

**FACULDADE DOCTUM DE JOÃO MONLEVADE
INSTITUTO ENSINAR BRASIL – REDE DOCTUM DE ENSINO**

**A UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PDCA COMO DIRECIONADOR PARA CORREÇÃO
DE PROBLEMAS QUE AFETAM A QUALIDADE EM UM PROCESSO
PRODUTIVO**

Anderson Luis Vieira*
Renato Luiz Carvalho**

RESUMO

O propósito desta pesquisa foi analisar alguns desvios pertinentes às operações na usina de beneficiamento de uma empresa de extração mineral do Médio Piracicaba, local onde há vários processos de elevados investimentos e necessitam de um bom planejamento, de modo que seus dados sejam registrados e acompanhados objetivando eliminar as perdas dentro do processo, viabilizando ganhos na qualidade do produto mediante a correta utilização do método de gerenciamento PDCA para solução de problemas incorporando o uso de outras ferramentas da qualidade. Considerando a análise realizada com utilização de ferramentas como, o *Brainstorming*, o Diagrama de Árvore e a Matriz G.U.T. o problema priorizado foi o “Elevado volume de água (líquido filtrado) não recuperada no processo de Filtragem a Disco”, problema que impacta diretamente no desempenho da área, comprometendo indicadores importantes para o resultado. O método PDCA, compreende perfeitamente uma sequência de etapas que, se corretamente aplicadas, se traduzirão em aumento da produtividade, atingimento das metas e na obtenção dos resultados almejados por estas organizações.

*Graduando em Administração de Empresas na Faculdade Doctum de João Monlevade; andersonluisvieir@hotmail.com

**Professor orientador da Faculdade Doctum de João Monlevade, Pós-graduado em logística e MBA em Gerenciamento de Projetos; renato@2ssuprimentos.com.br

Palavras-chave: PDCA. Produtividade. Qualidade. Solução de Problemas. Resultados.

1INTRODUÇÃO

Em um controle de qualidade de uma usina de beneficiamento de minério de ferro, onde o processamento do produto possui uma elevada complexidade, que vai desde a modificação da granulometria a estágios avançados de concentração mineral, pôde-se verificar uma gama de desvios em todas as etapas de produção. Observou-se então a necessidade de incorporar o uso das ferramentas da qualidade à metodologia PDCA que através de suas quatro etapas *Plan (Planejamento)*, *Do (Execução)*, *Check (Verificação)* e *Action (Ação)*, tornou possível estruturar um planejamento para solucionar os problemas identificados.

Este projeto buscou analisar alguns desvios e falhas pertinentes às operações em uma empresa de extração e beneficiamento mineral do Médio Piracicaba, mais especificamente na usina de beneficiamento, local onde há inúmeros processos que requerem altos investimentos e necessitam de um planejamento, de modo que seus dados fossem registrados e acompanhados com o propósito de eliminar as perdas de recursos, os quais puderam ser recuperados ainda dentro do processo, agindo como uma ferramenta capaz de incorporar valor ao produto final, gerando ganhos possíveis em qualidade do produto com a correta utilização desta metodologia.

Considerando a análise realizada com utilização de ferramentas da qualidade tais como, o *Brainstorming* para relacionar os quarenta problemas levantados em oito diferentes áreas, e o Diagrama de Árvore, que possibilitou a priorização da área com o maior número de problemas, a Filtragem a Disco, finalizou-se a etapa de identificação do problema com o uso de uma ferramenta que remeteu a uma reflexão abrangendo a gravidade, a urgência e a tendência que o desvio tem de piorar, através desta Matriz G.U.T. o problema priorizado com a maior pontuação foi o “Elevado volume de água (líquido filtrado) não recuperada no processo de Filtragem a Disco”. O problema priorizado foi observado como de grande importância pois impactava diretamente em dois dos principais indicadores da empresa, que são a Produtividade e a Qualidade.

A utilização de água nos processos de beneficiamento de minério de ferro é fundamental, porém, para se atender a uma necessidade de embarcar o produto com um baixo percentual de umidade (9% em média), é necessária uma etapa final para separação dos sólidos (elementos de interesse) das suspensões líquidas utilizadas. Na prática, toda água empregada para viabilizar o beneficiamento, precisa ser retirada em uma etapa final, denominada desaguamento ou separação sólido-líquido, e é caracterizado como premissa dessa técnica que, o processo só é eficiente quando o líquido obtido nessa etapa retorna ao processo em forma de água recirculada. Fato que ocorria com grande deficiência nesta unidade, uma vez que grande parte desta água transbordava nos tanques com destino à área de resíduos.

A relevância do tema abordado se baseou no fato de que para um perfeito atingimento dos objetivos e metas de qualidade, as organizações realizam uma série de etapas sequenciais, e o método PDCA, compreende perfeitamente uma sequência de etapas que, se corretamente aplicadas, se traduzirão na obtenção dos resultados almejados. Sendo assim, esta pesquisa visou estruturar, por meios de análises, os desvios que mais impactam o processo produtivo, priorizando o de maior relevância para então ser investigado suas causas prováveis. Porém, verifica-se que este tema é abordado de forma muito superficial pela literatura relacionada à qualidade dentro do beneficiamento mineral, e em função disto, muitos gestores e analistas que trabalham com tratamento de minérios enfrentam grande escassez de informações relacionadas ao assunto. Esta é uma das justificativas para o desenvolvimento deste trabalho, que não visiona esgotar o estudo sobre o tema, mas apresentar uma pesquisa explicativa referente a utilização do método PDCA como direcionador para correção de problemas afetam a qualidade do produto em uma empresa de extração e beneficiamento mineral do Médio Piracicaba. Os objetivos específicos do estudo consistem em apresentar os conceitos de Qualidade, Processos e PDCA, com base na literatura através de estudo bibliográfico; demonstrar pelo critério de maior relevância, como o método PDCA prioriza o problema que mais impacta o processo produtivo baseado em uma amostragem que aponta diversos desvios, realizando o levantamento e investigação das causas prováveis do problema; e apresentar soluções viáveis que eliminem as causas do problema de modo a aumentar a eficiência de recuperação da água (líquido filtrado) no processo de Filtragem a Disco.

A presente pesquisa foi ordenada da seguinte forma: Introdução seguida do referencial teórico baseado em obras dos autores Campos (1992) e Aguiar (2006), seguida pela parte da metodologia aplicada no estudo de caso, e, por fim, a bibliografia utilizada.

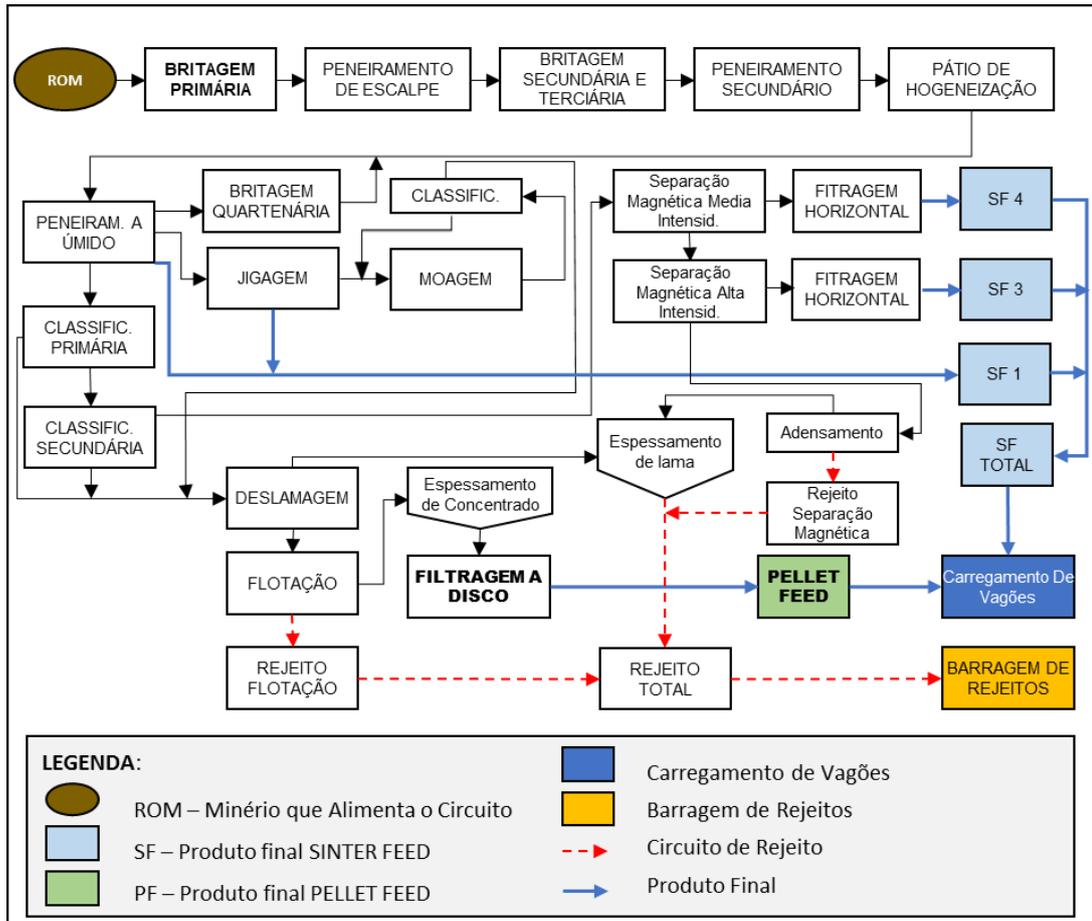
2 REFERENCIAL TEÓRICO

A empresa onde ocorre esta pesquisa tem uma capacidade produtiva que gira em torno de 30 milhões de toneladas/ano. Contando atualmente com mais de 1700 empregados diretos e aproximadamente de 1000 empregados indiretos, a empresa X prossegue sendo a maior mina de ferro do estado de Minas Gerais em volume de produção, e a segunda maior mina do Brasil. A planta de beneficiamento conta com instalações de britagem, e a usina de concentração, que trabalha com adição de água em todo o processo para viabilizar o transporte da polpa (Minério + água) pelas tubulações onde a polpa é bombeada para os processos subsequentes. Nessa usina ocorrem as seguintes operações de concentração: concentração magnética, jigagem e flotação. Os produtos da unidade são:

- a) SF1 – *Sinter Feed* concentrado da Jigagem;
- b) SF3 – *Sinter Feed* concentrado da Separação Magnética – alta intensidade;
- c) SF4 – *Sinter Feed* concentrado da Separação Magnética – média intensidade;
- d) PF – *Pellet Feed* concentrado da Flotação;
- e) FSBR – *Sinter Feed* produzido na Planta de Finos.

A utilização de água nos processos de beneficiamento de minério de ferro é fundamental, porém, para se atender a uma necessidade de embarcar o produto com um baixo percentual de umidade (9% em média), é necessária uma etapa final para separação dos sólidos (elementos de interesse) das suspensões líquidas utilizadas. A Figura 2.1 apresenta o fluxograma simplificado das operações de beneficiamento da empresa X.

Figura 2.1: Fluxograma Simplificado das Operações de Beneficiamento - Empresa X



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Um dos produtos da usina de beneficiamento é o *pellet feed* que é o concentrado do processo de flotação. Como esse processo é realizado a úmido, após a flotação, faz-se necessário reduzir o percentual de umidade deste produto através das operações de desaguamento que são os espessadores de concentrado e posteriormente, os filtros a discos que têm a função de adequar a umidade do produto *pellet feed* às etapas posteriores de estocagem e transporte ferroviário.

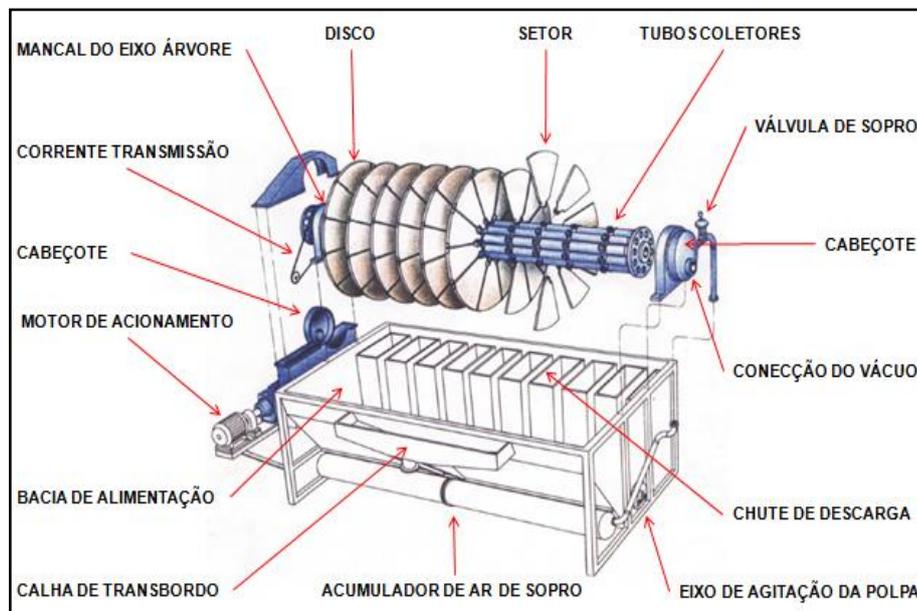
2.1 Filtros de Discos a Vácuo

Os filtros de discos a vácuo (Figura 2.2) utilizados pela empresa X compreende entre suas principais finalidades:

- a) Viabilizar suspensão da polpa de minério;
- b) Efetuar a separação sólido-líquido;
- c) Direcionar o líquido filtrado ao circuito de vácuo;
- d) Realizar transportada torta com umidade reduzida ao ponto de descarga.

Este tipo de equipamento atualmente é, Conforme Amarante (2002), amplamente utilizado em filtragem de *pellet feed*, devido seu menor custo de operação e manutenção, apresenta maior produtividade quando se compara com outros tipos de filtros a vácuo.

FIGURA 2.2: Filtro de Disco a Vácuo

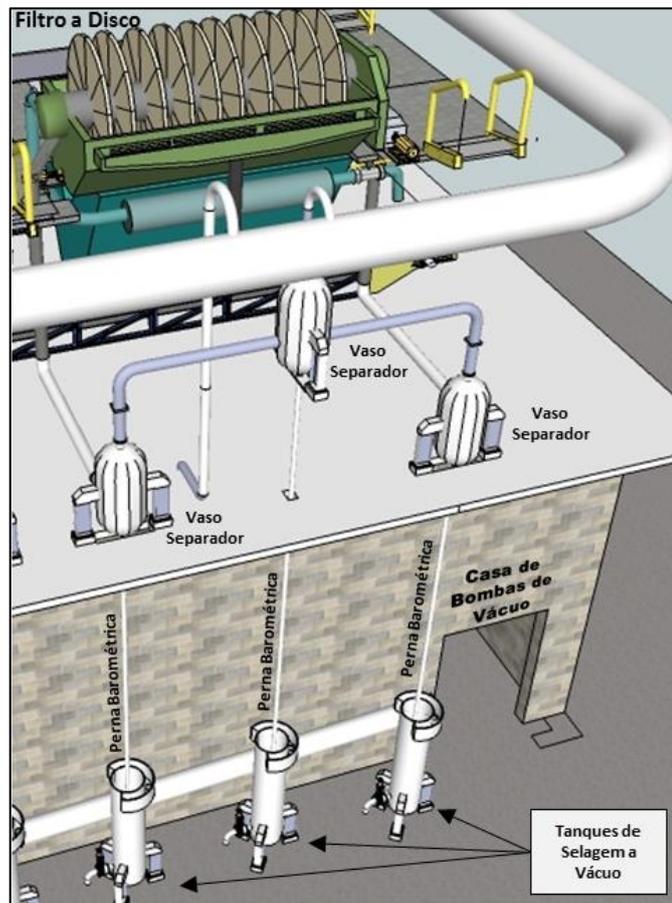


Fonte: Adaptado de Amarante, (2002)

Os processos de filtragem a disco só são possíveis devido ao circuito de vácuo que é composto pelas bombas de vácuo, tubulações, vasos separadores de filtrado, pernas barométricas e tanques de selagem. Pela figura 2.2 observa-se um circuito de vácuo, bem como o caminho percorrido pelo filtrado (água, partículas finas de minério e ar).

Cada Filtro a Disco possui três tanques de selagem, os tanques direito e esquerdo, e um tanque central para cada Filtro (Figura 2.3).

Figura 2.3: Filtragem de discos a vácuo, com destaque para os vasos separadores, pernas barométricas e tanques de selagem



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

A finalidade destes tanques é receber a água de processo (líquido filtrado) que é separado do minério no Filtro a Disco (Separação Sólido-Líquido) a fim de se obter um produto com uma média de apenas 9% de umidade, indicador extremamente importante para o resultado da empresa X.

2.2 Qualidade

A seguir serão apresentadas as principais características da qualidade na literatura.

2.2.1 Conceitos

De acordo com Campos (1992) um produto ou serviço de qualidade é aquele que, de maneira íntegra, corresponde, confiável, segura e acessivelmente, às necessidades do cliente em tempo hábil.

Segundo Aguiar (2006), a competência das empresas em cumprir com as exigências dos clientes, é o que irá ditar sua sobrevivência no mercado. A constante evolução dos processos industriais norteia a cada dia diferentes formas de realizar melhorias na cadeia produtiva buscando intensificar o aproveitamento dos recursos de forma a elevar a qualidade de seu produto tendo um mínimo de perda ao longo do processo.

A NBR ISO 9000 abrange oito princípios de Gestão da Qualidade, sendo estes, apresentados abaixo, extraídos na sua totalidade da NBR ISO 9000 publicada em dezembro de 2000:

- a) Foco no cliente: Organizações dependem de seus clientes, e, portanto, é recomendável que atendam às necessidades atuais e futuras do cliente, os seus requisitos e procurem exceder as suas expectativas.
- b) Liderança: Líderes estabelecem a unidade de propósito e o rumo da organização. Convém que eles criem e mantenham um ambiente interno, no qual as pessoas possam estar totalmente envolvidas no propósito de atingir os objetivos da organização.
- c) Envolvimento de pessoas: Pessoas de todos os níveis são a essência de uma organização, e seu total envolvimento possibilita que as suas habilidades sejam usadas para o benefício da organização.
- d) Abordagem de processo: Um resultado desejado é alcançado mais eficientemente quando as atividades e os recursos relacionados são gerenciados como um processo.
- e) Abordagem sistêmica para a gestão: Identificar, entender e gerenciar os processos inter-relacionados como um sistema contribui para a eficácia e eficiência da organização no sentido de esta atingir os seus objetivos.
- f) Melhoria contínua: Convém que a melhoria contínua do desempenho global da organização seja seu objetivo permanente.

g) Abordagem factual para tomada de decisão: Decisões eficazes são baseadas na análise de dados e informações.

h) Benefícios mútuos nas relações com os fornecedores: Uma organização e seus fornecedores são interdependentes, e uma relação de benefícios mútuos aumenta a capacidade de ambos de agregar valor.

Segundo a NBR ISO 9000:2000, o uso de tais princípios de gestão da qualidade pela direção da organização, se traduzirá em uma expressiva melhoria no desempenho da mesma.

2.3 Processos

De acordo com Aguiar (2006) processo é o conjunto de causas (entradas: controláveis e não controláveis) que acarretam em um ou mais efeitos (saídas). No processo de um produto (bem ou serviço) ocorrem vários fatores (causas) que afetam suas características de qualidade (efeito).

Campos (1992) afirma que o controle dos processos é o fundamento do gerenciamento da qualidade total, de forma a compreender todos os níveis hierárquicos. Controle este que é perfeitamente praticável com a utilização do Método PDCA, uma das ferramentas de gestão de processos mais utilizadas para alcance de resultados com qualidade.

2.4 Método PDCA para Controle de Processos

Segundo Campos (1992), método significa “caminho para se chegar a um ponto além do caminho”.

Aguiar (2006) afirma que o método PDCA para controle de processos, é amplamente utilizado para atingimento dos objetivos e metas indispensáveis para a sobrevivência das organizações, deste que seguida corretamente 4 etapas. A primeira etapa corresponde ao *Plan (Planejamento)* onde são definidos os objetivos e metas, e apresentado os meios para atingimento dos mesmos por intermédio dos planos de ação. A segunda etapa composta pelo *Do (Execução)* onde acontece a

execução dos planos de ação, treinamento dos envolvidos e coleta de dados para verificação do alcance das metas propostas. A terceira etapa, *Check (Verificação)* se utiliza dos dados coletados na etapa anterior, para posteriormente serem avaliados os resultados obtidos, e se houve alcance da meta. A quarta etapa composta do *Action (Ação)*, a ação a ser realizada irá depender dos resultados dos dados obtidos na verificação, onde:

- a) Se houve alcance da meta, serão criados meios de manutenção dos bons resultados obtidos;
- b) Se não houve alcance da meta, deve-se iniciar um novo giro do PDCA, objetivando encontrar novos meios que conduzam o processo à obtenção de resultados de forma a atingir uma nova meta que deverá ser proposta.

2.5 Método PDCA para Manutenção da Qualidade (SDCA)

Aguiar (2006) explica que gerenciar pelo PDCA de Manutenção da Qualidade é fazer com que a produção seja de acordo com os procedimentos operacionais padrão da organização. Passando a se denominar SDCA, onde o S de “*Standard*” substitui o P de “*Planejamento*” devido a meta e os meios usados para alcançá-la são, justamente, a meta padrão e os procedimentos operacionais padrão da organização.

2.6 Método PDCA para Melhoria da Qualidade (MASP)

Sua principal finalidade é a obtenção de melhoria contínua dos resultados da empresa com os processos existentes. (AGUIAR,2006,p. 18).

Mariani, Pizzinatto e Farah (2005, p. 5) relatam que MASP-(Metodologia de Análise e Solução de Problemas), é o PDCA em oito etapas; PLAN(planejamento) inclui quatro etapas, sendo elas a “identificação do problema”, a “observação do problema”, a “análise das causas” e a “elaboração do plano de ação”; em DO (executar) está a quinta etapa que é a execução do plano de ação; em CHECK (verificação) está a sexta etapa onde se verifica se a eliminação da causa foi

efetiva; em caso negativo, retorna-se à etapa da “observação”. Por fim, em ACTION (atuarcorretivamente) estão a sétima e a oitava etapas: a “padronização”, que vai prevenir contra o reaparecimento do problema e a “conclusão”, onde é recapitulado todo o processo de solução do problema para melhorias no futuro.

2.7 Ferramentas da Qualidade na Gestão de Processos

De acordo com Mariani, Pizzinatto e Farah (2005, p. 5), observa-se que:

Para gerenciar os processos e, sobretudo, tomar decisões com maior precisão, se faz necessário trabalhar com base em fatos e dados, ou seja, informações geradas no processo buscando e interpretando corretamente as informações disponíveis como forma de eliminar o empirismo. Para tanto, existem técnicas importantes e eficazes, denominadas de Ferramentas da Qualidade, capazes de propiciar a coleta, o processamento e a disposição clara das informações disponíveis, ou dados relacionados aos processos gerenciados dentro das organizações.

Aguiar (2006) aponta algumas das mais usuais Ferramentas da Qualidade, a saber:

- a) Técnicas de amostragem: que objetiva coletar informações (dados) representativos de uma determinada situação (população).
- b) Diagrama de árvore: com a função de disposição de divisão/segmentação de características de interesse.
- c) Ferramentas de estratificação e de Priorização: têm a função de dividir/segmentar situações de interesse; e priorizar situações específicas em relação às características de interesse.
- d) Folha de verificação: com a função de organizar, simplificar e otimizar a forma de registro das informações obtidas por um procedimento de coleta de dados.
- e) Gráfico sequencial: Apresenta e organiza, de forma gráfica e por ordem temporal de ocorrência, características de interesse quantificadas.
- f) Brainstorming e Técnica dos Porquês: são ferramentas da qualidade usadas para descobrir as causas de um problema utilizando o conhecimento das pessoas sobre o assunto em estudo.

- g) Diagrama de causa e efeito: é utilizado para fornecer o relacionamento entre o problema a ser tratado e suas causas.
- h) 5W1H: Com a finalidade de fornecer um cronograma de planejamento da execução e/ou de monitoramento dos projetos.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta fase trata-se do desenvolvimento de uma pesquisa participante, onde a interação em conjunto com os colaboradores da organização é fundamental para coleta de dados. A presente pesquisa tem uma abordagem qualitativa exploratória, visando obter dados suficientes para análise do problema.

Marconi e Lakatos (2017, p. 211) argumenta que a observação participante consiste na participação real do pesquisador na comunidade ou equipe. De forma que se incorpore ao grupo e se confunda com ele, participando das atividades como um membro do grupo que está estudando.

Mann (1970, p. 96) apud Marconi e Lakatos (2017) pondera que:

A observação participante é uma “tentativa de colocar o observador e o observado do mesmo lado, tornando-se o observador um membro do grupo” de modo que possa vivenciar o que eles vivem e trabalhar dentro do sistema de referência deles.

3.1 Delineamento da pesquisa

Para Marconi e Lakatos (2017, p. 189), a coleta de dados é a fase da pesquisa em que se inicia a aplicação dos instrumentos elaborados e das técnicas selecionadas, a fim de efetuar a coleta dos dados previstos.

A coleta de dados para desenvolvimento da pesquisa é realizada em uma empresa de extração e beneficiamento mineral do Médio Piracicaba. A empresa tem uma capacidade produtiva que gira em torno de 30 milhões de toneladas/ano. Contando atualmente com mais de 1700 empregados diretos e aproximadamente de

1000 empregados indiretos, a empresa X prossegue sendo a maior mina de ferro do estado de Minas Gerais em volume de produção, e a segunda maior mina do Brasil.

O estudo ocorre no chão de fábrica da gerência de tratamento de minério, em uma aplicação conjunta com os funcionários com sua realização compreendida entre os meses de dezembro a março.

3.1.1 Pesquisa com os operadores

Esta fase do estudo compreende a associação das ferramentas da qualidade ao método PDCA, a ser realizado com a equipe de círculo de controle de qualidade (CCQ) no chão de fábrica da gerência de tratamento de minério da empresa de extração e beneficiamento mineral do Médio Piracicaba de forma a:

- a) Expor as técnicas para a priorização do problema de maior relevância dentro de uma amostragem, fazendo uso de instrumentos como Diagrama de Árvore e ferramentas de Estratificação;
- b) Evidenciar a análise do fenômeno fazendo uso de Folha de Verificação e Gráfico Sequencial, para maior detalhamento do problema.
- c) Analisar as possíveis causas do problema empregando as ferramentas Brainstorming, Diagrama de Causa e Efeito, e Técnica dos Porquês para detecção da(s) causa(s) raiz(es).
- d) Propor ações corretivas que eliminem as causas do problema submetendo-as a Análise de Viabilidade.

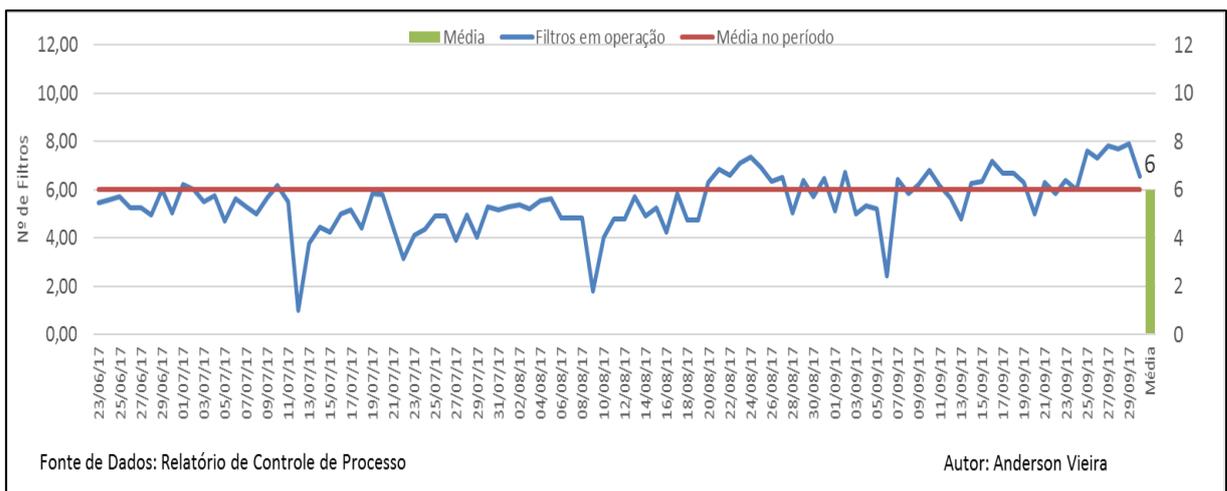
3.2 Análise dos resultados obtidos

Os dados levantados no decorrer da pesquisa são apresentados de acordo com sua análise estatística, por intermédio de gráficos, tabelas, e ilustrações, e estarão sujeitos a análise descritiva dos resultados.

4 CARACTERIZAÇÃO DO CASO

Foi observado que dos doze filtros de disco a vácuo existentes nesta empresa, em média, seis deles estavam sempre em operação contínua conforme mostra o Gráfico 4.1

Gráfico 4.1: Média de Filtros a Disco em operação - junho a setembro/2017



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

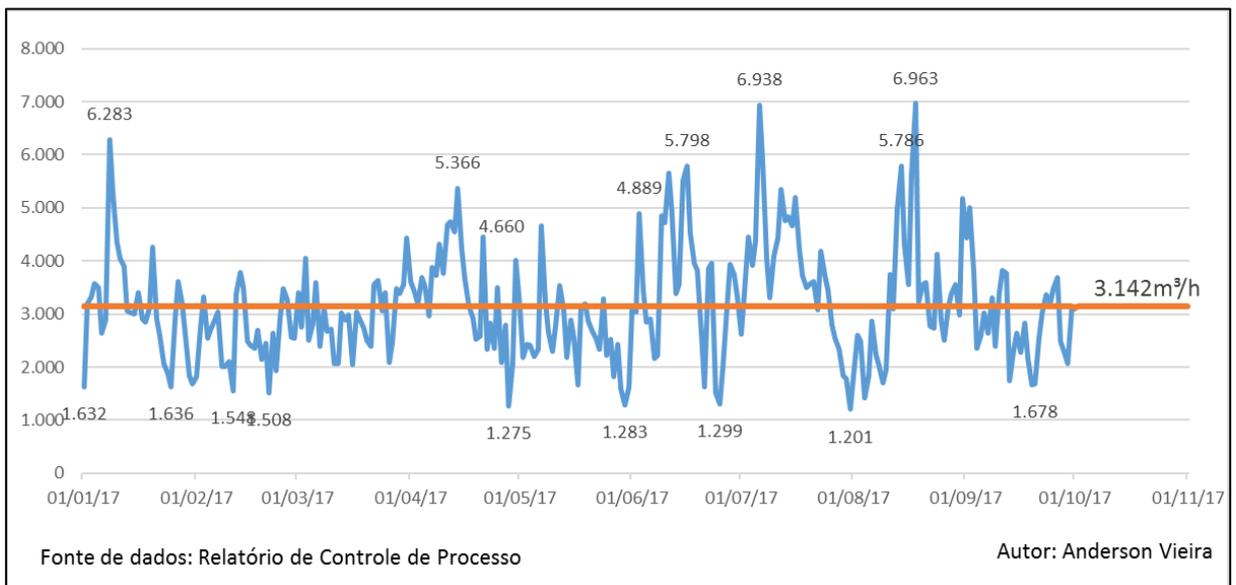
Outro dado a considerar é a vazão da escada hidráulica (Figura 4.1), ponto estratégico onde ocorrem as medições de todo volume gerado pelos transbordos de tanques e que são direcionados para a barragem de rejeitos. Conforme o Gráfico 4.2 a média praticada no ano de 2017 até a data de início deste estudo era de 3.142m³/h de água contendo partículas de minério sendo direcionadas indevidamente para a barragem de rejeitos, caracterizando uma condição anormal que precisaria ser trazida para a condição de normalidade.

Figura 4.1: Escada Hidráulica por onde é medido o volume das perdas dos tanques de selagem e de polpa.



Fonte: Arquivo do autor (2017)

Gráfico 4.2: Vazão média da escada hidráulica - janeiro a outubro/ 2017



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Diante das evidências e de todos os problemas mencionados, confirmou-se a necessidade de identificar e mitigar as causas responsáveis pelo transbordo excessivo de líquido filtrado nos tanques de selagem dos filtros a disco.

5 PESQUISA E ANÁLISE DE DADOS

Observou-se que durante todo o dia, os tanques de selagem dos Filtros em operação transbordam grande parte do líquido filtrado que deveria ser reaproveitado no processo. Baseado na fundamentação teórica apresentada, afirma-se que o elevado volume de líquido filtrado direcionado indevidamente para a barragem de rejeitos pode ser reflexo de um mal dimensionamento dos tanques de selagem. Assim, buscou-se identificar as causas potenciais responsáveis pelo elevado volume de perdas (transbordos) nestes tanques.

Para o desenvolvimento deste estudo realizaram-se observações de campo; coletaram-se dados referentes ao volume de perda dos tanques de selagem, bem como os impactos causados por este transbordo; consultaram-se os manuais dos filtros, realizaram-se medições das dimensões dos tanques de selagem; e analisou-se a execução dos procedimentos operacionais.

5.1 Obtenção dos dados volume médio de perda dos tanques de selagem

Após um período de observação de todo o circuito, realizando amostras em cada tanque de selagem, utilizando da ferramenta da qualidade Folha de Verificação (Figura 5.1) foi realizado uma coleta de dados relacionada ao transbordo nos tanques de selagem.

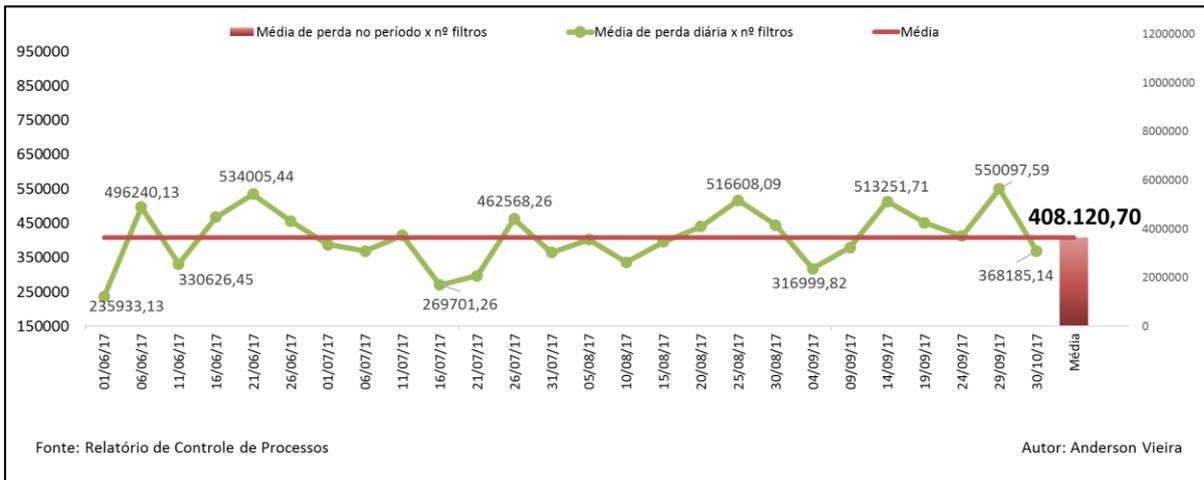
Figura 5.1: Folha de Verificação do volume de perda dos tanques de selagem

FOLHA DE VERIFICAÇÃO							
(Volume de filtrado perdido nos tanques de selagem)							
DATA:	Filtros em Operação	Tempo Médio Tanques L. Esquerdo	Tempo Médio Tanques L. Direito	Volume Médio Perdido Tanques L. Esquerdo	Volume Médio Perdido Tanques L. Direito	Média de perda diária x n° filtros	Média de perda no período x n° filtros
01/06/17	4	00:37	00:42	30588,24	26896,55	235933,13	
06/06/17	6	00:28	00:24	40114,27	46799,98	496240,13	
11/06/17	5	00:25	00:50	44928,03	22463,98	330626,45	
16/06/17	6	00:28	00:29	40114,27	38731,01	467031,48	
21/06/17	6	00:28	00:21	40114,27	53485,74	534005,44	
26/06/17	5	00:24	00:28	46799,98	40114,27	455916,55	
01/07/17	6	00:30	00:45	37440,01	24960,00	388006,04	
06/07/17	6	00:42	00:29	26742,78	38731,01	368445,44	
11/07/17	6	00:28	00:32	40114,27	35100,00	414426,27	
16/07/17	5	00:50	00:36	22463,98	31200,00	269701,26	
21/07/17	4	00:28	00:41	40114,27	27395,10	297064,67	
26/07/17	5	00:21	00:28	53485,74	40114,27	462568,26	
31/07/17	5	00:28	00:37	40114,27	30588,24	364684,20	
05/08/17	6	00:36	00:28	31200,00	40114,27	402105,21	
10/08/17	4	00:29	00:25	38731,01	44928,03	336137,96	
15/08/17	5	00:32	00:28	35100,00	40114,27	395727,17	
20/08/17	6	00:36	00:29	31200,00	38731,01	440117,79	
25/08/17	7	00:41	00:24	27395,10	46799,98	516608,09	
30/08/17	6	00:28	00:30	40114,27	37440,01	444194,88	
04/09/17	5	00:58	00:28	19365,53	40114,27	316999,82	
09/09/17	6	00:27	00:58	41600,00	19365,53	379056,01	
14/09/17	6	00:28	00:27	40114,27	41600,00	513251,71	
19/09/17	6	00:36	00:28	31200,00	40114,27	451132,94	
24/09/17	6	00:30	00:36	37440,01	31200,00	412874,46	
29/09/17	8	00:35	00:30	32091,44	37440,01	550097,59	
30/10/17	6	00:37	00:42	30588,24	26896,55	368185,14	408120,70

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

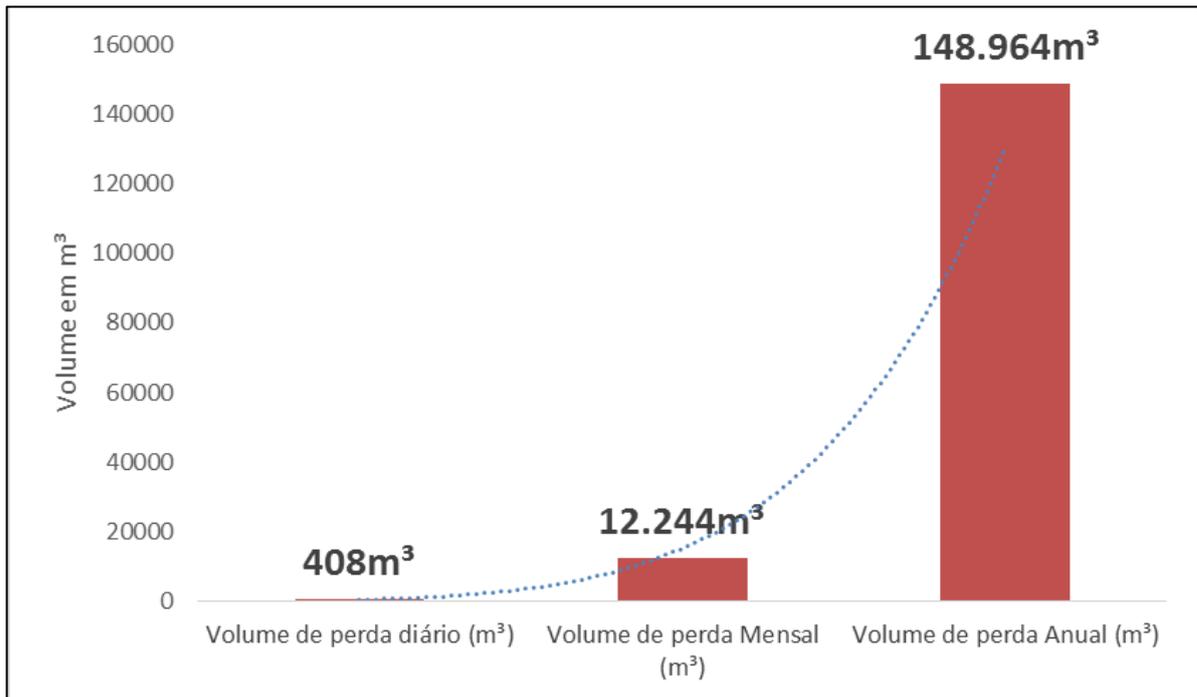
Foi constatado que no período analisado, com uma média de seis filtros a disco em operação, se perdia aproximadamente 408.120 litros de filtrado por dia (Gráfico 5.1). O equivalente a 408m³ em perda de água recuperada por dia, 12.144m³ por mês e 148.964m³ por ano (Gráfico 5.2), que gera necessidade captar o valor equivalente no Rio Santa Bárbara para compensar a perda no circuito. Água suficiente para abastecer 3.710 pessoas/mês. Foi também verificado que, dos três tanques de selagem que compõem cada Filtro a Disco, apenas nos tanques laterais ocorriam o transbordo, e em momento nenhum no tanque central. Motivo pelo qual o mesmo não foi contabilizado em Folha de Verificação (Figura 5.1).

Gráfico 5.1: Média de perda diária nas Caixas de Selagem com 6 Filtros em Operação



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Gráfico 5.2: Volume médio de perda em água de processo

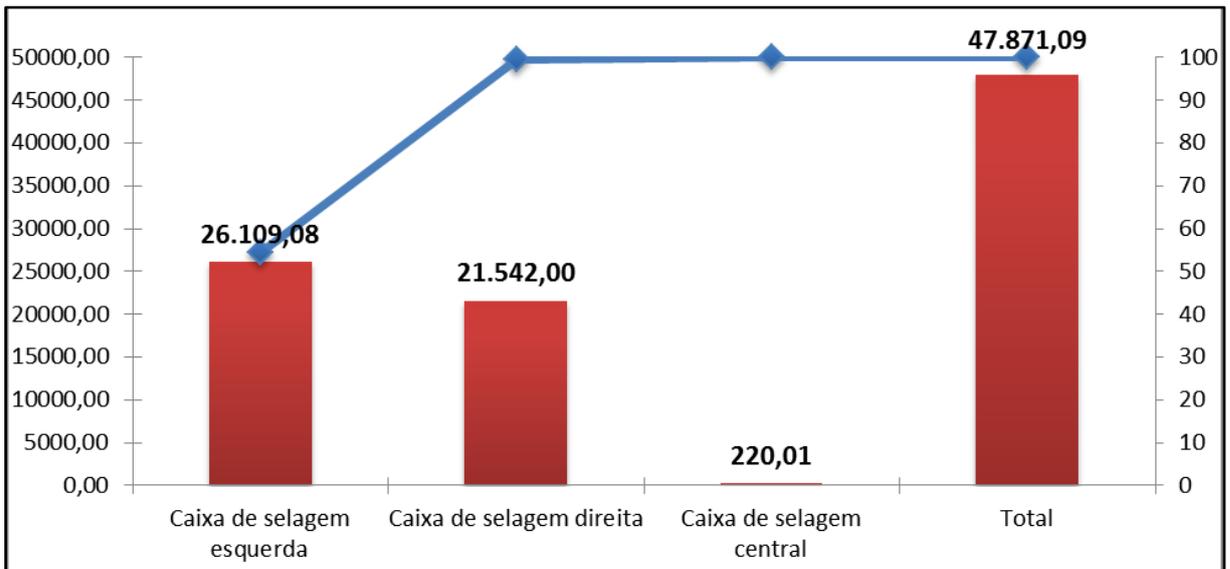


Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Priorizou-se o Filtro FL-9810 devido seu maior tempo de utilização no período onde foi observado pelo gráfico de Pareto que dos três tanques de selagem de cada Filtro a Disco, os tanques direito e esquerdo são responsáveis por 99,54% do líquido

Filtrado que se perdia em transbordo com destino à escada hidráulica e posteriormente para a barragem de rejeitos (Gráfico 5.3), comprometendo assim a eficiência do equipamento, uma vez que é concebido pelo projeto que todo o líquido filtrado retornasse para o processo em forma de água recirculada.

Gráfico 5.3 Pareto perda média do Filtro FL-9810 - junho a setembro/ 2017)



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

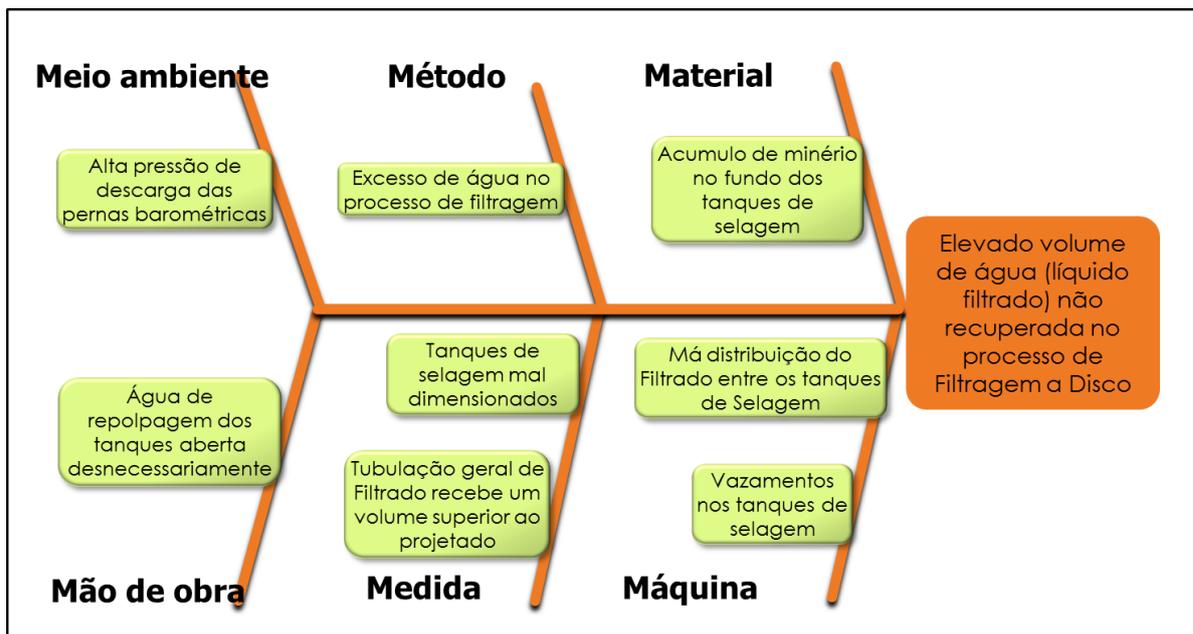
5.3 Levantamento das Possíveis Causas

Foi verificada a necessidade de diagnosticar e mitigar as causas prováveis de transbordo dos tanques de selagem no processo de filtragem a disco. Então elaborou-se um *brainstorming*¹, de possíveis causas para se incorporar a um diagrama de causa e efeito baseado na teoria apresentada.

¹ *Brainstorming* constitui uma técnica usada com o objetivo de auxiliar um grupo de pessoas a produzir o máximo possível de ideias, em um curto período de tempo. (WERKEMA, 1995).

Com base neste levantamento, construiu-se o Diagrama de Ishikawa² (Figura 5.2), conhecido como Diagrama de Causa e Efeito, Diagrama 6M ou Espinha de Peixe, para relacionar e apresentar as possíveis origens das causas do transbordo nos tanques de selagem.

Figura 5.2: Diagrama de Ishikawa: Fatores que Interferem no Transbordo dos Tanques de Selagem



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

5.4 Estudo de Comprovação das Causas Raízes

Observando cada uma das possíveis causas levantadas utilizando a Ferramenta de Teste de Hipóteses de Causas (Figura 4.3), foi possível dentro de uma análise objetiva, realizar o descarte de algumas hipóteses, ao passo que se obteve informações que assim o justificassem, priorizando assim, duas causas prováveis para o problema levantado.

² Diagrama de Ishikawa é uma das ferramentas da qualidade utilizada para apresentar a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado (WERKEMA, 1995).

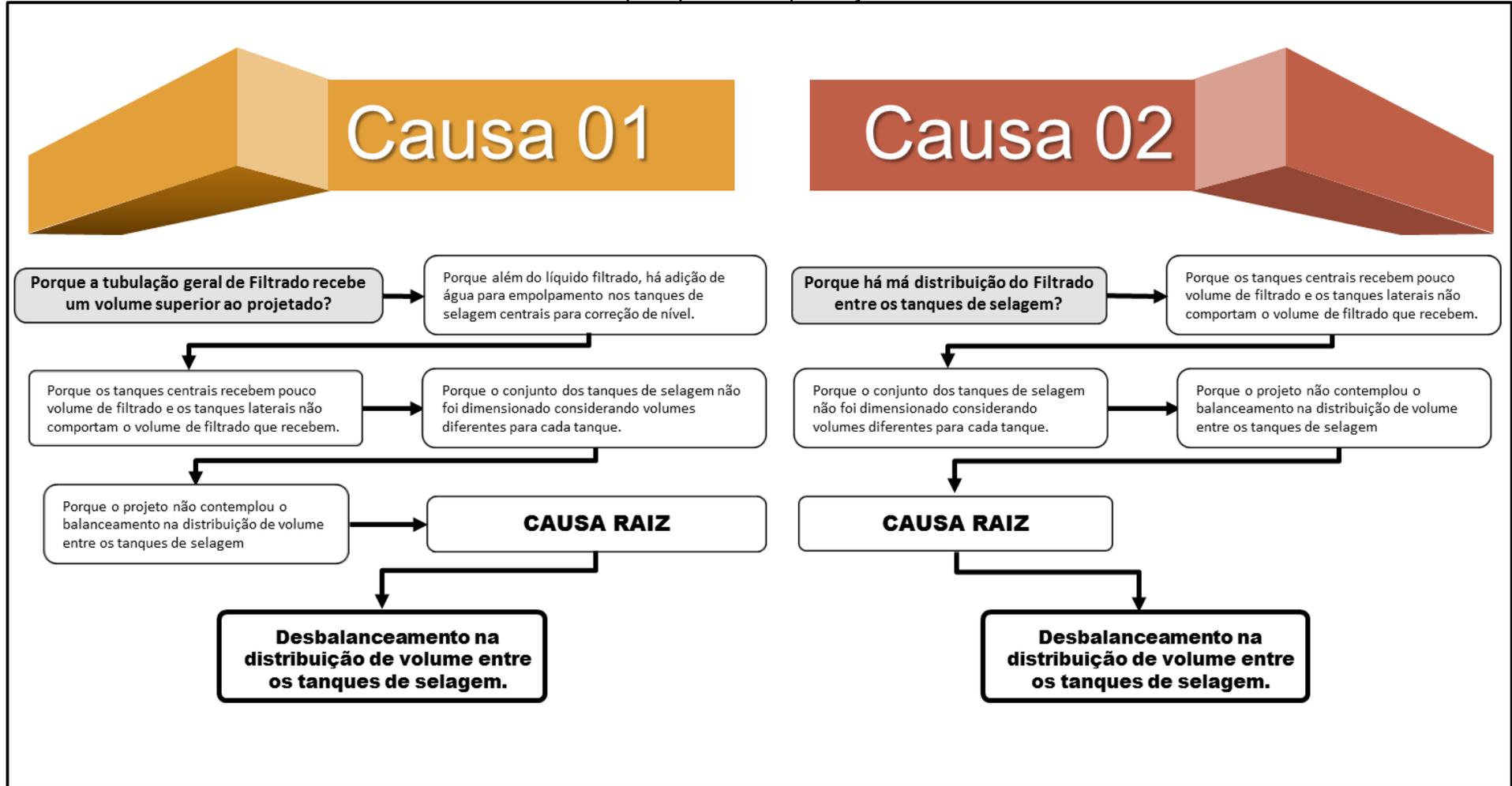
Figura 5.3: Teste de Hipótese das Causas

Hipótese de causa	Julgamento	Motivo
•Tanques de selagem mal dimensionados;	DESCARTADA	Os tanques de selagem estão sendo substituídos por tanques de dimensões maiores e continuam a transbordar.
•Tubulação geral de Filtrado recebe um volume superior ao projetado;	PROVÁVEL	Água de empolpamento gera um volume excedente é superior à capacidade da tubulação geral de coleta do Filtrado.
•Má distribuição do Filtrado entre o tanques de Selagem;	PROVÁVEL	O volume de filtrado descarregado no tanque de selagem central é menor que o volume nas caixas das extremidades
•Água de repolpagem aberta desnecessariamente nos tanques	DESCARTADA	Verificou-se que somente o tanque de selagem central fica com repolpagem aberta para correção de nível.
•Acumulo de minério no fundo dos tanques de selagem	DESCARTADA	Os tanques de selagem são drenadas periodicamente durante a limpeza dos filtros
•Vazamentos nos tanques de selagem;	DESCARTADA	Os vazamentos são corrigidos eventualmente pela mecânica corretiva/ preventiva.
•Alta pressão de descarga das pernas barométricas;	DESCARTADA	O fluxo de filtrado desce pela perna barométrica por força da gravidade normal.
•Excesso de água no processo de filtragem	DESCARTADA	Os filtros são alimentados com densidades predefinidas pelo processo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Para finalizar a etapa de comprovação das causas raízes do problema dentro da metodologia PDCA, usou-se o tradicional Teste dos Porquês (Figura 5.4) que tem por objetivo analisar perguntando-se o porquê, desde as causas prováveis, até que encontre a causa raiz o problema, onde foi possível observar que para ambas as causas priorizadas obteve-se um mesmo resultado, caracterizando a comprovação da causa raiz do problema como o “desbalanceamento na distribuição de volume entre os tanques de selagem”.

5.4 Teste dos Porquês para Comprovação de Causa Raiz



Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

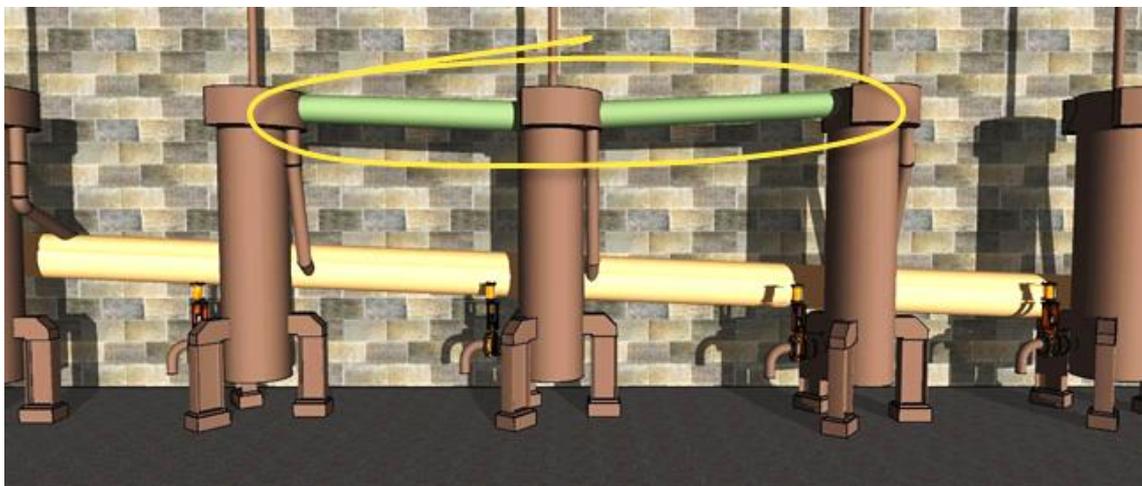
A comprovação da causa raiz trouxe com exatidão o diagnóstico e foi determinante para o direcionamento correto das ações visando neutralizar o problema. Dessa forma concluiu-se a etapa de análise do problema que encerra o *Plan (Planejamento)* do PDCA.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação correta da metodologia PDCA, bem como sua integração com as ferramentas da qualidade, evidenciados pela evolução gradativa das etapas de identificação do problema, observação (compreensão da situação atual) e análise do problema, permitiu-se a observar uma despadronização referente às dimensões do conjunto dos tanques de selagem em relação aos volumes de líquido filtrado praticados.

Sugere-se uma adequação no conjunto dos tanques de selagem de maneira que a cada três tanques (que pertencem ao mesmo Filtro a Disco), fossem adaptados dois tubos próximos à borda (Figura 6.1) criando um sistema muito comum conhecido como Vaso Comunicante, onde observa-se que, em reservatórios de formas e volumes diferentes, mas que são ligados pela mesma base, a altura do líquido permanece é a mesma.

Figura 6.1: Tanques de selagem unidos por tubos em regime de vaso comunicante



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

Após seções de análise de viabilidade da solução proposta junto aos *stakeholders*, a sugestão foi aprovada para experimentação e implementada no Filtro a Disco FL-9810. Foi então desenvolvido junto aos gestores, bem como à equipe de engenharia de processo e engenharia mecânica, um croqui da solução proposta, direcionada a ação à equipe responsável por adequações e implementada a solução. Concluindo assim a etapa *Do (Execução)* que se refere à fase de implementação do projeto dentro do PDCA.

Entre outros ganhos, destaca-se com o desenvolvimento deste trabalho, o alcance do objetivo de aumentar a eficiência de recuperação da água (líquido filtrado) no processo de Filtragem a Disco. Além deste ganho foi também verificado dentro da etapa *Check (Verificação)* os seguintes ganhos:

- a) Otimização da pressão de vácuo da Filtragem a Disco;
- b) Maior recuperação de sólidos presentes no líquido filtrado;
- c) Redução na incidência de transbordo sobre os colaboradores;
- d) Redução na emissão de líquido filtrado para a escada hidráulica e barragem de rejeitos.

Sugestões para trabalhos futuros

Criação de uma planilha de acompanhamento de projeto para que haja periodicamente, um novo levantamento de dados afim de se constatar a real eliminação da causa raiz do problema, bem como efeitos colaterais oriundos da solução implementada.

Criar um cronograma para possível replicação da solução nos outros onze Filtros a Disco existentes na empresa e que apresentaram o mesmo problema estudado no Filtro FL-9810.

THE USE OF THE PDCA METHOD AS AN ADDRESSOR FOR CORRECTION OF PROBLEMS AFFECTING QUALITY IN A PRODUCTIVE PROCESS

ABSTRACT

The purpose of this research was to analyze some deviations pertinent to the operations in the beneficiation plant of a mineral extraction company of the Middle Piracicaba, where there are several processes of high investments and need good planning, so that their data are recorded and monitored aiming eliminating losses within the process, enabling gains in product quality through the correct use of the PDCA management method for solving problems and incorporating the use of other quality tools. Considering the analysis performed using tools such as Brainstorming, Tree Diagram and Matrix G.U.T. the priority problem was the "High volume of water (filtered liquid) not recovered in the Disk Filtering process", a problem that directly impacts the performance of the area, compromising important indicators for the result. The PDCA method perfectly comprises a sequence of steps that, if correctly applied, will translate into an increase in productivity, attainment of the goals and in obtaining the results sought by these organizations.

Keywords: PDCA. Productivity. Quality. Problems solution. Results.

REFERÊNCIAS

AMARANTE, S. C. **Filtragem de minérios de ferro** - Comparação entre métodos de filtragem de laboratório: Testes de Folha e de Funil de Büchner. 2002. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica) - Universidade Federal de Minas Gerais. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Belo Horizonte. 2002.

Associação Brasileira de Normas e Técnicas - NBR ISO 9000 - **Sistemas de gestão da qualidade**: Fundamentos e vocabulário. Disponível em: <<http://www.standardconsultoria.com/f/files/814048ce04d8cdfe2b1ba9438be31009791895463.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2017.

AGUIAR, Silvio. **Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Programa Seis Sigma**. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2006.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da Qualidade Total (no estilo Japonês)**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da Rotina do trabalho do dia-a-dia**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.

MARCONI, M, A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 8ª ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MARIANI, C.A.; PIZZINATTO, N.K.; FARAH, O.E. **Método PDCA e Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos Industriais: Um Estudo de Caso**. 2005. 12f, disponível em <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-8RZQF8/disserta__o_filipe_gomes.pdf?sequence=1>. Acesso em: 26 out. 2017

WERKEMA, M.C.C. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**. 1. ed. Belo Horizonte: Ed Werkema, 1995.