



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS DE
SERGIPE – FANESE
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

WAGNER MARADONNA FERREIRA BATISTA

**IMPLANTAÇÃO DO FILTRO HORIZONTAL DE ESTEIRA A
VÁCUO PARA A DESUMIDIFICAÇÃO DO CLORETO DE
POTÁSSIO**

**ARACAJU – SERGIPE
2012.1**

WAGNER MARADONNA FERREIRA BATISTA

**IMPLANTAÇÃO DO FILTRO HORIZONTAL DE ESTEIRA A
VÁCUO PARA A DESUMIDIFICAÇÃO DO CLORETO DE
POTÁSSIO**

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito parcial e elemento obrigatório para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção de 2012.1

Orientador: Prof. Dr. Fábio Resende

Coordenador: Prof. Dr. Jefferson Arlen
Freitas

Aracaju – Sergipe

2012.1

FICHA CATALOGRÁFICA

Batista, Wagner Maradonna Ferreira

Implantação do filtro de esteira a vácuo para desumidificação do cloreto de potássio/ Wagner Maradonna Ferreira Batista. – 2012.

42f.

Monografia (Graduação) – Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe, 2012.

Orientação: Prof. Dr. Fábio de Melo Resende

1. Produtividade 2. Filtro horizontal 3. Cloreto de potássio
I. Título

CDU 658.562(813.7)

WAGNER MARADONNA FERREIRA BATISTA

**IMPLANTAÇÃO DO FILTRO HORIZONTAL DE ESTEIRA A
VÁCUO PARA A DESUMIDIFICAÇÃO DO CLORETO DE
POTÁSSIO**

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito parcial e elemento obrigatório para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção de 2011.2

Prof. Dr. Fábio Resende
Orientador

Prof. Dr. Jefferson Arlen
Examinador

Prof. Ms. Herbert Alves de Oliveira
Examinador

Aprovado (a) com média: _____

Aracaju (SE), ____ de _____ de 2012

AGRADECIMENTOS

A elaboração deste trabalho foi possível graças ao apoio de pessoas muito especiais que tenho a oportunidade de demonstrar meu agradecimento.

A minha mãe e as minhas tias Arusa e Helenita, que de alguma maneira sempre acreditaram na minha coragem e determinação.

A minha namorada, que passou a ser o ponto de referência e que agradeço a Deus todos os dias por tê-la conhecido e a meus amigos de infância.

Meu agradecimento a meus colegas de trabalho que transformam as adversidades em demonstração de companheirismo e apoio, sempre ajudando quando possível nas permutas de horário.

**“De tudo ficaram três coisas: A
certeza de que estava sempre
começando, a certeza de que era
preciso continuar;
A certeza de que seria interrompido
antes de terminar, fazer da
interrupção um caminho novo;
Fazer da queda um passo da dança, do
medo uma escola, do sonho uma parte
da procura, um encontro.**

FERNANDO PESSOA

RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso avaliou a implantação de um filtro horizontal de esteira a vácuo para a desumidificação do Cloreto de Potássio (KCl) em substituição ao uso de cinco centrífugas.. A metodologia de pesquisa utilizada nesse trabalho foi quanto aos meios bibliográfica, documental e estudo de caso e, quantos aos fins, descritiva e quantitativa. Os dados para o estudo foram coletados no programa operacional GPV e no sistema informatizado de manutenção MAXIMO. A partir dos dados obtidos, constatou-se que a implantação do filtro trouxe como benefícios: o aumento da produtividade, em virtude da diminuição do número de paradas de alimentação do processo bem como do retrabalho, uma melhoria da qualidade do produto final e a diminuição do custo de manutenção devido ao menor valor das peças de reposição e de estas serem adquiridas no mercado nacional além de o filtro ter uma manutenção menos complexa.

Palavra chave: Produtividade. Filtro horizontal de esteira a vácuo. Cloreto de potássio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Fluxograma do beneficiamento do KCl	14
Figura 02 - Centrífuga	16
Figura 03 - Filtro horizontal de esteira à vácuo	18
Figura 04 - Limites de Controle do Processo e os Limites de Especificação	22
Figura 05 - Modelo de Ciclo PDCA	23
Figura 06 - Salmoura sem partículas sólidas	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Percentual de sólidos no efluente das centrífugas	28
Tabela 02 - Custo de manutenção das centrífugas	35
Tabela 03 - Custo de manutenção do filtro	36
Tabela 04 – Comparativo entre centrífugas e filtro	36
Tabela 05 - Preço do filtro com acessórios	36
Tabela 06 - Plano de lubrificação do filtro	38
Tabela 07 - Tabela de custos de lubrificação	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Alimentação das centrífugas	30
Gráfico 02 – Alimentação dos filtros	30
Gráfico 03 – Umidade nas Centrífugas	31
Gráfico 04 – Umidade nos filtros	32
Gráfico 05 – Consumo de óleo das centrífugas	37

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	07
LISTA DE TABELAS	08
LISTA DE GRÁFICOS	09
1. INTRODUÇÃO	10
Objetivos	12
1.1.1 Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivos Específicos	12
Justificativa	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
2.1 Descrição do Beneficiamento do KCl	13
2.2 Operação Unitária de Centrifugação	14
2.2.1 Método de beneficiamento do KCl por centrífugas	15
2.3 Operação Unitária de Filtragem	16
2.3.1 Método do beneficiamento por filtro de esteira horizontal à vácuo	17
2.4 Produtividade	18
2.5 Qualidade	19
2.5.1 Custos da Qualidade	19
2.5.2 Ferramentas da Qualidade	21
2.5.2.1 Cartas de Controle	21
2.5.2.2 Ciclo PDCA	22
2.6. Custos de Manutenção	24
2.6.1 Manutenção Preventiva	24
2.6.2 Manutenção Corretiva	25
3. METODOLOGIA	26
3.1 Método	26
3.2 Coleta e Análise de Dados	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
4.1 Percentual de sólidos (KCl) no efluente das centrífugas	28
4.2 Comparação de produtividade entre os processos de centrifugação e filtração	29
4.3 Análise da qualidade do produto	30
4.4 Análise do Custo de Manutenção	34
5. CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

Fertilizantes são nutrientes que visam suprir as carências de substâncias essenciais para a sobrevivência dos vegetais. Eles podem ser químicos ou orgânicos e são utilizados na agricultura com o objetivo de aumentar a produção. Os principais elementos necessários para o bom desenvolvimento dos vegetais são: Nitrogênio (para o processo de fotossíntese), Fósforo (responsável pela energia da planta) e Potássio (para proporcionar maior resistência do vegetal). Essa combinação de elementos está presente nos principais fertilizantes químicos.

Com o avanço crescente da agricultura, ocorre uma procura muito alta por fertilizantes. O Cloreto de potássio (KCl), por exemplo, é utilizado em grande escala na produção de fertilizantes. No Brasil, sua produção foi iniciada no ano de 1985, no estado de Sergipe, através da extinta Petromisa. Atualmente, sua produção está a cargo da empresa VALE S/A (na forma de arrendamento) que está localizada no município de Rosário do Catete. Vale salientar que Sergipe possui a única mina de KCl da América Latina.

A empresa Vale foi fundada com o formato de uma estatal pelo governo brasileiro no ano de 1942 e foi privatizada pelo governo de Fernando Henrique Cardoso no ano de 1997. Com a privatização, a empresa deixou de ser exclusivamente uma mineradora e passou a atuar em outros seguimentos como logística, energia e siderurgia. Apesar de já ter nascido como uma grande empresa, a Vale, a partir de sua privatização, passou a atuar em diversos países. Hoje a empresa está presente em 38 países e é a segunda maior mineradora do mundo.

Unidade operacional Taquari Vassouras é responsável por uma produção anual de 760 mil toneladas de cloreto de potássio (KCl) e é a única mina de potássio da América Latina. Ela abastece 10% do mercado nacional. Apesar de sua produção não atender a demanda, a mina é muito importante pelo fato de ser pioneira no segmento da extração e beneficiamento do potássio em nosso país.

Com um quadro de aproximadamente 900 funcionários na Unidade Operacional Taquari Vassouras, entre terceirizados e contratados, a Vale busca transformar recursos naturais em riquezas essenciais para a sociedade, procurando o respeito e harmonia com o meio ambiente e com a comunidade.

A exploração de minério em Sergipe é realizada em uma mina subterrânea com 680 metros abaixo da superfície, em mais de 300Km de galerias. O minério é extraído da rocha e transportado por correias transportadoras que leva o material até os silos de armazenamento,

de onde é feito o transporte para a superfície em elevadores. Na superfície, o minério bruto é estocado em um pátio onde é transportado por máquinas carregadeiras para moegas, onde, novamente, são utilizadas correias para transporte do minério até a usina de beneficiamento.

Chegando à usina, o minério passa por diferentes processos como: britagem, moagem, flotação, desaguamento, secagem, e compactação até atingir o seu formato comercial, que corresponde a grãos de aproximadamente 4mm.

Uma das etapas mais importantes do beneficiamento do KCl é o processo de desumidificação. Esse pode ser feito principalmente, com o uso de centrífuga ou de filtro horizontal de esteira a vácuo. De 1985 a 2009 foram utilizadas pela VALE S/A centrífugas para dessumidificar o KCl. Seu uso, no entanto, ocasionava vários problemas, tais como paradas de alimentação do processo e a conseqüente perda na produtividade e elevado consumo de energia e elevado custo de manutenção. O uso do filtro surgiu como uma alternativa à utilização das centrífugas, com o objetivo de melhorar o desempenho do processo e reduzir custos sem perda na qualidade final do produto. O uso do filtro vem despertando o interesse das indústrias, principalmente, em virtude da flexibilidade de sua operação, durabilidade, e adaptação a elementos corrosivos além de um melhor desempenho para grandes escalas.

Visando o mercado de fertilizantes, a Vale investe em novas tecnologias para obter melhores resultados em seus processos, procurando evitar desperdícios e aumentar a produtividade.

Reduzir custos, aumentar a produtividade e a eficiência do processo são grandes objetivos das indústrias. Com a redução dos custos amplia-se a margem de lucro, fazendo com que o produto final se torne mais barato, aumentando a competitividade da empresa. O mais interessante é reduzir os custos sem perda da qualidade, por isso, a importância de se procurar ferramentas de produção que aperfeiçoem a cadeia produtiva de uma maneira que se reduza os custos e aumente a produtividade.

Nesse contexto, insere-se a implementação do uso do filtro de esteira a vácuo no beneficiamento do KCl. A VALE S/A, através da Gerência de beneficiamento do cloreto de potássio (GAFUW), realizou visitas técnicas a duas usinas localizadas no Canadá que já utilizam o referido filtro e nelas verificou uma maior produtividade no beneficiamento do KCl se comparado ao uso das centrífugas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Avaliar a implantação de um filtro horizontal de esteira a vácuo para a desumidificação do cloreto de potássio (KCl).

1.1.2 Específicos:

- Analisar a produtividade de cloreto de potássio (semi-acabado) utilizando o filtro horizontal de esteira a vácuo em substituição a cinco centrífugas;
- Comparar a qualidade do produto gerado pelo filtro horizontal de esteira a vácuo.
- Verificar se houve redução no custo das manutenções do filtro horizontal de esteira a vácuo.

1.2 JUSTIFICATIVA

Melhorar a relação custo-benefício tem sido um dos grandes desafios da indústria. O processo de beneficiamento do KCl não foge a essa regra. A utilização de centrífugas para a desumidificação do KCl não estava apresentando resultados que justificassem a permanência da utilização deste equipamento no processo de beneficiamento do KCl. Detectada esta demanda, a busca por equipamentos que pudessem substituir as centrífugas acabou tornando-se um desafio para todos os colaboradores envolvidos.

Como minimizar os problemas de: perda de produtividade em decorrência da redução na alimentação, alto consumo de energia, elevados custos de manutenção em decorrência de constantes vazamentos de óleo lubrificante e de corrosão provocada pelo KCl? No processo de desumidificação utilizando centrífugas pensou-se em uma solução para estes problemas: a substituição do uso das centrífugas pela utilização de 01 filtro horizontal de esteira a vácuo. A importância da pesquisa é verificar se a implantação do referido filtro foi capaz de sanar, ou pelo menos minimizar, os principais problemas encontrados no processo de desumidificação do KCl e se tal implantação contribuiu para o aumento da produtividade, eficiência e para diminuição dos custos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Descrição do Beneficiamento do KCl

O processo utilizado pela Vale é do tipo operações unitárias, que segundo Brink (1997) são etapas que são estudadas de maneira individual.

Essas etapas na extração do potássio são bem distintas e demonstram a importância de cada uma dentro do processo como todo, sendo responsáveis pelas transformações físicas que ocorrem no minério desde a sua extração na mina até o consumidor.

De início, o minério é retirado na mina subterrânea e transportado através de correias transportadoras até o poço de extração o qual iça o minério através do SIK (elevador tipo pendula).

O minério é classificado na britagem, através de um peneiramento primário, o passante segue para a usina de beneficiamento. O retido passa em um britador primário e refaz todo o processo de britagem até atingir uma granulometria adequada.

Na concentração, todo o minério proveniente da britagem recebe a adição de salmoura para facilitar o transporte até os moinhos de barras e iniciar o processo de moagem.

O minério já moído passa por um peneiramento primário para classificação de granulometria. Todo material classificado segue para flotação.

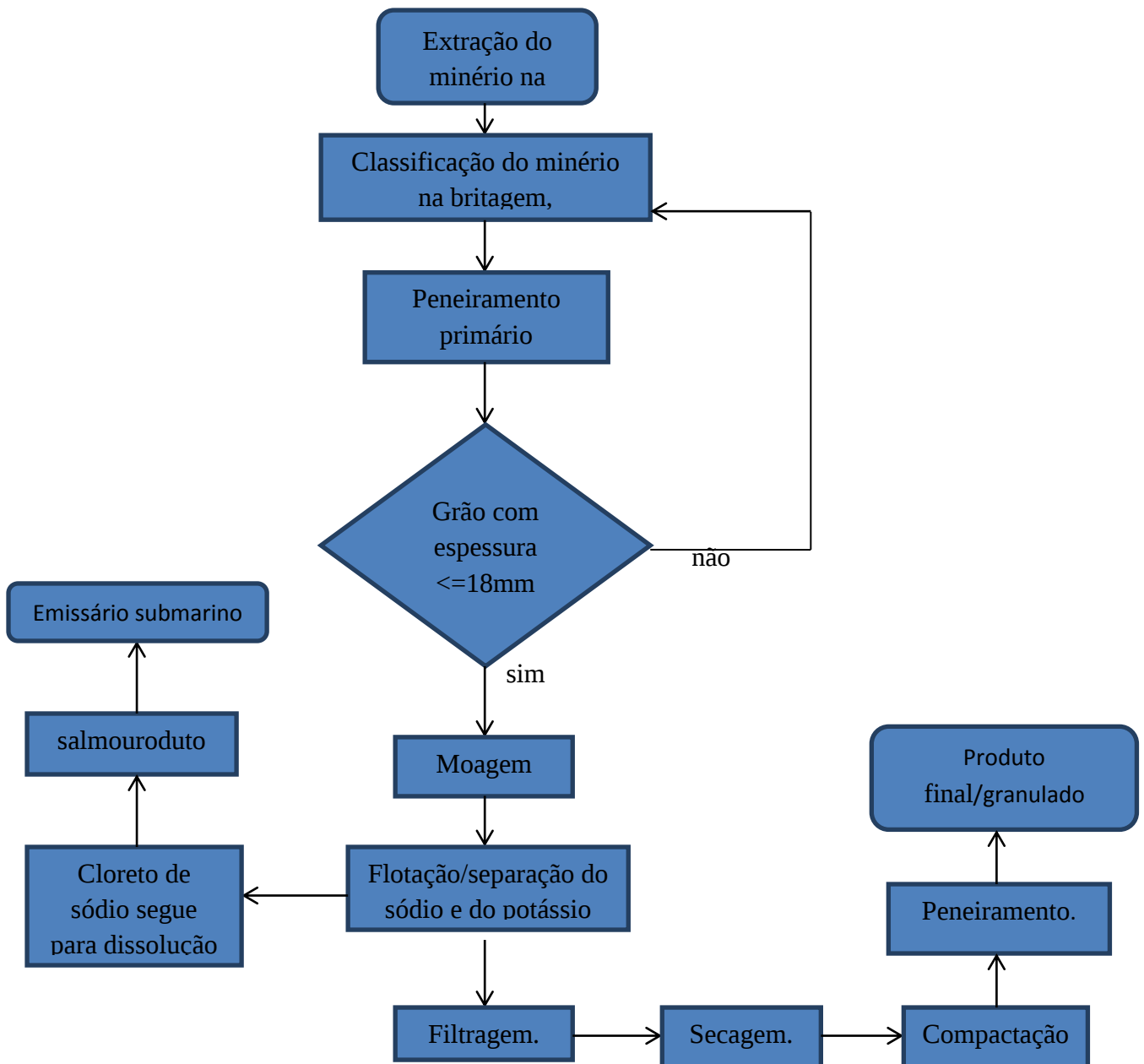
Na flotação, ocorre a separação do NaCl do KCl, através da adição de reagentes químicos do tipo amina e amido, o teor do KCl tem uma média de 30%. Todo cloreto de sódio segue para filtragem para retirar o excesso de salmoura, mantendo uma umidade média de 7%. Todo sal segue para uma área de dissolução e é bombeado para o mar através de um salmouroduto com densidade de $1,20 \text{ t/m}^3$.

Todo KCl coletado vai para o processo de desaguamento com a mesma finalidade do processo anterior que é a retirada da salmoura. A única diferença é a umidade que nesse caso tem de ficar em torno de 6%. O material processado nessa etapa segue para um secador com uma temperatura média de 150°C , após retirar toda a umidade do cloreto de potássio segue através de transportadores de correias e elevadores de caçamba para os rolos compactadores.

Os rolos compactadores conectados aos sistemas hidráulicos, com uma pressão em torno de 200Kgf/cm^2 , formam placas rígidas as quais passam por dois quebradores de placas para dar início a formação do grão.

Todo o material quebrado passa por uma classificação do tipo peneiramento primário e secundário até atingir uma granulometria com um máximo de 5% acima de 4,0mm e 95% acima de 1,0 mm, seguindo orientação do ministério da agricultura. Formados os grãos, estes seguem para o galpão de estocagem através de correias transportadoras. Segue o fluxograma para uma melhor visualização do processo vide figura 01.

Figura 01 – Fluxograma do beneficiamento de KCl



Fonte: Autor da pesquisa

2.2 Operação Unitária de Centrifugação

Centrifugação é o processo de separação de partículas sólidas em suspensão em um líquido utilizando forças para separar tais partículas do líquido.

Segundo Toffoli (2008), a centrifugação é um processo de separação de isolamento de misturas que é usado para tornar mais rápida a decantação ou a sedimentação. Neste processo, o corpo mais denso de uma mistura sólido-líquida, em razão da força da gravidade, fica armazenado no fundo de um recipiente. Ele é feito através de um aparelho chamado centrífuga que faz com que a substância mais densa seja sedimentada em virtude da força centrífuga.

2.2.1 Método de beneficiamento do KCL por centrífugas

O processo de centrifugação para separação de sólidos-líquidos é muito utilizado na indústria por causa de sua versatilidade de aplicação em diferentes tipos de processo.

No beneficiamento do KCL, o método de centrifugação utilizado é o contínuo que é realizado por centrífugas horizontais de decantação em bacia.

A centrífuga é uma máquina rotativa, que separa os sólidos de líquidos através da utilização da força centrífuga. Ela é composta por três elementos principais: a bacia ou decantador, o transportador de parafuso e o redutor.

A rotação da bacia cria uma força centrífuga de separação sobre a polpa de KCL alimentada. Esta força centrífuga, que é a da gravidade multiplicada várias vezes, faz com que as partículas sólidas se separem do líquido e se afastem do eixo da máquina para a parede da bacia que possui uma tela feita de uma liga de aço especial para suportar o material que é muito abrasivo.

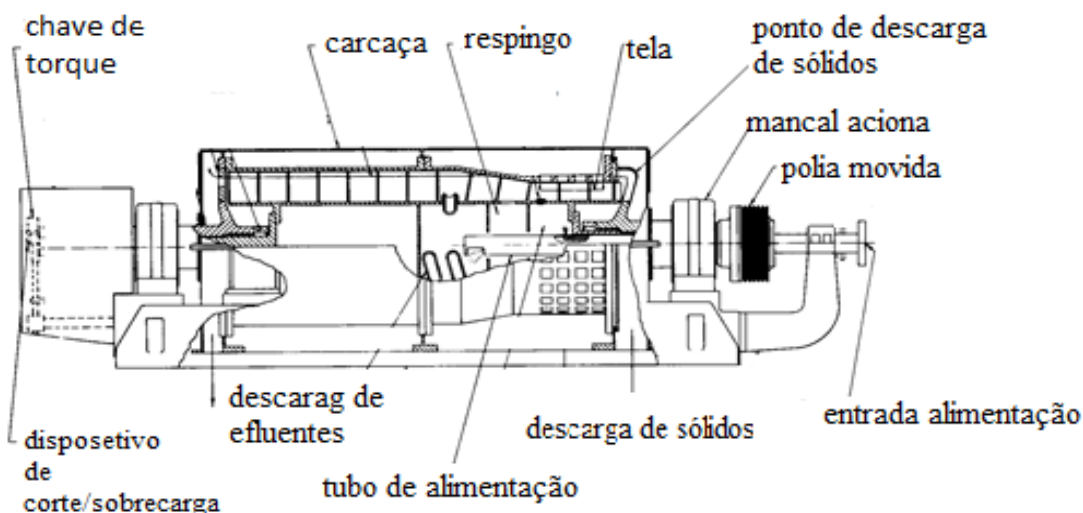
O transportador de parafuso localizado dentro da tigela, gira a uma velocidade ligeiramente mais lento do que a tigela. Os sólidos são compactados na parede da e são avançados por meio do transportador de parafuso para a extremidade cônica da bacia, onde são descarregadas.

O redutor controla a velocidade diferencial entre a bacia e o transportador para proporcionar aumento ou diminuição dos tempos de retenção dos sólidos.

O processo de filtração ocorre da seguinte forma: as centrífugas são alimentadas através de uma tubulação de 6" que é conectada a sua carcaça. A polpa que passa pelo tubo é descarregada em uma bacia que gira com uma velocidade máxima de 600 rpm. Esse embolo

possui uma tela onde o líquido passa e o sólido fica retido. O sólido é tracionado por um eixo em espiral que é descarregado por uma calha em uma correia transportadora e o líquido que passa pela tela das centrífugas e retorna ao processo. A figura 02 mostra o modelo de uma centrífuga.

Figura 02- Centrífuga



Fonte: Autor da Pesquisa

2.3 Operação Unitária da Filtragem

Filtração é um processo de separação de partículas sólidas, com base nos princípios de escoamento em meios porosos, de uma suspensão líquida. Neste processo, o sólido da suspensão permanece armazenado sobre o meio filtrante, constituindo um acúmulo de materiais, o qual se chama torta.

Segundo Filárdiga (2005), o processo de filtração pode ser classificado levando-se em conta diferentes aspectos. No que diz respeito à força impulsora ele pode se dar por gravidade, por vácuo, por centrífuga e por pressão induzida. No que tange ao mecanismo, pode ocorrer de uma maneira que as partículas sólidas fiquem armazenadas dentro do meio filtrante. Levando-se em conta a função, têm-se duas finalidades: uma é a secagem dos sólidos, quando a torta é o principal produto, a outra é a clarificação do fluído, quando o produto principal é o filtrado. No que se refere aos atributos do sólido, eles podem ser

compressíveis ou incompressíveis. Por fim, quanto ao ciclo de operações ele pode ser contínuo ou intermitente.

2.3.1 Método de beneficiamento por filtro de esteira horizontal a vácuo

O processo de filtração por esteira horizontal a vácuo é muito utilizado na indústria porque tem um custo baixo de manutenção e operação. É possível adaptar essa tecnologia a diferentes tipos de processo, como é o caso, por exemplo, do beneficiamento do KCl.

O processo de desaguamento utilizando o filtro de esteira horizontal ocorre da seguinte maneira: o concentrado, que contém de 48 a 50% de partículas sólidas, com teores de KCl variando de 91,8 a 96% é alimentado no filtro horizontal por um tanque distribuidor e através de um alimentador em forma de peixe. Este assegura uma boa distribuição do concentrado sobre a largura do tecido, o que é importante para que a lavagem e a drenagem sejam uniformes. A zona de formação é a área da esteira visível a partir do rolo da comporta de alimentação até o ponto onde nenhuma superfície líquida seja visível. A taxa de alimentação deve ser tal que toda a largura da esteira esteja coberta por uma camada uniforme de material.

A zona de lavagem é a área da esteira após a zona de formação onde o líquido de lavagem no filtro forma uma comporta, cobrindo a torta. O líquido de lavagem será direcionado através da torta deslocando os resíduos filtrados e lavando a torta do filtro.

A zona de secagem é a área da esteira onde a torta é desidratada. Na zona de secagem, nenhuma superfície úmida será visível e durante os últimos estágios de secagem, o ar passará através da torta. Na zona de descarga, o tecido filtrante é separado da esteira transportadora, passando sobre um rolo separador. Isto tem a função de quebrar a torta antes de sua descarga. O tecido filtrante então abraça o próximo rolo formando um ângulo de 90°. Neste ponto, a torta úmida e o tecido filtrante são separados por gravidade. O tecido filtrante retorna para o filtro e passa através de uma cortina de água a alta pressão para remover quaisquer sólidos que estejam na superfície do tecido. A Figura 03 mostra o filtro horizontal de esteira a vácuo.

Figura 03 - Filtro horizontal de esteira a vácuo.



Fonte: Autor da pesquisa

2.4 Produtividade

Aumentar o valor agregado de seus produtos tem sido o grande desafio das empresas na atualidade. Para isso, é necessário inserir cada vez mais qualidade em seus produtos a um baixo custo de produção, pois, é a alta produtividade quem garante a competitividade.

Para Campos (1992) produtividade é a relação existente entre o faturamento (output) e o custo da produção (input), ou seja, é a capacidade de uma organização agregar valor ao seu produto através de uma maior qualidade com um menor custo.

Para Macedo (2002) produtividade não se resume apenas ao processo de produção. Segundo o autor, todo o universo da indústria entra nesse cálculo a partir do suposto de que se não houver uma boa relação entre seus fornecedores, consumidores e um bom planejamento

para escoar a produção, os valores agregados ao produto na linha de produção se perderão nessas lacunas.

2.5 Qualidade

Para Oliveira (2004), qualidade pode ser definida através de cinco abordagens: transcendental, baseada no produto, baseada no usuário e, baseada na produção e baseada no valor. A abordagem transcendental associa a ideia de qualidade à busca do mais alto padrão. Para a baseada no produto, diferenças de qualidade estão ligadas à quantidade de ingredientes ou atributos desejados. Já a baseada no usuário mede a qualidade de um produto pelo nível de satisfação do cliente. Para a baseada na produção, a qualidade é o produto está de acordo com o projeto ou a especificação. Por fim, a baseada no valor liga-se à ideia de uma relação entre a excelência a um preço aceitável a um custo aceitável.

Segundo Xenos (1998), o conceito de qualidade é obtido através da ótica do cliente, ou seja, a maneira como os produtos são julgados pelos consumidores através de três categorias: qualidade intrínseca, custo e entrega. Para ele a união dessas três categorias é o que o cliente entende como valor.

Para Crosby (1985), qualidade é o atendimento aos requisitos pré-definidos. Esses requisitos devem ser de fácil mensuração e observação. Nessa ótica, o objetivo da gestão da qualidade seria o cumprimento das definições e requisitos, ou seja, difundir entre colaboradores e fornecedores a cultura de cumprir os procedimentos pré-determinados.

Nesse trabalho será utilizado o conceito de qualidade de Crosby (1985) por entender que é o que melhor se adéqua ao setor produtivo e ao objeto de estudo já que o autor fala em controle através de mensuração e observação a partir de especificações estabelecidas.

2.5.1 Custos da qualidade

Existem várias definições para a expressão “custos da qualidade”, de acordo com o que cada empresa conceitua como qualidade. Esses conceitos têm em comum o fato de considerar custo de qualidade aqueles relacionados à obtenção e à manutenção da qualidade.

Para Oliveira (2004), custo da qualidade pode ser entendido como as falhas na produção que geram desperdícios e perdas na produtividade por causa da necessidade do retrabalho.

Para Crosby (1985), custo da qualidade está associado às ideias de “conformação” ou “falta de conformação” em relação aos requisitos pré-determinados.

Assim como Crosby (1985), Mason (MASON, E., Op. Cit.) entende que custo da qualidade está ligado à conformação ou não conformação aos requisitos, dito de outra forma, custo de qualidade é o resultado da soma dos custos de conformidade com os custos da não-conformidade.

Existem diversas classificações para os custos de qualidade, entre elas, duas são as mais conhecidas. A primeira que subdivide os custos de qualidade em: custos de conformidade e custos de não-conformidade e a outra os subclassificam em: prevenção, análise e falhas.

A primeira das classificações citada anteriormente, segundo Miguel e Rotondaro (2005) toma por base o processo para definir custo de qualidade. Custo de conformidade, nessa ótica, seria o valor utilizado para que o produto final saia de acordo com as especificações pré-definidas, ou seja, esteja dentro dos padrões e os custos de não-conformidade seriam os destinados a corrigir falhas, aqueles que estão ligados a uma ineficiência do processo que tem consequência o desperdício de mão-de-obra e de materiais. Se o custo de conformidade estiver alto será necessária uma redefinição do processo, de uma maneira que se consiga produzir dentro das especificações a um custo mais baixo. Por outro lado, se o custo de não-conformidade se apresentar alto surgirá a necessidade de identificar as falhas que estão ocasionando a ineficiência do processo para que estas possam ser corrigidas, numa tentativa de eliminar ou reduzir os problemas a elas associados.

A segunda das classificações é a mais utilizada. De acordo com Feingenbaum (opcit), os custos da qualidade podem ser divididos em: custos de controle (prevenção e avaliação) e custos de falhas no controle (falhas internas e falhas externas), também conhecidos como custos da não qualidade ou da má qualidade. Como se pode observar, custo de controle está ligado à ideia de prevenção ao passo que custo de falhas no controle tem um caráter corretivo.

De acordo com Miguel e Rotondaro(2005), custos de prevenção são os destinados ao planejamento da qualidade com o objetivo de garantir que não ocorrerão falhas no processo. Custos de avaliação são os alocados para verificar o nível de qualidade do produto, através de

ensaios e inspeções, com o objetivo de averiguar se o produto está em conformidade com as especificações. Já custos de falhas são os decorrentes da falta de qualidade do produto que não saiu em conformidade com as especificações.

Ritzman e Krajewski (2004), elencam quatro categorias de custos ligadas ao gerenciamento da qualidade. São elas: custos de prevenção (para reelaboração do processo com o objetivo eliminar as causas da má qualidade); custos de avaliação (para avaliação do nível de qualidade); custos de falhas internas (para sanar defeitos descobertos durante a produção de um produto) e falhas externas (para defeitos descobertos quando o produto está com o cliente).

Para que uma organização mantenha um padrão de qualidade é necessário um acompanhamento dos custos de qualidade através de sua mensuração. Através dessa, poderão ser identificadas as perdas ocasionadas pelos problemas e ser verificado também até que ponto os custos destinados à prevenção estão surtindo o efeito esperado.

Neste processo de mensuração, poderá ser identificada a necessidade da realização de projetos que busquem a melhoria do processo desde que seja viável financeiramente. Para Miguel e Rotondaro(2005) melhoria do processo diz respeito a elevar o nível de desempenho do processo através do novo projeto, seja em termos de qualidade ou de produtividade. Já viabilidade econômica está ligada à ideia de que os benefícios trazidos pela melhoria do processo sejam maiores que os custos nele envolvidos.

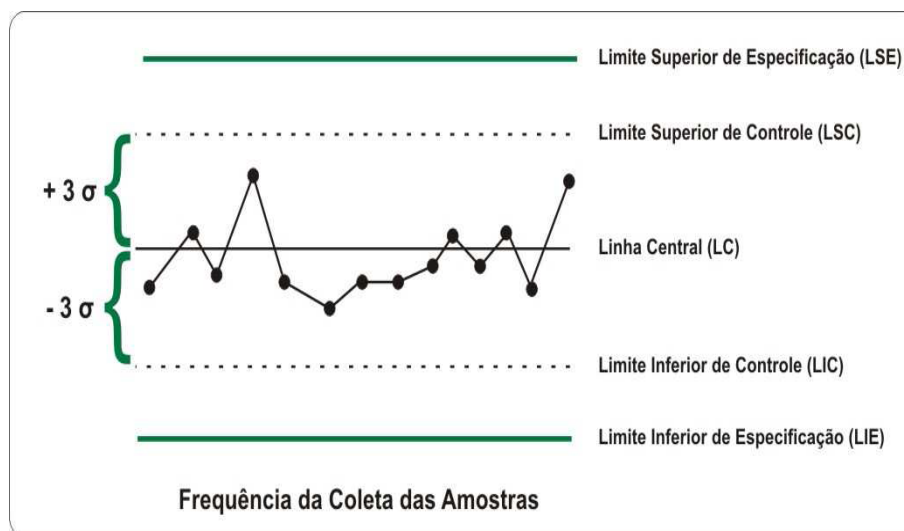
2.5.2 Ferramentas da qualidade

2.5.2.1 Cartas de Controle

Para Marshall **etal.** (2006), carta de controle é um gráfico que é utilizado para acompanhar a variação de um processo a partir da identificação de causas comuns (que dizem respeito ao funcionamento do sistema) e das causas especiais ou aleatórias (ocorrências fora dos limites de controle ou situações indesejadas). Para sua elaboração devem ser calculados o limite superior de controle (LSC), o limite inferior de controle (LIC) e a média de um processo. Se os dados estiverem dentro dos limites previamente estabelecidos (LIC, LSC e M)

significa que o processo está sob controle. Porém, se os dados estiverem fora dos limites estabelecidos estarão ocorrendo causas indesejáveis e prejudiciais ao processo.

Figura 04: Limites de Controle do Processo e os Limites de Especificação.



Fonte: (COM ÊXITO, 2010).

Como se pode observar, a partir das cartas de controle, é possível monitorar o processo verificando desvios em relação ao normal funcionamento do processo, ou seja, poderá ser observado se um processo está ou não sob controle, observando as mudanças no processo a partir de métodos estatísticos. Quando surgirem as causas indesejadas, medidas serão tomadas para identificá-las pode ser matéria-prima inadequada, equipamento com defeitos. A partir da identificação do problema, medidas serão tomadas para saná-lo.

2.5.2.2 Ciclo PDCA

Segundo Marshall Et Al. (2006, P.100), ciclo PDCA é um modelo gerencial que visa promover a melhoria contínua e sistemática nas organizações, através da consolidação e padronização de práticas. Tal ferramenta é desenvolvida através de quatro fases. A primeira fase é a Plan (planejamento), nela são estabelecidos os objetivos e as metas a serem alcançadas. A seguinte é a “do” (execução) fase em que o planejamento é implementado. A

terceira é a Check (verificação) na qual se verifica, através da comparação entre as metas e os resultados, se foi alcançado o que anteriormente fora planejado. A última fase, denominada Act (agir corretivamente) traz duas alternativas: se as metas forem atingidas, deverá ser adotado o padrão elaborado na primeira fase, do contrário será necessário conhecer as causas dos efeitos indesejados para que as mesmas sejam combatidas. Vide figura 05.

Figura 05: modelo de Ciclo PDCA



Fonte: www.eps.ufsc.br

Para Quinquilo (2002), o Ciclo PDCA é uma ferramenta que tem como principal função auxiliar na análise e no diagnóstico de problemas organizacionais, sendo, por isso, de extrema importância para a solução de problemas. Ele salienta que este método é um dos mais efetivos para a busca da melhoria contínua, pois, permite que sejam realizadas ações sistemáticas que aceleram o alcance de melhores resultados.

Pelo que foi dito acima, percebe-se que o ciclo PDCA é uma ferramenta de qualidade que facilita a tomada de decisões com o objetivo de se alcançar as metas pré-determinadas. É uma sequência de ações que são utilizadas para controlar um processo, caracterizando-se, portanto, como uma ferramenta administrativa que auxilia na organização de um projeto ou processo.

Para Campos (1996): O PDCA é um método de gerenciamento de processos ou sistemas. É o caminho para se atingirem as metas atribuídas aos produtos dos sistemas empresariais.

Segundo Andrade (2003) a utilização do ciclo PDCA envolve várias possibilidades, podendo ser utilizado para o estabelecimento de metas de melhoria provindas da alta

administração, ou também de pessoas ligadas diretamente ao setor operacional, com o objetivo de coordenar esforços de melhoria contínua, enfatizando que cada programa de melhoria deve começar com um planejamento cuidadoso (definir uma meta), resultar em ações efetivas, em comprovação da eficácia das ações, para enfim, obter os resultados da melhoria, podendo ser reutilizado a cada melhoria vislumbrada.

Andrade (2003) acrescenta que o ciclo PDCA é projetado para ser usado como um modelo dinâmico. A conclusão de uma volta do ciclo irá fluir no começo do próximo ciclo, e assim sucessivamente. Seguindo no espírito de melhoria de qualidade contínua, o processo sempre pode ser reanalisado e um novo processo de mudança poderá ser iniciado.

Dessa forma, a aplicação de forma integral do PDCA possibilita o bom aproveitamento dos processos criados na empresa, tendo como consequência a redução de custos e o aumento da produtividade.

2.6 Custos de Manutenção

Para Kardec e Nascif (2001) os custos de manutenção são classificados em três categorias: custos diretos, custos de perda de produção e custos indiretos. Custos diretos são os utilizados para que os equipamentos se mantenham em operação. Entre eles os destinados à manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção detectiva. Já custos de perda produção são aqueles advindos da perda de produção seja por falta de equipamento principal quando este não tem equipamento reserva ou por falha do equipamento em virtude de manutenção inadequada. Custos indiretos dizem respeito à estrutura gerencial e de apoio administrativo.

2.6.1 Manutenção Preventiva

Para Kardec e Nascif (2001) manutenção preventiva é aquela realizada, de acordo com um plano antecipadamente elaborado e com intervalos pré-definidos, com o objetivo de evitar ou minimizar falhas ou quedas no desempenho. Para eles, ao contrário da manutenção corretiva, a manutenção preventiva busca evitar ao máximo a ocorrência de falhas.

2.6.2 Manutenção corretiva

Para Kardec e Nascif (2001) é aquela não planejada, ou seja, é aquela utilizada para corrigir uma falha ou a diminuição de desempenho.

“Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a colocar um item em condições de executar uma função requerida” NBR 5462 (1994)apud DRUMOND, 2004, p. 103).

“É a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor que o esperado” (PINTO e XAVIER, 1999, p. 32).

“É a correção do desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra” (PINTO e XAVIER, 1999, p. 34)

3. METODOLOGIA

De acordo Com Lakatos e Marconi (2004), metodologia diz respeito a quais procedimentos de pesquisa serão utilizados num trabalho acadêmico, ou seja, a descrição dos instrumentos de coleta de dados, das variáveis e indicadores, da caracterização da pesquisa e da maneira como os dados serão analisados. Em suma, como o trabalho será desenvolvido.

3.1 Método

Quanto aos fins este trabalho foi caracterizado como uma pesquisa exploratória descritiva e quantitativa. Descritiva porque teve o intuito claro de descrever as características dos equipamentos inseridos no processo de beneficiamento de Cloreto de Potássio da Unidade Operacional Taquari Vassouras.

Para Gil (1992) uma pesquisa descritiva “tem por objetivo descrever as características de determinada população ou fenômeno ou estabelecimento de relações entre variáveis utilizando técnicas padronizadas de coleta de dados”.

E quantitativa por ter como intenção a precisão dos resultados e frequentemente aplicado em estudo descritivo, segundo Richardson (1999), “a escolha do procedimento sistemático para a descrição e explicação do fenômeno.”

Quanto aos meios, este estudo caracterizou-se como pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso.

Para Kant (1948), pesquisa bibliográfica é o passo inicial na construção efetiva de um protocolo de investigação, quer dizer, após a escolha de um assunto é necessário fazer uma revisão bibliográfica do tema apontado. Essa pesquisa auxilia na escolha de um método mais apropriado, assim como num conhecimento das variáveis e na autenticidade da pesquisa.

Documental porque foram consultados: manuais dos equipamentos pesquisados e normas internas de padronização de ações.

Para Martins (2000) o estudo de caso tem a funcionalidade de, através de levantamento de dados ou de estratégias experimentais, elucidar as ligações causais em intervenções ou situações complexas da vida real.

3.2 Coleta e Análise de Dados

O presente trabalho foi desenvolvido na Unidade Operacional Taquari Vassouras, localizada no Município de Rosário do Catete, no período do estágio entre fevereiro e abril de 2011.

Os dados utilizados nesta pesquisa foram coletados no programa Operacional GPV (onde se encontram registrados os dados sobre produtividade, qualidade e disponibilidade dos equipamentos) e no sistema informatizado de manutenção MAXIMO (que controla informações sobre peças de reposição e consumo de insumos (óleos e lubrificante)

Também foram consultados o manual técnico da centrífuga “Bird Screen Bowl Centrifuge” e o Manual Técnico Filtro esteira 73M2, ambos disponíveis para consulta na Gerência de Engenharia e Manutenção (GAPAW).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Percentual de sólidos (KCl) no efluente das centrífugas

O minério que é alimentado na usina é extraído de dois tipos de rochas: a carnalita e a silvinita. Devido à baixa granulometria que a carnalita apresenta, o KCl que deveria sair do circuito retorna pelo efluente das centrífugas, como pode ser observado na tabela 02, que demonstra o percentual de sólido presente no efluente das centrífugas, causando um desequilíbrio no circuito. Esse fato acarreta uma alta umidade do produto como mostra a tabela 01, e uma baixa produção das centrífugas já que as mesmas são ineficientes para processar este minério, pois, devido à baixa eficiência do equipamento a alimentação precisa ser reduzida para melhorar os valores exigidos pelo cliente.

Tabela 01- Percentual de sólidos no efluente das centrífugas.

HORA	EFLUENTES				
	% SOLIDO				
	CG-01	CG-02	CG-03	CG-04	CG-05
07:30		11,79	11,94		8,64
08:30	5,78				6,74
09:30	7,85				7,34
10:30	8,71	10,22			
11:30		7,33	6,9		
12:30		9,05	6,80		
13:30					6,43
14:30	9,52	13,22			
15:30		11,57	10,48		
16:30	9,37	11,26	9,69		

Fonte: Sistema Operacional GPV

Com o uso do filtro, as amostras, coletadas no seu efluente, não apresentaram um percentual significativo de partículas sólidas como mostra a figura 06 da salmoura coletada.

Isso ocorre, porque o filtro utiliza um pano filtrante que não permite a passagem de sólido, retornando apenas a salmoura para o circuito. Por isso, o produto não apresenta alta umidade e há uma maior produtividade do filtro em relação às centrífugas. Neste caso, também não ocorre o desequilíbrio do circuito e a consequente redução da alimentação.

Figura 06 - Salmoura sem partículas sólidas.



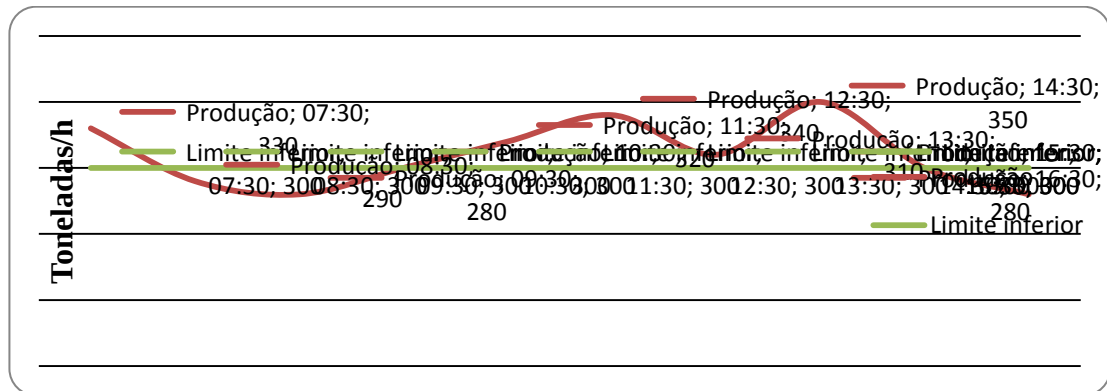
Fonte: Autor da Pesquisa

Do lado esquerdo da figura 06 temos um recipiente com o efluente do filtro. Como se pode ver, não há presença significativa de partículas sólidas. Do lado direito da mesma figura temos um recipiente contendo o efluente da centrífuga e, como pode ser observado, há uma elevada concentração de partículas sólidas.

4.2 Comparativo de produtividade entre os processos de centrifugação

O gráfico 01 mostra o desempenho em produtividade (ton/h) do minério alimentado na usina utilizando as centrífugas. Como pode ser observado, há uma baixa produtividade, ficando abaixo do limite inferior de produção.

Gráfico 01 – alimentação das centrífugas

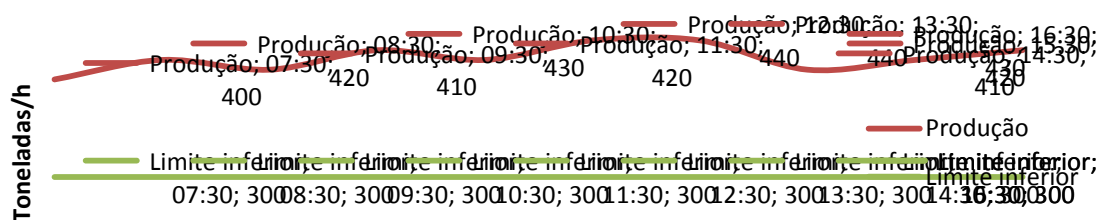


Fonte: Sistema Operacional GPV

Essa variação no processo de alimentação é ocasionada por dois fatores: um deles é a necessidade de reduzir a quantidade de material alimentado por causa do desequilíbrio gerado pela carga circulante que retorna nos efluentes das centrífugas e o segundo fator gerador é a entrada de minério carnalita na planta.

Já o gráfico 02 mostra a produtividade do minério utilizando o filtro. Como se observa há um melhor desempenho se comparado às centrífugas, pois o nível da produção se manteve mais próximo da capacidade máxima de produção, nunca ficando abaixo do limite inferior.

Gráfico 02 – Alimentação dos filtros



Fonte: Sistema Operacional GPV/Vale

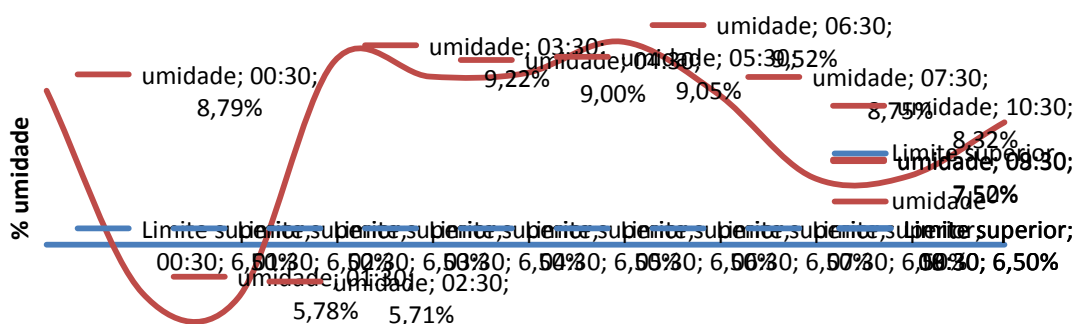
4.3 Análise da qualidade do produto

Todos os resultados obtidos no processo de desumidificação do KCl são anotados em uma planilha que demonstra o comportamento da planta. Esses dados são obtidos através da coleta de amostra, que posteriormente é analisada em laboratório e inserida na tabela de controle operacional, utilizada para analisar o comportamento do processo.

Com esses dados, é possível verificar a qualidade do produto gerado no processo de filtragem, um farelado que tem que estar entre 91,5% e 92,8% de potássio, 7,5% e 6,2% de NaCl, 0,6% outros sais e 0,4% de insolúveis, chamado no processo de semi-acabado.

Para o produto ganhar forma final, falta uma etapa do processo que é o acabamento que passa a ser cliente da etapa de desumidificação. O produto desejado pelo cliente tem que apresentar a seguinte característica: umidade igual ou abaixo de 6,5%. Utilizando as centrífugas, a porcentagem da umidade quase sempre fica acima do especificado (6,5%) como pode ser observado no gráfico 03, ou seja, um dos pré-requisitos da qualidade não está sendo atendido. Isso ocorre porque as centrífugas possuem telas de diâmetro 0,4mm que com pouco tempo de operação sofre desgaste natural não tendo o mesmo desempenho na filtragem, ocasionando então a alta umidade do produto. Caso não seja atendido o percentual especificado, o produto é desviado para um pátio, onde ocorre o processo de desaguoamento natural.

Gráfico 03 – Umidade nas centrífugas

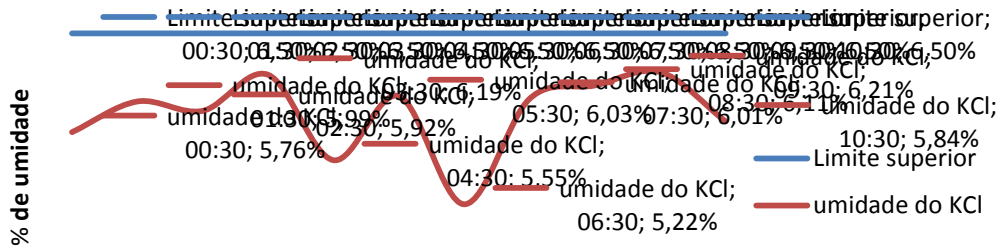


Fonte: Sistema operacional GPV/Vale

Utilizando-se o filtro para o mesmo processo, verificou-se que a porcentagem da umidade sempre ficou dentro dos padrões especificados (menor ou igual a 6,5%) como pode ser verificado no gráfico 04. Isso ocorre porque com a utilização do filtro é possível alterar alguns parâmetros como, por exemplo, a velocidade com que a torta de semi-acabado passa

pelo filtro e a redução ou aumento na pressão do vácuo. Além disso, por possuir um tecido filtrante de alta qualidade, o processo de filtragem é bem mais eficiente quando comparado ao das centrífugas.

Gráfico 04 – Umidade nos filtros



Fonte: Sistema Operacional GPV/Vale

Com a utilização das centrífugas, não havia uma padronização de práticas para a realização do processo. Após a implementação do filtro, foi criado um procedimento operacional com o objetivo de padronizar as ações do processo buscando manter a qualidade do produto.

Os procedimentos são os seguintes: primeiro o operador deve solicitar a sala de controle o acionamento do filtro e as bombas da caixa 24 intertravadas com o nível, caso ocorra algum dos desvios a seguir: desalinhamento, desarme por chave de velocidade, sobrecarga, exposição a intempéries (chuva), desarme corrente alta, elemento filtrante furado, exposição ao ruído, sensor de nível não funciona, obstrução ou vazamento na linha da bomba e projeção da salmoura, as seguintes ações devem ser tomadas consecutivamente: acionar manutenção, acionar instrumentista, retirar excesso de material e colocar a correia em operação e usar EPI adequado e regular a vazão de água de selagem das BV's e acompanhar corrente pela sala de controle que deve ficar entre 50/60 ampéres.

Segundo passo: operador de equipamentos certificar de que a ciclonagem estar operando normal, caso a porcentagem de sólidos estiver acima de 6% pelo “over” ou exposição a fluido sob pressão as seguintes ações devem ser tomadas: fechar ciclones com porcentagem sólidos alta no over e usar óculos de segurança.

Terceiro passo: cuidados ambientais na partida da área caso haja geração de ruído e desperdício de água as seguintes ações deverão ser tomadas: evitar operar os equipamentos em vazio desnecessariamente e atentar para a qualidade de sprays ligados.

Quarto passo: cuidado ambiental na parada de área, atenção para o seguinte desvio operacional: vazamento de salmoura a seguinte ação deverá ser tomada pelo operador : solicitar à sala de controle o fechamento da válvula de alimentação do filtro caso a válvula não obedeça ao comando solicitar apoio da mecânica.

No que diz respeito ao custo da qualidade, o estudo realizado tentou demonstrar os custos gerados pela falta de qualidade do produto e a viabilidade das cinco centrifugas pelo filtro horizontal de esteira a vácuo, levando-se em conta os custos decorridos da má qualidade do produto.

Os custos de qualidade estão divididos em quatro categorias, quais sejam: Custos das Falhas Internas; Custos das Falhas Externas; Custos de Avaliação e Custos de Prevenção.

Custo da prevenção: inspeção de recebimentos, inspeção durante o processo, inspeção de laboratório, endosso de laboratório fora da empresa, manutenção do equipamento em teste, auditorias de qualidade, calibração dos equipamentos de qualidade e manutenção do equipamento de produção.

Custo de avaliação: engenharia da qualidade, planejamento da qualidade, projeto e desenvolvimento do equipamento de qualidade, verificação e revisão do projeto, treinamento da qualidade, projeto e melhoria da qualidade, análise e relato dos dados de qualidade, controle do projeto estatístico, outras atividades de controle de processo usadas para evitar defeitos e contabilidade de custos para variâncias da produção.

Custos de falhas externas: ajuste em garantia, serviço ao cliente, mercadorias devolvidas e investigação de defeitos.

Custos de falhas internas: refugo, retrabalho, reinspeção, retrabalho, perda de categoria devido aos defeitos, perdas causadas por refugo, paralisação causada por defeitos, análise de falhas.

A empresa possui métodos de controle e avaliação que são eficazes, tanto que o cliente não recebe produtos fora de especificação. Esses custos não foram possíveis de serem mensurados devido à falta de dados.

Com relação aos custos da qualidade, a pesquisa realizada na usina de beneficiamento de KCl focou apenas os custos gerados pelas falhas internas, sendo estes: o retrabalho, perdas causadas por refugo e paralisação causadas por defeitos.

As centrífugas processam 200 ton/hora de KCl e esse produto é absorvido por dois secadores; caso haja a entrada de material nos secadores com umidade acima de 6,5%, ocorrerá empedramento do leito causando uma parada de no mínimo 24 horas. Os secadores têm uma reserva de semi-acabado que dura em torno de 20 min e depois que essa reserva acaba, os secadores são desligados. Uma das alternativas para os secadores não desligarem, é misturar o semi-acabado que sai das centrífugas com o minério que se encontra no pátio de secagem natural, reduzindo o valor médio da umidade.

Entretanto, quando os secadores estão operando em carga máxima, não fica material em estoque, o que ocasiona ou desarmes dos secadores por falta de semi-acabado ou a retirada de um deles de operação para que haja uma constante operacional.

Um secador parado por uma hora deixa de produzir 74 toneladas de produto final. Esse produto pode ser chamado de granulado, *pink* ou *standard* que são diferenciados pela granulometria. A tonelada do produto final fica por \$520,00 dólares.

Outra causa de aumento de custo, no que diz respeito à qualidade, é o retrabalho ocasionado pela realimentação do semi-acabado, ou seja, depois que ocorre o desaguamento natural, o produto gerado pelas centrífugas retorna ao processo. O KCl é alimentado em uma moega por máquinas tipo pá carregadeira e é transportado para nosso cliente através de correias transportadoras. Essa máquina utilizada para transportar o minério até a moega gera um custo extra, pois a mesma é terceirizada e os valores pagos são referentes às horas trabalhadas. Esses custos poderiam ser minimizados se o equipamento responsável pela desumidificação tivesse uma maior confiabilidade.

4.4 Análise do Custo de Manutenção

As manutenções realizadas nas centrífugas eram feitas apenas quando os equipamentos quebravam, pois não havia especificações do fabricante quanto ao tempo de troca de componentes, ou seja, nesses equipamentos era utilizada apenas a manutenção corretiva. Esse problema era gerado por falta de informações do fabricante sobre tempo de vida das peças. Esse tipo de manutenção gerava perdas na produtividade devido à parada das centrífugas no período em que toda planta operacional estava a todo vapor.

Com a implantação do filtro, as condições de trabalho tanto para a operação quanto para a manutenção melhoraram por causa da menor complexidade de manutenção de um filtro em relação a cinco centrífugas. Com um maior controle sobre o equipamento e informações

precisas do fabricante, foi possível a elaboração de um plano de manutenção e paradas estratégicas do equipamento.

O plano de manutenção preventiva detalha as tarefas passo a passo, a duração e a quantidade de mão de obra necessária para executar a tarefa.

As peças de reposição das centrífugas possuem um custo elevado, como pode ser observado na tabela 02, e não são encontradas no mercado nacional, sendo importadas diretamente pela Vale. Por terem custo elevado, fica inviável financeiramente a estocagem das referidas peças.

Tabela 02 – Custo de manutenção das centrífugas

CENTRÍFUGAS		
EQUIPAMENTO	QUANTIDADE (por centrífuga)	VALOR (R\$) (por centrífuga)
Transmissor de pressão	02	5590,00
Rolamento	02	20.356,74
Retentor	01	27,16
Orifício	01	2783,79
Arruela	01	1423,96
Bucha	02	16.778,60
Tela	01	120.560,00
Labirinto	01	4067,89
Rolamento de contato	02	15.082,98
Transdutor	01	2.642,90
Tamugo	01	29,84
Fita vedação	01	13,88
Mola helicoidal	02	1.562,66
Válvula borboleta	01	2713,44
TOTAL		193.633,84

Fonte: Sistema operacional MAXIMO/Vale

Com a implantação do filtro horizontal de esteira a vácuo, não foi necessário treinamento para realizar a manutenção, pois já existe um equipamento igual utilizado para desumidificar o cloreto de sódio. Suas peças de manutenção são encontradas no mercado nacional já que esse tipo de equipamento é adaptado para outros tipos de processo em diversas indústrias e é fabricado pela indústria nacional. As peças de reposição são mais baratas, como pode ser observada na Tabela 03.

Tabela 03 – Custo de manutenção dos filtros

FILTRO HORIZONTAL DE ESTEIRA A VÁCUO		
EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	VALOR (R\$)
Rolamento	16	1.450,72
Bucha	08	87,76
Caixa para rolamento	16	702,08
Pano filtrante	01	80.000,00
TOTAL		82.240,56

Fonte: Sistema Operacional MAXIMO/Vale

Os valores das tabelas “02” e “03” correspondem às peças utilizadas para 01 (uma) manutenção programada das centrífugas e do filtro. A manutenção é feita uma vez por ano em cada centrífuga e duas vezes por ano no filtro. Os valores anuais destinados à manutenção dos equipamentos supramencionados podem ser observados na Tabela 04.

Tabela 04 – Comparativo entre centrífugas e filtro

CUSTO DE MANUTENÇÃO ANUAL	
Centrífugas (cinco)	968.169,20
Filtro	164.481,12
Economia gerada com a compra do filtro	803.688,08

Fonte: Sistema operacional MAXIMO/Vale

Como pode ser observado, o custo da manutenção ao final de cada ano das centrífugas é bem superior ao do filtro. Mesmo levando-se em conta o alto valor de aquisição do filtro, este ainda é mais viável economicamente se levarmos em conta a onerosidade da manutenção das 05 centrífugas.

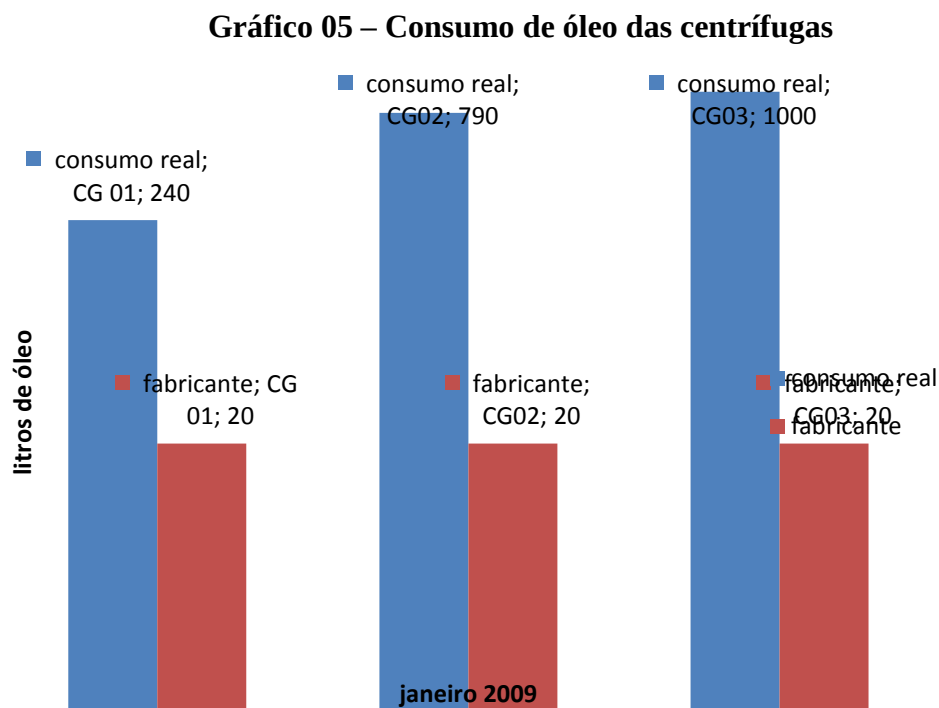
Tabela 05 – Preço do filtro com acessórios

Item	Preço sem impostos	PIS/Cofins 9,25%	ICMS 5,14 %	Total com Impostos
Filtro com acessórios	1.840.615,00	198.875,00	110.510,00	2.150.000,00

Fonte: Sistema Operacional MAXIMO/Vale

Outro fato impactante é o consumo de óleo lubrificante, desde a implantação das centrífugas, surgiram vazamentos crônicos de óleos fazendo com que os níveis ficassem abaixo do nível especificado pelo fabricante. Os lubrificantes eram trocados por causa dos vazamentos, e não por causa de planos de manutenção preventiva. Essa troca antecipada causava um aumento considerável no consumo de óleo. Os fabricantes das centrífugas determinam a utilização de 120 litros de óleo OMALA 320 por centrífuga e o fabricante do

óleo sinaliza sua troca a cada seis meses. O que ocorria eram trocas semanais por causa dos vazamentos como podemos observar no gráfico 05.



Fonte: Sistema operacional MAXIMO/Vale

O gráfico 05 mostra o consumo de óleo no período de um mês e traz as seguintes informações: consumo real de óleo que é utilizado pelas centrífugas e o consumo indicado pelo fabricante. Com apenas três centrífugas em operação houve um consumo de 2040 litros de óleo em um mês, quando o indicado pelo fabricante é de apenas 360 litros a cada 6 meses, ou seja, 20 litros a cada mês.

Foi observado que com o uso do filtro não houve ocorrência de vazamento. Por não existirem sistemas hidráulicos, a lubrificação dos roletes e das bombas utilizadas no filtro é feita com graxa e obedece a um plano de lubrificação como é descrito a seguir na tabela 06:

Tabela 06 – Plano de lubrificação do filtro

QUANTIDADE DE GRAXA NO RESERVATÓRIO

O reservatório tem capacidade de 8Kg de graxa e terá que ser reabastecido semanalmente.

Cálculo:

Cada elemento envia: 5cc/min

O sistema possui 2 elementos: 10cc/min

O tempo de lubrificação é de 4min/hora : $10\text{cc} \times 4 = 40\text{cc/hora}$

Por dia = $40\text{cc} \times 24 = 960\text{cc/dia}$

Na semana = $960\text{cc} \times 7 = 6720\text{cc/semana}$

OU SEJA : aproximadamente 6,2kg de graxa por semana.

Para não esgotar o reservatório o aconselhável e reabastecer semanalmente

PERÍODO DE LUBRIFICAÇÃO DOS MANCAIS

Os mancais serão lubrificados a cada hora. O tempo de programação é de a cada hora lubrificar 4 minutos podendo ser alterado no painel de controle caso necessário

QUANTIDADE DE LUBRIFICANTE

Quantidade de lubrificante nos mancais dos roletes (menores) 34 mancais 0,43cc/hora cada

Quantidade de lubrificante nos mancais dos roletes (maiores) 16 mancais 0,33cc/hora cada

Quantidade de lubrificante nos mancais dos roletes de tração 4 mancais 2,4cc/hora cada

MANUTENÇÃO DO SISTEMA

A manutenção preventiva do sistema de lubrificação poderá ser feita mensalmente:

Observar toda a tubulação se não há vazamento.

Observar se há excesso ou falta de graxa nos mancais. **Excesso** diminuir tempo de lubrificação. **Falta** aumentar tempo de lubrificação.

Checar válvulas de alívio na parte interna do painel. Caso esteja saindo graxa, o sistema estará travado. (Ver procedimento de manutenção caso houver travamento).

Fonte: manual do filtro

Todo esse processo é automatizado, evitando falhas na lubrificação e dosagem correta para evitar desperdício.

Na tabela 07 seguem os valores gastos com a lubrificação das centrifugas e do filtro horizontal de esteira a vácuo no período de um mês.

Tabela 07 – Custos de lubrificação

	Óleo (litro)	Graxa (Kg)	R\$/ Kg de graxa	R\$/ litro óleo	TOTAL
03 CG's	2040	05	4,00	2,11	4324,40
01 Filtro	40	32	4,00	2,11	212,40

Fonte: Sistema Operacional MAXIMO/Vale

A comparação dos valores é facilitada porque o lubrificante utilizado nas centrífugas é o mesmo utilizado no filtro.

5 CONCLUSÃO

O processo de desumidificação do KCl é uma das etapas mais importantes de seu beneficiamento. A utilização de centrífugas para esse processo ocasionava vários problemas, entre os principais: paradas de alimentação do processo e a consequente perda na produtividade, baixa qualidade do produto final e elevado custo de manutenção.

Visando atingir o mercado de fertilizantes, a VALE investiu em novas tecnologias com o objetivo de obter melhores resultados em seus processos numa tentativa de evitar desperdícios, aumentar a produtividade e reduzir os custos do processo. Neste contexto, um dos investimentos supramencionados foi a implantação de 01 (um) filtro horizontal de esteira a vácuo em substituição à utilização de 05 (cinco) centrífugas.

Após a demonstração e análise do processo de substituição de 05 (cinco) centrífugas por 01 (um) filtro horizontal de esteira a vácuo no processo de desumidificação do Cloreto de Potássio (KCl), foi possível concluir que a implantação do filtro trouxe como benefícios: o aumento da produtividade, em virtude da diminuição de paradas de alimentação do processo por causa da alta carga circulante (partículas sólidas) e também do retrabalho (volta do material para um pátio de pré-secagem de forma natural), a melhoria da qualidade do produto final e a diminuição do custo de manutenção já que as peças de reposição são mais baratas e encontradas no mercado nacional além de o filtro ter uma manutenção menos complexa.

REFERÊNCIAS

- CAMPOS, Vicente Falconi, **TQC: Controle da Qualidade total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte, MG. Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, Rio de Janeiro. Ed. Bloch, 1992.
- CAMPOS, V. F. **Gerenciamento pelas diretrizes**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni Escola de Engenharia da UFMG, 1996.
- CROSBY, P. B. **Qualidade é Investimento**. Rio de Janeiro, RJ: Editora José Olympio, 1985.
- DRUMOND, Mauricio Rocha. **Manual do sistema de gerenciamento da manutenção**. Minas Gerais: Companhia Vale do Rio Doce, 2004.
- FEINGENBAUM, Armand Vallin. op cit.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1992.
- KANT, Immanuel. **Fundamentação da metafísica dos costumes**. Trad. Paulo Quintela. Lisboa: Edições 70, 1948.
- KARDERC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- KRAJEWSKI, Lee; RITZMAN, P. Larry. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2004.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Mariana de Andrade. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Atlas, 2004.
- MACEDO, M. M. **Gestão da produtividade nas empresas**. Revista fae business, n.3, set. p. 18 a 24, 2002.
- MARSHALL, Isnard Júnior. **Gestão da Qualidade**. Rio de Janeiro, RJ: Editora FGV, 2006.
- MARTINS, Gilberto de Andrade. **Manual para elaboração de monografias e dissertações**. São Paulo: Atlas, 2004.
- MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick; ROTONDARO, Roberto Gilioli. Abordagem Econômica da Qualidade. In: PALADINI, Edson Pacheco [Et al.]. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier, 2005.
- OLIVEIRA, Otávio J. (org). **Gestão da qualidade: tópicos avançados**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

PINTO, Alan Kardec & XAVIER, Júlio Nascif. **Manutenção: função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999

QUINQUIOLO, J. M. **Avaliação da Eficácia de um Sistema de Gerenciamento para Melhorias Implantado na Área de Carroceria de uma Linha de Produção Automotiva**. Taubaté/SP: Universidade de Taubaté, 2002.

RICHARDSON, Roberto Jerry. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SEBRAE. **Manual de Ferramentas da Qualidade**. 2005.

SOUZA, Valdir Cardoso de. **Organização e Gerência da Manutenção: planejamento, programação e controle da manutenção**. São Paulo: All Print, 2011.

SHREVE, R. Norris e BRINK, Jr., JOSEPH, A. **Indústrias de processos químicos**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1997.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte, MG: EDG, 1998.

Web Sites:

ANDRADE, Fábio Felipe. **O Método de Melhoria PDCA 2003**. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br>> acessado em 18/07/2011.

CAMPOS, Gonçalves Y. **A Importância da gestão de qualidade para a competitividade das empresas na globalização dos mercados** Disponível em: <www.administradores.com.br>. Acessado em 03 de jun. 2011;

Departamento de engenharia de Produção e Sistemas. **Ferramentas da qualidade 2011**. Disponível em: <www.eps.ufsc.br> Acessado em 05 de junho de 2011

FILÁRDIGA Carlos, H. **Especificação de sistemas de filtração**. Disponível em:<<http://www.meiofiltrante.com.br>> Acessado em 15 de janeiro de 2012;

TOFFOLI, L. **Centrifugação e Flotação 2008**. Disponível em:<<http://www.infoescola.com>> Acessado em 12 de janeiro de 2012;

VALE 2010. Disponível em:<www.vale.com>Acessado em 20 de maio de 2011;