta estabelecida de diminuir em média 35 % das manutenções corretivas, obtendo reduções de 40 % na manutenção mecânica e 41,63 % na manutenção elétrica.

Ao longo da pesquisa observaram-se muitos desafios quanto à interação entre as equipes de manutenções mecânica e elétrica na execução do plano de ação. Entretanto, um fator crucial para o resultado positivo foi o alinhamento entre os líderes das áreas.

Para trabalhos futuros envolvendo o setor de utilidades na área de manutenção recomenda-se elaborar o ganho financeiro da aplicação do ciclo PDCA e, em seguida, calcular o impacto em horas de operação dos equipamentos individuais que mais afetam o setor de utilidades.

### **6. REFERÊNCIAS**

- CAMPOS, V. F. TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês). 1º ed.- Nova Lima – Editora FALCONI, 1992.
- KARDEC, A.; NASCIFI J. Manutenção: função estratégica. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009.
- MOURA, N. C. S. Gestão BRF: Sistema de Excelência Operacional (SEO) – Treinamento PDCA e KAIZEN. p. 35. BRF. Uberlândia, MG. 2020.
- RODRIGUES, A. L. P. A utilização do ciclo pdca para melhoria da qualidade na manutenção de shuts. p. 23. Universidade de Santa Catarina: revista iberoamerican jonal of industrial engineering. Florianópolis, SC. Brasil. v. 9. n. 18. p. 70. 2017.
- SHREVE, R. N.; BRINK Jr. J. A. Indústrias de Processos Químicos. Ed Ltc. 4º Ed. p. 732. 1997.
- SELEME, R.; STADLER, H. Controle de qualidade: ferramentas essenciais. 186 p. 2º Ed. Editora IBPEX. Curitiba, PR. 2012.
- WERKEMA, C. Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

### **7. DIREITOS AUTORAIS**

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.