

ADRIEDSON AUGUSTO LIMA

**MELHORIA DO SISTEMA DE PREPARAÇÃO DO COLETOR PARA FLOTAÇÃO
DE APATITA ATRAVÉS DE MEDIDORES DE VAZÃO**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

2023

ADRIEDSON AUGUSTO LIMA

**MELHORIA DO SISTEMA DE PREPARAÇÃO DO COLETOR PARA FLOTAÇÃO
DE APATITA ATRAVÉS DE MEDIDORES DE VAZÃO**

Monografia de Conclusão de Curso apresentada no programa de graduação em Engenharia Mecatrônica da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para obtenção do título de BACHAREL EM ENGENHARIA MECATRÔNICA. Área de Instrumentação: Medição de vazão e de nível.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Rosa Ribeiro da Silva.

UBERLÂNDIA

2023

ADRIEDSON AUGUSTO LIMA

**MELHORIA DO SISTEMA DE PREPARAÇÃO DO COLETOR PARA FLOTAÇÃO
DE APATITA ATRAVÉS DE MEDIDORES DE VAZÃO**

Monografia de Conclusão de Curso apresentada
no programa de graduação em Engenharia
Mecatrônica da Universidade Federal de
Uberlândia, como parte dos requisitos para
obtenção do título de BACHAREL EM
ENGENHARIA MECATRÔNICA.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo Rosa Ribeiro da Silva

Prof. Dr. Luciano José Arantes

Doutorando Felipe Chagas Rodrigues de Souza

**“TUDO O QUE TEMOS DE DECIDIR É O QUE FAZER COM O TEMPO QUE NOS
É DADO.”
(GANDALF, O CINZENTO)**

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer ao professor Leonardo Rosa Ribeiro da Silva por se prontificar a me orientar nessa etapa final de um percurso longo e importante da minha vida. Aproveito para agradecer a todos os meus professores que de alguma forma ajudaram a me tornar quem eu sou, profissionalmente e pessoalmente.

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e à Faculdade de Engenharia Mecânica (FEMEC), por entregar aos discentes e à comunidade um serviço público, de tamanha qualidade, gratuitamente.

À minha família, por me proporcionar o privilégio de poder me dedicar integralmente aos estudos e me aperfeiçoar para me tornar um profissional capaz de atender as expectativas da nossa sociedade.

Aos meus amigos, que ajudaram a me manter forte e feliz em meio a todos os desafios e obstáculos que surgiram em todo esse período.

E à empresa e os profissionais lá trabalham, em especial o Engenheiro Santiago, que me auxiliou com todas as informações e explicações sobre todos os processos industriais da empresa necessários para a conclusão deste trabalho.

RESUMO

Uma mineradora localizada em Serra do Salitre, Minas Gerais, enfrenta desafios em um tanque de preparação de coletor e depressor utilizado na flotação de apatita para a produção de concentrado fosfático. Atualmente, o controle do enchimento do tanque é realizado por medidores de nível, apresentando baixa exatidão e comprometendo as proporções precisas necessárias para a preparação do coletor e do depressor. Esses reagentes químicos requerem uma quantidade exata de água, óleo de soja, soda e amido. Nesse contexto, este trabalho propõe um projeto para a substituição do sistema de preparação por medidores de vazão, proporcionando maior precisão e padronização nas bateladas de coletor. Essa mudança resultará em dosagens mais precisas dos reagentes no tanque, garantindo maior qualidade e menor variabilidade ao longo do tempo no processo de flotação mineral.

Palavra-chave: Mineração, tanque de preparação de coletor, flotação, concentrado fosfático, medidores de níveis, medidores de vazão.

ABSTRACT

A mining company located in Serra do Salitre, Minas Gerais, faces challenges with a collector and depressor preparation tank used in apatite flotation for phosphate concentrate production. Currently, the tank filling control is carried out by level meters, which show low accuracy and compromise the precise proportions required for the preparation of the collector and depressor. These chemical reagents require an exact quantity of water, soybean oil, soda, and starch. In this context, this work proposes a project for replacing the preparation system with flow meters, providing greater precision and standardization in the collector batches. This change will result in more accurate dosing of the reagents in the tank, ensuring higher quality and reduced variability over time in the mineral flotation process.

Keywords: Mining, collector preparation tank, flotation, phosphate concentrate, level meters, flow meters.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 -	FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO.....	24
FIGURA 2 -	ESQUEMA BÁSICO DE UMA COLUNA DE FLOTAÇÃO	26
FIGURA 3 -	MEDIDORES PONTUAIS	29
FIGURA 4 -	MEDIDORES DE CONTROLE CONTÍNUO	30
FIGURA 5 -	MODO DE FUNCIONAMENTO DO DPHARP.....	31
FIGURA 6 -	CLASSIFICAÇÃO DOS MEDIDORES DE VAZÃO	33
FIGURA 7 -	MEDIDOR DE VAZÃO AXF.....	37
FIGURA 8 -	MEDIDORES DE VAZÃO DAS 3 LINHAS INSTALADOS	39
FIGURA 9 -	PLACA DO MEDIDOR DE VAZÃO ADMAG AXF	39
FIGURA 10 -	FLUXOGRAMA DE PREPARAÇÃO DO COLETOR	43
FIGURA 11 -	FLUXOGRAMA DE PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR	45
TABELA 1 -	ENCHIMENTO COM ÁGUA (NÍVEL) PARA PREPARAÇÃO DO COLETOR	46
TABELA 2 -	ENCHIMENTO COM ÁGUA (VAZÃO) PARA PREPARAÇÃO DO COLETOR	47
TABELA 3 -	ENCHIMENTO COM ÁGUA (NÍVEL) PARA PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR.....	49
TABELA 4 -	ENCHIMENTO COM ÁGUA (VAZÃO) PARA PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR.....	49
TABELA 5 -	ENCHIMENTO COM ÁGUA DE DILUIÇÃO (NÍVEL) PARA PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR	51
TABELA 6 -	ENCHIMENTO COM ÁGUA DE DILUIÇÃO (VAZÃO) PARA PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR	52
TABELA 7 -	ENCHIMENTO DE SODA (NÍVEL) PARA PREPARAÇÃO DO COLETOR	53
TABELA 8 -	ENCHIMENTO COM SODA (VAZÃO) PARA PREPARAÇÃO DO COLETOR	54
GRÁFICO 1 -	COMPARAÇÃO ENTRE EXCESSO DE SODA NO COLETOR ...	55
TABELA 9 -	ENCHIMENTO COM SODA (NÍVEL) PARA PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR.....	56
TABELA 10 -	ENCHIMENTO COM SODA (VAZÃO) PARA PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR.....	57
GRÁFICO 2 -	COMPARAÇÃO ENTRE EXCESSO DE SODA NO DEPRESSOR.....	59
TABELA 11 -	ENCHIMENTO COM ÓLEO (NÍVEL) PARA PREPARAÇÃO DO COLETOR	60

TABELA 12 - ENCHIMENTO COM ÓLEO (VAZÃO) PARA PREPARAÇÃO DO COLETOR	61
---	-----------

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	MINERAÇÃO NA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES FOSFATADOS.....	12
1.2	PRODUÇÃO DE CONCENTRADO FOSFÁTICO	12
1.3	MEDIDORES DE NÍVEL	14
1.4	OBJETIVOS	15
1.4.1	Objetivos Gerais.....	15
1.4.2	Objetivos Específicos	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1	DESCRIÇÃO SIMPLIFICADA DO PROCESSO.....	18
2.1.1	Britagem Primária.....	18
2.1.2	Homogeneização e Empilhamento.....	18
2.1.3	Retomada.....	18
2.1.4	Britagem Secundária.....	19
2.1.5	Moagem de Bolas Primário	19
2.1.6	Moagem de Bolas Secundário	20
2.1.7	Condicionamento e Flotação.....	20
2.1.8	Estocagem e Preparação de Reagentes.....	20
2.1.9	Desmagnetização de Baixo Campo e Alto Campo.....	21
2.1.10	Classificação do Concentrado.....	22
2.1.11	Filtragem do Concentrado Grosso	22
2.1.12	Secagem do Concentrado Grosso	22
2.1.13	Armazenagem e Expedição do Concentrado Grosso	22
2.1.14	Espessamento e Filtragem do Concentrado Fino	23
2.1.15	Armazenagem do Concentrado Fino.....	23
2.1.16	Barragem de Rejeitos.....	23
2.1.17	Lagoa de Água Reciclada	23
2.1.18	Sistema de Ar Comprimido.....	24
2.2	FLOTAÇÃO	24
2.3	PREPARAÇÃO DO COLETOR.....	26
2.4	PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR.....	27
2.5	MEDIDORES DE NÍVEL	27
2.5.1	Tipos de medição	28

2.5.2	DPHarp EJX.....	30
2.6	MEDIDORES DE VAZÃO.....	31
2.6.1	Medidores Eletromagnéticos.....	33
2.6.2	Medidores volumétricos.....	35
3	ESCOLHA E DIMENSIONAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO.....	37
3.1	ESCOLHA DO MEDIDOR.....	37
3.2	MEDIDOR ELETROMAGNÉTICO - ADMAG AXF.....	38
3.2.1	Especificações gerais.....	38
3.3	PROJETO DE INSTAÇÃO.....	40
3.3.1	Problemas Encontrados.....	40
4	DISCUSSÃO SOBRE A SOLUÇÃO.....	42
4.1	PREPARAÇÃO DO COLETOR.....	42
4.2	PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR.....	44
4.3	RESULTADOS COMPARATIVOS ENTRE OS MEDIDORES DE NÍVEL E VAZÃO.....	45
4.3.1	Enchimento com água.....	46
4.3.2	Enchimento com soda.....	53
4.3.3	Enchimento com óleo.....	60
5	CONCLUSÕES.....	64
5.1	MELHORA NA PREPARAÇÃO DO COLETOR E DO DEPRESSOR.....	64
5.2	FUTUROS TRABALHOS.....	64
	REFERÊNCIAS.....	66

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

1.1 MINERAÇÃO NA PRODUÇÃO DE FERTILIZANTES FOSFATADOS

A indústria de mineração desempenha um papel fundamental na produção de fertilizantes fosfatados, que são essenciais para a agricultura e a segurança alimentar global. As produtoras de fertilizantes fosfatados desempenham um papel crucial ao extrair e processar minérios de fosfato para produzir concentrado fosfático, um ingrediente-chave na fabricação de fertilizantes.

Os fertilizantes fosfatados são utilizados em larga escala para fornecer fósforo, um nutriente vital para o crescimento e desenvolvimento das plantas. O fósforo é um dos três macronutrientes primários necessários para o crescimento saudável das culturas, juntamente com o nitrogênio e o potássio. Ele desempenha um papel fundamental na transferência de energia, no desenvolvimento das raízes e na produção de flores e frutos.

Os minérios de fosfato, como a apatita, são extraídos de depósitos de fosfato em várias regiões do mundo. Esses minérios passam por um processo de beneficiamento para obter o concentrado fosfático, que é então utilizado pelas produtoras de fertilizantes para fabricar diferentes tipos de fertilizantes fosfatados.

1.2 PRODUÇÃO DE CONCENTRADO FOSFÁTICO

No processo de produção de concentrado fosfático, a etapa de flotação é de extrema importância. Através da flotação, ocorre a separação seletiva das partículas minerais desejadas e indesejadas, sendo o coletor e o depressor fundamentais nesse processo. A proporção adequada dos reagentes e a diluição correta desempenham um papel crucial para assegurar a eficiência e a qualidade do processo, evitando possíveis impactos negativos. A recuperação de apatita, um mineral essencial na fabricação de fertilizantes e produtos químicos, é maximizada através dessas etapas, resultando na obtenção de um concentrado fosfático de alta qualidade e no aproveitamento eficiente dos recursos minerais disponíveis.

O coletor é um agente químico que age nas superfícies das partículas minerais, modificando suas características hidrofílicas para hidrofóbicas. Isso resulta na aderência dessas partículas às bolhas de ar introduzidas no sistema de flotação, permitindo sua concentração na espuma. A escolha adequada do coletor e sua dosagem correta são essenciais para maximizar a recuperação do mineral de interesse, como o fosfato (P_2O_5), ao mesmo tempo em que se minimiza a flotação de minerais indesejados.

Na produção do coletor, o uso de água desempenha um papel crucial como meio de diluição dos componentes químicos, permitindo a preparação adequada da solução. A água é responsável por fornecer a fluidez necessária, facilitando a mistura homogênea do óleo e da soda. O óleo, por sua vez, atua como um agente coletor, modificando as propriedades superficiais das partículas minerais e promovendo sua adesão às bolhas de ar durante o processo de flotação. Já a soda, como coadjuvante, desempenha um papel fundamental na regulação do pH do sistema, influenciando diretamente a seletividade e a eficiência do coletor na separação das partículas minerais desejadas.

Por outro lado, o depressor é utilizado para inibir seletivamente a flotação de certos minerais, como óxidos de ferro, que são indesejados no concentrado final de fosfato. Sua função é evitar a adesão desses minerais às bolhas de ar, promovendo sua rejeição durante o processo de flotação. A dosagem adequada e a proporção correta entre o coletor e o depressor são cruciais para garantir uma separação eficiente e seletiva das partículas minerais, minimizando assim a contaminação do concentrado de fosfato.

No processo de produção do depressor, o amido é o principal componente utilizado. O amido tem propriedades de adsorção que permitem inibir a flotação de certos minerais indesejados durante a etapa de separação seletiva. A soda, assim como no coletor, é utilizada para regular o pH do sistema e garantir a eficácia do depressor. A diluição adequada com água também desempenha um papel importante na preparação do depressor, permitindo a obtenção de uma solução homogênea e estável. A combinação correta de amido, soda e água é essencial para garantir um

depressor de qualidade, capaz de atingir os objetivos desejados na separação das partículas minerais indesejadas no processo de flotação

Entretanto, a proporção errada dos reagentes, seja por uma dosagem inadequada ou uma relação incorreta entre eles, pode acarretar impactos negativos no processo de produção de P₂O₅. A diluição inadequada do coletor e do depressor também pode comprometer a eficiência do processo. Em termos financeiros, o uso incorreto dos reagentes e a diluição inadequada podem resultar em desperdício de insumos, afetando diretamente os custos de produção. Além disso, a qualidade do concentrado de fosfato pode ser comprometida, levando a perdas na recuperação de P₂O₅ e impactando negativamente a lucratividade do empreendimento.

Os impactos negativos não se limitam apenas aos aspectos financeiros, mas também afetam a qualidade do produto final. A proporção errada dos reagentes pode resultar em um desempenho inferior do coletor e do depressor, comprometendo sua capacidade de seletividade e eficácia na separação das partículas minerais. Isso pode levar a problemas de estabilidade e durabilidade do concentrado de fosfato, afetando sua vida útil e limitando sua aplicabilidade em aplicações específicas. Além disso, a falta de controle adequado da diluição pode resultar em variações nos resultados obtidos, dificultando a padronização.

1.3 MEDIDORES DE NÍVEL

Os medidores de nível têm um papel crucial na produção do coletor e do depressor, uma vez que são responsáveis por controlar a quantidade de soda e óleo utilizados, bem como a diluição com água. No entanto, a utilização desses medidores pode apresentar desafios que afetam a exatidão, a precisão e, conseqüentemente, a capacidade de atingir as proporções corretas nos processos de fabricação.

Um dos problemas comumente encontrados ao utilizar medidores de nível é a falta de exatidão. Isso significa que os valores obtidos pelos medidores podem não ser precisos o suficiente, resultando em uma quantidade incorreta de soda, óleo, amido e água na preparação dos produtos. Essa falta de exatidão pode ocorrer devido

a diversos fatores, como desgaste do equipamento, problemas de calibração, baixa precisão do equipamento ou interferências externas. Quando os medidores de nível não fornecem medidas precisas, torna-se desafiador alcançar as proporções corretas de soda em relação ao óleo e ao amido, afetando diretamente a eficiência e a qualidade dos produtos finais.

Além da falta de exatidão, a falta de precisão também é um problema comum nos medidores de nível. A precisão refere-se à capacidade do medidor de fornecer medidas consistentes e confiáveis ao longo do tempo. No entanto, alguns medidores podem apresentar variações nas medidas, resultando em resultados inconsistentes. Isso pode dificultar o controle das proporções corretas de soda em relação ao óleo e ao amido, bem como a diluição adequada com água. Isso pode impactar negativamente a qualidade do concentrado de fosfato, levando a perdas na recuperação de P_2O_5 e diminuindo a eficiência do processo.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivos Gerais

O presente estudo tem como objetivo principal realizar uma análise e apresentar uma solução simples e viável para a imprecisão relacionada ao controle de enchimento de tanque por meio de medidores de nível. Esta deficiência afeta de forma significativa a performance do processo de flotação de apatita e, conseqüentemente, a produção de concentrado fosfático, acarretando perdas financeiras. Portanto, a proposta de solução busca trazer ganhos financeiros e aumentar a confiabilidade e a qualidade no processo de preparo do coletor e do depressor.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Estudar a importância da preparação do coletor e do depressor no contexto do processo de produção;

- Avaliar o impacto quantitativo da falta de exatidão no enchimento do tanque de saponificação e de gelatinização;
- Estudar o impacto financeiro decorrente da substituição por um sistema mais preciso (medidores de vazão) na produção de concentrado fosfático;
- Propor uma solução viável e de fácil implementação, visando o atingir com mais precisão os parâmetros necessários de produção e trazer ganhos financeiros com a diminuição dos desperdícios de insumos;

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 DESCRIÇÃO SIMPLIFICADA DO PROCESSO

Abaixo serão listados os principais processos e operações pelos quais o minério e seus produtos são sujeitos para a produção de concentrado fosfático. Desde sua retirada na mina até a chegada na planta industrial e por fim tendo seus rejeitos armazenados nas barragens:

2.1.1 Britagem Primária

A Britagem Primária é a primeira etapa do processo de Beneficiamento, tem a finalidade de reduzir o tamanho do material escavado na lavra, colocando-o em condições de transporte por correia e permitindo o empilhamento.

É composta por duas moegas com alimentador de placas sob as mesmas para alimentação direta dos Britadores. Os produtos dos dois britadores juntam-se em uma única correia transportadora de sacrifício, que alimenta uma correia de longa distância (TCLD).

Essa correia de longa distância (2,5 km) liga a britagem primária (mina) ao pátio de homogeneização.

2.1.2 Homogeneização e Empilhamento

A TCLD transporta o material britado da britagem primária até um Pátio de Homogeneização e alimenta uma Empilhadeira que empilha, em camadas, o material em uma pilha longitudinal tipo Che-vron. Além de homogeneizar o minério britado, a pilha terá a função de estoque-pulmão para alimentar o beneficiamento.

2.1.3 Retomada

O minério homogeneizado é retomado no sentido transversal à pilha, através de rodas de caçamba que se deslocam perpendicularmente ao eixo da pilha (Retomador), alimentando uma correia transportadora plana lateral ao pátio. Esta

correia alimenta outra correia transportadora inclinada que abastece um silo regulador de vazão do Beneficiamento.

No pátio de homogeneização há duas pilhas em série, que trabalham alternadamente; enquanto a Empilhadeira confecciona uma pilha, o Retomador retoma a outra. No momento em que o Retomador vira as canecas para a troca de pilha a ser retomada, a correia de “by-pass” do pátio de homogeneização é acionada para transferir o material da TCLD direto para a correia plana lateral de forma a manter o silo de alimentação da britagem secundária, garantindo assim a continuidade operacional do beneficiamento. Esta operação de virar as canecas e trocar de pilha por parte do Retomador leva cerca de 1 a 2 horas a cada 3 dias.

2.1.4 Britagem Secundária

Dois alimentadores de sapatas retiram o material do silo regulador de vazão e alimentam duas linhas de beneficiamento idênticas, através de duas correias transportadoras opostas e inclinadas controladas por balança. Cada linha de beneficiamento é alimentada por uma correia inclinada que alimenta um britador secundário tipo “sizer” onde se adiciona água. A função da britagem secundária é a redução do tamanho do material, o deixando em condições de alimentar os moinhos de bolas. Já a água é adicionada para fazer a limpeza dos dentes do Britador, não deixando que fique impregnado de material argiloso reduzindo sua capacidade de produção.

2.1.5 Moagem de Bolas Primário

O produto da Britagem Secundária alimenta por gravidade um moinho de bolas primário correspondente a cada linha de produção. Essa etapa também é necessária para a redução do tamanho granulométrico do material.

2.1.6 Moagem de Bolas Secundário

Após a moagem de bolas primário, o material que ainda estiver com o tamanho granulométrico “grande”, passará pelo moinho de bolas secundário para que assim atinja o tamanho granulométrico necessário ao processo.

2.1.7 Condicionamento e Flotação

O produto da moagem do Moinho de bolas secundário alimenta quatro condicionadores, em cada linha, dispostos em degraus, onde se adicionam os reagentes na seguinte sequência: no primeiro condicionador adiciona-se a soda para correção do pH (10,5) e depois o reagente depressor (amido gelatinizado); no terceiro condicionador, adiciona-se o coletor (óleo graxo de soja).

Após o quarto tanque, o produto acondicionado é diluído, com água proveniente do reservatório de água reciclada, por gravidade e bombeado para um distribuidor de polpa que alimenta 4 colunas (Rougher) em cada linha.

O concentrado das quatro colunas (Rougher) será encaminhado por gravidade, através de calhas laterais, para duas colunas (Cleaner) e depois na sequência para duas colunas (Recleaner), também por gravidade, para fazer uma limpeza e melhorar a qualidade do produto. O rejeito das duas colunas Cleaner e das duas colunas Recleaner serão bombeados separadamente para a caixa que alimenta as quatro colunas Rougher de cada linha, fechando o circuito. O rejeito da flotação das quatro colunas Rougher será direcionado para barragem.

2.1.8 Estocagem e Preparação de Reagentes

É nessa etapa onde se encontra o tanque de saponificação “250-TQ-002”, que é base da produção deste trabalho. A medição de enchimento deste tanque é feita através do medidor de nível “250-LIT/LSH/LSL002”. Portanto, essa parte do processo será melhor desenvolvida em uma sessão à frente.

Os reagentes do processo de flotação, descritos a seguir, atuam na superfície dos minerais, para realizar a separação da mineral apatita (fosfato ou P₂O₅) dos demais minerais contidos no minério.

- Soda - NaOH (Hidróxido de Sódio)

A soda é usada para controle de pH nos condicionadores, preparação do coletor (óleo de soja e óleo de arroz saponificado) e gelatinização do depressor (amido gelatinizado). A Soda é recebida na concentração de 50 % e é descarregada através de bomba e armazenada em tanque com dique de contenção. Do tanque é bombeada para os condicionadores para a gelatinização de depressor e para a pré saponificação do coletor.

- Depressor

É um amido de milho (amido ou fubá) que na sua forma natural é inerte ao processo de flotação, sendo necessária alteração na sua cadeia química. Esta alteração ou abertura da cadeia química do amido se chama gelatinização e pode ser feita com aumento de temperatura ou soda. Após a gelatinização, adiciona-se água para diluição da solução e assim facilitar seu bombeamento. O amido é preparado com dosagens definidas de água, amido e soda. Após a preparação, é bombeado para um tanque pulmão do qual vai para as dosagens nos condicionadores.

- Coletor

O Coletor de Apatita usado é um óleo de soja, na forma de ácido graxo, que nesta condição possui aproximadamente 70% de matéria ativa, sendo o restante inerte ao processo de flotação. A saponificação é a reação que transforma a parte inerte do óleo em matéria ativa, chegando a 95%, melhorando o aproveitamento do óleo e seu poder de atuação como coletor de Apatita. Para que a reação atinja este valor, será necessária a adição de soda e aumento de temperatura, realizando assim a pré-saponificação. Após a preparação, o sabão é bombeado para um tanque pulmão do qual vai para as dosagens nos condicionadores.

2.1.9 Desmagnetização de Baixo Campo e Alto Campo

O concentrado da coluna Recleaner vai por gravidade para desmagnetização de baixo campo e, em seguida, este concentrado passa pela desmagnetização de alto campo, eliminando o ferro presente no material. Os rejeitos magnéticos dos desmagnetizadores de baixo e alto campo caem, por gravidade, em um “sump” de

onde é bombeado para a barragem de rejeitos, juntamente com os rejeitos das colunas Rougher.

2.1.10 Classificação do Concentrado

O produto não magnético é classificado em uma bateria de hidrociclones colocada acima do filtro de esteira. O “underflow” dos ciclones é formado por concentrado grosso e o “overflow” é formado por concentrado fino.

2.1.11 Filtragem do Concentrado Grosso

O “underflow” dos hidrociclones (concentrado grosso) vai para o filtro de esteira a vácuo. Após a filtragem, o concentrado é transportado por correias até um silo pulmão de duas saídas, uma alimenta a secagem e a outra alimenta uma correia que vai para a planta de ácido fosfórico.

A água removida do material no filtro é recuperada e enviada para o espessador de concentrado fino.

2.1.12 Secagem do Concentrado Grosso

O concentrado do silo pulmão é retomado para etapa de secagem em secador tipo tambor rotativo. O combustível do secador é cavaco de madeira. Após o secador, o material seco vai para o armazém graneleiro, do tipo fundo em “V”.

2.1.13 Armazenagem e Expedição do Concentrado Grosso

O armazém fundo em “V” tem uma saída na parte inferior, constituída por um túnel pré-moldado de concreto, uma correia transportadora extratora montada no túnel e alimentada através de bicas existentes no teto do túnel. Está correia extratora plana, alimenta outra correia transportadora inclinada, que emerge do solo e transfere o concentrado grosso até o silo de carregamento para expedição. O silo de carregamento possui duas saídas, uma para carregamento rodoviário, e outra para um transportador de correias que alimenta a moagem da unidade de acidulação de superfosfato triplo (TSP).

2.1.14 Espessamento e Filtragem do Concentrado Fino

O “overflow” dos hidrociclones (concentrado fino) vai para o espessador, para adensar a polpa e retirar boa parte da água incorporada. Esta polpa espessada é bombeada para um tanque agitado para mantê-la homogênea e daí a polpa é bombeada para um filtro prensa, que vai retirar o excesso da água da polpa. A água recuperada no espessador e no filtro é reaproveitada no processo, retornando para flotação, na mesma caixa de bomba que alimenta as colunas (Rougher).

2.1.15 Armazenagem do Concentrado Fino

O concentrado fino filtrado é armazenado úmido (16% umidade) em galpão e, a partir deste, com utilização de pá carregadeira alimenta uma moega, que abastece o tanque de repolpagem para ajuste da concentração de sólidos, com adição de água. O concentrado fino repolpado é bombeado para a unidade de acidulação de superfosfato simples (SSP).

2.1.16 Barragem de Rejeitos

A barragem de rejeitos irá receber o rejeito da flotação das 8 colunas Rougher, o rejeito da desmagnetização de baixo campo e alto campo, além de toda a drenagem pluvial da planta de Mineração e o efluente tratado. A água naturalmente clarificada da barragem é bombeada para um reservatório localizado em uma cota superior à planta de concentração mineral.

2.1.17 Lagoa de Água Reciclada

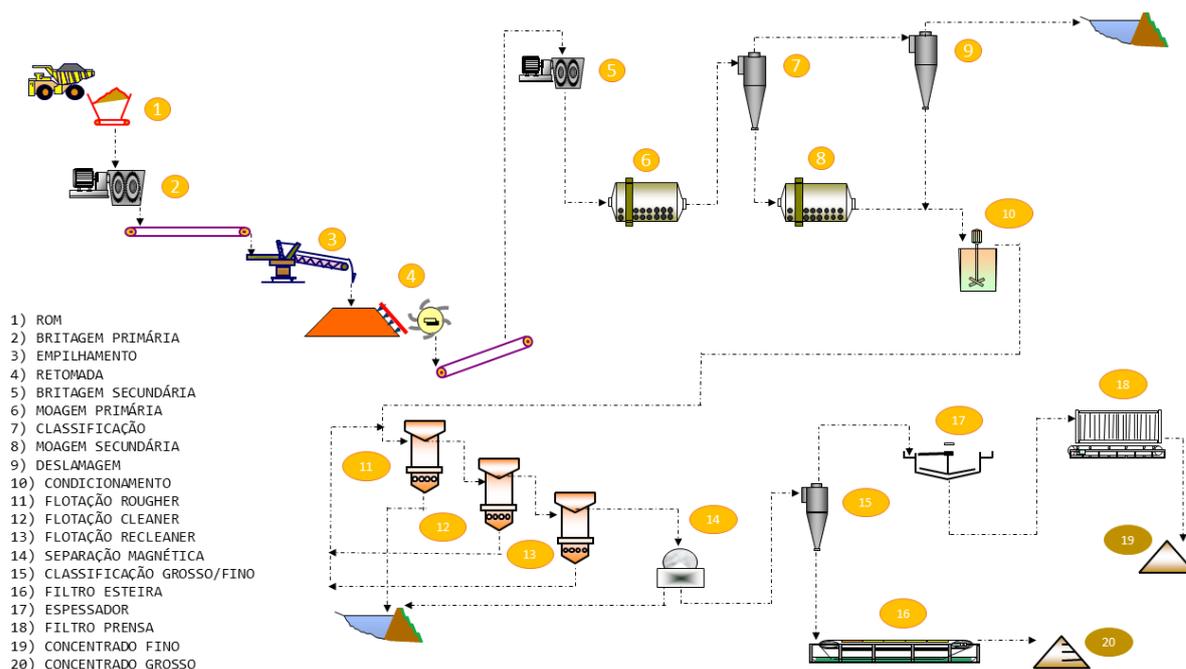
A água recuperada da barragem é estocada na lagoa de água reciclada, de onde é distribuída por gravidade para os pontos de consumo do processo de concentração mineral. Uma pequena parte desta água é bombeada para o consumo nas britagens secundárias e moinhos de bolas primário, pois estes pontos ficam em cota desfavorável em relação à cota da lagoa de água reciclada para escoamento por gravidade. A lagoa tem autonomia para abastecer o processo por mais de 10 horas caso o bombeamento de água da barragem de rejeito pare. A necessidade de água

do processo é de 6474 m³/h. O bombeamento na barragem de rejeito opera 21 horas por dia parando em horário de ponta; portanto a capacidade de bombeamento é de 7399 m³/h.

2.1.18 Sistema de Ar Comprimido

Uma central de sistema de ar comprimido supre as necessidades de ar de serviço e instrumentos. São duas pressões de trabalho em linhas distintas. (a) Linha com pressão de 7 Bar para o ar de processo das colunas flotação e outros usos nesta pressão, tais como filtros de mangas, instrumentação, oficina de veículos, entre outros. (b) Linha com pressão de 14 Bar e vaso pulmão dedicado para suprir a necessidade de ar comprimido para o filtro prensa de deságue de concentrado fino.

FIGURA 1 - FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO



Fonte: O Autor (2023).

2.2 FLOTAÇÃO

A etapa primordial de concentração do minério de Fosfato é realizada por meio do processo denominado Flotação, que consiste em uma técnica físico-química. Esse processo depende da interrelação de três fatores: Equipamento, Operacional e

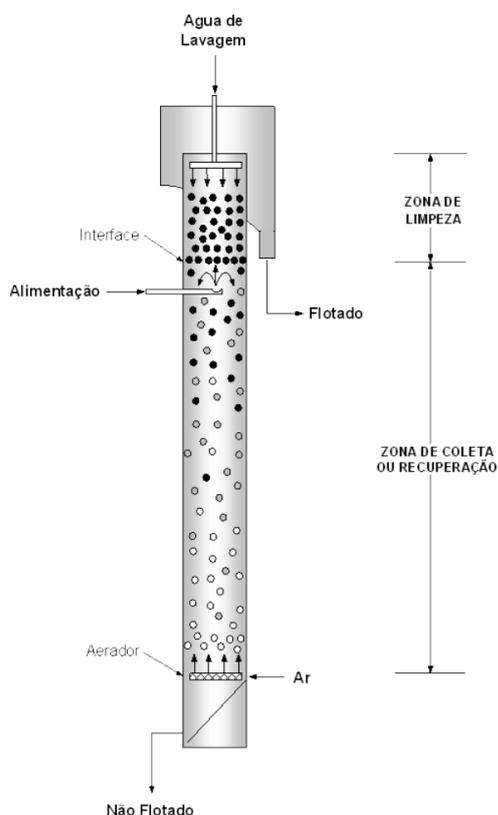
Química. O Equipamento refere-se à máquina utilizada, como a célula de flotação, o tipo de aerador, as dimensões do equipamento, entre outros aspectos relevantes. O fator Operacional abrange as condições de operação, tais como a porcentagem de sólidos, a vazão de água de lavagem, a velocidade do ar, a espessura da camada de espuma, o tempo de residência, entre outros parâmetros. Já o fator Química envolve a reação que ocorre entre os reagentes adicionados e a superfície mineral. O resultado obtido na Flotação é resultado da combinação dessas variáveis.

No que se refere à parte química, as ações são realizadas no condicionamento, que consiste no processo de contato entre as partículas de minério e os reagentes. Nesse contexto, três reagentes serão dosados nos Condicionadores:

- Soda - NaOH (hidróxido de Sódio): A soda desempenha a função de promover a modulação do pH durante a flotação, garantindo a efetividade do coletor no processo de coleta das partículas de apatita.
- Depressor: O depressor tem como finalidade inibir seletivamente a interação de um mineral com o coletor, atuando principalmente nos óxidos de ferro, de modo que sejam rejeitados durante o processo de flotação. Isso resulta no aumento da eficiência do processo.
- Coletor: O coletor atua nas características superficiais das partículas minerais de interesse, no caso a apatita, promovendo a alteração de seu caráter de hidrofílico para hidrofóbico. Dessa forma, as partículas têm afinidade pelas bolhas de ar presentes no sistema e são concentradas na parte superior da coluna.

A Figura 2 ilustra o diagrama de fluxo de uma coluna de flotação, onde ocorre a interação entre o material mineral, o depressor, o coletor e a soda. Por meio da introdução de ar, o processo promove a flotação da apatita, fazendo com que ela se desloque até a superfície do tanque. Essa etapa de flotação é crucial para a separação seletiva das partículas minerais desejadas, como a apatita, e sua concentração na espuma.

FIGURA 2 - ESQUEMA BÁSICO DE UMA COLUNA DE FLOTAÇÃO



Fonte: CETEM (2010).

2.3 PREPARAÇÃO DO COLETOR

A preparação do coletor é uma etapa essencial no processo de flotação de minérios, desempenhando um papel fundamental na separação seletiva de minerais valiosos. O coletor é um agente químico utilizado para modificar as propriedades superficiais das partículas minerais, conferindo-lhes características hidrofóbicas e favorecendo sua adesão às bolhas de ar no sistema de flotação. A interação entre o coletor e as partículas minerais possibilita a sua recuperação eficiente, permitindo a concentração dos minerais desejados.

A preparação adequada do coletor envolve a seleção criteriosa do tipo de coletor, levando em consideração as propriedades físico-químicas do minério a ser beneficiado e a seletividade desejada. Testes de laboratório são conduzidos para determinar as melhores condições de dosagem do coletor, incluindo o pH ideal, a concentração apropriada do reagente, o tempo de condicionamento e a temperatura

adequada. Esses testes têm como objetivo otimizar a eficiência da coleta das partículas minerais de interesse, maximizando a recuperação e minimizando a contaminação com impurezas indesejáveis.

Durante a preparação do coletor, é de suma importância observar as práticas de manuseio seguro e o armazenamento apropriado do reagente, de acordo com as normas de segurança e regulamentos ambientais. A compatibilidade entre o coletor e outros reagentes utilizados no processo de flotação também deve ser considerada para evitar reações indesejadas ou perdas de desempenho. A correta identificação e rotulagem dos recipientes contendo o coletor são aspectos essenciais para facilitar a rastreabilidade e evitar erros na dosagem.

2.4 PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR

Um depressor é um agente químico utilizado no processo de flotação para inibir seletivamente a flotação de minerais indesejados. Sua função é reduzir a adesão desses minerais às bolhas de ar durante a etapa de flotação, permitindo uma separação seletiva mais eficiente. A importância do depressor reside no fato de que ele ajuda a melhorar a eficácia do processo de flotação, assegurando a recuperação seletiva dos minerais de interesse e minimizando a presença de minerais indesejados no concentrado final. Ao inibir a flotação de minerais contaminantes, o depressor contribui para a obtenção de produtos de maior qualidade e valor comercial, garantindo a eficiência e a rentabilidade da operação de mineração.

No caso em análise o depressor tem a função de inibir os minerais de óxido de ferro, como Magnetita, os hidróxidos de ferro, como Goethita e Limonita e minerais silicatados, como o Diopsídio.

2.5 MEDIDORES DE NÍVEL

Segundo Instrumentos Lince (2023), o nível, em um reservatório, consiste na mensuração da altura do conteúdo armazenado, sendo crucial no âmbito industrial

para avaliar a quantidade de sólidos ou líquidos presentes, especialmente em tanques. A utilização adequada de medidores de nível contribui para a redução de custos, aumento da produtividade, bem como aprimoramento da qualidade e segurança dos processos.

2.5.1 Tipos de medição

- **Medição Pontual:** Consiste na medição de pontos específicos de um tanque, indicando assim um nível alto ou baixo.

Tem como principal objetivo controlar o fluxo de matéria, ou evitar transbordamentos e cavitação de bombas, e conseqüentemente, as paradas não planejadas e acidentes de trabalho.

As principais chaves de nível são do tipo flutuador, pá rotativa, vibratória, indutiva, condutiva, capacitiva ou com tecnologia RF-Admitância.

As chaves de nível são instrumentos de medição que podem operar sob duas posições: presença ou ausência de produto no lugar geométrico de montagem do aparelho. Ou seja, trata-se de uma medição pontual.

Portanto, a chave de nível é um instrumento de medição pontual que detecta a variável do processo em um ponto pré-ajustado e acaba mudando o seu estado, acionando um circuito elétrico, eletrônico ou digital, sendo assim utilizado como forma de alarme, segurança e controle de nível tanto em conteúdos líquidos como sólidos.

FIGURA 3 - MEDIDORES PONTUAIS



Fonte: Instrumentos Lince (2023)

- Controle contínuo de nível: Trata-se de um tipo de sensor capaz de detectar em tempo real o nível contínuo de determinado produto no processo industrial. Basicamente, o funcionamento da maioria dos medidores de nível trabalha com a condutividade elétrica, constante dielétrica, densidade e granulometria (quando aplicável) do produto (líquido ou sólido) que está sob seu controle. São utilizadas correntes elétricas, ondas eletromagnéticas e circuitos de função variada, como fórmulas e algoritmos. O objetivo é sempre garantir a confiabilidade da medição. Portanto, esse tipo de medição é mais exata do que apenas a pontual. Os principais transmissores de nível são os flutuadores (LG), capacitivos, radares, ultrassônicos, medidores por pressão e RF-Admitância.

FIGURA 4 - MEDIDORES DE CONTROLE CONTÍNUO



Fonte: Instrumentos Lince (2023).

2.5.2 DPHarp EJX

O medidor de nível utilizado no tanque de saponificação é o modelo DPHarp EJX da Yokogawa, que combina o princípio de medição por pressão diferencial juntamente com os sensores silício ressonante. E como o fluido a ser medido é corrosivo, e o tanque tem uma grande dimensão, são utilizados selos diafragmas para fazer a medição. A Yokogawa desenvolveu o sistema de medição DRS (Digital Remote Sensor) que consiste em dois transmissores de pressão, um mestre e um escravo, que fazem a medição da pressão no fundo (tomada de alta pressão) e no topo do tanque (tomada de baixa pressão) comunicando entre si por um cabo digital. O escravo faz a leitura da pressão na parte superior do tanque e envia a informação até o mestre, que é responsável por processar as duas medições, calcular o valor do nível e enviar essas informações ao controlador. Sistema de medição DRS é ideal para aplicações como medição de nível em evaporadores, torres de resfriamento ou outras aplicações que demandem capilares muito extensos. Fonte: Automação Industrial (2023).

FIGURA 5 - MODO DE FUNCIONAMENTO DO DPHARP



Fonte: Automação Industrial (2023).

2.6 MEDIDORES DE VAZÃO

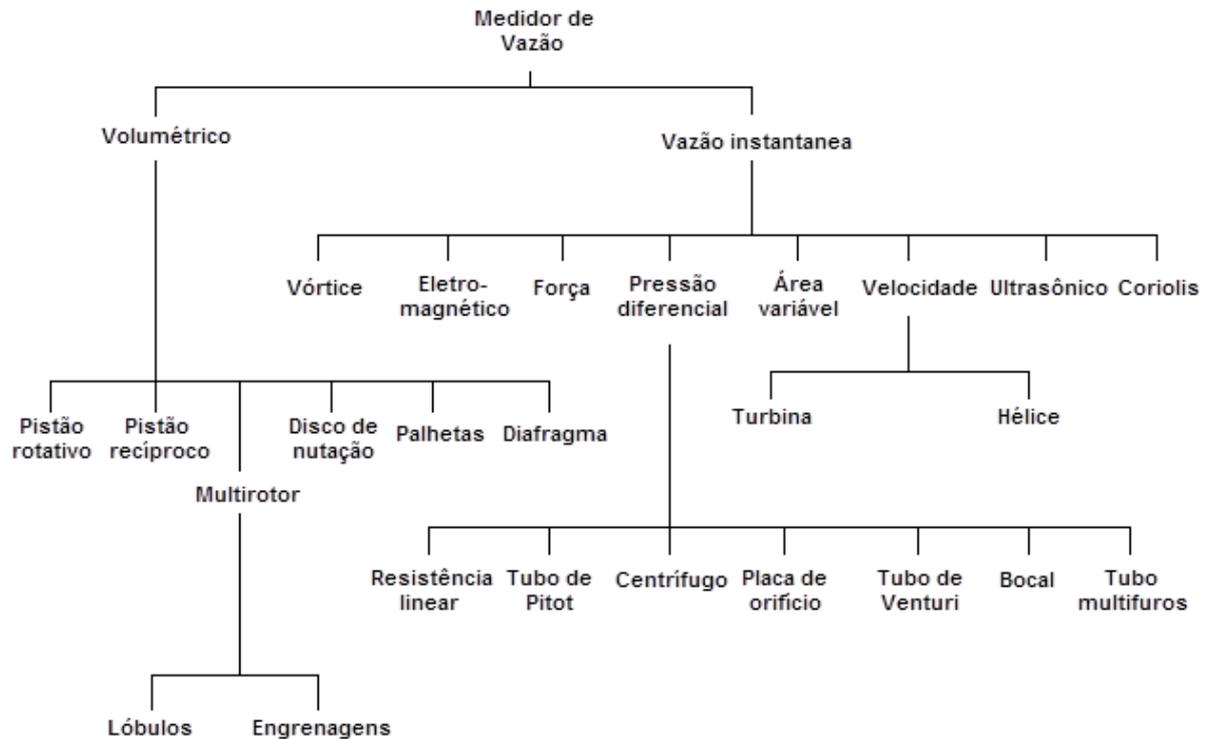
Segundo Consulte Engenheiro Eletrônico (2023), a vazão é definida como o tempo necessário para que um fluido escoe em determinada direção. Com o objetivo de mensurar esse tempo e a pressão associada, foi desenvolvido o medidor de vazão. A maioria das tecnologias utilizadas realiza a medição da vazão volumétrica, ou seja, o volume de fluido que atravessa uma seção específica de um tubo durante um intervalo de tempo determinado. Para tanto, desenvolveu-se equipamentos capazes

de mensurar os níveis de vazão para cada tipo de aplicações, e para escolher o melhor, devemos considerar algumas variáveis, como:

Para a seleção do medidor de vazão mais adequado, é necessário considerar diversas variáveis, conforme segue:

- Desempenho: O equipamento deve ser avaliado quanto à exatidão, repetitividade, reprodutibilidade, linearidade, faixa de vazão abrangida, perda de carga e características do sinal de saída.
- Propriedades dos fluidos: São relevantes a temperatura e pressão, densidade, viscosidade, capacidade de lubrificação, propriedades químicas, tensão superficial, compressibilidade, abrasividade e presença de outros gases ou componentes.
- Instalação: Deve-se considerar a orientação, direção do escoamento, trechos retos necessários a montante e a jusante, dimensões da tubulação, localização, efeitos de vibração local, localização de válvulas, conexões elétricas, necessidade de acessórios, proximidade das fontes de potência e efeito de pulsações.
- Efeitos ambientais: São relevantes os efeitos da temperatura ambiente, umidade, fatores de segurança, condicionamento e transmissão dos sinais, efeitos de pressão, atmosfera e interferência elétrica.
- Fatores econômicos: Deve-se levar em consideração o preço de compra, custo de instalação, custo de operação, custo de manutenção, custo de calibração, vida útil, disponibilidade de sobressalentes, obsolescência, confiabilidade, perdas de carga e aumento de potência associada necessária. [8]

FIGURA 6 - CLASSIFICAÇÃO DOS MEDIDORES DE VAZÃO



Fonte: Consulte Engenheiro Eletrônico (2023).

Considerando a necessidade de controle preciso no enchimento de um tanque com água, soda, óleo vegetal e um reagente, todos líquidos de baixa viscosidade e com características corrosivas, a escolha mais adequada pode ser a utilização de um medidor de vazão do tipo eletromagnético ou volumétrico. Esses medidores permitem a mensuração precisa da quantidade de cada um desses elementos durante o processo de enchimento do tanque, garantindo um controle eficiente e confiável.

2.6.1 Medidores Eletromagnéticos

Os medidores eletromagnéticos consistem em um tubo não magnético revestido com material isolante, onde é gerado um campo magnético ao longo do tubo. Como o líquido a ser medido deve ser condutor, uma força eletromotriz é induzida entre os dois eletrodos do medidor, de acordo com a Lei de Faraday de indução eletromagnética. Essa força é amplificada por um conversor, resultando em um sinal de corrente linear proporcional à vazão.

Esse tipo de medidor é especialmente adequado para a medição de líquidos contendo sólidos, lamas, polpas e líquidos condutores em geral. Ele não apresenta restrições ao fluxo dos fluidos, tendo uma perda de carga equivalente à de um tubo com o mesmo comprimento ocupado pelo medidor.

Vantagens:

- Ausência de partes móveis;
- Não obstrui o fluxo do fluido, resultando em uma perda de carga desprezível;
- Compatível quimicamente com a maioria dos líquidos;
- Adequado para medição de lamas, líquidos abrasivos e não lubrificantes;
- Não afetado pela viscosidade, pressão, densidade, condutividade térmica, entre outros;
- Resposta do sinal linear;
- Ampla faixa de tamanhos e vazões;
- O custo não aumenta significativamente com o aumento do tamanho, em comparação com outros medidores;
- Permite o fluxo bidirecional;
- Indicado para medição de líquidos corrosivos, altas vazões e fluidos com material em suspensão.

Limitações:

- O líquido precisa ter condutividade elétrica;
- Preço mais elevado em comparação com outros medidores, especialmente para tamanhos pequenos;
- Requer fornecimento de energia elétrica;
- Não recomendado em áreas de risco;
- O sinal de saída pode sofrer deriva ao longo do tempo;
- Pode ser influenciado por assimetrias no perfil do fluxo;
- Limitações quanto à temperatura máxima;

- Requer calibração;
- Alguns problemas com os eletrodos ainda não foram completamente resolvidos.

2.6.2 Medidores volumétricos

Os medidores volumétricos, também conhecidos como medidores de deslocamento positivo, são uma categoria de medidores que funcionam passando o fluido a ser medido por uma ou várias câmaras de volume conhecido, em um percurso sequencial dentro do medidor.

A leitura desses medidores fornece diretamente o valor do volume do fluido que passa dentro de um determinado intervalo de tempo. Geralmente, esses medidores não fornecem uma leitura da vazão instantânea.

3 DESENVOLVIMENTO

3 ESCOLHA E DIMENSIONAMENTO DO MEDIDOR DE VAZÃO

3.1 ESCOLHA DO MEDIDOR

É importante ressaltar que os medidores de vazão utilizados no processo não foram adquiridos especificamente para essa aplicação, o que fez com que nenhum recurso financeiro fosse utilizado. Na verdade, eles foram realocados de uma área onde a medição de vazão não era necessária em termos operacionais. Esses medidores previamente instalados eram utilizados para medir a vazão de água da calha de espuma gerada pela coluna de flotação. Sua função era determinar a quantidade de água utilizada para impulsionar e limpar a espuma, de modo a permitir a utilização do material nas etapas subsequentes do processo.

FIGURA 7 - MEDIDOR DE VAZÃO AXF



Fonte: YOKOGAWA (2023).

3.2 MEDIDOR ELETROMAGNÉTICO - ADMAG AXF

3.2.1 Especificações gerais

Segundo YOKOGAWA (2023), a série AXF faz parte da linha sofisticada de medidores de vazão da Yokogawa, com excelente confiabilidade e facilidade de operação

O AXF utiliza um indicador LCD, infravermelho interruptores e parâmetros “Easy Setup” para garantir facilidade de manutenção substancialmente melhorada. A combinação de um tubo de fluxo tipo eletrodo substituível e diagnósticos para detectar o nível de adesão no eletrodo melhora drasticamente a capacidade de manutenção. O AXF também emprega o fluido livre de ruído “Dual Frequency Excitation Method” e o recém-adicionado “Método de Excitação de Frequência Dupla Aprimorada” como uma opção para aplicações mais difíceis para garantir maior estabilidade e resposta mais rápida.

- Precisão: A precisão padrão é de 0,35% sobre a leitura. Também disponível é uma calibração opcional de alta precisão classificada em 0,2% da leitura;
- Condutividade: O modelo apresentado tem capacidade de trabalhar com fluidos que possuem condutividade a partir de $1\mu\text{S/cm}$;
- Sinal de saída: 4 a 20 mA, com resistência de carga de no máximo $750\ \Omega$;
- Repetibilidade:
 - $\pm 0,1\%$ da taxa ($V \geq 1\ \text{m/s}$);
 - $\pm 0,05\%$ da taxa $\pm 0,5\ \text{mm/s}$ ($V < 1\ \text{m/s}$);
- Temperaturas:
 - Fluido: entre -10°C a 160°C ;
 - Ambiente: entre -20°C a 60°C ;
- Pressão máxima do fluido: 1Mpa;
- Comunicação: Fieldbus ou PROFIBUS.

FIGURA 8 - MEDIDORES DE VAZÃO DAS 3 LINHAS INSTALADOS



Fonte: O Autor (2023).

FIGURA 9 - PLACA DO MEDIDOR DE VAZÃO ADMAG AXF



Fonte: O Autor (2023).

3.3 PROJETO DE INSTAÇÃO

Ao fim do processo de substituição dos medidores de nível, foram instalados 7 medidores de vazão, tendo todo o processo de preparação do coletor e do depressor controlado por medidores de vazão. Estes medidores estão dispostos da seguinte maneira:

- Preparação do coletor:
 - Um medidor de vazão de água (FIT-008) para o Tanque de Saponificação (TQ-002);
 - Um medidor de vazão de soda (FIT-009) para o Tanque de Saponificação (TQ-002);
 - Um medidor de vazão de óleo vegetal (FIT-007) para o Tanque de Saponificação (TQ-002);
 - Um medidor de vazão de água (FIT-006) para o Tanque de Diluição (TQ-003).
- Preparação do depressor:
 - Um medidor de vazão de água (FIT-010) para o Tanque de Gelatinização (TQ-007);
 - Um medidor de vazão de soda (FIT-012) para o Tanque de Diluição (TQ-008);
 - Um medidor de vazão de água (FIT-011) para o Tanque de Diluição (TQ-008).

3.3.1 Problemas Encontrados

Devido à baixa condutividade elétrica do óleo, a medição da vazão tornou-se inviável, o que resultou na reinstalação do medidor de nível no respectivo tanque.

Além disso, enfrentou-se o desafio de lidar com uma vazão de água no tanque de diluição do coletor (TQ-003) que excedia a capacidade suportada pelo medidor de vazão. Como solução, optou-se pela reinstalação do medidor de nível neste tanque específico. Portanto, ao final foram usados apenas 5 medidores de vazão.

4 DISCUSSÃO

4 DISCUSSÃO SOBRE A SOLUÇÃO

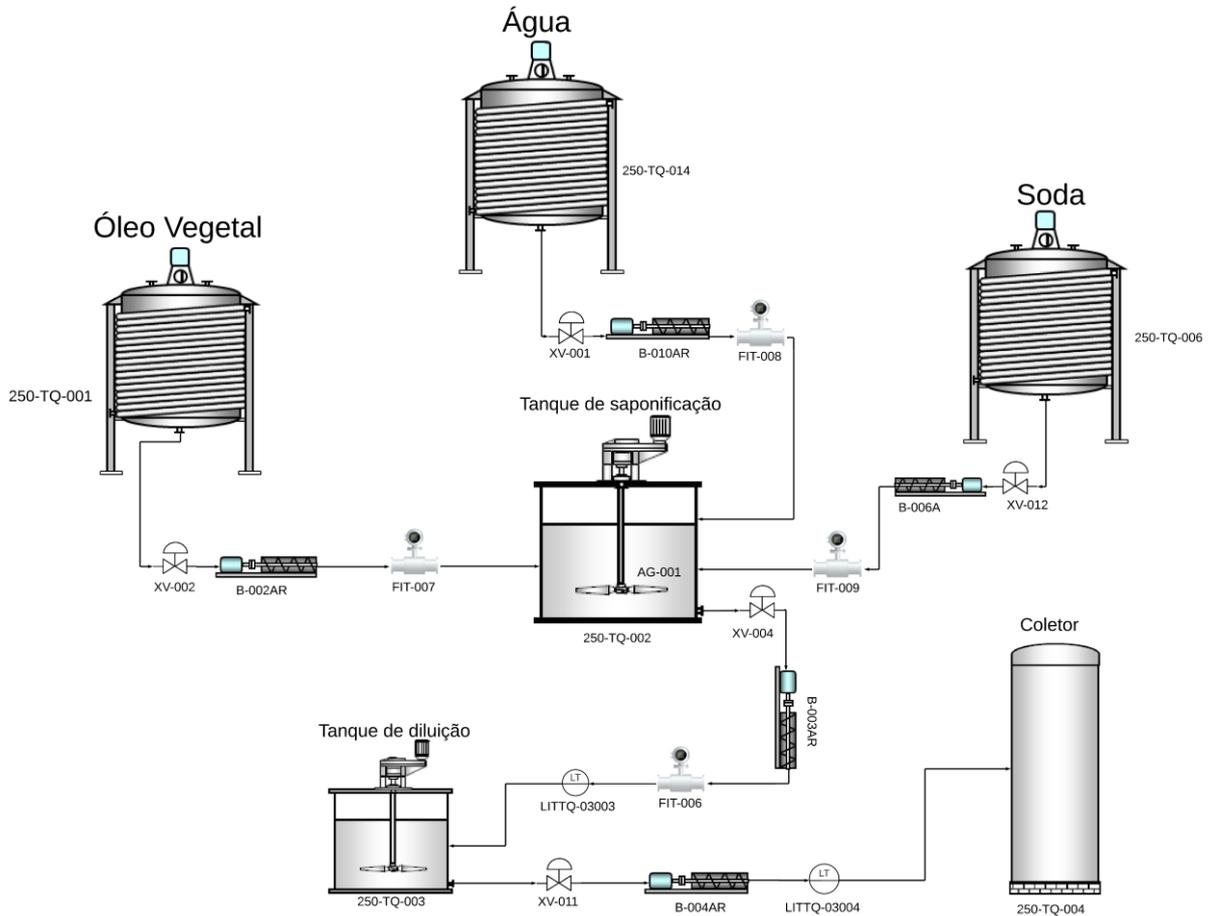
4.1 PREPARAÇÃO DO COLETOR

Caso seja necessária, a preparação do coletor utilizando medidores de nível continua disponível e não será alterada. A lógica de preparação do coletor (tanque de saponificação 250-TQ-002) tomando por base a medição das vazões de cada um dos ingredientes é dividida em 7 etapas e será descrita abaixo:

- Primeira etapa: Consiste na etapa de adição de água ao tanque. Serão adicionados 10.670 litros de água, medidos através do medidor de vazão 250-FIT-008. Após atingido o valor especificado a bomba é desligada e válvula fechada;
- Segunda etapa: Nessa etapa será adicionada a soda. Com a válvula aberta e a bomba ligada, o medidor de vazão 250-FIT-009 acumulará a vazão de soda de 481 litros, após atingido esse valor a bomba é desligada e válvula fechada. Nesse momento o agitador 250-AG-001 é ligado, para que a solução seja misturada;
- Terceira etapa: Adição de óleo de soja. Com a válvula aberta e a bomba ligada, o medidor de vazão 250-FIT-007 acumulará uma vazão total de 4000 litros de óleo, fechando em seguida a válvula, mas sem a necessidade de desligar a bomba, tendo em vista que ela será responsável por recircular o óleo na resistência de aquecimento;
- Quarta etapa: A lógica é parada para a entrada manual do co-coletor Lupromin 1210;
- Quinta etapa: Adição de água de diluição. A válvula é aberta e a bomba é ligada até que o medidor de vazão 250-FIT-008 meça 2058 litros de água, com esse valor atingido a válvula será fechada e a bomba desligada;
- Sexta etapa: Caso o tanque de diluição TQ-003 esteja com nível abaixo de 44%, a válvula do tanque de saponificação é aberta e a bomba é ligada para que haja transferência do tanque TQ-002 para o tanque TQ-003, o processo acontece até que o tanque TQ-002 atinja o nível de 2%;
- Sétima etapa: Caso o tanque do coletor TQ-004 esteja com nível inferior a 60%, a válvula de controle do tanque de diluição TQ-003 é aberta e a bomba é ligada

fazendo a transferência do líquido, o processo é interrompido quando o tanque TQ-003 atinja o nível de 5%.

FIGURA 10 - FLUXOGRAMA DE PREPARAÇÃO DO COLETOR



Fonte: O Autor (2023).

A proporção óleo/soda utilizada na preparação do coletor é de 10:1, ou seja, para cada 10kg de óleo são utilizados 1kg de soda. Em relação a volume, na prática, esses valores equivalem a 4000L de óleo para 481 litros de soda.

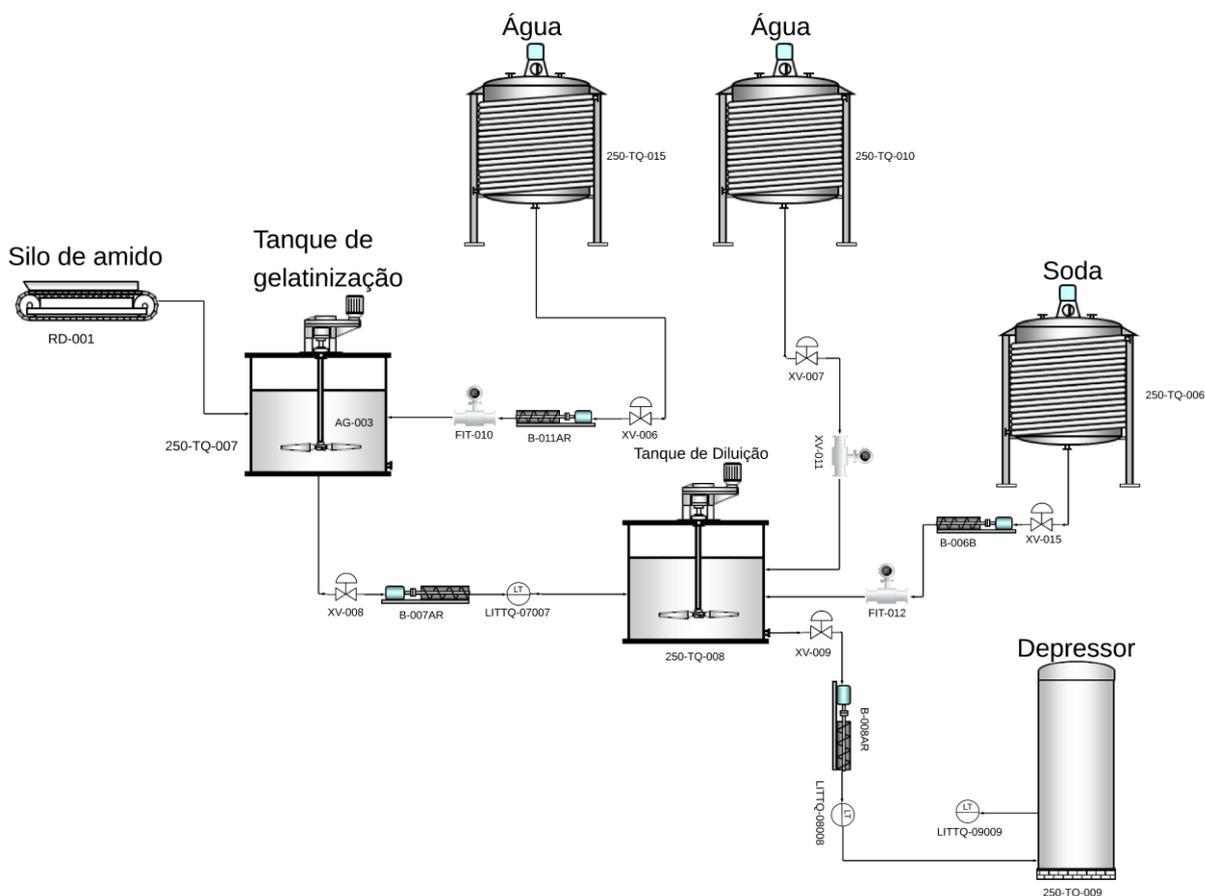
Por fim é feita a diluição com água (2058 litros) do coletor para que atinja a concentração final de 10%.

4.2 PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR

Caso seja necessária, a preparação do depressor utilizando medidores de nível continua disponível e não será alterada. A lógica de preparação do depressor tomando por base a medição das vazões de cada um dos ingredientes é dividida em 6 etapas e será descrita abaixo:

- Primeira etapa: Adicionar água ao tanque 250-TQ-008 até que seja atingido a vazão total de 112000 litros, com esse valor atingido a válvula é fechada;
- Segunda etapa: Adicionar água ao tanque 250-TQ-007. Com a válvula aberta e a bomba ligada, o medidor de vazão 250-FIT-010 irá medir a vazão total de 42000 litros, sendo este valor atingido a válvula é fechada e a bomba desligada. O agitador 250-AG-003 é ligado;
- Terceira etapa: Adição de amido. Liga-se a rosca dosadora de amido 250-RD-001 até que a balança totalize 4800kg, sendo desligada em seguida;
- Quarta etapa: Adição de soda. Com a válvula aberta e a bomba ligada, o medidor de vazão irá acumular uma vazão total de 1255 litros, após atingidor esse valor a válvula é fechada e a bomba desligada;
- Quinta etapa: A válvula 250-XV-008 é aberta e a bomba 250-B-007AR é ligada, transferindo a solução do tanque 250-TQ-007 para o tanque 250-TQ-008. A bomba é desligada e a válvula é fechada quando o tanque 7 atinge o nível de 5%;
- Sexta etapa: Se o nível do tanque 250-XV-009 for menor ou igual a 70% a bomba 250-B-008AR é ligada para que a solução do tanque 8 seja transferida para o tanque 9. Com o volume do tanque 8 atingindo 5% a bomba é desligada.

FIGURA 11 - FLUXOGRAMA DE PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR



Fonte: O Autor (2023).

A proporção amido/soda utilizada na preparação do depressor é de 5:1, ou seja, para cada 5kg de amido são utilizados 1kg de soda. Em relação a volume, na prática, esses valores equivalem a 4800kg de amido para 1255 litros de soda.

Além disso é feita a diluição com água do depressor para uma concentração final de 3%, que são os 112000 litros de água presentes no tanque de diluição TQ-008.

4.3 RESULTADOS COMPARATIVOS ENTRE OS MEDIDORES DE NÍVEL E VAZÃO

De acordo com os resultados comparativos entre os medidores de nível e vazão para o enchimento de tanques com água, soda e óleo, observou-se que a utilização desses instrumentos desempenha um papel crítico na precisão e controle dos processos de preparação de coletores e depressores na indústria de mineração.

A importância de alcançar a quantidade exata de cada substância na preparação de coletores e depressores está diretamente relacionada às implicações financeiras. A falta de precisão no enchimento do tanque pode levar a um uso inadequado ou insuficiente das substâncias, resultando em desempenho insatisfatório dos produtos finais e, conseqüentemente, em perdas financeiras consideráveis. Por exemplo, a subdosagem de um coletor pode comprometer a eficiência da flotação, reduzindo a recuperação dos minerais valiosos e aumentando o custo operacional. Da mesma forma, a superdosagem de um depressor pode resultar em excesso de consumo, desperdício de material e despesas desnecessárias.

Abaixo serão apresentados e analisados os resultados empíricos da preparação do coletor e do depressor, contemplando o processo de enchimento dos tanques correspondentes. Será realizado um estudo comparativo entre a utilização dos antigos medidores de nível e os medidores de vazão atuais, avaliando o impacto decorrente da imprecisão no preenchimento dos reservatórios. Esse exame visa fornecer subsídios para compreender a influência desses dispositivos no desempenho dos processos de preparação, considerando as implicações técnicas e financeiras advindas da falta de acurácia no abastecimento das soluções. Foram analisados dados de 28 bateladas de produção do coletor e do depressor, equivalentes a mais de 9 dias de produção. Estes dados estarão nas tabelas 1 até 12 e representam os valores de enchimento dos tanques com os reagentes (água, soda e óleo), utilizando medidores de nível e de vazão.

4.3.1 Enchimento com água

TABELA 1 - ENCHIMENTO COM ÁGUA (NÍVEL) PARA PREPARAÇÃO DO COLETOR

Set Point de Nível parada da água	Realizado	Excesso no Nível de água	Excesso na água (litros)	Desvio (%)
51.84%	53.20%	1.36%	279.82	2.62%
51.84%	52.50%	0.66%	135.80	1.27%
51.84%	53.00%	1.16%	238.67	2.24%
51.84%	52.00%	0.16%	32.92	0.31%
51.84%	51.00%	-0.84%	-172.83	-1.62%
51.84%	51.50%	-0.34%	-69.96	-0.66%

51.84%	52.40%	0.56%	115.22	1.08%
51.84%	52.30%	0.46%	94.65	0.89%
51.84%	53.00%	1.16%	238.67	2.24%
51.84%	52.70%	0.86%	176.95	1.66%
51.84%	54.00%	2.16%	444.42	4.17%
51.84%	51.40%	-0.44%	-90.53	-0.85%
51.84%	52.00%	0.16%	32.92	0.31%
51.84%	51.70%	-0.14%	-28.81	-0.27%
51.84%	52.60%	0.76%	156.37	1.47%
51.84%	52.30%	0.46%	94.65	0.89%
51.84%	53.00%	1.16%	238.67	2.24%
51.84%	52.50%	0.66%	135.80	1.27%
51.84%	52.00%	0.16%	32.92	0.31%
51.84%	52.20%	0.36%	74.07	0.69%
51.84%	52.30%	0.46%	94.65	0.89%
51.84%	51.67%	-0.17%	-34.98	-0.33%
51.84%	51.56%	-0.28%	-57.61	-0.54%
51.84%	52.34%	0.50%	102.88	0.96%
51.84%	52.56%	0.72%	148.14	1.39%
51.84%	51.54%	-0.30%	-61.73	-0.58%
51.84%	51.34%	-0.50%	-102.88	-0.96%
51.84%	51.98%	0.14%	28.81	0.27%

Fonte: O Autor (2023).

TABELA 2 - ENCHIMENTO COM ÁGUA (VAZÃO) PARA PREPARAÇÃO DO COLETOR

Set Point de Vazão parada da água	Realizado	Excesso de vazão de água	Excesso na água (litros)	Desvio (%)
10670.00	10696.00	26.00	26.00	0.24%
10670.00	10656.00	-14.00	-14.00	-0.13%
10670.00	10676.00	6.00	6.00	0.06%
10670.00	10652.00	-18.00	-18.00	-0.17%
10670.00	10664.00	-6.00	-6.00	-0.06%
10670.00	10664.00	-6.00	-6.00	-0.06%
10670.00	10666.00	-4.00	-4.00	-0.04%
10670.00	10677.00	7.00	7.00	0.07%
10670.00	10678.00	8.00	8.00	0.07%
10670.00	10697.00	27.00	27.00	0.25%
10670.00	10653.00	-17.00	-17.00	-0.16%
10670.00	10665.00	-5.00	-5.00	-0.05%
10670.00	10666.00	-4.00	-4.00	-0.04%
10670.00	10668.00	-2.00	-2.00	-0.02%
10670.00	10687.00	17.00	17.00	0.16%

10670.00	10664.00	-6.00	-6.00	-0.06%
10670.00	10678.00	8.00	8.00	0.07%
10670.00	10695.00	25.00	25.00	0.23%
10670.00	10696.00	26.00	26.00	0.24%
10670.00	10674.00	4.00	4.00	0.04%
10670.00	10654.00	-16.00	-16.00	-0.15%
10670.00	10683.00	13.00	13.00	0.12%
10670.00	10685.00	15.00	15.00	0.14%
10670.00	10667.00	-3.00	-3.00	-0.03%
10670.00	10651.00	-19.00	-19.00	-0.18%
10670.00	10675.00	5.00	5.00	0.05%
10670.00	10652.00	-18.00	-18.00	-0.17%
10670.00	10676.00	6.00	6.00	0.06%

Fonte: O Autor (2023).

Considerando as amostras analisadas, que englobaram aproximadamente 9 dias de produção do coletor, utilizando o enchimento por medidores de nível, observou-se uma média de sobreenchimento de 94,65 litros de água no tanque de saponificação, apresentando um desvio médio de 0,89% em relação ao set point. No entanto, com a adoção dos medidores de vazão para o enchimento do referido tanque, constatou-se uma média de sobreenchimento de apenas 1 litro de água, exibindo um desvio médio de 0,01% em relação ao set point. Esses valores indicam uma precisão substancialmente superior quando se emprega medidores de vazão.

A utilização dos medidores de vazão proporcionou resultados mais precisos e confiáveis no enchimento do tanque de saponificação. A diferença entre os dois métodos de medição é notável, evidenciando a maior exatidão alcançada por meio dos medidores de vazão. Com a redução do sobreenchimento para apenas 1 litro de água em média, foi possível minimizar desperdícios de matéria-prima, otimizando a eficiência do processo de produção do coletor.

Além disso, o desvio médio de 0,01% em relação ao set point do tanque mostra a precisão e a consistência do controle do enchimento obtido pelos medidores de vazão. Essa acurácia contribui para um melhor gerenciamento dos recursos, redução de custos e garantia da qualidade do produto final.

TABELA 3 - ENCHIMENTO COM ÁGUA (NÍVEL) PARA PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR

Set Point de Nível parada da água no TQ -7	Realizado	Excesso no Nível de água	Excesso na água (litros)	Desvio (%)
72.00%	73.22%	1.22%	871.67	2.06%
72.00%	72.83%	0.83%	591.59	1.40%
72.00%	72.49%	0.49%	350.81	0.83%
72.00%	72.68%	0.68%	484.42	1.15%
72.00%	73.11%	1.11%	793.08	1.88%
72.00%	72.57%	0.57%	404.40	0.96%
72.00%	72.63%	0.63%	448.70	1.06%
72.00%	72.70%	0.70%	500.14	1.18%
72.00%	72.90%	0.90%	640.89	1.52%
72.00%	72.84%	0.84%	600.17	1.42%
72.00%	72.48%	0.48%	345.81	0.82%
72.00%	72.45%	0.45%	322.95	0.76%
72.00%	72.45%	0.45%	321.52	0.76%
72.00%	72.38%	0.38%	269.36	0.64%
72.00%	72.87%	0.87%	618.03	1.46%
72.00%	72.20%	0.20%	140.04	0.33%
72.00%	73.19%	1.19%	850.23	2.01%
72.00%	73.16%	1.16%	825.94	1.96%
72.00%	72.96%	0.96%	682.33	1.62%
72.00%	73.19%	1.19%	850.23	2.01%
72.00%	75.18%	3.18%	2268.48	5.37%
72.00%	73.64%	1.64%	1172.47	2.78%
72.00%	73.95%	1.95%	1396.10	3.31%
72.00%	73.17%	1.17%	837.37	1.98%
72.00%	72.29%	0.29%	205.06	0.49%
72.00%	73.14%	1.14%	817.37	1.94%
72.00%	75.58%	3.58%	2557.13	6.05%
72.00%	72.81%	0.81%	581.59	1.38%

Fonte: O Autor (2023).

TABELA 4 - ENCHIMENTO COM ÁGUA (VAZÃO) PARA PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR

Set Point de Vazão parada da água no TQ -7	Realizado	Excesso no vazão de água	Excesso na água (litros)	Desvio (%)
42,240.00	42237.00	-3.00	-3.00	-0.01%
42,240.00	42230.00	-10.00	-10.00	-0.02%
42,240.00	42257.00	17.00	17.00	0.04%
42,240.00	42242.00	2.00	2.00	0.00%
42,240.00	42233.00	-7.00	-7.00	-0.02%

42,240.00	42250.00	10.00	10.00	0.02%
42,240.00	42256.00	16.00	16.00	0.04%
42,240.00	42254.00	14.00	14.00	0.03%
42,240.00	42223.00	-17.00	-17.00	-0.04%
42,240.00	42258.00	18.00	18.00	0.04%
42,240.00	42258.00	18.00	18.00	0.04%
42,240.00	42236.00	-4.00	-4.00	-0.01%
42,240.00	42220.00	-20.00	-20.00	-0.05%
42,240.00	42255.00	15.00	15.00	0.04%
42,240.00	42220.00	-20.00	-20.00	-0.05%
42,240.00	42245.00	5.00	5.00	0.01%
42,240.00	42233.00	-7.00	-7.00	-0.02%
42,240.00	42255.00	15.00	15.00	0.04%
42,240.00	42236.00	-4.00	-4.00	-0.01%
42,240.00	42230.00	-10.00	-10.00	-0.02%
42,240.00	42230.00	-10.00	-10.00	-0.02%
42,240.00	42256.00	16.00	16.00	0.04%
42,240.00	42221.00	-19.00	-19.00	-0.04%
42,240.00	42226.00	-14.00	-14.00	-0.03%
42,240.00	42236.00	-4.00	-4.00	-0.01%
42,240.00	42220.00	-20.00	-20.00	-0.05%
42,240.00	42242.00	2.00	2.00	0.00%
42,240.00	42233.00	-7.00	-7.00	-0.02%

Fonte: O Autor (2023).

Durante as análises utilizando o enchimento por medidores de nível no tanque de preparação do depressor, foi observado um sobreenchimento de 609,1 litros de água, resultando em um desvio médio do set point de 1,44%. Em contrapartida, ao adotar os medidores de vazão para o enchimento do mesmo tanque, foi verificado um subenchimento de 4 litros de água, apresentando um desvio médio do set point de -0,01%. Esses resultados comprovam a notável precisão proporcionada pelos medidores de vazão.

A utilização dos medidores de vazão demonstrou um desempenho aprimorado na tarefa de enchimento do tanque de preparação do depressor. A significativa redução no sobreenchimento médio de água, chegando a -4 litros, resultou em uma eficiente otimização dos recursos, reduzindo consideravelmente o desperdício e promovendo uma maior eficiência no processo produtivo.

Adicionalmente, o desvio médio de -0,01% evidencia a elevada precisão e consistência alcançadas pelos medidores de vazão durante o controle do enchimento. Essa exatidão contribui diretamente para um gerenciamento eficiente dos recursos, possibilitando a redução de custos e garantindo a qualidade do produto final.

Dessa forma, os resultados obtidos reforçam a superioridade dos medidores de vazão em comparação aos medidores de nível no processo de enchimento do tanque de preparação do depressor.

TABELA 5 - ENCHIMENTO COM ÁGUA DE DILUIÇÃO (NÍVEL) PARA PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR

Set Point de Nível parada da água no TQ -8	Realizado	Excesso no Nível	Excesso de água (litros)	Desvio (%)
42.00%	42.50%	0.50%	1205.83	1.08%
42.00%	42.04%	0.04%	99.08	0.09%
42.00%	41.96%	-0.04%	-101.49	-0.09%
42.00%	43.41%	1.41%	3414.51	3.05%
42.00%	43.48%	1.48%	3569.17	3.19%
42.00%	43.22%	1.22%	2938.46	2.62%
42.00%	42.60%	0.60%	1459.57	1.30%
42.00%	42.47%	0.47%	1140.59	1.02%
42.00%	42.99%	0.99%	2382.67	2.13%
42.00%	42.73%	0.73%	1771.29	1.58%
42.00%	42.62%	0.62%	1505.48	1.34%
42.00%	43.50%	1.50%	3622.33	3.23%
42.00%	44.08%	2.08%	5031.15	4.49%
42.00%	42.61%	0.61%	1469.23	1.31%
42.00%	42.58%	0.58%	1391.90	1.24%
42.00%	42.24%	0.24%	575.13	0.51%
42.00%	41.58%	-0.42%	-1027.01	-0.92%
42.00%	42.43%	0.43%	1034.26	0.92%
42.00%	42.48%	0.48%	1159.92	1.04%
42.00%	44.29%	2.29%	5533.79	4.94%
42.00%	42.83%	0.83%	2010.53	1.80%
42.00%	42.17%	0.17%	418.05	0.37%
42.00%	43.06%	1.06%	2554.24	2.28%
42.00%	42.98%	0.98%	2377.84	2.12%
42.00%	41.94%	-0.06%	-142.57	-0.13%
42.00%	43.12%	1.12%	2708.90	2.42%
42.00%	42.56%	0.56%	1345.99	1.20%
42.00%	43.92%	1.92%	4632.43	4.14%

Fonte: O Autor (2023).

TABELA 6 - ENCHIMENTO COM ÁGUA DE DILUIÇÃO (VAZÃO) PARA PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR

Set Point de Vazão parada da água no TQ -8	Realizado	Excesso na vazão de água de diluição	Excesso de água (litros)	Desvio (%)
112,000.00	111644.00	-356.00	-356.00	-0.32%
112,000.00	111171.00	-829.00	-829.00	-0.74%
112,000.00	112658.00	658.00	658.00	0.59%
112,000.00	111809.00	-191.00	-191.00	-0.17%
112,000.00	112170.00	170.00	170.00	0.15%
112,000.00	112272.00	272.00	272.00	0.24%
112,000.00	112562.00	562.00	562.00	0.50%
112,000.00	113057.00	1057.00	1057.00	0.94%
112,000.00	112408.00	408.00	408.00	0.36%
112,000.00	111600.00	-400.00	-400.00	-0.36%
112,000.00	111742.00	-258.00	-258.00	-0.23%
112,000.00	112457.00	457.00	457.00	0.41%
112,000.00	112672.00	672.00	672.00	0.60%
112,000.00	111182.00	-818.00	-818.00	-0.73%
112,000.00	112426.00	426.00	426.00	0.38%
112,000.00	112588.00	588.00	588.00	0.53%
112,000.00	111621.00	-379.00	-379.00	-0.34%
112,000.00	112581.00	581.00	581.00	0.52%
112,000.00	113041.00	1041.00	1041.00	0.93%
112,000.00	111125.00	-875.00	-875.00	-0.78%
112,000.00	111679.00	-321.00	-321.00	-0.29%
112,000.00	112568.00	568.00	568.00	0.51%
112,000.00	112144.00	144.00	144.00	0.13%
112,000.00	112132.00	132.00	132.00	0.12%
112,000.00	112991.00	991.00	991.00	0.88%
112,000.00	112052.00	52.00	52.00	0.05%
112,000.00	111652.00	-348.00	-348.00	-0.31%
112,000.00	111053.00	-947.00	-947.00	-0.85%

Fonte: O Autor (2023).

Para o enchimento do tanque de diluição do depressor com água, utilizando medidores de nível, foram identificados um sobreenchimento médio de 1487 litros de água e um desvio médio do set point de 1,33%. Em contraste, ao empregar os medidores de vazão, constatou-se um sobreenchimento médio de 157 litros de água e um desvio médio de 0,14%.

Em relação a concentração do depressor, é necessário que haja a diluição do mesmo a 3%. Na prática levando em conta os medidores de nível no enchimento com água do tanque de diluição, era alcançado em média um valor de diluição de 3,04%, um desvio em relação ao set point de 1,33%. Já com a utilização dos medidores de vazão, foi alcançado em média um valor de diluição de 3,004%, o que significa um desvio em relação ao set point de 0,14%.

Esses resultados evidenciam a maior precisão e exatidão dos medidores de vazão na realização da diluição do depressor. Aproximar-se do valor desejado de diluição é fundamental para garantir a qualidade e a eficácia do produto final. O menor desvio em relação ao set point alcançado pelos medidores de vazão indica uma maior confiabilidade e consistência nos processos de diluição, contribuindo para a padronização e a otimização da produção.

4.3.2 Enchimento com soda

TABELA 7 - ENCHIMENTO DE SODA (NÍVEL) PARA PREPAÇÃO DO COLETOR

Set Point de Nível parada da soda	Realizado	Excesso no Nível de soda	Excesso na Soda (litros)	Desvio (%)
54.18%	54.89%	0.71%	146.08	30.4%
54.18%	55.00%	0.82%	168.72	35.1%
54.18%	54.78%	0.60%	123.45	25.7%
54.18%	55.23%	1.05%	216.04	44.9%
54.18%	55.34%	1.16%	238.67	49.6%
54.18%	54.45%	0.27%	55.55	11.5%
54.18%	54.89%	0.71%	146.08	30.4%
54.18%	54.79%	0.61%	125.51	26.1%
54.18%	54.96%	0.78%	160.49	33.4%
54.18%	54.77%	0.59%	121.39	25.2%
54.18%	54.66%	0.48%	98.76	20.5%
54.18%	54.55%	0.37%	76.13	15.8%
54.18%	54.97%	0.79%	162.54	33.8%
54.18%	54.78%	0.60%	123.45	25.7%
54.18%	54.56%	0.38%	78.19	16.3%
54.18%	54.89%	0.71%	146.08	30.4%
54.18%	54.78%	0.60%	123.45	25.7%

54.18%	54.67%	0.49%	100.82	21.0%
54.18%	54.79%	0.61%	125.51	26.1%
54.18%	54.44%	0.26%	53.50	11.1%
54.18%	54.89%	0.71%	146.08	30.4%
54.18%	54.69%	0.51%	104.93	21.8%
54.18%	54.83%	0.65%	133.74	27.8%
54.18%	54.76%	0.58%	119.34	24.8%
54.18%	54.75%	0.57%	117.28	24.4%
54.18%	54.66%	0.48%	98.76	20.5%
54.18%	54.56%	0.38%	78.19	16.3%
54.18%	54.88%	0.70%	144.03	29.9%

Fonte: O Autor (2023).

TABELA 8 - ENCHIMENTO COM SODA (VAZÃO) PARA PREPARAÇÃO DO COLETOR

Set Point de Vazão parada da soda	Realizado	Excesso na vazão de soda	Excesso na Soda (litros)	Desvio (%)
481.00	489.00	8.00	8.00	1.66%
481.00	488.00	7.00	7.00	1.46%
481.00	485.00	4.00	4.00	0.83%
481.00	492.00	11.00	11.00	2.29%
481.00	494.00	13.00	13.00	2.70%
481.00	488.00	7.00	7.00	1.46%
481.00	492.00	11.00	11.00	2.29%
481.00	478.00	-3.00	-3.00	-0.62%
481.00	493.00	12.00	12.00	2.49%
481.00	483.00	2.00	2.00	0.42%
481.00	481.00	0.00	0.00	0.00%
481.00	491.00	10.00	10.00	2.08%
481.00	482.00	1.00	1.00	0.21%
481.00	492.00	11.00	11.00	2.29%
481.00	490.00	9.00	9.00	1.87%
481.00	488.00	7.00	7.00	1.46%
481.00	486.00	5.00	5.00	1.04%
481.00	493.00	12.00	12.00	2.49%
481.00	488.00	7.00	7.00	1.46%
481.00	484.00	3.00	3.00	0.62%
481.00	484.00	3.00	3.00	0.62%
481.00	493.00	12.00	12.00	2.49%
481.00	492.00	11.00	11.00	2.29%
481.00	485.00	4.00	4.00	0.83%
481.00	484.00	3.00	3.00	0.62%

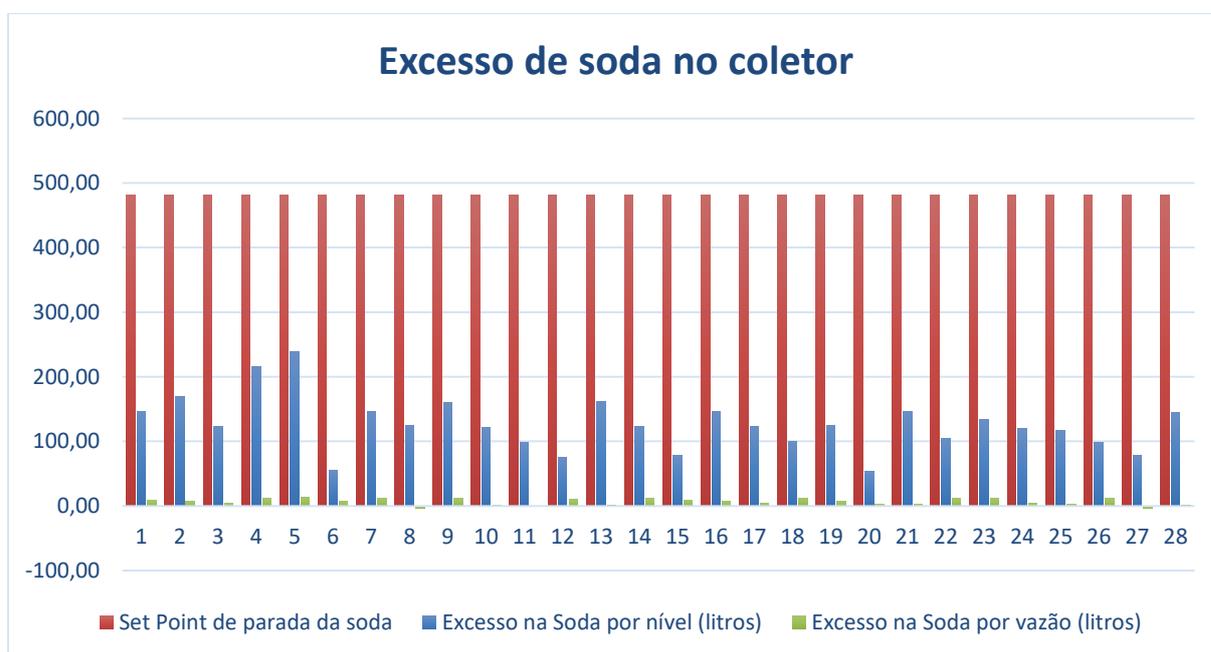
481.00	492.00	11.00	11.00	2.29%
481.00	478.00	-3.00	-3.00	-0.62%
481.00	482.00	1.00	1.00	0.21%

Fonte: O Autor (2023).

Já analisando a fase de enchimento do tanque de saponificação com soda, chegamos a uma média de sobreenchimento de 123 litros de soda e um desvio médio em relação ao set point (481 litros) de 25,67%, valores utilizando os medidores de nível. Já com os novos medidores de vazão a média de sobreenchimento caiu para 7 litros de soda e um desvio em relação ao set point de 1,46%.

A preparação do tanque de saponificação para o enchimento com soda possui implicações significativas, tanto do ponto de vista financeiro quanto em relação à qualidade do coletor. Nesse processo, são utilizados 481 litros de soda, juntamente com 10.670 litros de água e 4.000 litros de óleo. É crucial garantir a utilização precisa da quantidade correta de soda.

GRÁFICO 1 - COMPARAÇÃO ENTRE EXCESSO DE SODA NO COLETOR



Fonte: O Autor (2023).

Do ponto de vista financeiro, apenas nessa etapa, levando em conta o preço da soda de R\$3,91/L e que o coletor é produzido 3 vezes ao dia (369 litros), teremos um desperdício financeiro ao final de 1 ano (365 dias) de R\$514.308,05. Contudo, com a utilização dos medidores de vazão, foi possível reduzir o desperdício de soda

para 21 litros por dia, reduzindo o desperdício financeiro para R\$28.503,15, uma economia de R\$485.804,90 por ano.

Um outro impacto é na proporção óleo/soda, que tem como valor de referência 10/1, na prática utilizando medidores de nível foi obtido uma proporção de 7,95/1, o que significa um desvio em relação ao set point de 20,42%. Já com a substituição para os medidores de vazão a proporção alcançada foi de 9,85/1, que significa um desvio de 1,43% em relação ao set point.

A não utilização da quantidade correta de soda acarreta consequências diretas na qualidade e eficácia do coletor. Além disso, o desequilíbrio na mistura compromete a eficiência do processo de saponificação, levando a grandes oscilações nos parâmetros da flotação, alterando a característica da espuma e reduzindo a eficiência da coleta, além do desperdício de recursos.

A fim de evitar tais problemas, é fundamental adotar medidas precisas no controle do enchimento do tanque de saponificação com soda. O uso de medidores de vazão se mostra vantajoso, permitindo uma dosagem precisa da soda de acordo com as quantidades de água e óleo utilizadas. Dessa forma, é possível assegurar a proporção correta e obter coletores de alta qualidade, minimizando os impactos financeiros e garantindo a conformidade com os requisitos estabelecidos.

TABELA 9 - ENCHIMENTO COM SODA (NÍVEL) PARA PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR

Set Point de Nível parada da soda no TQ-7	Realizado	Excesso no Nível de soda	Excesso na Soda (litros)	Desvio (%)
73.90%	73.98%	0.08%	57.16	4.6%
73.90%	73.78%	-0.12%	-85.74	-6.8%
73.90%	73.82%	-0.08%	-57.16	-4.6%
73.90%	73.81%	-0.09%	-64.30	-5.1%
73.90%	73.97%	0.07%	50.01	4.0%
73.90%	74.00%	0.10%	71.45	5.7%
73.90%	73.78%	-0.12%	-85.74	-6.8%
73.90%	74.04%	0.14%	100.03	8.0%

73.90%	73.65%	-0.25%	-178.62	-14.2%
73.90%	73.94%	0.04%	28.58	2.3%
73.90%	73.97%	0.07%	50.01	4.0%
73.90%	73.74%	-0.16%	-114.32	-9.1%
73.90%	73.86%	-0.04%	-28.58	-2.3%
73.90%	73.75%	-0.15%	-107.17	-8.5%
73.90%	73.88%	-0.02%	-14.29	-1.1%
73.90%	73.97%	0.07%	50.01	4.0%
73.90%	73.78%	-0.12%	-85.74	-6.8%
73.90%	73.75%	-0.15%	-107.17	-8.5%
73.90%	73.83%	-0.07%	-50.01	-4.0%
73.90%	73.85%	-0.05%	-35.72	-2.8%
73.90%	73.95%	0.05%	35.72	2.8%
73.90%	73.98%	0.08%	57.16	4.6%
73.90%	73.96%	0.06%	42.87	3.4%
73.90%	73.88%	-0.02%	-14.29	-1.1%
73.90%	74.00%	0.10%	71.45	5.7%
73.90%	74.02%	0.12%	85.74	6.8%
73.90%	73.95%	0.05%	35.72	2.8%
73.90%	73.82%	-0.08%	-57.16	-4.6%

Fonte: O Autor (2023).

TABELA 10 - ENCHIMENTO COM SODA (VAZÃO) PARA PREPARAÇÃO DO DEPRESSOR

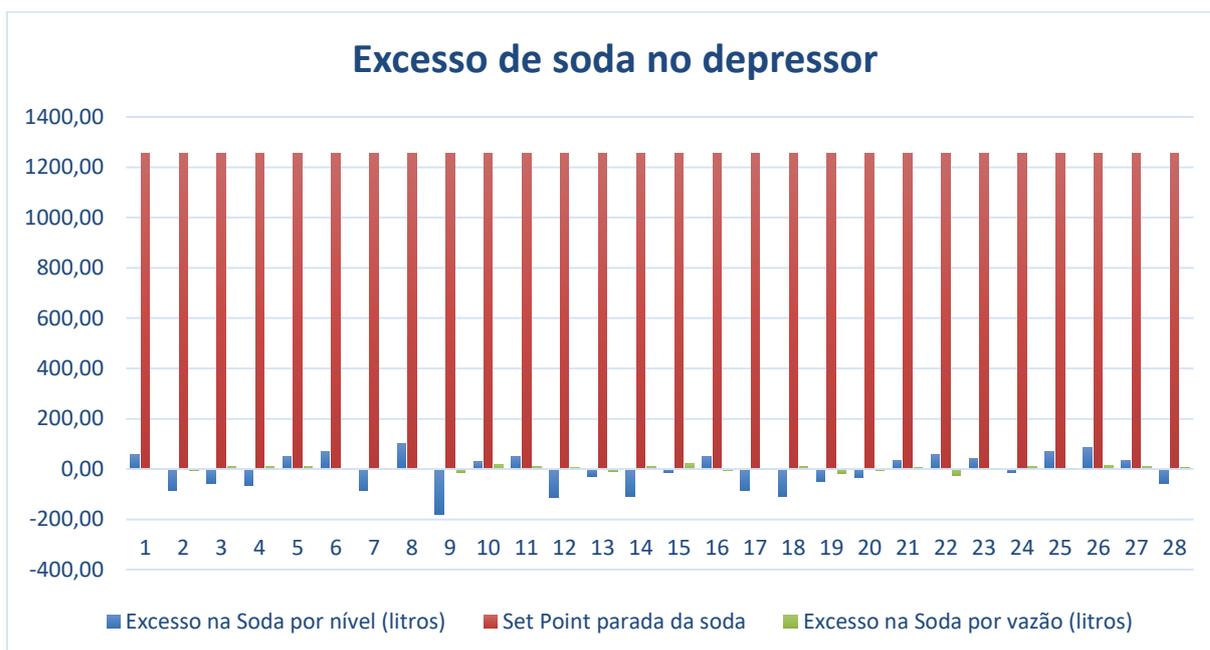
Set Point de Vazão parada da soda no TQ-7	Realizado	Excesso na vazão de soda	Excesso na Soda (litros)	Desvio (%)
1255.00	1256.00	1.00	1.00	0.08%
1255.00	1250.00	-5.00	-5.00	-0.40%
1255.00	1266.00	11.00	11.00	0.88%
1255.00	1267.00	12.00	12.00	0.96%
1255.00	1267.00	12.00	12.00	0.96%
1255.00	1253.00	-2.00	-2.00	-0.16%
1255.00	1258.00	3.00	3.00	0.24%
1255.00	1255.00	0.00	0.00	0.00%
1255.00	1243.00	-12.00	-12.00	-0.96%
1255.00	1272.00	17.00	17.00	1.35%
1255.00	1266.00	11.00	11.00	0.88%
1255.00	1263.00	8.00	8.00	0.64%
1255.00	1245.00	-10.00	-10.00	-0.80%
1255.00	1265.00	10.00	10.00	0.80%
1255.00	1276.00	21.00	21.00	1.67%

1255.00	1248.00	-7.00	-7.00	-0.56%
1255.00	1259.00	4.00	4.00	0.32%
1255.00	1264.00	9.00	9.00	0.72%
1255.00	1239.00	-16.00	-16.00	-1.27%
1255.00	1249.00	-6.00	-6.00	-0.48%
1255.00	1261.00	6.00	6.00	0.48%
1255.00	1230.00	-25.00	-25.00	-1.99%
1255.00	1257.00	2.00	2.00	0.16%
1255.00	1267.00	12.00	12.00	0.96%
1255.00	1257.00	2.00	2.00	0.16%
1255.00	1270.00	15.00	15.00	1.20%
1255.00	1266.00	11.00	11.00	0.88%
1255.00	1260.00	5.00	5.00	0.40%

Fonte: O Autor (2023).

Durante o processo de preparação do depressor, foi constatado que o enchimento médio com soda utilizando medidores de nível foi inferior ao necessário, apresentando uma deficiência de aproximadamente 14 litros. Isso resultou em um desvio em relação ao valor de referência, atingindo -1,14%. Por outro lado, ao empregar os medidores de vazão, verificou-se um sobreenchimento de 4,5 litros e um desvio em relação ao valor de referência de 0,36%.

GRÁFICO 2 - COMPARAÇÃO ENTRE EXCESSO DE SODA NO DEPRESSOR



Fonte: O Autor (2023).

Sendo a proporção esperada de amido/soda de 5/1, foi obtido após a substituição dos medidores de nível uma proporção de 4,9817/1, em contrapartida, com o uso de medidores de nível foi encontrado uma proporção de 5,0389/1. Este resultado representa uma melhora no desvio em relação a proporção esperada de -0,78% para 0,37%.

A proporção inadequada de soda em relação ao amido, especificamente quando há uma quantidade insuficiente de soda, acarreta em diversas consequências significativas. Tais consequências incluem:

- Desempenho inferior do depressor, resultando na diminuição da eficiência do processo de gelatinização, levando a um depressor de qualidade inferior. Isso pode afetar negativamente as propriedades desejadas do depressor, como sua capacidade de deprimir minerais contaminantes, acarretando perda de recuperação de P2O5.
- Problemas de estabilidade e durabilidade: A proporção correta de soda é essencial para garantir a estabilidade e durabilidade do depressor. Quando há uma deficiência de soda, o produto final pode apresentar uma menor

estabilidade química, o que significa que ele pode se deteriorar mais rapidamente, reduzindo sua vida útil. Isso pode resultar em perdas financeiras, pois o depressor pode não cumprir sua função de forma eficaz durante o tempo necessário.

- Inconsistência nos resultados: A quantidade inadequada de soda pode levar a variações nos resultados obtidos. Isso significa que cada lote de depressor preparado com uma quantidade insuficiente de soda pode apresentar características diferentes, dificultando a padronização do produto e sua replicação em futuras preparações. Essa inconsistência pode impactar a confiabilidade e a qualidade do produto final, afetando a satisfação do cliente e a reputação da empresa.
- Desperdício de recursos: Utilizar menos soda do que o necessário resulta em desperdício de outros recursos, como água e amido. A proporção adequada de soda é essencial para garantir uma utilização eficiente e econômica de todos os componentes envolvidos na preparação do depressor. O uso inadequado dos recursos pode levar a custos financeiros desnecessários e desperdício de matérias-primas.

4.3.3 Enchimento com óleo

TABELA 11 - ENCHIMENTO COM ÓLEO (NÍVEL) PARA PREPARAÇÃO DO COLETOR

Set Point de Nível parada do Óleo	Realizado	Excesso no Nível	Excesso na Óleo (litros)	Desvio (%)
73.61%	74.10%	0.49%	100.82	2.52%
73.61%	74.50%	0.89%	183.12	4.58%
73.61%	73.90%	0.29%	59.67	1.49%
73.61%	74.05%	0.44%	90.53	2.26%
73.61%	73.98%	0.37%	76.13	1.90%
73.61%	73.56%	-0.05%	-10.29	-0.26%
73.61%	73.87%	0.26%	53.50	1.34%
73.61%	73.96%	0.35%	72.01	1.80%
73.61%	74.30%	0.69%	141.97	3.55%
73.61%	74.35%	0.74%	152.26	3.81%
73.61%	74.23%	0.62%	127.57	3.19%
73.61%	74.02%	0.41%	84.36	2.11%

4000.00			0.00	0.00%
4000.00			0.00	0.00%
4000.00			0.00	0.00%
4000.00			0.00	0.00%
4000.00			0.00	0.00%
4000.00			0.00	0.00%
4000.00			0.00	0.00%
4000.00			0.00	0.00%

Fonte: O Autor (2023).

Devido à baixa condutividade do óleo, não foi possível utilizar o medidor de vazão eletromagnético no seu tanque de armazenamento. Esses medidores são projetados para funcionar com fluidos condutivos, uma vez que se baseiam no princípio da indução eletromagnética. No entanto, o óleo possui uma baixa condutividade elétrica, o que dificulta a detecção e a medição precisa do fluxo utilizando esse tipo de medidor. Esse é o motivo da Tabela 12 estar com as colunas de medição por medidor de vazão vazias.

5 CONCLUSÕES

5 CONCLUSÕES

5.1 MELHORA NA PREPARAÇÃO DO COLETOR E DO DEPRESSOR

Em relação aos resultados obtidos pela substituição dos medidores de nível pelos medidores de vazão na preparação do coletor nós chegamos aos seguintes valores:

- Economia financeira no valor de R\$ 496,648.20 por ano, em razão da diminuição do uso excessivo de soda. Economia gerada com um custo 0, por não ter sido necessária a compra dos medidores de vazão eletromagnéticos.
- Uma melhora na proporção de óleo/soda de 7,96/1 para 9,86/1, o que levou a aproximação da proporção necessária (10/1), diminuindo o desvio do set point de 20,42% para 1,43%.

Em relação aos resultados obtidos pela substituição dos medidores de nível pelos medidores de vazão na preparação do depressor nós chegamos aos seguintes valores:

- Desvio em relação ao set point de enchimento com soda melhorado de -1,14% para 0,36%;
- Desvio em relação a proporção amido/soda melhorado de -0,78% para 0,37%;
- Diluição do depressor melhorado de 3,04%, para 3,004%, o que significa uma melhora no desvio em relação ao set point de 1,33% para 0,14%.

Essas melhoras fazem com que haja um melhor resultado na flotação da apatita, trazendo assim um aumento na recuperação do concentrado fosfático.

5.2 FUTUROS TRABALHOS

Fica como sugestão para os próximos trabalhos a utilização de medidores de vazão Coriolis para medir a vazão do óleo. Eles oferecem uma solução confiável e precisa para medir essa vazão de forma direta, independentemente da sua condutividade elétrica. Ao contrário dos medidores de nível convencionais, os medidores Coriolis proporcionam medições contínuas e em tempo real da vazão do

óleo, permitindo um controle preciso durante o processo de enchimento. Isso evita subdosagem ou superdosagem, garantindo uma dosagem adequada e minimizando desperdícios.

REFERÊNCIAS

Automação Industrial. Conheça o DPharp: a solução da Yokogawa para medição de nível via Digital Remote Sensor. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/conheca-o-dpharp-a-solucao-da-yokogawa-para-medicao-de-nivel-via-digital-remote-sensor/>. Acesso em: 23 maio 2023. Citado nas páginas 28 e 29.

Consulte Engenheiro Eletrônico. Metodologia para a seleção de um medidor de vazão de líquidos [online]. Disponível em: <https://consulteengenheiroeletronico.wordpress.com/2016/07/19/metodologia-para-a-selecao-de-um-medidor-de-vazao-de-liquidos>. Acesso em: 26 de junho de 2023. Citado nas páginas 29, 30, 31 e 32.

Instrumentos Lince. O que é medição de nível? Disponível em: <https://instrumentos-lince.com.br/o-que-e-medicao-de-nivel/#:~:text=O%20funcionamento%20consiste%20em%20um,Chave%20ou%20Tranmissor%20de%20Nível>. Acesso em: 23 maio 2023. Citado nas páginas 26, 26 e 28.

LUZ, Adão Benvindo (Ed.); SAMPAIO, João Alves (Ed.); ALMEIDA, Salvador Luiz Matos (Ed.). Tratamento de Minérios 2010. 5.ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 932p. Citado na página 27.

YOKOGAWA. ADMAG AXF. Disponível em: <https://www.yokogawa.com/br/solutions/products-and-services/measurement/field-instruments-products/flow-meters/magnetic-flowmeters/admag-axf>. Acesso em: 23 maio 2023. Citado na página 35.

YOKOGAWA. ADMAG AXF: Installation Manual. Disponível em: <https://web-material3.yokogawa.com/GS01E20D01-01E.pdf>. Acesso em: 23 maio 2023. Citado nas páginas 35 e 36.