

A utilização de ferramentas de gestão da qualidade no desempenho de uma usina de beneficiamento mineral

Fábio Ramon Tonelli de Oliveira (FUNCESI) fabio.tonelli87@hotmail.com
Marcelo Ângelo Andrade (FUNCESI) marcelo.andrade@funcesi.br
Bruna de Carvalho Fonseca Lage (FUNCESI) bruna.lage@funcesi.br
Cristina José de Assis Souza (FUNCESI) cristina.assis@funcesi.br
Mara de Oliveira Lage Guerra (FUNCESI) mara_lage@hotmail.com

Resumo:

Este estudo tem como objetivo analisar as contribuições das ferramentas de gestão da qualidade no desempenho de uma usina de beneficiamento mineral em Itabira. A abordagem é qualitativa e quantitativa de forma descritiva, através de um estudo de caso. O estudo descreve os processos de beneficiamento e os indicadores de desempenho aplicados na usina de beneficiamento mineral, além de identificar as ferramentas da qualidade utilizadas no setor, e compara as ferramentas da qualidade com os indicadores de desempenho utilizados no processo de beneficiamento da usina. Concluiu-se que os sujeitos de pesquisa conhecem os processos utilizados para beneficiar o minério na usina, dominam e aplicam na sua maioria as ferramentas de gestão da qualidade em relação aos indicadores de desempenho que são monitorados do processo. Além de evidenciar a fundamental importância das ferramentas da qualidade, visando o monitoramento, controle e verificação dos indicadores para garantir a eficiência dos processos produtivos e manter a empresa competitiva.

Palavras chave: Ferramentas da qualidade, Indicadores de desempenho, Usina de beneficiamento.

The use of quality management tools in the performance of a mineral beneficiation plant

Abstract

This study's objective is to analyse the contributions of quality management means on the performance of a mineral beneficiation plant in Itabira. The descriptive approach is qualitative and quantitative by a case study. The study describes the beneficiation process and the performance indicators applied in the mineral beneficiation plant, in addition to identifying the quality tools used in the industry, and compares the quality tools with the performance indicators used in the plant beneficiation process. It was concluded that the subjects know the processes used to benefit the ore at the plant, master and apply mostly the quality management tools in relation to performance indicators that are monitored in the process, besides highlighting the fundamental importance of quality tools, aimed at monitoring, checking and control of indicators to ensure the efficiency of production processes and keep the company competitive.

Key-words: Quality tools, Performance indicators, Beneficiation plant.

1. Introdução

Atualmente, um dos desafios das empresas é sua permanência no mercado com produtos atualizados, de qualidade e com preços competitivos. Desta forma, torna-se fundamental o investimento das organizações em uma política de gestão da qualidade, adotando ferramentas que auxiliam no controle, monitoramento de dados e que auxiliam na tomada de decisões.

Segundo Paladini (2000, p. 11) “a decisão gerencial entre produzir ou produzir com qualidade estava sendo substituída pela decisão estratégica de produzir com qualidade ou pôr em risco a sobrevivência da organização”.

Diante da crise econômica que afeta vários setores da mineração, a oscilação em relação aos preços de venda das *commodities* de minério de ferro afeta diretamente o setor extrativista mineral, exigindo que as empresas de mineração atuem de forma eficiente no controle dos custos. Nesse contexto, a gestão da qualidade apresenta-se como uma importante estratégia para dotar as empresas de mecanismos de controle e melhoria dos processos de forma a atender o seu consumidor.

O objetivo deste trabalho consiste em analisar as contribuições das ferramentas de gestão da qualidade no desempenho de uma usina de beneficiamento mineral, visando o monitoramento, controle e verificação dos indicadores para garantir a eficiência dos processos produtivos e manter a empresa no mercado.

2. Referencial Teórico

2.1. Qualidade

Para Falconi (1990), a qualidade de um produto ou serviço está profundamente relacionada a total satisfação do consumidor e constitui de elementos como qualidade total, custo e atendimento, que são proporcionalmente essenciais em uma relação comercial.

Um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende as especificações, com credibilidade, acessibilidade, segurança e em tempo hábil as necessidades do consumidor (FALCONI, 2004).

Williams (1995) ressalta que a gestão da qualidade total está enfatizada em três princípios básicos: ferramentas, treinamento e técnicas. O autor ainda aponta que a funcionalidade da TQM (*Total Quality Management*) depende de sua inserção na cultura das empresas.

As ferramentas de gestão da qualidade são elementos, gráficos, esquemas analíticos, tabelas e métodos estruturados para nortear as atividades gerenciais, os processos de planejamento e a tomada de decisões (FALCONI, 1992).

Paladini (1997) complementa que apesar da variedade de ferramentas da qualidade que contemplam a qualidade total, as ferramentas tradicionais ainda são as mais utilizadas, como diagrama de causa e efeito, histogramas, gráficos de controle, folhas de verificação, gráficos de pareto, fluxogramas e diagramas de dispersão.

O diagrama de causa e efeito é conhecido também como diagrama de espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa. É uma ferramenta utilizada para iniciar discussões sobre a causa dos problemas relacionados com a qualidade. O problema principal é mostrado na parte superior do gráfico e que existem ramificações assimiladas com uma espinha dorsal, as quais representam as causas e efeitos possíveis em categorias (WILLIAMS, 1995).

Werkema (1995) afirma que o histograma disponibiliza os dados de uma forma que possibilita a visualização da distribuição dos dados e da percepção da localização do valor

central e da dispersão dos dados localizados em torno deste valor. Para Vieira (2004), a interpretação do histograma permite chegar em algumas conclusões devido a assimetria positiva ou negativa das barras que representam o conjunto de dados

Conforme Willians (1995), os gráficos de controle são utilizados para representar resultados de controle estatístico de um determinado processo. Através da visualização das medidas aleatórias e da média total, é possível verificar o desvio padrão, e se um produto ou tarefa está dentro dos limites de tolerância. Vieira (2004) relata que os gráficos de controle possuem três linhas paralelas: o a linha central representa o valor médio pré-estabelecido, e as demais linhas os limites inferiores e superiores permitidos.

Segundo Paladini (1997), as folhas de verificação ou checagem, são classificadas como elementos utilizados para registrar os dados. A estruturação da mesma é realizada por cada usuário, de acordo com as respectivas particularidades, assim, representa uma ferramenta flexível. Aguiar (2006) completa que a folha de verificação consiste em uma planilha capaz de organizar, descomplicar, e agilizar a forma de registro dos dados coletados.

O gráfico de pareto apresenta através de um histograma, a quantidade de problemas ou não conformidades acontecidas em determinado intervalo de tempo. Possibilita identificar os pontos de processo nos quais determinados tipos de falhas, defeitos ou problemas possuem maior probabilidade de acontecer. o gráfico de pareto possibilita a subdivisão de diversos problemas e indica quais tipos de ocorrência devem possuir prioridade de tratativa (WILLIAMS, 1995; MARSHALL; KISER, 1994).

Os fluxogramas no contexto da qualidade, representam uma ferramenta que contempla todo o processo por onde passa o produto, e ainda ressalta as operações críticas e as interferências entre os fluxos. Esta ferramenta da qualidade é empregada para nortear a realização de operações de uma forma uniforme (PALADINI, 1997; AGUIAR, 2002).

Para Werkema (1995), o diagrama de dispersão consiste em uma representação gráfica para analisar a relação existente entre duas variáveis e estabelece qual contribuição à associação destas variáveis pode influenciar no processo. Williams (1995) relata que o diagrama de dispersão possui este nome devido a representação dispersa dos pontos dos dados no gráfico.

Além dessas ferramentas, Falconi (1992) apresenta o 5S, uma ferramenta japonesa que prega os bons hábitos que auxiliam na eliminação de desperdícios. A sigla 5S representam cinco conceitos japoneses começados com a letra s: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*. Estes conceitos representam os respectivos sentidos de utilização, organização, limpeza, asseio e disciplina. Para Rodrigues (2006), o programa 5S não é classificado como de melhoria da qualidade. Apesar de sua relevância, é um programa que objetiva a preparação das empresas através de um processo de capacitação e reeducação dos funcionários envolvidos, para consequentemente inserção de um processo de melhoria.

Falconi (2004) afirma que o Círculo de Controle de Qualidade (CCQ) é a formação de grupos ou círculos de pessoas que procuram solucionar problemas em busca do controle da qualidade. Cita como princípio e objetivo do CCQ, a motivação do ser humano. Além de gerar ganhos de produtividade, é uma ferramenta que agrega valor ao ser humano visto sua participação na busca de soluções diante aos problemas da organização. Para Abreu (1987), o CCQ é classificado como um grupo de funcionários de um mesmo setor de uma empresa, que se reúnem esporadicamente com o objetivo de analisar, identificar e solucionar condições operacionais adversas, através do trabalho em equipe, utilizando métodos de controle de qualidade.

Já o PDCA consiste em uma metodologia de quatro etapas principais: planejamento, execução, verificação e ação; fundamentais para a execução de projetos de CCQ. O planejamento é etapa a qual se deve planejar exatamente as ações a serem executadas; a execução, consiste em colocar o planejado em ação; na etapa de verificação, os dados são analisados e conferidos; e finalmente na etapa de agir, os resultados são comparados, analisa-se o que foi planejado teve efetividade. O método PDCA procura na investigação consistente, a causa raiz de um problema (FALCONI, 1992; MARSHALL; KISER, 1994).

Segundo Marshall Junior *et al.* (2008), para padronizar trabalhos e processos e determinar a composição de planos de ação, a ferramenta 5W2H é utilizada de forma eficiente. O objetivo fundamental da ferramenta 5W2H é a elaboração de um cronograma de planejamento da execução e monitoramento de prazos de ações. 5W2H consiste nas iniciais das palavras em inglês, *why* (por que), *what* (o que), *where* (onde), *when* (quando), *who* (quem), *how* (como) e *how much* (quanto custa).

2.2. Indicadores de desempenho

Souza (2005) afirma que o desempenho de uma empresa compreende na entrega ao mercado de produtos e serviços ativos, com qualidade e baixo custo, e que a globalização vem exigindo crescentes níveis de desempenho competitivo. A qualificação profissional possui papel determinante na obtenção do desempenho de uma empresa

Branco Filho (2006) classifica os indicadores de desempenho como dados estatísticos referentes a determinado cenário e informações numéricas sobre processos dos quais se deseja controlar.

Para Hronec (1994), as notas dos indicadores mensuram o desempenho de determinadas atividades e as saídas alcançam um resultado final em determinado processo. Os indicadores de desempenho são fundamentais para acompanhar o desempenho em áreas fundamentais como clientela, mercado, produtos, processos e demais *steakholders*.

2.3. Usina de beneficiamento mineral

O beneficiamento ou tratamento de minério de ferro acontece em uma planta industrial, ou usina de beneficiamento e delega grande complexidade, pois transforma em riqueza, algo disponível na terra anteriormente sem valor agregado. O beneficiamento mineral possibilita a utilização dos minérios para produção de bens de consumo, que trazem conforto para humanidade (CHAVES, 2002).

As operações durante o beneficiamento buscam modificar o tamanho das partículas e a concentração relativa dos minerais presentes, mas não alteram as características químicas e físicas dos mesmos. Os processos que ocorrem em uma usina de tratamento mineral, contemplam a cominuição que é a fragmentação e redução das partículas minerais; a classificação, que separa as faixas por tamanho; a concentração que contempla o aumento da parte útil do mineral; o desaguamento que consiste na retirada da água do material; e a deposição de rejeitos, que contempla como e onde o rejeito será depositado (LUZ; SAMPAIO; ALMEIDA, 2004).

A cominuição é em um processo que objetiva fragmentar o mineral, de modo que permite a liberação do mineral útil dos minerais contaminantes. A cominuição contempla operações de britagem e moagem. Grande parte do custo operacional de uma usina de beneficiamento é representado nesta fase devido ao alto gasto de energia no processo (LUZ *et al.* 1998).

A etapa de classificação para Chaves (2002) consiste na separação de uma população inicial em duas outras populações, que se diferenciam pela granulometria das partículas de sua constituição.

O processo de concentração contempla operações de concentração gravítica, separação por meio denso, separação magnética, eletrostática e flotação. Para Luz, Sampaio e Almeida (2004) na concentração, ocorre a remoção da parte indesejada do minério e aumento da parte útil.

Chaves (2002) afirma que no processo de desaguamento ocorre a diminuição da umidade do minério, sendo para produto final, ou etapa subsequente do beneficiamento mineral. A Figura 1 representa o fluxograma de beneficiamento.

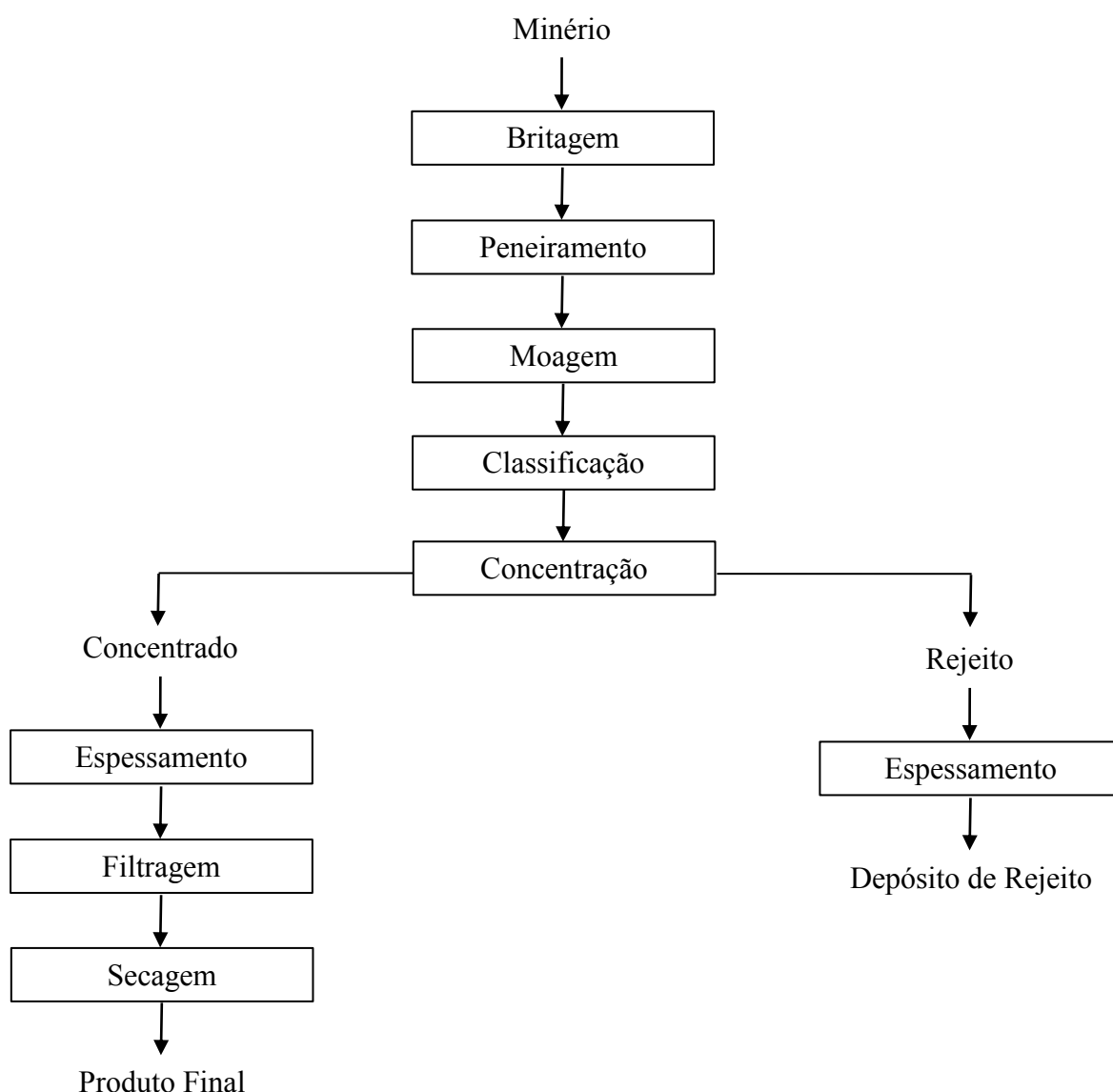


Figura 1 – Fluxograma típico de beneficiamento (Adaptado de Luz *et al.*, 1998).

3. Metodologia

A abordagem adotada foi qualitativa e quantitativa de forma descritiva, através de um estudo de caso. Os dados foram coletados por meio de entrevistas semiestruturadas e análise de documentos internos da empresa como relatórios de produção, controles de insumos, controles de perdas de bombas, controles de qualidade, análises de falhas e planos de ação; referentes ao ano de 2015.

A amostra desta pesquisa foi não probabilística, composta por 16 funcionários do setor Suporte Técnico Industrial Operacional, da Gerência de Tratamento de Minério Conceição I (GAIAS), do Complexo Itabira. Um dos entrevistados é supervisor, três são engenheiros, um é técnico especializado em produção, cinco são técnicos de controle e processo II, e seis são técnicos de controle e processo I.

A Gerência de Tratamento de Minério Conceição, GAIAS, é responsável por executar operações, aplicadas aos bens minerais, visando modificar o tamanho, a concentração relativa das espécies minerais presentes ou a forma, sem, contudo modificar a identidade química ou física dos minerais. Na cidade de Itabira, a usina de beneficiamento está localizada no Complexo Conceição I.

O tratamento dos dados foi realizado através da técnica de análise de conteúdo e da estatística descritiva.

4. Análise dos dados

Os principais processos da usina de beneficiamentos são: Concentração gravítica, Bombeamento de polpa, Separação Magnética, Flotação, Peneiramento, Ciclonagem, Britagem, Moagem, e Espessamento.

Os dados e informações foram extraídos de planilhas de controle do sistema PGV Vale, telas e gráficos do sistema PI *Processbook*, documentos e fluxograma da intranet da Vale, planilhas de controle de custos do diretório intranet Vale, documentos do ano de 2015 e também das entrevistas com os 16 funcionários da usina de beneficiamento mineral, objeto de estudo.

As telas de interface do sistema PI *Processbook* representam graficamente com figuras e simbologia todos os processos de beneficiamento mineral da usina. É possível acompanhar instantaneamente se os equipamentos estão operando normalmente, se estão parados, registrando horários, datas e indicadores de desempenho como pressão de trabalho, densidade, massa, corrente, nível, vazão, rendimento em massa, ritmo de produção, rendimento operacional, qualidade dos produtos e dos rejeitos, criando um banco de dados fundamental para o monitoramento dos processos. Conforme mostra a Figura 2.

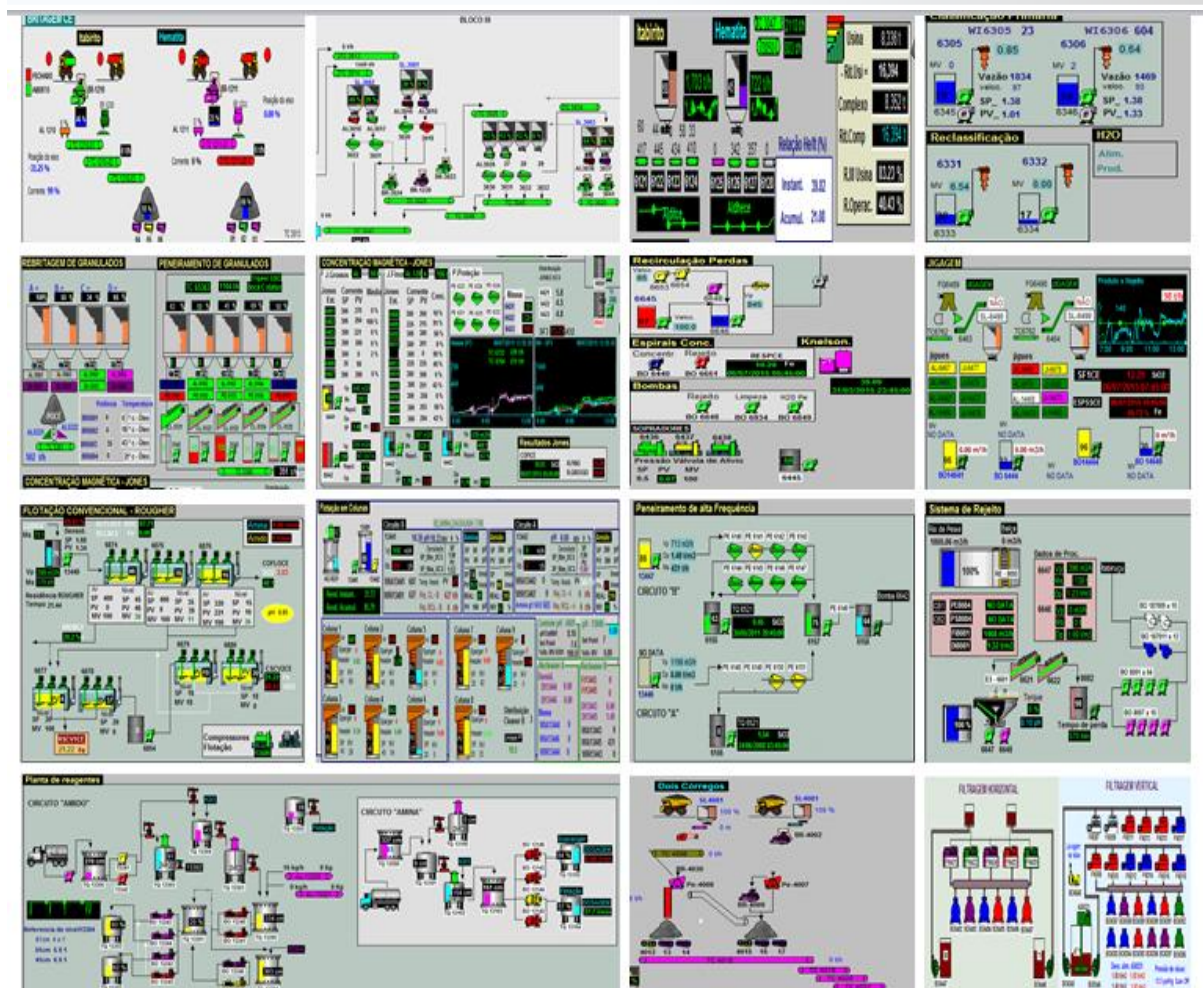


Figura 2 - Telas dos processos da usina no Sistema PI – Processbook.

As telas do sistema PI *Processbook* ajudam a monitorar todos os processos da usina, Falconi (1990), relata que controlar um processo consiste em permanecer estável e aprimorar um conjunto de itens que interferem diretamente nas variáveis de controle da área a ser administrada.

O relatório de acompanhamento de desempenho avalia os principais indicadores de desempenho da usina de Conceição I. Esses indicadores consistem em rendimento em massa da usina, rendimento em massa de jones, flotação, rebritagens, espirais, recuperação metalúrgica da usina, relação hematita/itabirito, rendimento operacional da usina, disponibilidade física, utilização física, consumo de água nova e tratada, teores de ferro no concentrado da usina, no rejeito total da usina e nos rejeitos de processos. Com estas informações, é possível analisar os indicadores diariamente, mensalmente e acompanhar a projeção anual, podendo atuar nos desvios dos indicadores em relação às metas pré-estabelecidas.

Como principais indicadores de desempenho aplicados na usina, foram apontadas: a produção da usina, a produção do complexo, o rendimento em massa, o teor de ferro no rejeito, o teor de sílica no concentrado, o fator de enriquecimento, a utilização física e a disponibilidade física da usina. E com relação aos principais processos da usina de beneficiamento, foram descritos a cominuição que possui atividades de moagem e britagem, a classificação com operações de peneiramento, ciclonagem, a concentração que engloba operações de separação

magnética, flotação, concentração gravítica, além de operações auxiliares como bombeamento de polpa e espessamento.

Segundo os entrevistados, o monitoramento dos processos é de fundamental importância, por possibilitar a obtenção de dados e controlá-los de forma eficiente. O que pode ser confirmado por Branco Filho (2006) que classifica os indicadores de desempenho como dados estatísticos referentes a determinado cenário e informações numéricas sobre processos dos quais se deseja controlar.

As ferramentas da qualidade mais utilizadas na usina de beneficiamento, de acordo com a análise dos documentos e das entrevistas, são os gráficos de controle, CCQ e PDCA, método 5W2H, 5S, folha de verificação, gráfico de pareto e fluxograma.

O documento de PTA consiste em uma ferramenta para analisar e tratar falhas operacionais, mecânicas e elétricas, que geram impactos negativos ou positivos para produção da usina, ou para a integridade dos equipamentos. Este documento é apresentado em uma reunião entre os *stakeholders* em que os participantes representam as três esferas da usina, que consistem em operação, manutenção e engenharia.

Em um determinado campo do documento, o líder da reunião coleta o relato da ocorrência com o técnico ou operador do turno do qual ocorreu a falha, e através de um diagrama de causa e efeito são apresentadas as possíveis causas do problema ocorrido, em uma distribuição dos 6 M, que consiste em mão de obra, método, máquina, medida, materiais e meio ambiente. Posteriormente, é realizado o teste dos 5 Por quês para determinar a causa raiz do problema citado.

Com a participação de todos os integrantes é definido a causa fundamental da ocorrência e com isto é elaborado um plano de ação, através da ferramenta 5W2H, definindo as ações propostas, o responsável pela execução, o local, o prazo, a finalidade, como será realizado e o custo previsto para concluir as ações.

Com o objetivo de levantar os principais impactos ocorridos na etapa de *start-up* da usina, tal como a indicação da priorização das ações corretivas para solucionar os problemas operacionais, mecânicos, elétricos e de instrumentação é utilizado, pela equipe de comissionamento operacional da Adequação da Usina de Conceição I, o gráfico de pareto. Marshall e Kiser (1994) ressaltam que o gráfico de pareto possibilita identificar os pontos de processo nos quais determinados tipos de falhas, defeitos ou problemas possuem maior probabilidade de acontecer.

Nos trabalhos de CCQ do setor operacional da usina, utiliza-se a metodologia PDCA, da qual as ferramentas histograma e carta de controle são fundamentais para apresentar o comportamento de alguma variável ou indicador de desempenho e monitorar se os mesmos estão fora dos limites pré-estabelecidos, o que indica uma falha ou problema operacional, conforme representado na Figura 3.

Histograma e Carta de Controle

Suporte.Con

Com que Frequência ocorre?

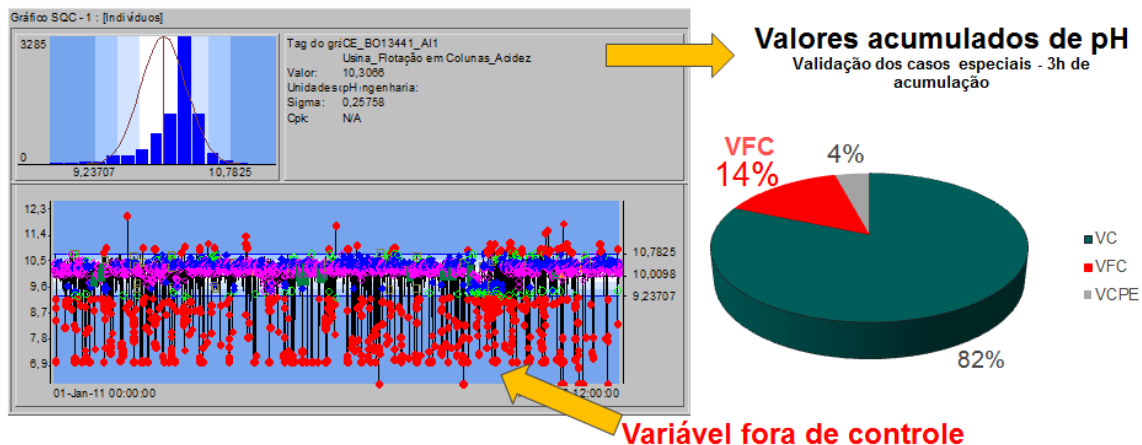


Figura 3 - Documentos utilizados em trabalhos de CCQ.

Em documentos utilizados em trabalhos de CCQ, na fase de identificação do problema no setor operacional, são relacionados os principais indicadores de desempenho dos processos e os principais impactos que o descontrole destes indicadores pode ocasionar. As ferramentas de gestão da qualidade como cartas de controle, e gráficos de controle são fundamentais para o monitoramento das variáveis, pois possibilitam acompanhar dia a dia os valores apresentados e correlacionam as possíveis falhas com a variação dos indicadores fora dos limites preestabelecidos, conforme apresentadas nas Figuras 4 e 5.



Figura 4 - Documentos para identificação do problema em trabalhos de CCQ (Arquivos de CCQ Vale, 2015).

IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Suporte.Con

RELEVÂNCIA DA ESCOLHA DO PROBLEMA

Por estes motivos se faz necessário o monitoramento da indicação de vazão do instrumento.

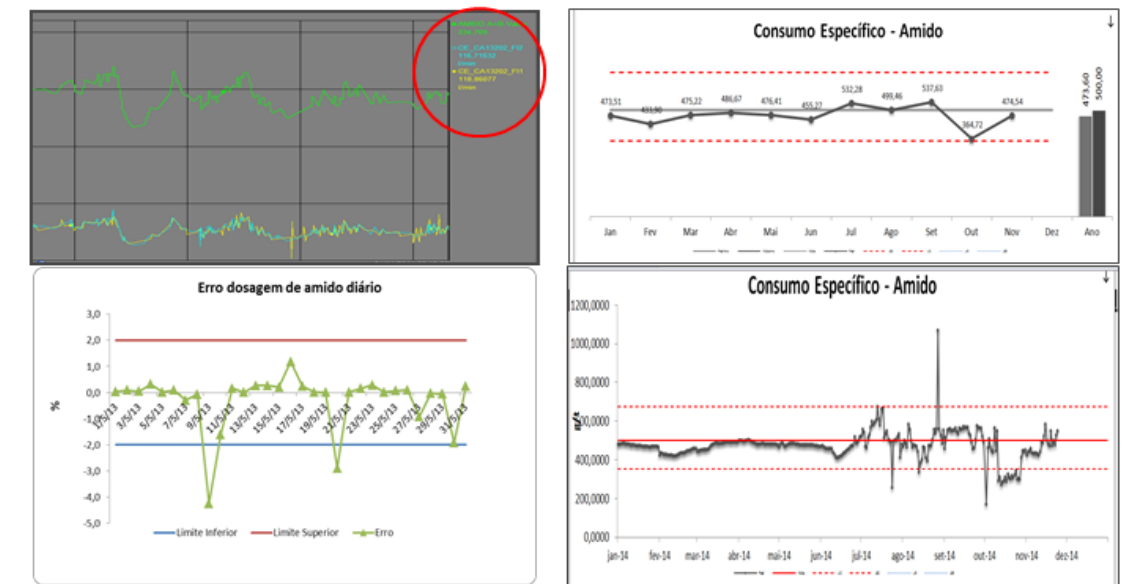


Figura 5 - Documentos utilizados em trabalhos de CCQ (Arquivos de CCQ Vale, 2015).

Um dos principais benefícios citados pelos entrevistados quanto à utilização das ferramentas de gestão da qualidade, em relação aos indicadores de desempenho, é a possibilidade de identificar os principais gargalos e converter em maior velocidade a tomada de decisão sobre os desvios. Segundo Juran (1990) todo tipo de evento pode influenciar no alcance de metas e o controle da qualidade objetiva minimizar este prejuízo. As ferramentas da qualidade são imprescindíveis para este controle, pois apontam antecipadamente os desvios dos processos.

Na planilha de produção PGM Vale são lançados dados de produção e indicadores de desempenho como rendimento em massa e teores de ferro nos rejeitos de diferentes processos da usina de beneficiamento. Através de cartas de controle, é possível monitorar o desempenho de cada turma de operação ao longo do mês em relação ao indicador de desempenho mensurado, sendo possível intervir de forma corretiva para ajustar os dados junto a meta especificada.

O controle de custos é um indicador muito acompanhado no setor operacional de uma usina de beneficiamento. A planilha de custos da gerência de operação proporciona dados sobre subgrupos de centro de custos e estratifica os principais custos mensais da gerência. Com a utilização de um gráfico de pareto, é possível comparar quais os indicadores de custos estão impactando no custo total mensal da gerência, sendo possível tomar ações para controlar estes custos, com o intuito de não permanecer com a execução maior que o orçamento.

Pode-se concluir que as ferramentas de gestão da qualidade são fundamentais e contribuem de forma significativa no controle e monitoramento dos indicadores de desempenho de uma usina de beneficiamento mineral.

5. Considerações finais

Este estudo permitiu evidenciar que os tipos de processos da usina de beneficiamento mineral são a cominuição que possui atividades de moagem e britagem, a classificação com operações de peneiramento, ciclonagem, a concentração que engloba operações de separação magnética, flotação, concentração gravítica, além de operações auxiliares como bombeamento de polpa e espessamento.

Em relação aos indicadores de desempenho, são controlados em uma usina de beneficiamento, constituindo em: rendimento em massa da usina, rendimento em massa dos processos, recuperação metalúrgica, produção da usina e complexo, teor de sílica no concentrado e teor de ferro no rejeito, utilização física e disponibilidade física da usina.

As ferramentas da qualidade são utilizadas em grande quantidade pelos entrevistados, dos quais a maioria teve treinamento e possuem acesso sobre as mesmas. As principais ferramentas de gestão da qualidade aplicadas no setor operacional da usina foram identificadas em gráficos de controle, CCQ e PDCA, método 5W2H, 5S, folha de verificação, gráfico de pareto e fluxograma. Sendo o CCQ e PDCA as ferramentas mais consideradas nas entrevistas.

Comparando as ferramentas de gestão da qualidade e os indicadores de desempenho aplicados no setor operacional, identificou-se que as ferramentas da qualidade são aplicadas e contribuem para o controle dos processos da usina de beneficiamento. As principais contribuições das ferramentas da qualidade em relação aos indicadores de desempenho são a organização e confiabilidade dos dados, identificação de gargalos e aumento na velocidade na tomada de decisão. E as ferramentas da qualidade podem ser comparadas como um instrumento lógico de coleta e organização de dados para monitoramento dos indicadores de desempenho.

Este estudo contribuiu para ratificar o preposto que com a utilização das ferramentas de gestão da qualidade na usina de beneficiamento mineral é possível monitorar os indicadores de desempenho e controlar os processos produtivos, dando sustentabilidade a empresa de manter-se competitiva.

Referências

- ABREU, R.C.L.** *CCQ. Círculos de controle da qualidade: A integração trabalho-homem- qualidade total*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1987.
- AGUIAR, S.** *Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e no programa Seis Sigma*. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002.
- AGUIAR, S.** *Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa Seis Sigma*. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2006.
- BRANCO FILHO, G.** *Indicadores e índices de manutenção*. Rio de Janeiro: Ciência Modern, 2006.
- CHAVES, A.P.** *Teoria e Prática do tratamento de minérios*. 2. ed. São Paulo: Signus, 2002.
- FALCONI, C. V.** *Gerência da Qualidade Total*. Rio de Janeiro, 1990.
- FALCONI, C. V.** *Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)*. Belo Horizonte, Fundação Christiano Ottoni, Bloch Editores, 1992.
- FALCONI, C. V.** *TQC Controle da Qualidade Total no estilo japonês*. 8. ed. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 2004.
- HRONEC, S.M.** *Sinais Vitais: usando medidas de desempenho da qualidade, tempo e custos para traçar a rota para o futuro da sua empresa*. São Paulo: Makron Books, 1994.
- JURAN, J.M.** *Juran na liderança pela qualidade*. São Paulo: Pioneira, 1990.

LUZ, A.B et al. *Tratamento de minérios*. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq, 1998.

LUZ, A.B; SAMPAIO, J.A; ALMEIDA, S.L.M. *Tratamento de minérios*. 4. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004.

MARSHALL JUNIOR, I. et al. *Gestão da Qualidade*. 8. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2008.

MARSHALL, S; KISER, J.K. *Gestão da Qualidade Total na Prática*. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

PALADINI, E. P. *Gestão da qualidade: teoria e prática*. São Paulo: Atlas, 2000. 330p.

PALADINI, E. P. *Qualidade Total na Prática. Implantação e Avaliação de Sistemas de Qualidade Total*. São Paulo: Atlas, 1997.

RODRIGUES, M.V.C. *Ações para a qualidade GEIC: Gestão integrada para a qualidade: padrão Seis Sigma, classe mundial*. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

SOUZA, V. L. *Gestão de desempenho: julgamento ou diálogo?* 3. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2005.

VIEIRA, S. *Estatística para a qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviço*. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WERKEMA, M.C.C. *As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos*. Belo Horizonte, MG: Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia UFMG, 1995.

WILLIAMS, R. L. *Como implementar a qualidade total na sua empresa*. Campus 1995.