



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

JOSÉ MARCELINO DOS SANTOS

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO PARA OTIMIZAÇÃO
DE CENTRÍFUGA PARA O BENEFICIAMENTO DE
SILVINITA: Estudo de Caso na Unidade Operacional
Taqueri-Vassouras (UOTV)**

**Aracaju – Sergipe
2010.2**

JOSÉ MARCELINO DOS SANTOS

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO PARA OTIMIZAÇÃO
DE CENTRÍFUGA PARA O BENEFICIAMENTO DE
SILVINITA: Estudo de Caso na Unidade Operacional
Taqueri-Vassouras (UOTV)**

**Monografia apresentada à Coordenação
do Curso de Engenharia de Produção da
FANESE, como requisito parcial para a
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção.**

**Orientador: Prof. Esp. José Ricardo
Menezes Oliveira**

**Coordenador: Prof. Dr. Jefferson Arlen
Freitas**

**Aracaju – Sergipe
2010.2**

JOSÉ MARCELINO DOS SANTOS

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO PARA OTIMIZAÇÃO
DE CENTRÍFUGA PARA O BENEFICIAMENTO DE
SILVINITA: Estudo de Caso na Unidade Operacional
Taqueri-Vassouras (UOTV)**

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito parcial para cumprimento do Estágio Curricular e elemento obrigatório para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção, no período 2010.1.

Prof. Esp. José Ricardo Menezes Oliveira
Orientador

Prof. MSc. Bento Francisco dos Santos Junior
Examinador

Prof. Dr. Jefferson Arlen Freitas
Examinador

Aprovado com média: _____

Aracaju (SE), _____ de _____ de 2010.

Dedico este trabalho à minha esposa Gleide, que com amor acompanha meu caminho, me apoiando, incentivando e sempre me estendendo as mãos; aos meus filhos Nayara e Felipe pela paciência e dedicação, sempre presentes na minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus por nos dar a alegria de realizar mais um momento especial e com ele a superação de mais uma etapa de minha vida. “Deus nos escuta quando ninguém nos responde. Está em nós quando acreditamos que estamos sozinhos. Chama-nos quando nos abandona”.

A minha esposa Gleide pelo amor, dedicação e pelo exemplo de vida, minha eterna gratidão. Aos meus filhos Nayara e Felipe, vocês são frutos de uma união abençoada e isso é maior do que todas as diferenças.

A todos que fazem parte da Gerência Geral de Fertilizantes, em especial a GAFUW (Gerência de Tratamento de Minério).

Agradeço também ao orientador Prof. Ricardo Oliveira e a tantos outros que me transmitiram seus conhecimentos.

Ao amigo Engenheiro Carlos Renato Farias, pelo apoio e orientação do estágio, como também, e principalmente, pela sua competência e simplicidade que fez parte em uma etapa de minha vida.

Aos colegas José Barreto , Carlos Augusto Brito, meus colegas de trabalho. A amiga Tatiane Guimarães e a o amigo e irmão Arquilau.

Ao professor Ricardo Oliveira, Helenice e Fátima...

Por fim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que esta etapa da minha vida viesse a se concretizar da melhor maneira possível.

“Se queres progredir, não deves repetir a história, mas fazer uma história nova”.

Gandhi

RESUMO

O processo de desenvolvimento de produto se deve ao fator dos altos níveis de umidade encontrados no cloreto de potássio advindos do beneficiamento da silvinita na Unidade Operacional Taquati Vassouras (UOTV), o que ocasionava parada de produção durante o processo de secagem. A metodologia adotada foi baseada no modelo de referência abordado por Rezenfeld. Identificadas as etapas essenciais do projeto informacional, conceitual e detalhado, elaborou-se atividades para gerar uma especificação de produto compatível com as necessidades do sistema. Durante a pesquisa foi observada a necessidade de criação de um dispositivo de manutenção de índices de umidade permissível ao padrão de qualidade desejável (entre 6% e 7%) . Optou-se pela criação de um anel para eliminação dos espaços existentes entre a chapa defletora e o tambor perfurado da centrífuga. Tal dispositivo foi denominado anel defletor, e efetivamente auxiliou na redução da umidade no cloreto de potássio e aumentou a capacidade produtiva das centrífugas da unidade.

Palavras-chave: Projeto de produto. Beneficiamento de potássio. Anel defletor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Fluxograma do tratamento de silvinita.....	18
Figura 02 – Processo de britagem	19
Figura 03 – Processo de moagem	20
Figura 04 – Processo de flotação	21
Figura 05 – Opções de centrífugas.....	25
Figura 06 – Estrutura da centrífuga de parafuso com tela perfurada	28
Figura 07 – Estrutura da centrífuga utilizada no beneficiamento da silvinita....	29
Figura 08 – Tambor perfurado.....	30
Figura 09 – Transportador da centrífuga.....	30
Figura 10 – Estrutura geral para o processo de desenvolvimento de produto	34
Figura 11 – Fases de projeto informacional	35
Figura 12 – Modelo conceitual do produto	37
Figura 13 – Desgaste da chapa defletora.....	45
Figura 14 – Croqui de centrífuga somente com chapa defletora	49
Figura 15 – Croque de fixação de anel de borracha.....	50
Figura 16 – Anel de borracha fixado na chapa defletora- visão da frente da chapa.....	51
Figura 17 – Anel de borracha fixado na chapa defletora – visão posterior da Chapa	51
Figura 18 – Desgaste do anel de borracha na chapa defletora	52
Figura 19 – Croqui do anel defletor fixado no tambor perfurado.....	53
Figura 20 - Anel defletor fixado no tambor perfurado.....	54
Figura 21 – Planta do anel integrante da centrífuga	56
Figura 22 – Anel defletor visto transversalmente.....	56
Figura 23 – Detalhe de inclinação do anel defletor	57
Figura 24 – Representação gráfica do projeto.....	58
Figura 25 – Anel defletor implantado em centrífuga da Vale.....	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Índices de umidade do produto sólido centrifugado em 2006.....	60
Gráfico 02 – Índices de umidade do produto sólido centrifugado em 2008.....	60
Gráfico 03 – Índices de umidade de 2006 X 2008	61
Gráfico 04 – Produtividade por centrifuga do Gafuw em 2006 e 2009.....	61

SUMÁRIO

RESUMO.....	
LISTA DE FIGURAS	
LISTA DE GRÁFICOS	
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos	14
1.2 Justificativa	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 Beneficiamento da Silvinita	16
2.1.1 Etapas do beneficiamento	17
2.1.1.1 Processo de britagem e moagem	19
2.1.1.2 Processo de flotação	20
2.1.1.3 Processo de centrifugação	22
2.1.1.4 Processo de secagem, compactação e estocagem.....	22
2.2 Centrifugas.....	24
2.2.1 Tipos de centrífugas.....	25
2.2.1.1 Centrifuga de discos	26
2.2.1.2 Centrifuga decantadora de vaso horizontal	26
2.2.1.3 Centrífuga tubular.....	27
2.2.1.4 Centrífugade bolsa invertida	27
2.2.1.5 Centrifuga de parafuso com tela perfurada	28
2.3 Centrifuga Utilizada no Beneficiamento da Silvinita na UOTV	28
2.4 Gerenciamento de Projetos	31
2.5 Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)	32
2.6 Modelo de Referência em desenvolvimento de produtos	34
2.7 Etapas de Desenvolvimento de Projetos	34
2.7.1 Projeto Informacional	34
2.7.2 Projeto Conceitual	36
2.7.3 Projeto Detalhado	39
3 METODOLOGIA	41
3.1 Caracterização do Ambiente de Estudo	42
3.2 Coleta de Dados	42
4 ANÁLISE DE DADOS.....	44
4.1 Projeto informacional.....	44
4.2 Projeto conceitual	48
4.3 Projeto detalhado	55

4.4 Benefícios Advindos do Anel Defletor da Centrífuga da UOTV	59
5 CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

Desde o primórdios da humanidade, o homem é conhecido como o ser mais criativo e inventivo que cobre a face da terra. Não só porque é dotado de inteligência e raciocínio lógico, mas porque a criatividade faz parte da sua essência natural. O desenvolvimento da civilização humana foi promovida por inúmeras invenções que surgiram ao longo do tempo, quase sempre relacionadas ao conforto e qualidade de vida da sociedade. Invenções como o fogo, a lâmpada, o telefone, o vaso sanitário e do computador realmente facilitaram a vida cotidiana de todos.

Com a revolução industrial esse processo criativo foi altamente intensificado, em razão da constante necessidade de aumento da produtividade, melhoria da qualidade e redução de custos produtivos.

Desenvolveu-se, a partir de então, metodologias mais adequadas para o desenvolvimento de produtos, através de um conjunto de especificações denominado: projetos. A gestão de projetos foi aperfeiçoada de modo a ser aplicada de forma uniforme nas mais diversas áreas de atuação. Assim, foram criados métodos que facilitaram a elaboração de projetos e promoção de novos conceitos a cerca de gestão destes e desenvolvimento de produtos.

As criações do homem têm a finalidade principal de solucionar problemas, como neste estudo de caso, em que se identifique níveis elevados de umidade na descarga do produto sólido advindo do processo de centrifugação no beneficiamento da silvinita.

A agroindústria é um dos grandes negócios da atualidade e a produção contínua de fertilizante é um fator preponderante como meio de promoção do aumento da produtividade agroindustrial. A Vale, empresa de mineração, promove intensa exploração da silvinita, beneficiando-a para a produção de cloreto de potássio, principal componente de fertilizantes em geral.

As paradas demasiadas que ocorrem durante o processo de produção provocam desgaste nesta área de atuação, reduzindo-se a produção e qualidade do cloreto de potássio beneficiado. As inabilidades neste processo de centrifugação

devem ser imediatamente solucionadas para que os níveis de umidade desejáveis sejam alcançados e os demais processos posteriores cumpram suas metas de produção.

1.1Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Sistematizar o desenvolvimento de um dispositivo auxiliar na redução da umidade no processo de centrifugação do potássio.

1.1.2 Objetivos específicos

- Descrever o projeto informacional, conceitual e detalhado do produto;
- Identificar a redução efetiva de umidade no produto sólido centrifugado para níveis desejados após a utilização do dispositivo;
- Avaliar o aumento da produtividade por centrifuga após a utilização do dispositivo nos equipamentos da UOTV.

1.2 Justificativa

Em um período de observação, compreendido entre os meses de janeiro a julho de 2009, acompanhou-se o processo produtivo de cloreto de potássio na Unidade Operacional Taquari Vassoura (UOTV) da Mineradora Vale, utilizando-se como parâmetro os índices referentes à qualidade do produto final. Em paralelo, fez-se um estudo do processo de comercialização, para que houvesse um melhor entendimento e integração com as exigências do mercado.

Verificou-se, através do estudo desses processos, a importância do controle da umidade como requisito fundamental para todas as etapas produtivas,

fator este, que influencia diretamente no volume produzido. Detectou-se ainda que a umidade elevada, com valores acima de 6%, provoca o consumo excessivo de gás natural, além de propiciar a formação de blocos petrificados no interior do secador (cristalização), exigindo a parada total da produção. O quantitativo de umidade, também, influencia fortemente na qualidade do produto final. O material centrifugado ideal possui um percentual de umidade que varia entre 4 a 6%.

Na seqüência das atividades, o material processado na centrifugação é enviado para uma unidade de secagem, que minimiza ao máximo possível este percentual. Percebe-se, claramente, que o excesso de umidade, sobrecarrega esta etapa aumentando os custos e o tempo de beneficiamento do produto final, quando não provoca a parada na produção acarretando inúmeros prejuízos.

Esta pesquisa encontra justificativa na imensa contribuição científica que seu estudo pode trazer para esta área de atuação, promovendo-se, através dela, uma solução que intercede de maneira relevante no controle dos requisitos da qualidade do produto final.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo abordará os principais conceitos, termos, metodologias e ferramentas relacionadas a projetos de fabricação de peças para a otimização de equipamentos, a fim de fornecer as bases necessárias ao entendimento do estudo ora apresentado.

2.1 Beneficiamento da Silvinita

Nas últimas décadas, se observa a escassez de certos minerais , em virtude da exploração desmedida destes recursos e da necessidade, cada vez maior, de produção de bens, serviços e, principalmente, energia.

Segundo Luz, Possa e Almeida (1998), os minerais em geral são sólidos, à exceção da água e do mercúrio que se apresentam no estado líquido em temperatura ambiente. A rocha, assim, pode ser concebida como um agregado natural, formado de um ou mais minerais, que constituem parte essencial da crosta terrestre, sendo claramente individualizada.

Desta forma, o minério é a associação de minerais do qual se pode extrair, com proveito econômico ou estratégico, uma ou mais substâncias úteis, podendo ser: metais (minérios metálicos), não metais ou elementos químicos.

Apesar da distribuição escassa e desigual de minerais ao longo do planeta, acentuando-se ainda mais no que se refere a possibilidade de sua extração da crosta terrestre, no Brasil a influência dos minerais no desenvolvimento econômico-social do país se mostra gigantesca, tanto que a segunda maior mineradora e potência financeira mundial no setor é a Vale.

Observe-se, no entanto, que a extração não é principal foco de utilização, vez que o mineral pouco pode ser utilizado em sua forma bruta, necessitando, assim, do seu beneficiamento para efetiva utilização e valoração econômica ante ao

mercado consumidor.

Segundo Luz, Possa e Almeidal (1998, p. 3):

O beneficiamento consiste de operações que visam modificar a granulometria, a concentração relativa das espécies minerais presentes ou a forma sem, contudo, modificar a identidade química ou física dos minerais.

O beneficiamento é largamente usado na indústria de fertilizantes. Nos últimos anos, a agroindústria tem se desenvolvido de forma a intensificar a produção de fertilizantes em geral. Estes fertilizantes são, em grande parte, compostos por cloreto de potássio, encontrado largamente no minério denominado silvinita. A Vale, visando aumento nas suas margens de lucro e verificando, neste negócio, um futuro promissor, estabeleceu o beneficiamento da silvinita entre suas atividades produtivas, fazendo da Unidade Operacional Taquari Vassouras (UOTV), situada em Sergipe, sua maior produtora. (VALE, 2008).

Desta forma, para a produção de fertilizantes, o potássio é extraído na forma de sais solúveis (evaporitos), como a silvinita e a carnalita. O objetivo do tratamento do mineral silvinita na usina da UOTV é separar o cloreto de potássio (KCl) do cloreto de sódio (NaCl). (VALE, 2008).

Para que tal separação ocorra várias operações unitárias ocorridas de forma sistemática, devem ser realizadas, dentre elas: cominuição, classificação, separação sólido líquido, concentração, secagem e compactação.

O processo se dá por via úmida e o condutor do fluxo da usina é uma salmoura saturada de NaCl e KCl a aproximadamente 38 °C. O controle do equilíbrio químico dessa salmoura é fundamental para o bom desempenho do processo de concentração e para o fechamento do balanço material. (LUZ; POSSA e ALMEIDA, 1998).

2.1.1 Etapas do beneficiamento

O beneficiamento da Silvinita lavrada se inicia com a cominuição que é o processo de redução granulométrica do minério proveniente da mina. Nesta etapa, tem-se as operações de britagem e moagem. Posteriormente, o minério passa pela

flotação, onde se dá a concentração e a separação do minério. Depois, passa pelo processo de centrifugação e, finalmente, o de secagem, como se vê na Figura 01.

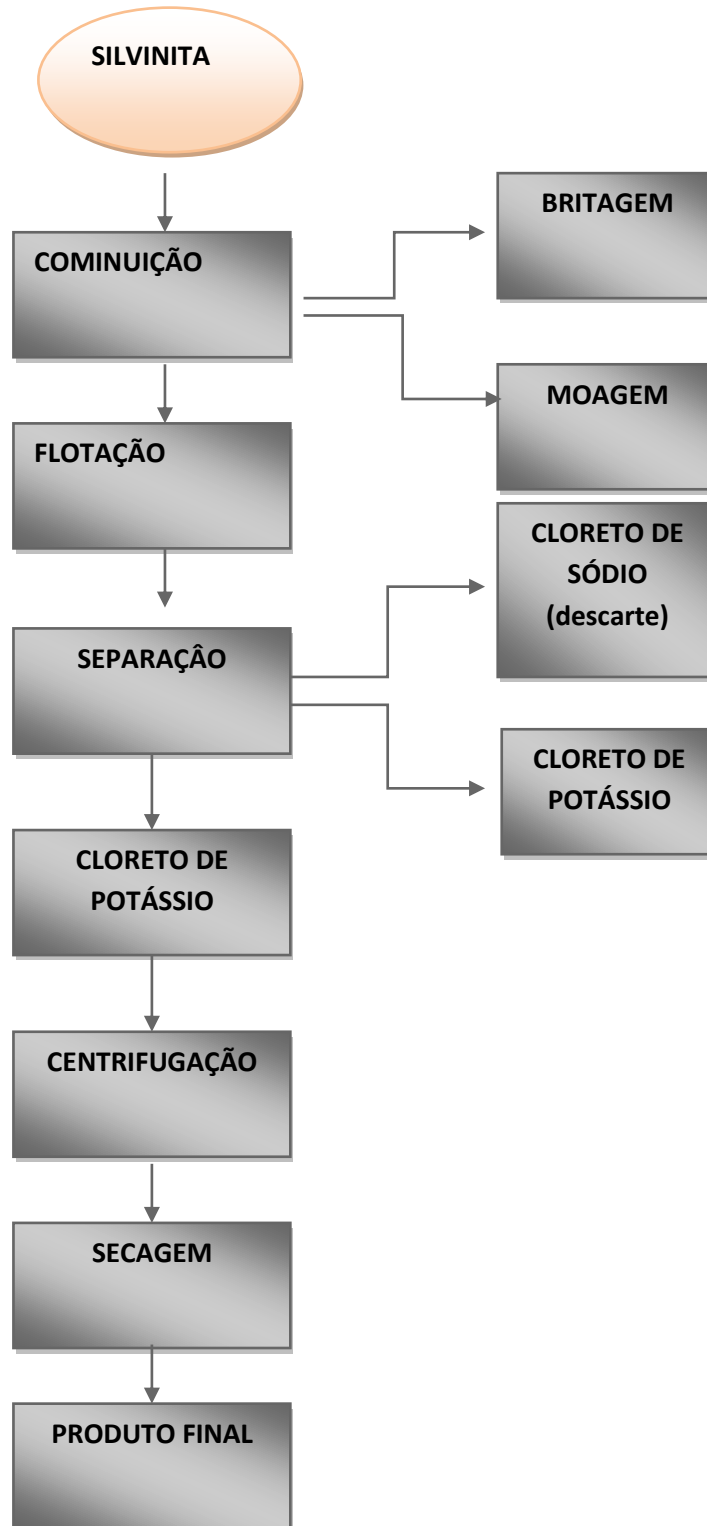


Figura 01 – Fluxograma do tratamento de silvinita
Fonte: Adaptado de Luz, Pessoa e Almeida (1998).

2.1.1.1 Processo de britagem e moagem

A britagem, visualizada na Figura 02, se realiza através de três principais equipamentos que são os transportadores contínuos, os britadores de impacto e as peneiras vibratórias. Os primeiros são constituídos por correias transportadoras utilizadas para a movimentação e transferência da massa de minério, levando-os aos britadores de impacto, que tem a finalidade de quebrar o minério deixando-os do tamanho das partículas menores, levadas para as peneiras vibratórias onde se realiza a adequada classificação que, concebida em circuito fechado, possibilita iniciar a redução granulométrica cuja etapa de finalização ocorre com a individualização das espécies minerais nos moinhos de barras. (VALE, 2008).

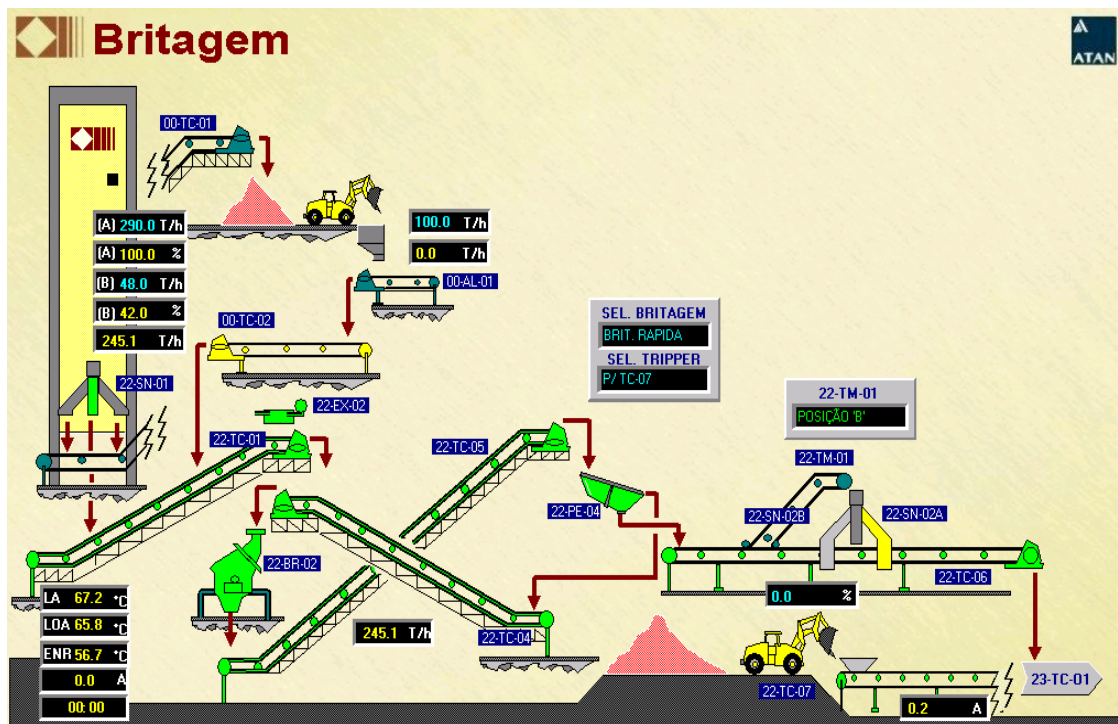


Figura 02 – Processo de britagem
Fonte – Vale (2008)

Na UOTV, dois britadores de impacto e duas peneiras vibratórias trabalham em paralelo para produzir 500 ton/h de material britado. O processamento é feito a seco e o minério é reduzido desde dezenas de polegadas até uma polegada de diâmetro (1 polegada = 25,4mm).

O minério proveniente da mina alimenta um britador de impacto. O produto desse britador alimenta uma peneira vibratória. O material retido na peneira

retorna para o britador, fechando o circuito. O material passante na peneira é enviado para a próxima etapa de cominuição. (LUZ, POSSA e ALMEIDA, 1998).

A moagem, visualizada na Figura 03, é a segunda e última etapa de redução granulométrica, agora a úmido, com salmoura. A salmoura é a mistura de água, NaCl e KCl que constitui o líquido de processamento mineral. (LUZ et al, 1998).

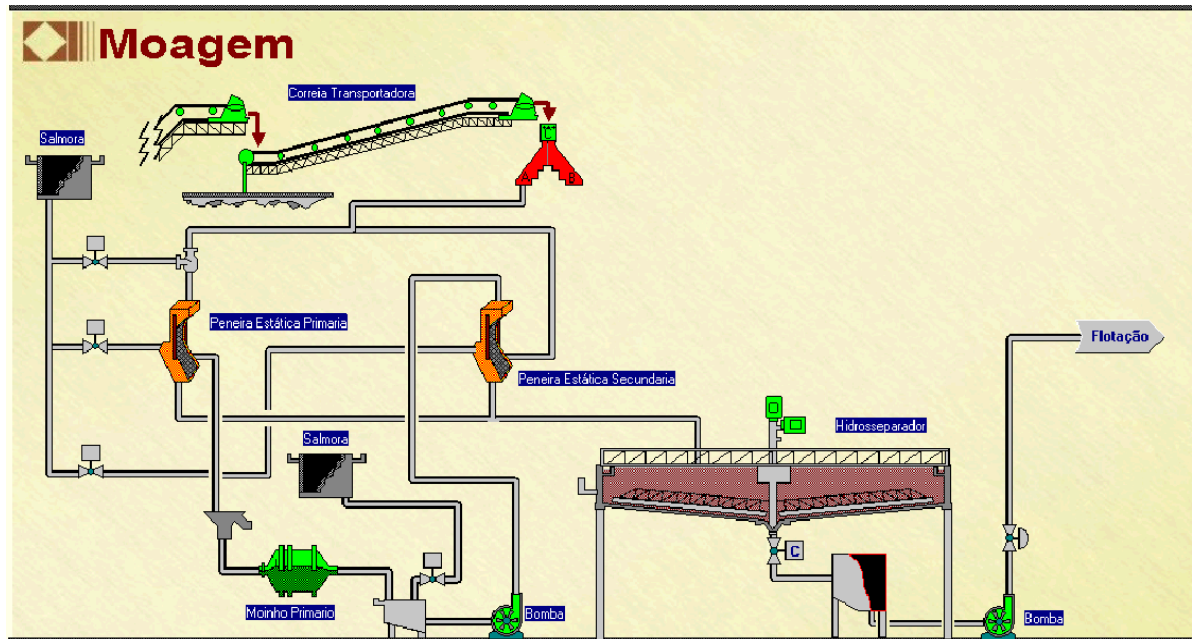


Figura 03 – Processo de moagem
Fonte – Vale (2008)

Na UOTV, três moinhos de barras trabalham em paralelo para processar juntos 435 ton/h. O objetivo é reduzir o tamanho da partícula mineral de 1 polegada para 1,2mm. Para assegurar a redução granulométrica, peneiras estáticas estão instaladas após a moagem. As peneiras fecham o circuito de moagem, ou seja, garantem que somente vão para a etapa seguinte as partículas com até 1,2mm. (VALE, 2008). O produto desta etapa segue para a flotação.

2.1.1.2 Processo de flotação

A flotação, vista na Figura 04, tem por finalidade proporcionar as condições necessárias para a separação da espécie mineral de interesse através do adequado condicionamento das propriedades físico-químicas do meio pela adição

de reagentes específicos (coletores, depressores, estabilizantes, etc.) e a reação de micro-bolhas. Como produto deste condicionamento gera-se conjuntos de agregados de baixa densidade (minério e bolhas de ar) que flutuam na forma de espuma mineralizada nas superfícies dos tanques de flotação. Este processo é dividido em duas etapas: a concentração e a separação. (LEAL, MASINI e MOURA, 2006).

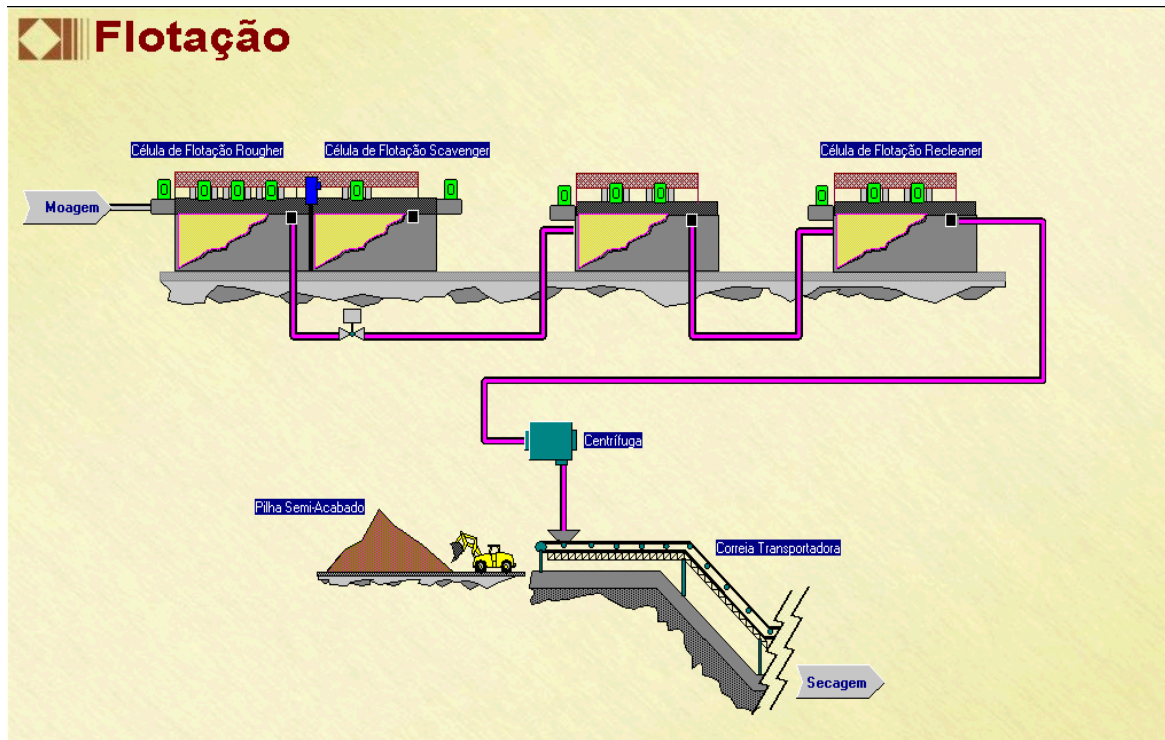


Figura 04 – Processo de flotação
Fonte – Vale (2008)

A concentração é a etapa mais importante no tratamento de minérios, sendo a flotação a operação mais utilizada atualmente. Para uma flotação eficiente são necessárias duas condições básicas: a liberabilidade ou grau de liberação que consiste da separação física das espécies minerais, e diferenciabilidade, para que haja a seletividade. (LEAL, MASINI e MOURA, 2006).

De acordo com Peres e Araújo (2005, p. 1), a flotação em espuma ou simplesmente flotação, “é um processo de separação aplicado a partículas sólidas que explora diferenças nas características de superfície entre as várias espécies presentes”.

A separação se dá pela adição de reagentes coletores, depressores, modificadores e estabilizantes. O coletor (acetato de amina hidrogenada) adere às partículas de KCl, tornando-as hidrofóbicas (sem afinidade com meios líquidos). O depressor (amido de milho ou mandioca) adere às partículas de NaCl, reforçando

sua hidrofiliçidade (afinidade com meio líquido). O modificador (hidróxido de sódio) controla o pH ideal do meio (5 a 6) e o estabilizante (metil-isobutil-carbinol) garante a estabilidade das bolhas. As bolhas são geradas por agitadores eletromecânicos que também têm a função de manter a polpa em suspensão, de forma homogênea, facilitando os contatos entre reagentes, partículas, bolhas e salmoura. (PERES; ARAÚJO, 2005).

Nesta etapa, há a separação entre cloreto de potássio, que segue para o processo de centrifugação, e o cloreto de sódio, que será descartado como resíduo gerado.

2.1.1.3 Processo de centrifugação

Após a flotação a espuma mineralizada necessita passar por um processo de separação sólido/líquido para adensamento da massa de produto concentrado. Esta separação ocorre em máquinas centrífugas especiais que asseguram o desaguamento, e permite que se obtenha um concentrado com umidade reduzida. Esta umidade final gira em torno de 6%. (LUZ, POSSA e ALMEIDA, 1998).

O cloreto de potássio flotado segue para separação sólido-líquido em centrífugas, onde será desaguado até umidade de no máximo 7%. (VALE, 2008)

As centrífugas são equipamentos de suma importância para a existência do produto final do cloreto de potássio, uma vez que a separação sólido-líquido deve ser realizada de forma correta, deixando o produto com os percentuais corretos de umidade para que o processo de secagem se dê de forma efetiva. (VALE, 2008).

2.1.1.4 Processo de secagem, compactação e estocagem

Na Secagem, o concentrado proveniente da centrifugação, com umidade entre 5 e 7%, precisa ser secado antes de ser enviado para as próximas etapas. Utilizando um secador de leito fluidizado (leito este formado com o próprio concentrado), a secagem se dá pela percolação de vapor quente através do minério.

Esse vapor quente é gerado pela queima de gás natural. (VALE, 2008).

O produto das centrífugas é alimentado na secagem por meio de roscas helicoidais que conferem ao mesmo o impulso suficiente para cair, de forma distribuída, sobre o leito fluidizado. O minério é então percolado pelo vapor que troca calor com o mesmo, secando-o. O concentrado seco é enviado para a etapa de compactação para formação do granulado (produto principal) e/ou destinado ao galpão como *standard* (segundo produto em importância). O vapor, contendo particulados finos de minério, é ciclonado e enviado para o lavador de gases, onde é lavado e toda partícula fina é dissolvida e enviada de volta para o circuito de concentração, em forma de salmoura de processo. (VALE, 2008).

Na compactação, o material advindo da secagem deve ser misturado com o nitrogênio e fósforo, formando o fertilizante (mistura NPK), o KCl precisa ser granulado entre 1 e 4mm. Para isso, é preciso compactá-lo, pois sua granulometria até esta etapa é inferior a 1,2mm. Compactar significa agregar as partículas através de pressão, formando uma placa com densidade próxima à densidade natural do minério, para depois quebrá-la e peneirá-la, objetivando enquadrar os grãos formados na faixa de especificação do mercado (entre 1 e 4mm).

Na UOTV, o produto seco alimenta cinco linhas de compactação (capacidade nominal de 22 ton/h por linha). Cada linha é formada por um compactador, dois britadores (primário e secundário) e quatro peneiras eletromagnéticas (2 primárias e 2 secundárias). O minério passa por rolos compactadores, onde é formada uma placa. A placa é britada (britador primário) e enviada para o peneiramento primário (malha de 4mm). O passante alimenta as peneiras secundárias e o retido é direcionado para o britador secundário cujo produto retorna para o peneiramento primário, fechando o circuito. O produto das peneiras secundárias (malha de 2mm) é o material retido em sua tela, pois está entre 2 e 4mm; o material passante retorna para a carga circulante, que alimentará novamente os rolos compactadores. (VALE, 2008).

O produto granulado segue para o galpão de estocagem, onde fica armazenado até o carregamento de caminhões, que transportam o cloreto de potássio para o cliente, alcançando-se, assim, o produto final do beneficiamento.

Embora todos os processos que perfazem o beneficiamento da silvinita sejam importantes cada um dentro de sua área de atuação, atendendo às especificações para que foram criados, a esta pesquisa interessa o estudo

aprofundado das centrífugas que auxiliam no processo de centrifugação do cloreto de potássio gerado no processo de flotagem.

2.2 Centrífugas

De acordo com Karp (2005, p. 15), a centrifugação é

Um processo de separação em que a força centrífuga relativa gerada pela rotação da amostra é usada para sedimentar sólidos em líquidos, ou líquidos imiscíveis de diferentes densidades, separando-os.

O campo de atuação da centrifugação é muito amplo, sendo utilizada principalmente para aplicações laboratoriais, domésticas e industriais.

Segundo Karp (2005), a centrifugação é uma técnica muito usada na Química, Biologia e Bioquímica no que se refere à separação de amostras. Em geral, na aplicação laboratorial, as amostras são introduzidas em tubos de diferentes tamanhos, que são dispostos num rotor de centrífuga. Estes equipamentos estão normalmente adaptados para a utilização de diferentes tipos e tamanhos de rotores, conforme a velocidade e aplicação desejadas.

De acordo com Karp (2005), a aplicação doméstica da centrifugação pode ser observada nas máquinas de lavar roupa quando da retirada de excesso de água da roupa. Pode-se, no entanto, ser encontrada aplicação da centrifugação também nos chamados secadores de salada, em que os legumes são colocados num cesto dentro de uma caixa, que é girado manualmente por uma manivela, escoando a água para fora do cesto por ação da força centrífuga.

Karp (2005), menciona que a aplicação industrial pode se verificar de duas formas: Separação isotópico e Concentração de sólidos, interessando a esta pesquisa somente a última, que é utilizada para realizar a concentração e secagem de sólidos que se encontram suspensos em solventes ou pastas. Observe-se, que as centrífugas usadas para este fim são normalmente construídas de modo a ter uma alimentação contínua da pasta a separar. Este é o tipo de centrifugação utilizado no beneficiamento da silvinita e, portanto, alvo do presente estudo.

2.2.1 Tipos de centrífugas

Diante da diversidade de aplicação da centrifugação em diversos campos de atuação, sua classificação pode ser realizada da seguinte forma, no âmbito industrial: Centrífugas Padronizadoras / Desnatadeiras (utilizadas em grandes e médios laticínios, que determinam o percentual de gordura ao mercado de consumo por padrões do departamento de saúde); Centrífugas Clarificadoras (utilizadas principalmente nas Indústrias de Sucos para a clarificação dos mesmos, removendo assim o teor de sólidos (% de polpa) elevados, otimizando no processo industrial a clarificação do líquido processado); Centrífugas Concentradoras (utilizadas também na indústrias de sucos e óleos essenciais cítricos, concentrando o óleo essencial destes para utilização em áreas de cosméticos, alimentícios, entre outros) e, finalmente, as Centrífugas Separadoras para diversas desidratações (que foram desenvolvidas e empregadas, em diversas áreas, para inúmeras aplicações tais como: ácidos químicos e cítricos, pvc, pva, lactoses, soda cáustica, celulosas, acetatos, plásticos, polímeros, carbonatos, glumatos, extratos vegetais, entre outros). (KARP, 2005).

Além da tipificação dada por Karp (2005), Carvalho (2003) apresenta opções mais interessantes e detalhadas, dividindo as centrífugas conforme a Figura 05.

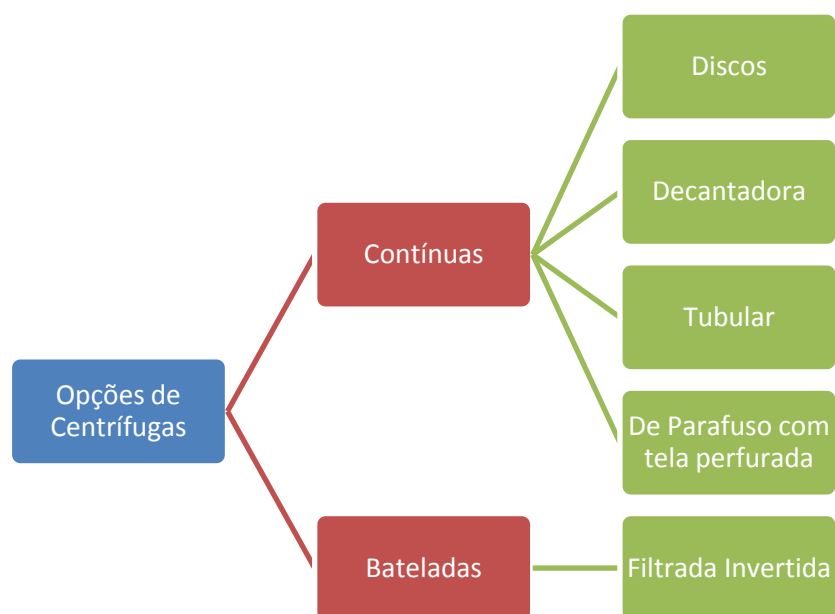


Figura 05 – Opções de centrífugas
Fonte: Carvalho (2003)

Esta pesquisa somente explanará sobre as principais e mais utilizadas opções apresentadas por Carvalho (2005), entendendo-se como contínuas as centrífugas de funcionamento contínuo e intermitente e as bateladas de centrifugação de acordo com a necessidade.

2.2.1.1 Centrífuga de discos

Este tipo de centrífuga é classificada como clareadora e como deparadora ou sedimentadora.

A centrífuga do tipo com rotor de discos com vaso sólido opera a velocidades de 3000 a 20000 vezes a gravidade e proporciona um sistema de clarificação contínuo que é satisfatório para materiais com um conteúdo de sólidos de 1-2% ou menos. (CARVALHO, 2003).

Segundo Carvalho (2003), esta centrífuga foi projetada, também, para separação sólido/líquido ou duas fases líquidas em base contínua. Os sólidos sedimentam na parede do vaso e são descarregados manualmente ou automaticamente por aberturas intermitentes do vaso. A pilha de discos aumenta grandemente a área efetiva de sedimentação ou clarificação, e as fases líquida e sólida movem-se para cima ou para baixo na superfície dos discos.

2.2.1.2 Centrífuga decantadora de vaso horizontal

Segundo Carvalho (2003), as centrífugas decantadoras, também chamadas de clarificadoras, são constituídas por dois elementos giratórios concêntricos horizontais contidos em uma carcaça estacionária.

A centrifugação opera com a diferença de velocidade entre a rotação da cesta (elemento externo) e a do transportador (parafuso interno), permitindo que os sólidos sejam transportados continuamente ao longo da parede de cesta, para fora da piscina e em direção à zona secante cônica que perfazem o equipamento, até as portas de descarga dos sólidos. O licor clarificado descarrega continuamente na

direção oposta, através de portas de transbordamento ajustáveis. (CARVALHO, 2003).

2.2.1.3 Centrifuga tubular

De acordo com Carvalho (2003), a estrutura desta centrifuga, também classificada como separadora, é formada por um tubo sólido fechado nas duas extremidades, sendo geralmente alimentado com dois líquidos de densidades diferentes.

O funcionamento desta centrifuga se dá da seguinte forma: enquanto se verifica o movimento do vaso rotativo, a fase mais pesada fica concentrada nas paredes do cilindro, enquanto a fase mais leve flutua sobre ela. Essas duas fases são separadas por meio de um defletor que as descarrega em dois fluxos distintos. (CARVALHO, 2003).

2.2.1.4 Centrifuga de bolsa invertida

Segundo Carvalho, a centrífuga de filtro invertido é um equipamento horizontal automático, sendo nele incorporado uma bolsa de descarga automática.

As paredes dianteira e traseira da cesta que a compõe são acionadas por um pistão hidráulico para descarregar os sólidos. O pano filtrante é arrumado na forma de cilindro, prendendo-se a extremidade traseira presa à parede traseira da cesta e a extremidade dianteira à carcaça da cesta na beirada dianteira. À medida que o pistão move-se para adiante, o pano é virado ao avesso e os sólidos descarregaram em aglomerações no compartimento de coleta de sólidos. (CARVALHO, 2003).

Estas centrífugas são utilizadas principalmente na indústria farmacêutica, proporcionando a remoção de resíduos (heel) depois de cada ciclo, mas é limitado a tamanhos e capacidades menores.

2.2.1.5 Centrífuga de parafuso com tela perfurada

De acordo com Carvalho (2003), a centrífuga de parafuso com tela, cuja denominação pode variar em centrífuga caracol ou centrífuga rosca-sem-fim, tem sua estrutura fundada em um transportador de rosca-sem-fim movido horizontalmente, que revolve a suspensão a uma velocidade diferencial dentro de uma cesta cônica giratória, como se vê na Figura 06 a seguir:

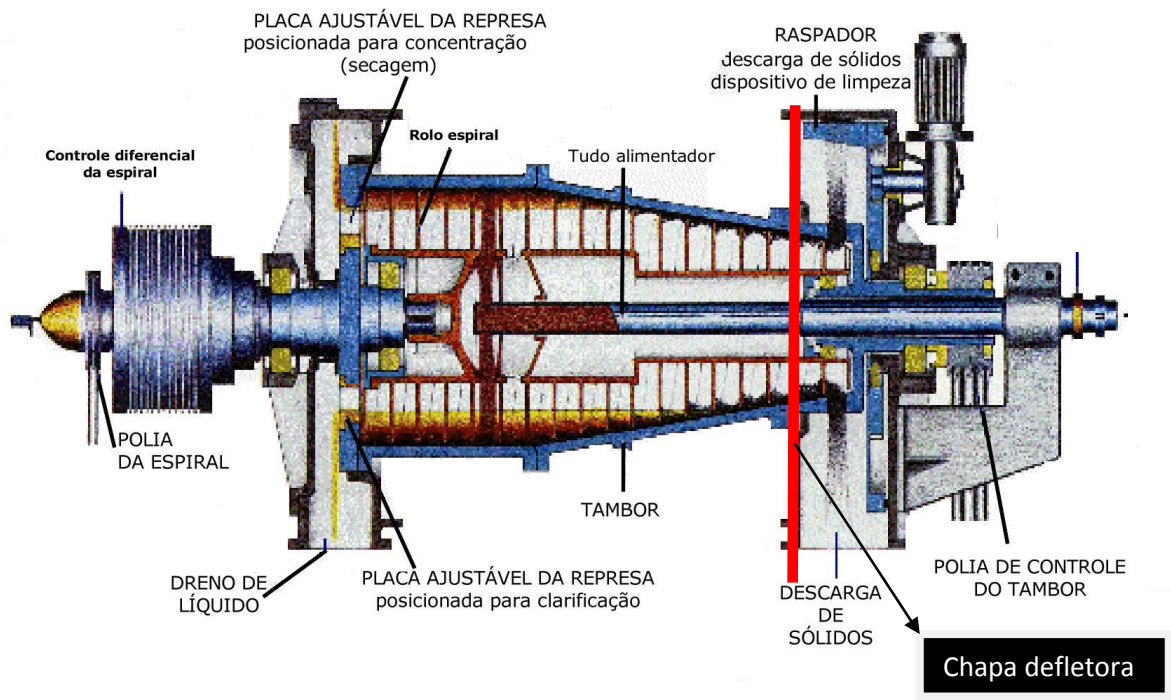


Figura 06 – Estrutura da centrífuga de parafuso com tela perfurada
Fonte: Carvalho (2003)

Estas centrífugas têm boa capacidade de lavagem, podendo ser utilizada na separação sólido-líquido, servindo para separação tanto de sólidos flutuantes como dos sedimentados. Observa-se na figura anterior, na marca assinalada em vermelho, a existência de uma chapa defletora que mantém sólido e líquidos separados.

2.3 Centrífuga Utilizada no Beneficiamento da Silvinita na UOTV

A centrífuga em estudo está classificada como separadora, apresentando

estrutura muito parecida com a da centrífuga de parafuso com tela perfurada. Este modelo de centrífuga pode ser fornecido em diversos tamanhos, dependendo da necessidade do cliente, podendo variar a velocidade, os equipamentos elétricos e de proteção contra alto torque. (BIRD, 2002).

De acordo com as especificações da fabricante BIRD, esta centrífuga é basicamente um equipamento de tambor sólido, salvo o componente cônico de drenagem costumeiro tem sido substituído por uma seção cilíndrica perfurada, equipada com grades, como se vê na Figura 07:

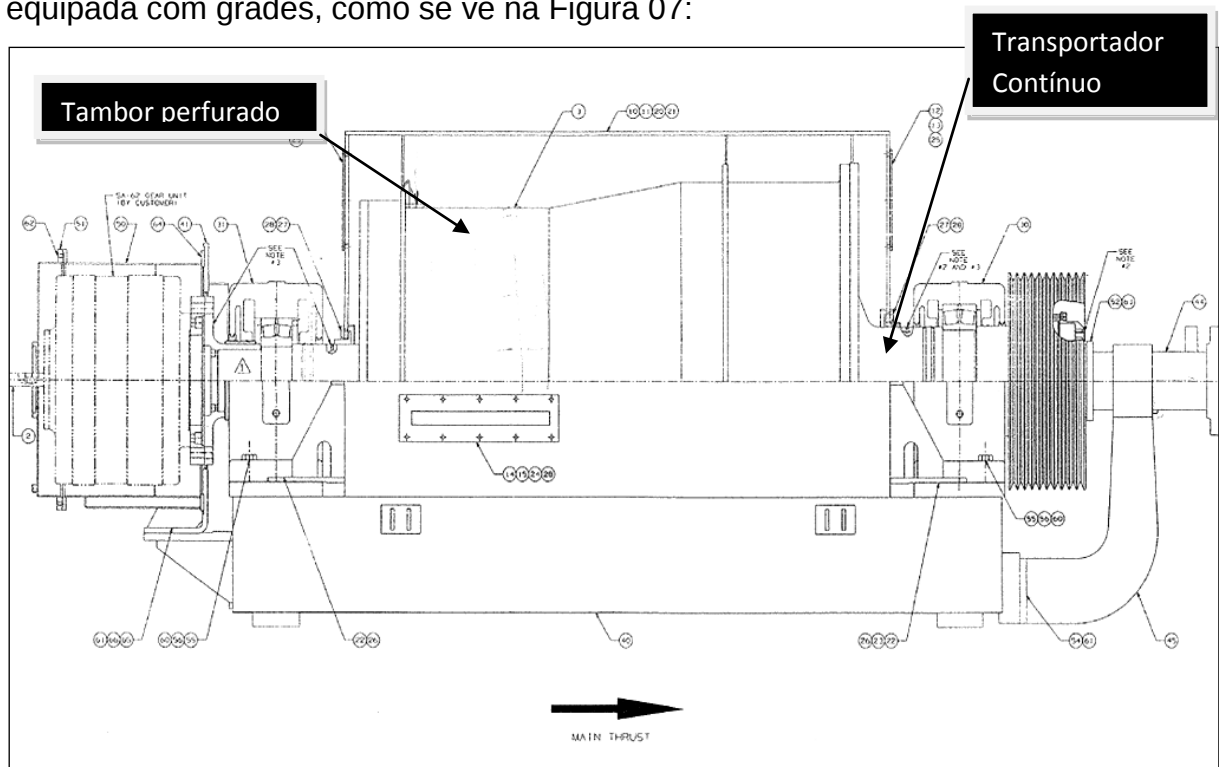


Figura 07 – Estrutura da centrífuga utilizada no beneficiamento da silvinita
Fonte: Bird (2002)

Através da Figura 07, é possível perceber os dois elementos principais que compõem a centrífuga: o tambor perfurado e o transportador.

No tambor perfurado, que é possível ser visualizado na Figura 08, ocorre a separação inicial entre sólidos e líquidos, sendo formado por uma seção cilíndrica e uma cônica truncada. A parte perfurada do conjunto é cilíndrica e tem um diâmetro interno igual ao do cone no seu lado menor. Normalmente, cerca da metade do comprimento total desta parte do equipamento é ocupada pela parte sólida ou clarificante e a outra pela parte líquida. (BIRD, 2002)



Figura 08 – Tambor perfurado
Fonte: Bird (2002)

O transportador, que pode ser visto na Figura 09, é apoiado em cada extremidade por buchas encaixadas nas cabeceiras do tambor, sendo girado a uma velocidade menor que a do tambor perfurado, por meio de engrenagens na unidade de acionamento da rotação. O cubo cilíndrico oco age como um acelerador de alimentação e como distribuidor, fazendo a lama passar do cubo para dentro do tambor através do conjunto de aberturas. (BIRD, 2002).



Figura 09 – Transportador da centrífuga
Fonte: Bird (2002)

Visualizado na Figura 08, o cabeçote do tambor na extremidade do efluente tem aberturas com escoadores reguláveis para a descarga do líquido clarificado. A parte principal da fase líquida contida na lama alimentada é descarregada através destas aberturas. (BIRD, 2002)

Observe-se que a folga entre as saliências do transportador e o tambor perfurado é mantida num mínimo prático, para que a centrifugação alcance perfeitamente seu objetivo final que é a separação do líquido-sólido do produto advindo do processo de flotação no beneficiamento de silvinita.

2.4 Gerenciamento de Projetos

Consta no guia PMBOK (2004), que projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo.

De acordo com Romeiro et al (2010) não existe uma definição satisfatória para projeto, o que existe são processos de desenvolvimento de produtos (PDP) e o projeto de produtos que são atividades complexas enfrentadas pelos engenheiros. No entanto, o autor, define que projetar é uma atividade que produz uma descrição de algo que não existe, porém capaz de viabilizar o produto em fase de criação.

O guia PMBOK (2004), gerenciamento de projeto é a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas a fim de atender os seus requisitos.

As fases do gerenciamento de projeto são: Iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e encerramento. Tais etapas são de responsabilidades do gerente de projetos.

Fases de gerenciamento de um projeto:

- Identificação das necessidades
- Estabelecimento dos objetivos a serem alcançados
- Balanceamento das demandas conflitantes de qualidade, escopo, tempo e custo.
- Adaptação das especificações, dos planos e da abordagem as diferentes preocupações e expectativas das partes interessadas.

O gerenciamento dos projetos é afetado freqüentemente pelas restrições de escopo, tempo e custo. Já no gerenciamento das necessidades conflitantes do projeto a qualidade do mesmo é afetada através desses fatores. Um projeto é considerado de alta qualidade quando entregam o produto, serviço ou resultado dentro do escopo, no prazo e dentro do orçamento.

Um projeto é realizado e gerenciado, normalmente, através de uma equipe que possui a responsabilidade profissional com os clientes, a organização executora e o público. Os membros do Project Management Institute (PMI) seguem um código de ética e os que possuem a certificação Profissional de gerenciamento de projeto (PMP) seguem um código de conduta profissional. Os membros da equipe do projeto são obrigados a seguir as versões atuais desses códigos.

É de fundamental importância a observação de muitos projetos quanto ao gerenciamento de sua iteratividade devido à existência, e necessidade de uma elaboração progressiva em um projeto durante todo o seu ciclo de vida. Isto é, quanto mais se aprende sobre um projeto, mais detalhado será o mesmo, melhorando assim o gerenciamento.

O termo gerenciamento de projeto às vezes é usado para descrever uma abordagem organizacional de algumas operações em andamento, e podem ser redefinidas como projetos. Este tipo de gerenciamento está relacionado à adoção de uma cultura organizacional. (PMBOK , 2004).

2.5 Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)

Segundo Romeiro et al (2010) o sucesso econômico das empresas dependem da criação de produtos. Identificados com as necessidades dos clientes, e produzidos com rapidez e custo relativamente baixo. Tais metas para serem atingidas devem recorrer a um projeto de desenvolvimento de produto, de projeto ou de produção.

Grande parte da literatura dedicada à gestão de desenvolvimento de produto é voltada para aspectos relacionados aos processos de desenvolvimento em suas várias etapas das quais envolvem (horas de engenharia, conhecimento, normas, padrões etc.) que podem trazer resultados parciais (como protótipos) ou

finais como um produto lançado no mercado. (ROZENFELD et al, 2006).

De acordo Rozenfeld et al (2006) no Brasil as atividades de desenvolvimento de produtos em sua grande parte se concentram em adaptações e melhorias de produtos existentes. Os novos produtos são projetados e concebidos quase exclusivamente em países desenvolvidos. O motivo principal para este desenvolvimento é o poder aquisitivo destes e são difundidos nos demais países via transferência internacional de tecnologia, principalmente, no mercado de automóveis, equipamentos eletrônicos e produtos farmacêuticos.

A importância do PDP, entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, se dá de maneira diversa, dependendo do setor e do país com relação à produção mundial do produto a ser desenvolvido.

Ainda Segundo Rozenfeld et al (2006) a tendência em termos de desenvolvimento de produto no Brasil, é no sentido de consolidar competência, para adaptar projetos já consolidados a nível mundial. Para atender o mercado regional, e principalmente o Mercosul, ou até, participar de projetos de desenvolvimentos mundiais, como responsável por partes específicas desses, de acordo com a capacitação interna existente. Neste caso, esta unidade local da corporação multinacional pode se tornar o responsável pelo fornecimento global do produto.

Há casos em que esta unidade pode desenvolver totalmente um produto, de acordo com seu domínio tecnológico e também das vantagens competitivas. Tal possibilidade reflete nas organizações de desenvolvimento de produtos, de corporações multinacionais de acordo com as competências locais específicas e que estão distribuídas pelo mundo. Ao contrário de alternativas de desenvolvimento totalmente centralizado (na matriz) ou descentralizado, neste caso, podendo haver repetição de competências. (ROZENFELD et al, 2006).

Rozenfeld et al (2006), destaca a capacitação crescente do Brasil no desenvolvimento de carros populares e o reconhecimento internacional da Embraer na coordenação dos projetos de desenvolvimento de suas aeronaves. É de fundamental importância para o país tais capacitações para equilibrar os superávits de suas contas externas, pois o país possui a necessidade de exportar produtos de maior valor agregado, em vez de matérias-prima e produtos semiprocessados. Para manter a indústria nacional com competência para exportar produtos com padrão internacional, é de fundamental importância, elevar o nível de conhecimento sobre boas práticas de estruturação e gerenciamento de processo de negócio.

2.6 Modelo de Referência em desenvolvimento de produtos

Rozenfeld et al (2006) apresentam um modelo detalhado para o desenvolvimento de novos produtos com base em três macro processos (pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento).

A estrutura geral para o desenvolvimento do produto pode ser visto na Figura 1:.

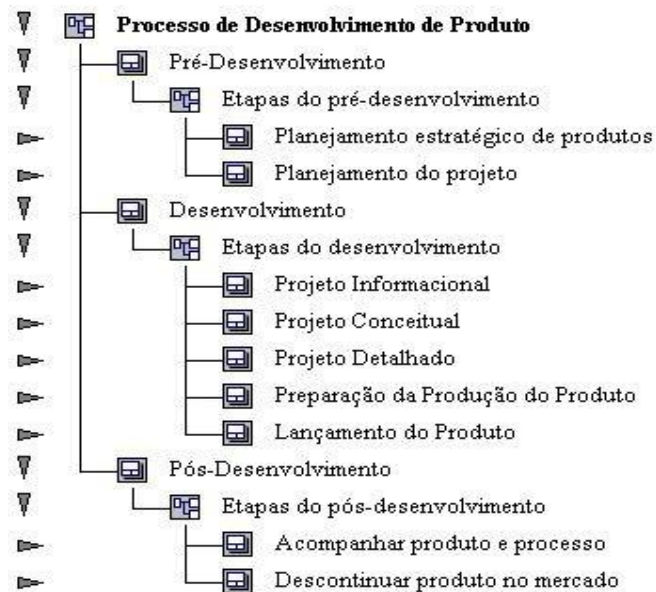


Figura 10 – Estrutura geral para o processo de desenvolvimento de produto
Fonte – Romeiro et al (2010)

Entretanto, a esta pesquisa interessa as três primeiras etapas de desenvolvimento, já que o produto desenvolvido não tem a finalidade comercial e produção em escala, bem como o acompanhamento dos benefícios advindos do produto, como se verá adiante.

2.7 Etapas de Desenvolvimento de Projetos

2.7.1 Projeto Informacional

Com a conclusão da fase de planejamento do produto onde o escopo já

está concluído, com as restrições básicas definidas, bem como, as atividades e os recursos necessários, tais informações permitem também uma análise de viabilidade econômica e técnica do projeto. A partir de então, reúne-se a equipe de desenvolvimento para dar início à fase de projeto informacional. (ROZENFELD et al, 2006).

Segundo Rozenfeld et al (2006) é a partir das informações levantadas na fase de planejamento e em outras fontes, que possibilita o desenvolvimento de especificações-meta mais completa do produto. Tais especificações orientam a geração de soluções e fornecem a base para a avaliação dos critérios e tomadas de decisões, para subsidiar as etapas posteriores do processo de desenvolvimento. Tais informações levantadas no planejamento terão que ser bem definida, para não prejudicar a fase de desenvolvimento podendo gerar assim um enorme problema diferente do desejado. Essas informações são necessárias para atender as necessidades do cliente.

Ainda Segundo Rozenfeld et al (2006) essa fase é iniciada pela atualização do projeto informacional que deverá estar em consonância com o planejado na fase anterior, conforme mostra a Figura 11, onde se verificam as informações principais e suas dependências entre as atividades da fase de projeto informacional.

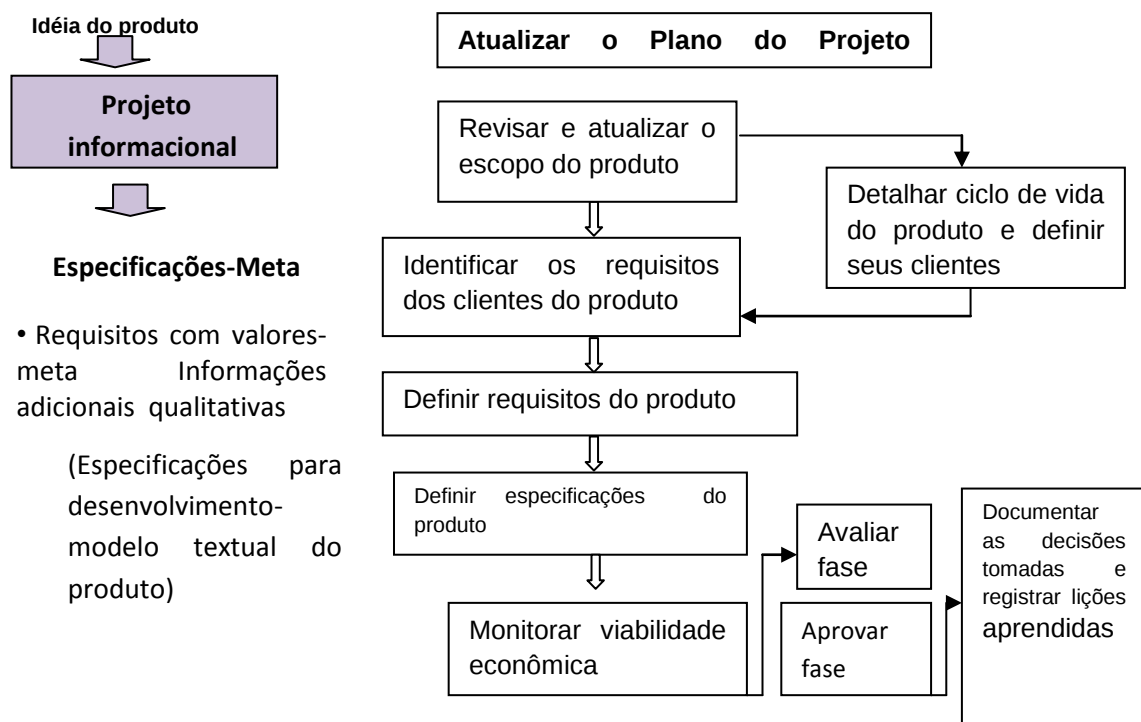


Figura 11 – Fases de projeto informacional
Fonte – Adaptado de Rosenfeld et al (2006)

Outrossim, todo projeto de desenvolvimento de produto, deve seguir um checklist. Este servirá de apoio para reduzir falhas que poderão causar sérios problemas de suas especificações e características.

Segundo Rozenfeld et al (2006) o ideal é a realização de um checklist baseado na proposta de Pugh (1990), que contém entre outros elementos, os seguintes:

- Desempenho

Qual (is) a(s) função (ões) que o produto tem que cumprir? Quais são os parâmetros funcionais pelos quais as características serão avaliadas (velocidade, potência, resistência, precisão etc.)?

- Meio ambiente

Quais as influências ambientais a que o produto estará sujeito durante a manufatura, armazenamento, transporte e uso (temperatura, vibrações, umidade, etc.)? Quais os efeitos do produto sobre o meio ambiente que devem ser evitados?

- Vida em serviço

Quais as faixas de utilização do produto? Qual é a vida útil esperada do produto?

- Eficiência

Quais as características relativas à eficiência que o produto deverá exibir? Custos, disponibilidade, confiabilidade (tempos, modos e efeitos associados às falhas), manutenabilidade (tempos) etc.?Dentre outras sugeridas pelo autor.

Nesta fase do planejamento, são definidos os requisitos do produto de forma qualitativa e especificações metas de forma quantitativa, onde são determinadas através das necessidades dos clientes.

2.7.2 Projeto Conceitual

Esta fase do projeto é iniciada logo após a definição das especificações-meta do produto, detalhada na fase de projeto informacional, onde, a equipe terá a

tarefa de pesquisar, criar, representar e selecionar soluções para o problema do projeto.

Segundo Rozenfeld et al (2006) a pesquisa por soluções pode ser realizada através de literaturas, onde já existam produtos concorrentes ou similares, bem como, em catálogos, artigos técnicos e base de dados de patentes, ou até mesmo por *benchmarking*. Para o processo de criação de soluções não possui restrições na legislação, no entanto, a mesma deverá estar relacionado com as necessidades, requisitos e especificações de projeto do produto auxiliado por métodos de criatividade.

A solução quanto à representação pode ser feita através de esquemas, croquis e desenhos utilizando-se da criatividade. Tais soluções podem ser manuais ou computacionais. A escolha da melhor solução é realizada com base em métodos apropriados de acordo com as necessidades e os requisitos que já foram definidos na fase anterior do projeto. (ROZENFELD et al, 2006).

Ainda Segundo Rozenfeld et al (2006), esta fase é iniciada pela atualização do Plano do Projeto Conceitual para manter a consonância com o planejamento do projeto.

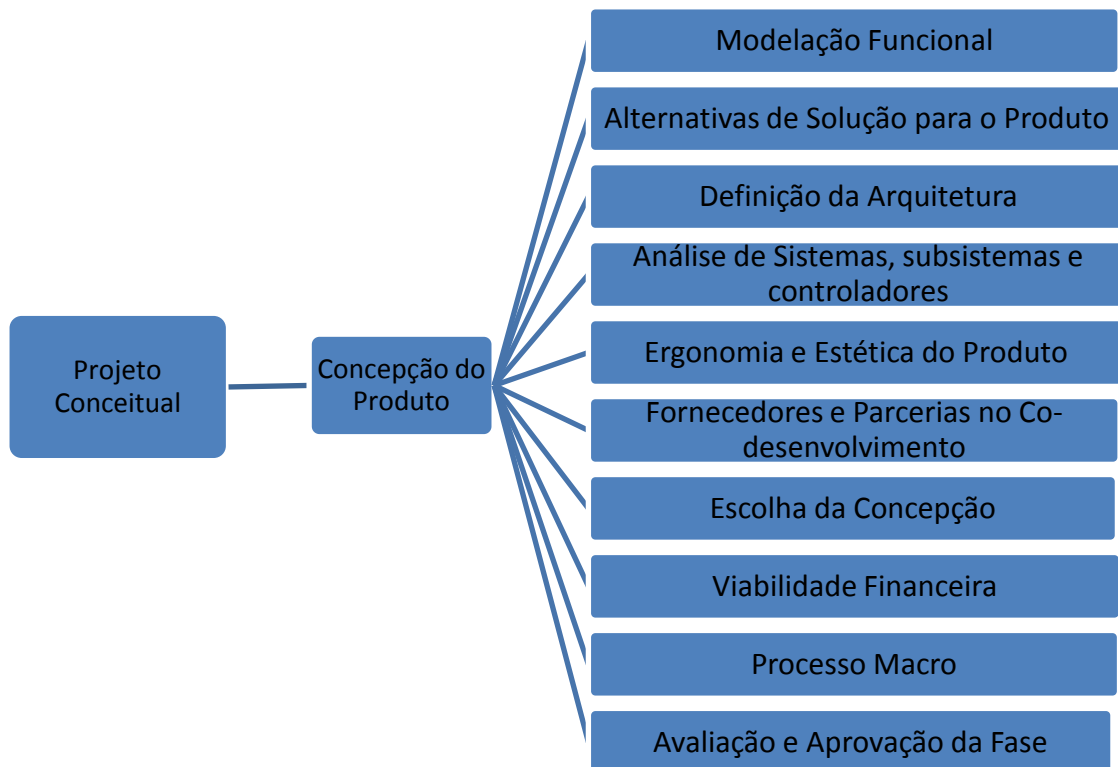


Figura 12 –Modelo conceitual do produto
Fonte –Romeiro et al (2010)

O projeto conceitual é formada por diversas etapas, como pode ser visualizada na Figura 12.

Na primeira delas, a modelagem funcional, são descritos de forma abstrata, o modelo funcional do produto, sem a necessidade inicial de seus princípios físicos. Isto evitará que preconceitos sejam formados devido às experiências formadas anteriormente, dificultando a inserção de novas soluções, ou seja, que a essência do problema seja mantida e não na solução imediata. Desse modo, o produto será definido em termos de suas funções, inicialmente de forma global do produto e em seguida é desdobrada em várias estruturas de funções do produto até que uma seja selecionada. (ROZENFELD et al , 2006).

Após a definição da estrutura de funções do produto, são lançadas várias propostas de soluções para satisfazer cada uma destas. Desta forma, é possível obter várias alternativas de solução às quais, uma ou mais possam ser selecionadas, configurando a segunda etapa. A definição da arquitetura será realizada após análise de cada alternativa encontrada na fase anterior, definindo-se, assim, a arquitetura mais conveniente para o produto, em termos de componentes e suas conexões. Estas arquiteturas dão origem às concepções de estilo ao produto e possíveis fornecedores, apontando assim, a melhor que atenda às especificações-meta e a outros critérios de escolha. (ROZENFELD et al , 2006).

Na quarta etapa do projeto conceitual, vai se analisar os sistemas , subsistemas e componentes (SSC) que acaso façam parte do produto, passando-se à definição da ergonomia e estética do produto. Na ergonomia vai se levar em consideração, entre outros fatores, a relação do produto com o homem, definindo dimensões , forma, etc. A estética do produto é a forma como ela vai se apresentar, observando-se se a escolha é a melhor alternativa para agradar o consumidor. (ROZENFELD et al , 2006).

Defini-se, então fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento, considerando-se o perfil da empresa a ser escolhida e sua experiência no ramo de atuação, além de outros aspectos acessórios, como o sistema de gestão, compromisso ambiental, etc. Seleciona-se, então, a concepção do produto, ou seja, qual das alternativas apresentadas é a mais adequada para a fabricação do produto. (ROZENFELD et al , 2006).

Escolhido o conceito, defini-se o plano macro do processo, ou seja, o meio como o produto será produzido, levando-se em considerações as SSCs que a

compõe, ela pode se dar por meio da fundição (moldes conumíveis); Conformação e moldagem (laminação, estiramento, etc); Usinagem (torneamento, limagem, corete, serramento, retificação, polimento, espelhamento, rosqueamento, etc); União (por forma, força e material –solda, difusão, etc) e Operações de Acabamento (esmerilhamento, rebarbação, polimento, revestimentos metálicos, tratamento térmico, etc). (ROZENFELD et al , 2006).

Após realizada esta definição, faz-se o estudo da viabilidade economica da produção, passando-se à avaliação e aprovação da fase.

Após a concepção desta fase de projeto, verifica-se a sua viabilidade em termos econômica e funcionalidade, das quais, servirão para retomadas de novas decisões de aceitação ou rejeição do produto, ou ainda, parte deste.

2.7.3 Projeto Detalhado

Segundo Rozenfeld et al (2006) é nesta fase que se coordena, se integra e se obtém a especificação final do produto para ser encaminhado a manufatura, a partir de sua concepção realizada na fase de projeto conceitual. Ainda nesta fase, procura-se entender os ciclos de detalhamento, adquirir e aperfeiçoar itens do produto, e quais as atividades envolvidas.

O projeto detalhado ajuda a definir como se criar um novo item ou reutilizar algum já existente, ou ainda, especificar um item para ser comprado dentro das características e padronização. Contribui ainda para o gerenciamento dos parâmetros críticos do produto.

Ainda Segundo Rozenfeld et al (2006), há uma interdependência entre as fase de projeto conceitual e o detalhado, onde as análises são realizadas inversamente ou seja: enquanto no projeto conceitual se realiza as análises *top down* (de cima para baixo – do produto final para os componentes), a fase de projeto detalhado é realizado as análises *bottom up* (de baixo para cima – dos componentes para o produto final) no qual são integrados os componentes, subsistemas, sistemas, sucessivamente, até o produto final.

Em análise geral, verifica-se a integração entre as três fases informacional, conceitual e detalhada do produto, sempre realizando em todas as

fases o ciclo de avaliações, de acordo com o planejamento, desenvolvimento, análise e se necessário à correção. É na fase de detalhamento do projeto, que se realiza o desdobramento por parte, dependendo do grau de complexidade do produto para a empresa. Algumas empresas produzem produtos simples tecnicamente, facilitando assim, o desdobramento da fase de detalhamento.

3 METODOLOGIA

De acordo Lakatos e Marconi (2004, p. 06), metodologia é:

A utilização de métodos científicos na concepção de trabalhos de pesquisa, oferecendo maior segurança no alcance dos objetivos traçados no decorrer da atividade, detectando erros e auxiliando nas decisões.

Ainda de acordo com Lakatos e Marconi mesmos autores classificam a metodologia quanto a abordagem, em qualitativa e quantitativa; quanto aos meios, em bibliográfica, documental, experimental e de campo; e, quanto aos objetivos, em descritiva, explicativa e explanatória.

Esta pesquisa, quanto a abordagem é qualitativa porque aborda a compreensão do desenvolvimento de um produto para a redução do nível de umidade do produto centrifugado advindo do beneficiamento da silvinita na UOTV.

Quanto aos objetivos, o presente estudo é explicativo e descritivo. Descritivo, pois descreve etapas de realização do projeto de um determinado produto. É explicativo, pois esclarece como se dá o desenvolvimento de um produto, explicitando os benefícios advindos de sua fabricação e utilização no processo de centrifugação do beneficiamento da silvinita na UOTV.

Quanto aos meios, a pesquisa é bibliográfica, pois teve embasamento teórico fundado em larga bibliografia sobre o tema. É documental, porque os projetos e as etapas de desenvolvimento do produto, bem como os benefícios advindos de aplicabilidade e das etapas do beneficiamento foi fundamentada em documentos cedidos pela Vale. É de campo, pois foi realizado a partir da observação e participação direta em todas as etapas de desenvolvimento do produto.

3.1 Estudo do Ambiente de Estudo

A Vale, líder mundial na produção e comercialização de ferro e pelotas, é proprietária de uma das maiores reservas de níquel do planeta, possuindo um amplo portfólio de produtos minerais, tais como: cobre, carvão, bauxita, alumina, alumínio, potássio, caulim, manganês, ferro. A empresa está presente em 13 Estados brasileiros e em 32 países, nos cinco continentes, possui mais de 100 mil empregados entre próprios e terceirizados. A empresa realiza trabalhos em três frentes de atuação, quais sejam: mineração, logística e geração de energia elétrica, interessando a este trabalho a primeira delas. (VALE, 2010).

Atualmente, é a segunda maior mineradora do mundo, com a missão de transformar recursos minerais em riqueza e desenvolvimento sustentável, realizando a gestão ambiental e de resíduos. A empresa percebendo imenso potencial de agronegócio no Brasil e no mundo, atua fluentemente na área de fertilizantes com a produção de potássio em Sergipe, na Unidade Operacional Taquari Vassouras (VALE, 2010).

É na Unidade Operacional que se realiza o beneficiamento da Silvinita. O agronegócio promoveu a extração de cloreto de potássio para a fabricação de fertilizantes e do beneficiamento da silvinita, onde há a separação do cloreto de potássio do cloreto de sódio. Este último é o resíduo sólido descartado que, misturado com a água utilizada no processo de beneficiamento da silvinita, promove a produção de efluentes hipersalinos, gerado ainda na usina de beneficiamento e transportado através de Canal de Tratamento ao dique de contenção da UOTV para posterior descarte no oceano. (VALE, 2010).

3.2 Coleta de Dados

A coleta de dados desta pesquisa se realizou em quatro etapas.

Na primeira foi feito o levantamento bibliográfico relacionado a desenvolvimento de produtos e projetos, bem como dos equipamentos de centrifugação utilizados no beneficiamento da silvinita na UOTV.

Na segunda etapa, foi realizado o estudo detalhado do projeto elaborado pelo setor de engenharia da Vale referente a anel em aço defletor para centrifuga da UOTV. Este aprofundamento resultou nos dados lançados na análise de dados, vez que o projeto encontrado nas dependencias da Vale, não possuia todas as etapas determinadas pelo referencial teórico.

Na terceira etapa, houve a adaptação dos relatórios do projeto à forma identificada no referencial teórico de forma a organizar melhor o desenvolvimento do produto, formando-se, a partir daí, o projeto informacional, o projeto conceitual e o detalhado. Observou-se que, em razão da natureza do produto, nem todas as fases estudadas eram aplicadas ao estudo de caso.

Na quarta e última etapa, foram levantados dados referentes aos índices de umidades do produto centrifugado antes e depois de implantado o anel defletor, bem como a produtividade por centrífuga nos mesmo período, para , assim, identificar os benefícios advindos do uso do mencionado produto.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

O beneficiamento da silvinita é realizado através de diversos processos. Entretanto, ao estudo do caso interessa mais intrinsecamente a visualização do processo de centrifugação e secagem, vez que os resultados negativos dos quais se originaram a necessidade de produção da peça, alvo desta pesquisa, ocorreu nestas etapas.

Passada pela britagem e moagem, o minério em beneficiamento passa para o processo de flotação, onde há a separação entre o cloreto de potássio e o de sódio, por meio das células *cleaner* e *recleaner* que operam com camadas de KCL de aproximadamente 10 centímetros. O produto deste processo é coletado através das espumadeiras, que, por meio de calhas, alimentam o distribuidor. Este, por sua vez, alimenta, através de válvulas de controle, a centrifuga com porcentagem de sólido em torno de 40%. A centrífuga processa um efluente em torno de 5% umidade. Assim, este processo de centrifugação tem a função de reduzir a umidade do concentrado oriundo da flotação onde são retirados em torno de 95% de efluentes (salmoura), que retorna para o processo através de bombas, onde o produto é enviado para a secagem através de correias transportadoras.

No processo de secagem é utilizado um secador do tipo leito fluidizado, com a finalidade de eliminar a umidade do concentrado. Cerca de 30% deste concentrado é classificado como cloreto de potássio tipo *standard* (material fino) e é encaminhado para o galpão de estocagem, enquanto que os 70% restantes são enviados para unidade de compactação, para obtenção do cloreto de potássio tipo granular, seguindo então para o galpão de estocagem e posterior expedição.

4.1 Projeto Informacional

A primeira etapa para idealização do produto a ser desenvolvido para a

solução dos problemas apontados, foi a elaboração de um projeto informacional.

No processo de centrifugação foi identificada a descarga de produto com umidade em torno de 10%, o que é considerada muito alta para alimentar a secagem.

Após cerca de 40 dias de análise, visando a redução da umidade na descarga da centrifuga, de 10% para 6%, a equipe de operação, processo e manutenção, através da realização de uma *brainstorming* realizou diversos testes, tais como: ajuste nas comportas para regular o nível da piscina, medição com calibrador de lâminas da folga entre a tela e o revestimento de cerâmica, ajustou a rotação do motor, substituiu polia movida, ligou o equipamento sem a tampa e o alimentou.

Durante a realização destes testes foram geradas muitas paradas do processo de concentração, entre elas, o elevado nível da caixa 23 (caixa pulmão) e a parada do processo de secagem devido à elevada umidade do produto da centrífuga, o que gerava perdas de produção em consequência do empedramento do leito fluidizado. Após o empedramento do leito, ocorria a parada de todo um processo produtivo, tendo que aguardar até baixar a temperatura para que os funcionários pudessem ter acesso e efetuar a retirada do material empedrado.

Observe-se que, durante essa limpeza do leito, os técnicos operacionais eram expostos a riscos físicos, químicos e ergonômicos em um ambiente confinado. Somente após concluída tal limpeza a produção era retomada.

A equipe de operação identificou que este alto índice de umidade era consequência de um vazamento provocado pelo desgaste na chapa defletora, que separa o líquido do sólido, ou seja, o efluente da descarga, como se visualiza na parte pontilhada em vermelho na Figura 13 a seguir:



Figura 13 – Desgaste da chapa defletora

Além disso, foi detectado excesso de folga entre o anel frontal e a referida chapa, o que proporcionava a passagem do fluido para o produto acabado, mantendo-o com excesso de umidade. As saias corroídas foram substituídas, entretanto, o problema de passagem de fluido permaneceu.

A partir dos problemas detectados e anteriormente relatados na fase de centrifugação do cloreto de potássio advindo do beneficiamento da silvinita, foi necessária a concepção de soluções, o que promoveu a produção do anel defletor para a centrífuga com a finalidade de eliminar os espaços existentes entre o tambor perfurado e a chapa defletora do mencionado equipamento.

O projeto informacional foi concretizado através de um Checklist.

Nesta espécie de lista de checagem, existem especificações que determinarão a conceituação do produto a ser produzido, que no caso é o anel de aço inoxidável, definindo seus requisitos. Assim, foram avaliados as seguintes aspectos:

- Desempenho

O produto deveria realizar a eliminação dos espaços entre a chapa defletora e o tambor perfurado, evitando, assim, a passagem de umidade para o produto sólido descarregado na centrifugação. Devendo ser avaliada pela durabilidade e grau de vedação que realiza na função proposta

- Meio Ambiente

A peça sofrerá influencia direta do meio ambiente, através de agentes como umidade, vibração e exposição ao cloreto de potássio que provoca a erosão da peça. De preferência, que não promova nenhuma influência no meio ambiente.

- Vida em Serviço

Deve haver a utilização contínua, esperando-se uma vida útil de 10 meses a 1 ano de utilização.

- Eficiência

Relativo a eficiência da peça, deve-se ter a característica de otimizar o processo produtivo a que vai se submeter, além disso, deve ser de fácil manutenção, apresentando baixo custo operacional, aumento de disponibilidade e confiabilidade na centrífuga.

- Quantidade

A peça deve ser produzida de forma batelada, ou seja, de acordo com a necessidade. A primeira leva será produzida uma peça para cada centrífuga, perfazendo o número de cinco, logo após mais duas sobressalentes.

- Infra-estrutura

O produto deve ser projetado para infra estrutura já existente.

- Materiais

Para a fabricação da peça serão necessários materiais especiais, em razão da constante exposição à ação corrosiva do cloreto de potássio e ao movimento giratório rápido do tambor perfurado da centrífuga, devendo, portanto, apresentar as características de durabilidade e resistência.

- Normas

A análise da peça deve estar em conformidade com as normas ISO 14000 e ISO 9000.

- Política do Produto

No que concerne a política do produto, este deve ser compatível com as especificações das Centrífugas BIRD, utilizadas no processo de centrifugação da VALE na UOTV.

- Reuso, Reciclagem e Descarte

Em relação ao reuso, a peça não deve ser descartável, devendo haver a possibilidade de reciclagem da peça a ser criada.

Observa-se que, em razão da natureza e especificidade do produto a ser criado e da função e finalidade a que o mesmo se propõe, alguns fatores contidos no checklist baseado na proposta de Pugh, não foram avaliados, tais como: Transporte, embalagem, armazenamento, ergonomia, implicações sociais e políticas, entre outros, avaliando-se, assim, somente os fatores que condizem com o anel produzido.

4.2 Projeto conceitual

No projeto conceitual foi realizado o desenvolvimento das alternativas para solução do problema identificado na centrífuga, apresentando, ao final, um conceito para o produto definitivo. As etapas do projeto conceitual realizadas para a produção do anel se deram da seguinte forma:

- Modelagem funcional do produto

O produto pode ser modelado a dois níveis de função, quais sejam: funções técnicas e funções interativas. Entende-se as primeiras como a representação da relação existente entre a entrada e saída de um sistema, subdividindo-se em estruturais e operativas. A segunda se realciona com a função propriamente dita do produto, ou seja, a que ele se destina, podendo ser ergonômicas ou comunicativas.

A nível de funções técnicas, o produto está relacionado à função estrutural, vez que irá se tornar parte componente da centrífuga a que será anexada. Quanto às funções interativas, o produto deve eliminar os espaços existentes entre a chapa defletora da centrífuga e seu tambor perfurado, a fim de que se evite a alta umidade do produto centrifugado, o que prejudica a etapa de secagem.

- Desenvolvimento de alternativas de solução para o produto

As alternativas de solução são dadas através da razão entre as funções designadas para o produto e as soluções para possíveis problemas que se apresentem. O problema identificado na centrífuga foi o espaço existente entre o tambor perfurado e a chapa defletora, como pode ser visualizado na Figura 14.

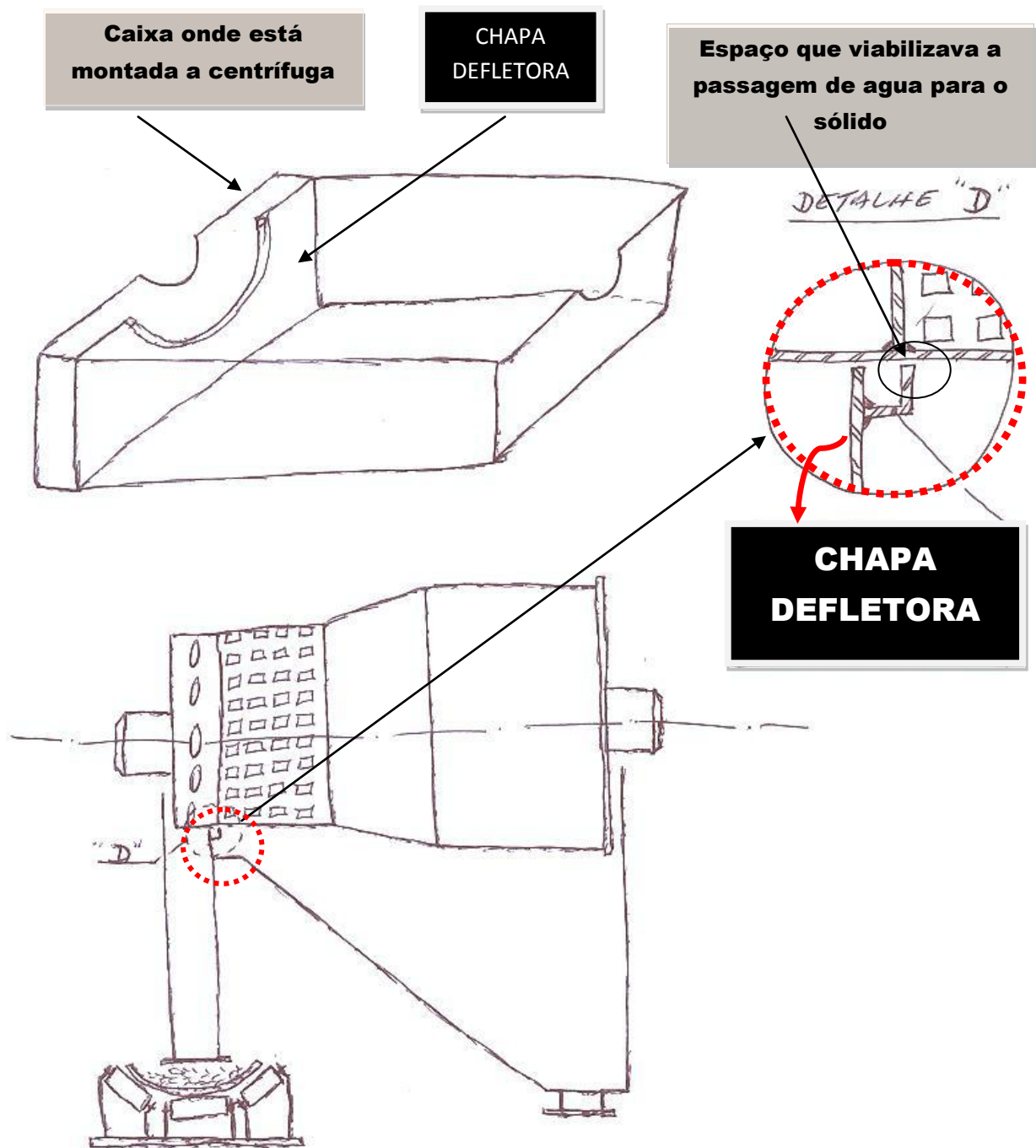


Figura 14 – Croqui de centrífuga somente com chapa defletora

Foi realizada uma *brainstorming* (tempestade de idéias), em que sugeriu-se a instalação de um anel de borracha com o objetivo de eliminar a folga ainda existente, apontada no detalhe D da Figura 14, que permitia a passagem da salmoura da calha do efluente para a calha de descarga, umedecendo o cloreto de potássio já centrifugado, com demonstra a Figura 15.

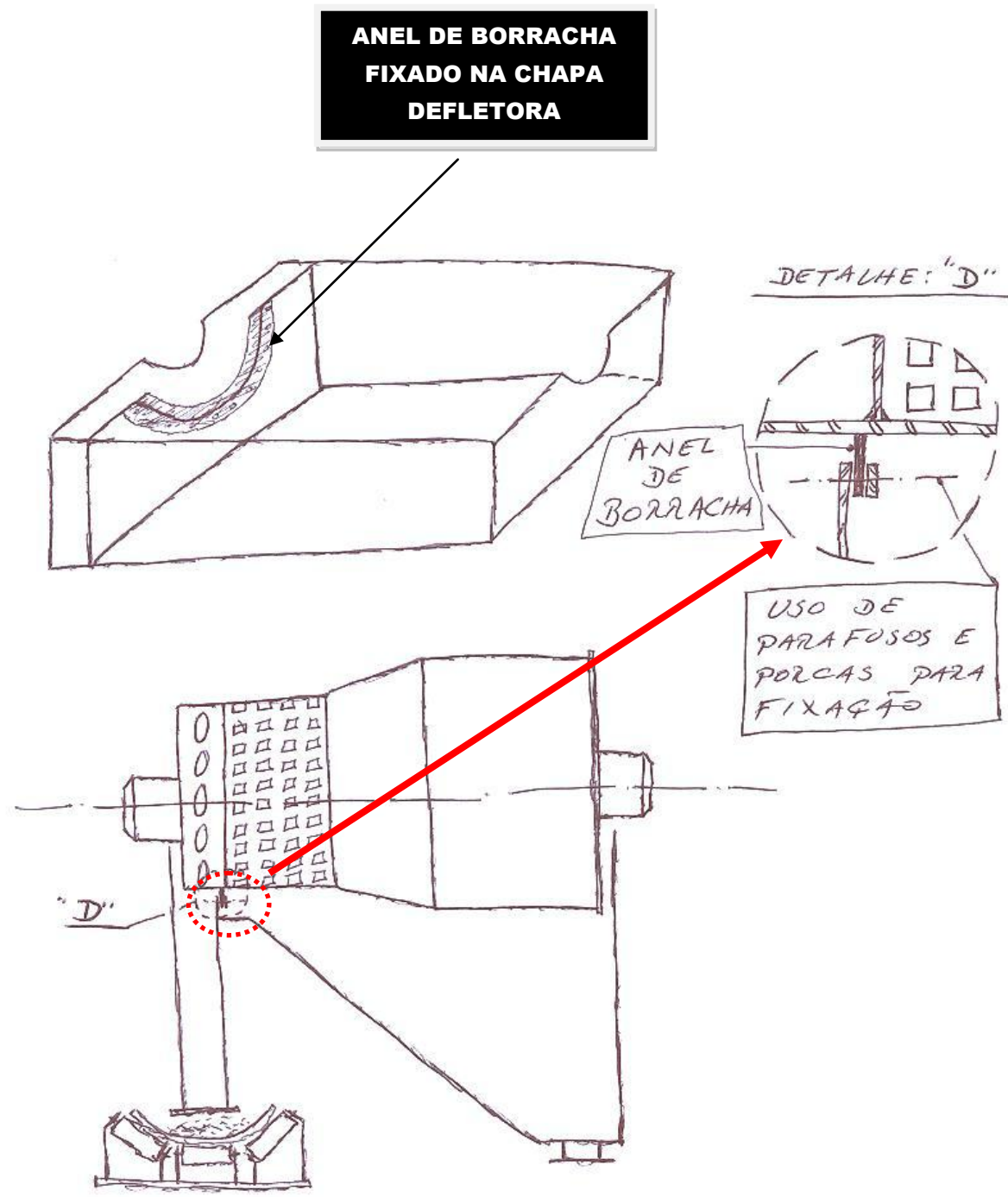


Figura 15 – Croqui de fixação de anel de borracha

Elaborado o Croqui da fixação do anel e observando a possibilidade de execução, o conceito foi modelado para simulação em 3 dimensões (3D), como mostra a Figura 16 e 17.

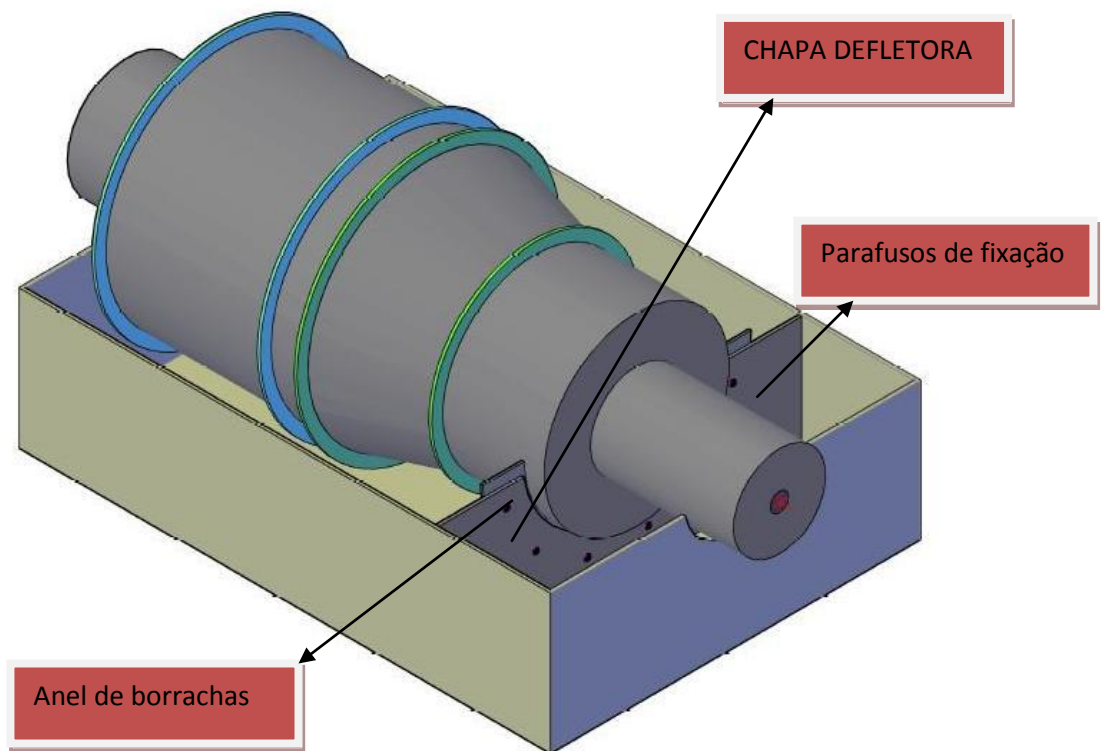


Figura 16 –Anel de borracha fixado na chapa defletora- visão da frente da chapa

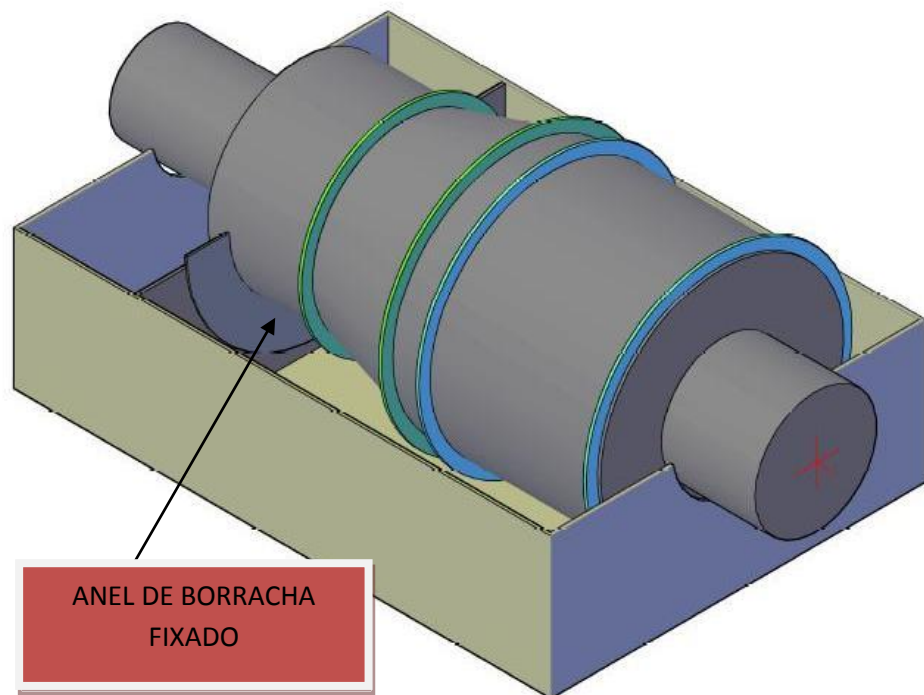


Figura 17 –Anel de borracha fixado na chapa defletora- visão posterior da chapa

O anel de borracha foi fixado na chapa defletora, como mostra as Figuras 16 e 17, passando a sofrer constante atrito em razão do movimento do tambor perfurado, o que gerou desgaste do anel e ocasionou danos ao próprio tambor, como mostra a Figura 18.



Figura 18 – Desgaste do anel de borracha na chapa defletora

Após Implantação deste anel, observou-se a redução de umidade do produto centrifugado, normalizando os processos de concentração e acabamento do produto. Com a instalação deste dispositivo o problema de infiltração foi solucionado, surgindo, porém, ainda outros problemas nas máquinas, a exemplo do desgaste das partes metálicas que passaram a trabalhar em contato direto com a borracha.

Em contrapartida aos resultados positivos em relação à umidade do produto centrifugado advindos da fixação do anel de borracha, agora passou-se a considerar o desgaste ocorrido nas partes metálicas. Observou-se, desta forma, que seria necessária a fabricação de uma peça com material mais resistente e fixado no tambor perfurado, para que aquele realizassem o mesmo movimento e não sofresse o desgaste do anel anterior. Poder-se-ia utilizar materiais como o aço inoxidável, borracha de resistência máxima, liga de titânio, dentre outros metais.

Concebeu-se doravante um outro dispositivo feito em aço inoxidável, agora denominado de anel defletor, como pode ser visualizado na Figura 19, para

exercer a mesma função do anel de borracha, com mais segurança, menor desgaste das peças e maior durabilidade, tomando-se o cuidado de fixá-lo no tambor perfurado a fim de que se evita-se o desgaste deste com o movimento do tambor.

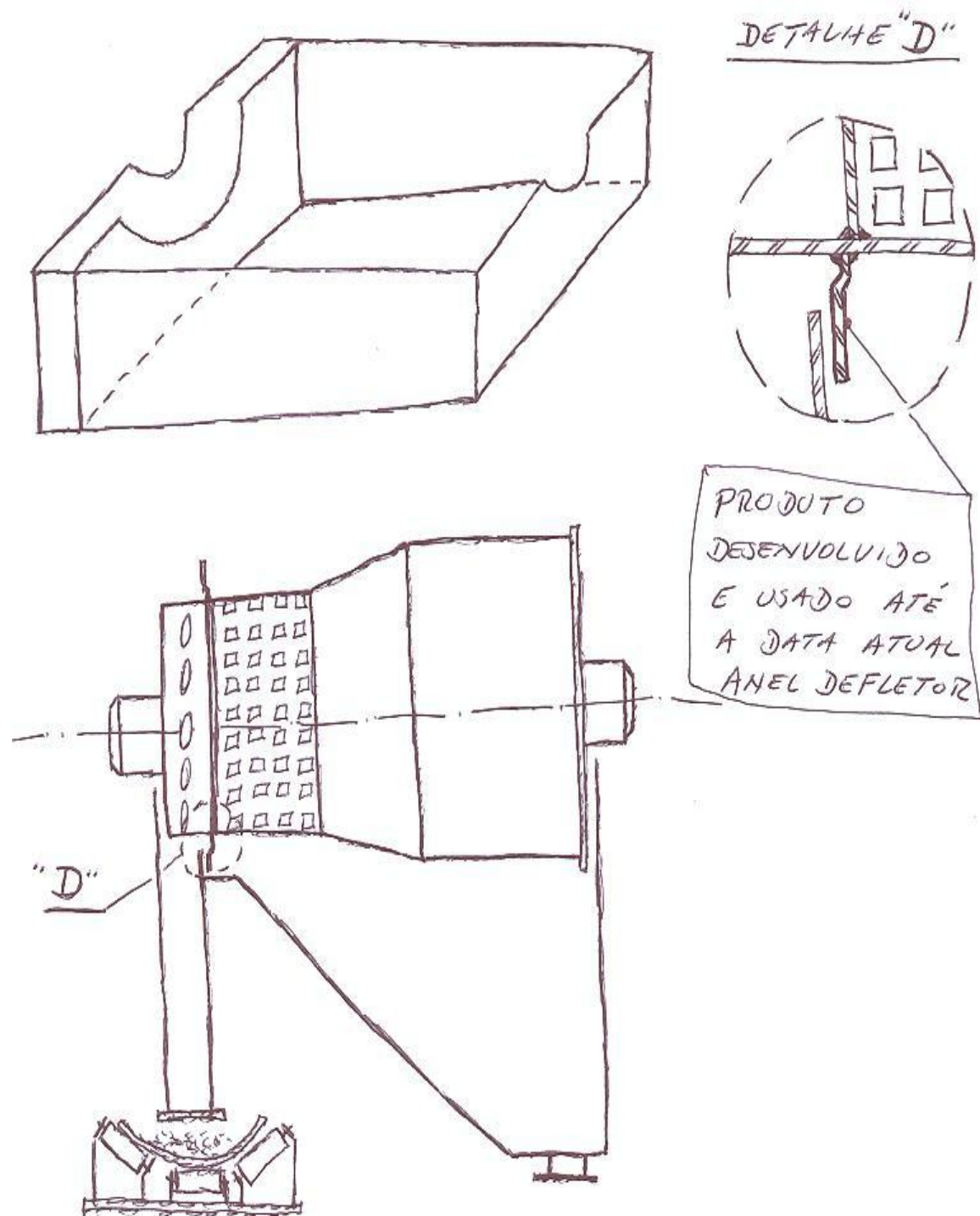


Figura 19 – Croqui do anel defletor fixado no tambor perfurado

O croqui foi modelado para plataforma CAD 3D. O novo conceito pode ser melhor visualizado como mostra a Figura 20 a seguir:

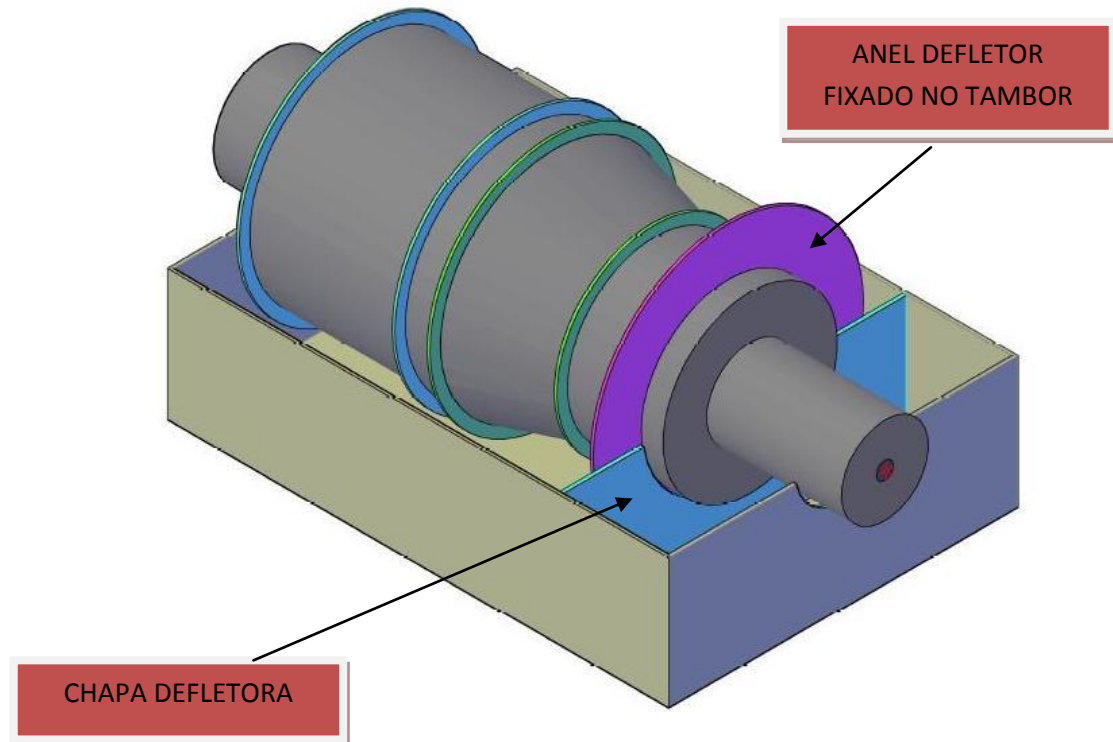


Figura 20 - Anel defletor fixado no tambor perfurado

- Definição de arquitetura

Como se trata de um componente da chapa defletora, suas formas foram incorporadas às limitações dadas pelo sistema.

- Ergonomia e estética do produto

Não haverá interação direta entre a peça produzida e o operador do maquinário, devendo-se tomar os mesmos cuidados relacionados ao uso e operação das centrífugas em geral, observando-se, no entanto, que o tamanho do produto deve ser maior do que a altura do tambor perfurado, a fim de que auxilie na completa separação entre sólido e líquido durante o processo de centrifugação.

Deve ser resistente, mas não muito pesado. Deve, ainda, ter forma viável para a realização do movimento rotatório que o tambor realiza durante a centrifugação. Em razão disso, o desenho industrial deve trabalhar com a forma anelar da peça.

- Fornecedores e parcerias no co-desenvolvimento

In casu, a própria Vale realizará a produção da peça desenvolvida.

- Escolha da Concepção

Nesta atividade deve-se realizar a escolha das opções apresentadas anteriormente. Foi escolhida a seguinte concepção: Fabricação de anel em aço inoxidável, denominado anel defletor, a ser fixado junto ao tambor perfurado. Nesta escolha foram levados em consideração o custo, a durabilidade e a resistência do material, bem como soluções práticas para se evitar o desgaste da peça produzida e o exercício completo e eficaz da função para que foi desenvolvida.

- Definição de plano macro

O processo de fabricação deverá ser o de usinagem.

- Viabilidade financeira

Feito o levantamento do custo de fabricação da peça estudada e relacionando-o com as perdas ocasionadas em razão dos altos índices de umidade no produto sólido centrifugado, foi observada a viabilidade econômico-financeira da sua produção, passando-se a fase avaliação e aprovação.

4.3 Projeto detalhado

Escolhido, avaliado e aprovado o projeto conceitual do produto, passou-se a elaboração do projeto detalhado, utilizando-se do programa autocad. O setor de engenharia da vale, desenvolveu uma peça na forma anelar, com dimensões 1254 mm X 1900 mm, pesando 50 Kg e feito em aço inoxidável, a ser fixado no tambor perfurado, como pode ser visualizado na Figura 21.

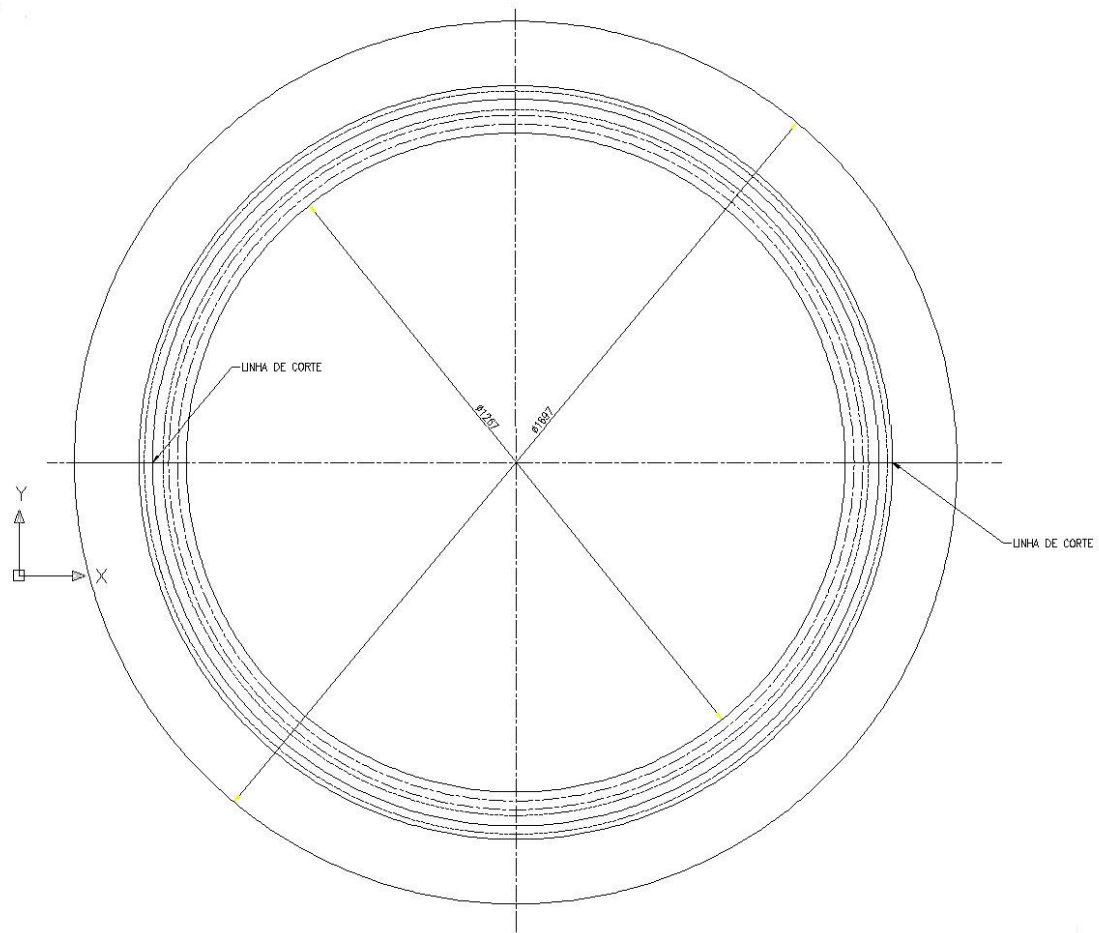


Figura 21 – Planta do anel integrante da centrífuga
Fonte – Vale (2007 a)

A Figura 21 é a visualização frontal do anel defletor, que esta representando transversalmente na Figura 22, onde faz-se o detalhamento B da mesma.

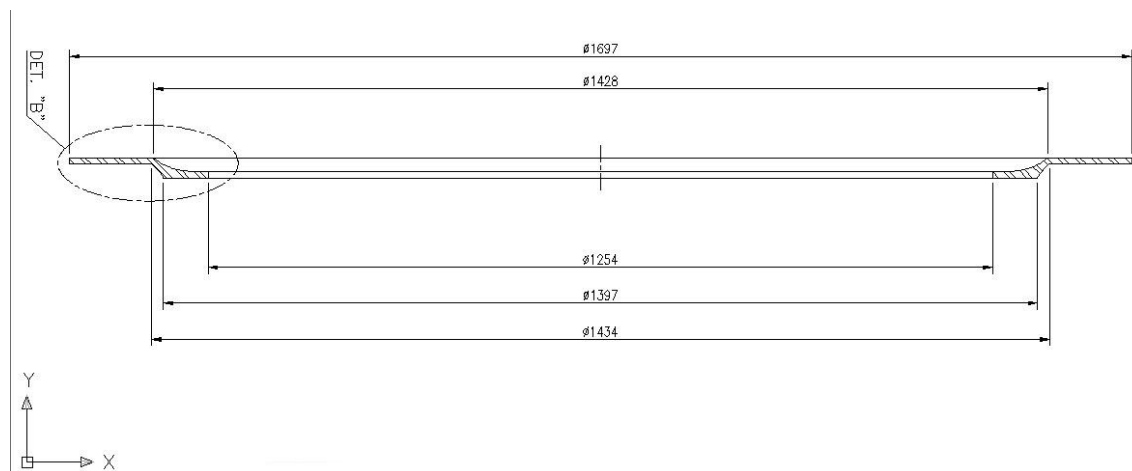


Figura 22 – Anel defletor visto transversalmente.
Fonte – Vale (2007, a)

O detalhamento B, está representado, de forma ampliada na Figura 23. Este indica um detalhe de fabricação, pois a peça foi conformada para evitar problemas de arraste (transferência) de fluido para o produto. Caso este anel fosse conformado sem o ângulo (plano) iria reduzir a área de filtragem do produto ou haver entupimento de área de filtragem (centrifugação).

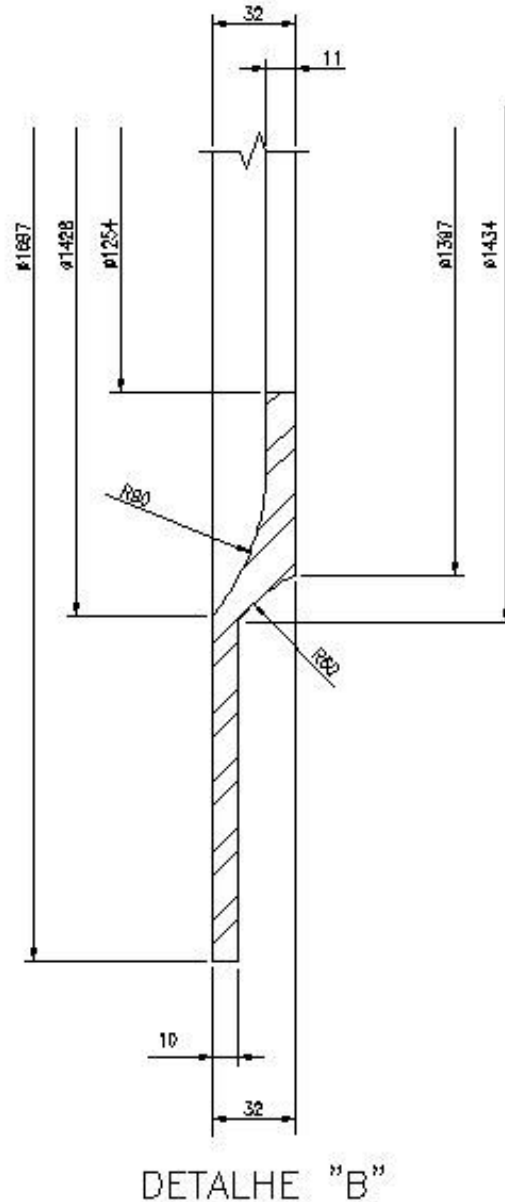


Figura 23 – Detalhe de inclinação do anel defletor
Fonte – Vale (2007, a)

A Figura 24 é a representação gráfica dos três cortes apresentados nas Figuras 21, 22 e 23. Nela contém elementos específicos de fabricação, tais como o modo de produção que será por usinagem.

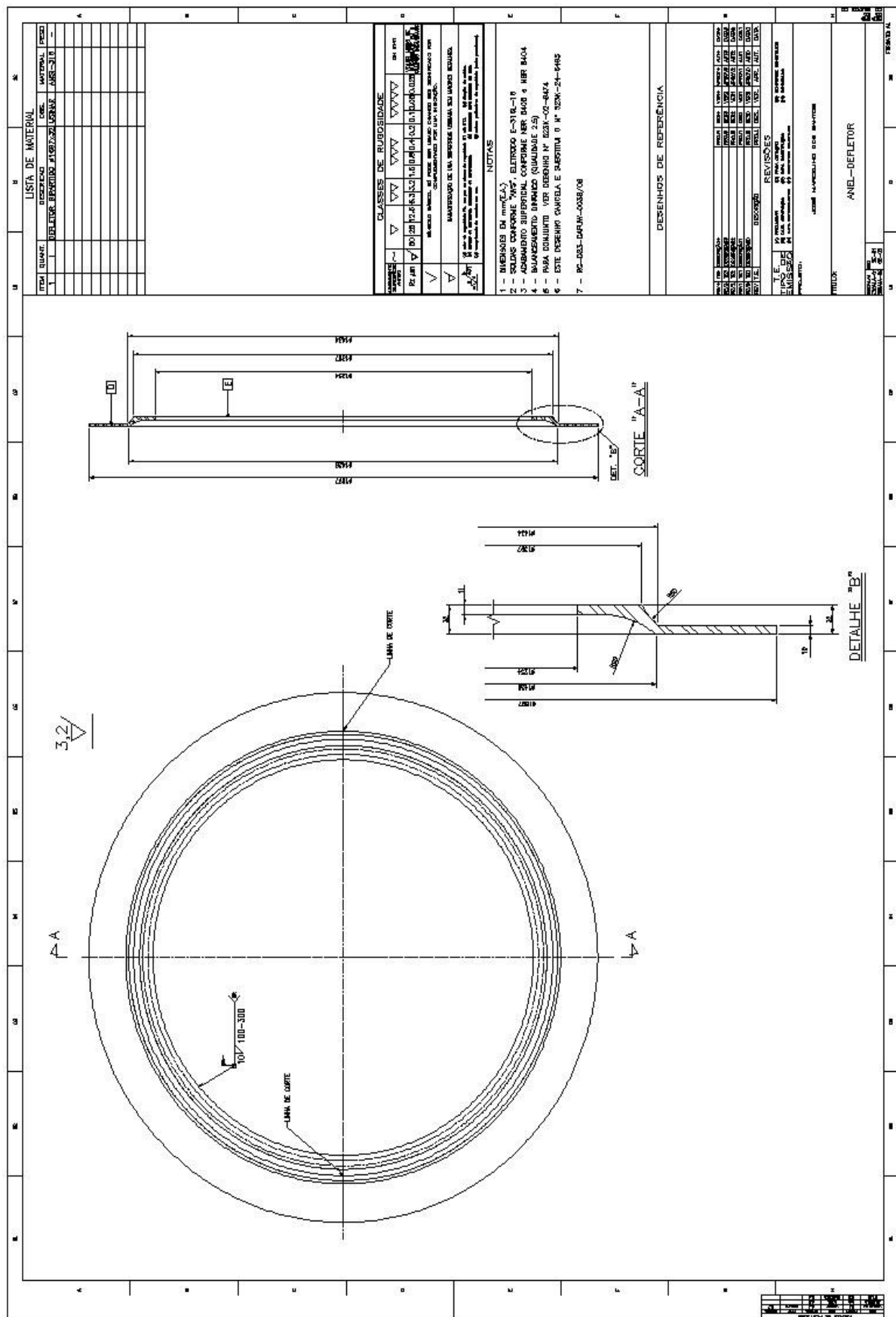


Figura 24 – Representação gráfica do projeto
Fonte – Vale (2007, a)

A produção do produto desenvolvidos se deu de forma batelada, ou seja, de acordo com a necessidade. A princípio havia a necessidade de aviso à BIRD de anexação da peça às suas chapas defletoras, entretanto, com o decorrer do tempo, a própria empresa passou a produzir a chapa defletora associada ao anel defletor para a vendas realizadas para Vale.

Por se tratar da produção de uma peça estrutural, não apresenta sistema, subsistemas ou componentes a serem detalhados, calculados, desenhados e/ou analisados. Devendo-se passar à finalização na forma realizada na Figura 25.

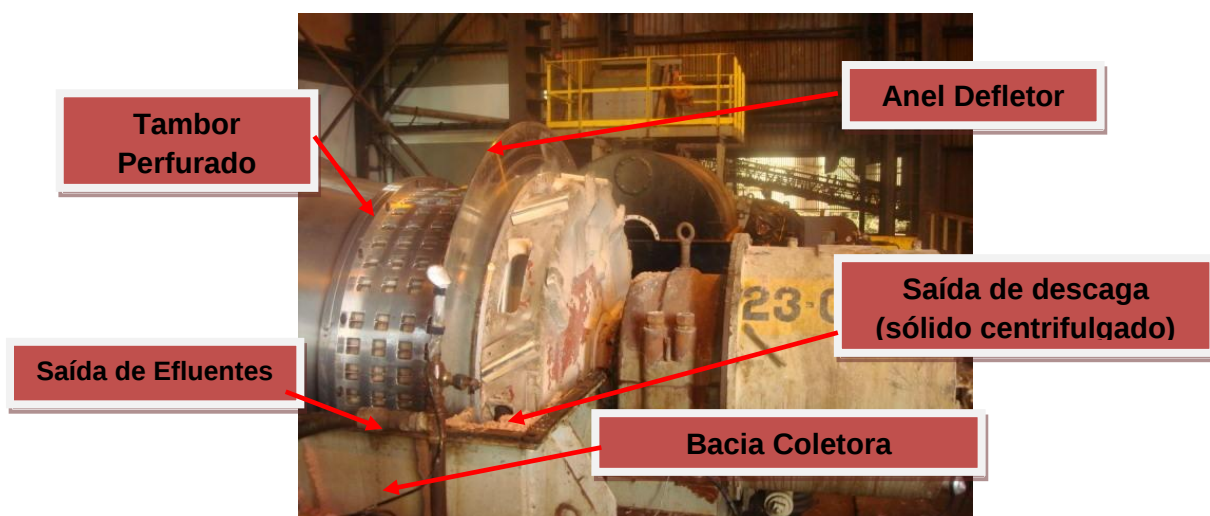


Figura 25 – Anel defletor implantado em centrífuga da Vale

Finda a elaboração detalhada do projeto, passou-se à produção do anel e, posteriormente, à montagem deste na centrífuga, fixando-o no tambor perfurado como determinado na especificação do projeto.

4.4 Benefícios Advindos do Anel Defletor para Centrífuga da UOTV

Foram observados dois benefícios com a utilização do produto desenvolvido: a redução de umidade do produto centrifugado e aumento da produtividade.

O anel defletor foi fabricado e montado. Antes de sua efetiva atuação os índices de umidade da descarga, ou seja, do produto sólido centrifugado por amostras eram muito altos, como se pode visualizar no Gráfico 01.

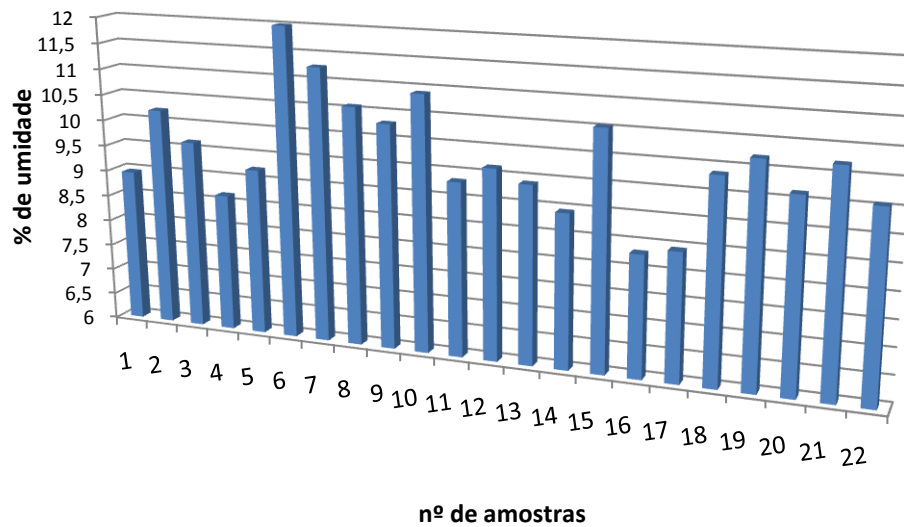


Gráfico 01 – Índices de umidade do produto sólido centrifugado em 2006
 Fonte – Adaptado de Vale (2007 b)

O primeiro benefício observado se refere ao desempenho funcional do anel defletor, que efetivamente auxiliou na redução de umidade do produto centrifugado. Em 2006 foram coletadas 22 amostras, fazendo de forma idêntica ao longo do ano de 2008, obtendo-se resultados absolutamente satisfatórios em relação ao ano de 2006, como se observa no Gráfico 02.

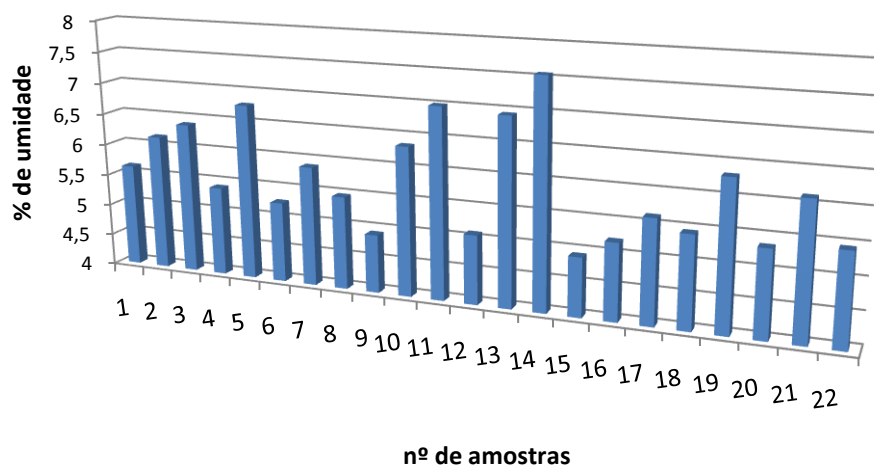


Gráfico 02 – Índices de umidade do produto sólido centrifugado em 2008
 Fonte – Adaptado de Vale (2009)

Fazendo-se uma análise comparativa entre os dois gráficos apresentados, fica claro o alcance do objetivo proposto pelo projeto da produção do anel defletor de centrifuga da UOTV, vez que, como se percebe pelo Gráfico 03, o grau de umidade anterior à produção e utilização do mencionado anel, era imensamente maior, variando entre o grau 8 e 12, ou seja, muito acima do desejado e necessário para que o processo de secagem se desse de forma eficaz.

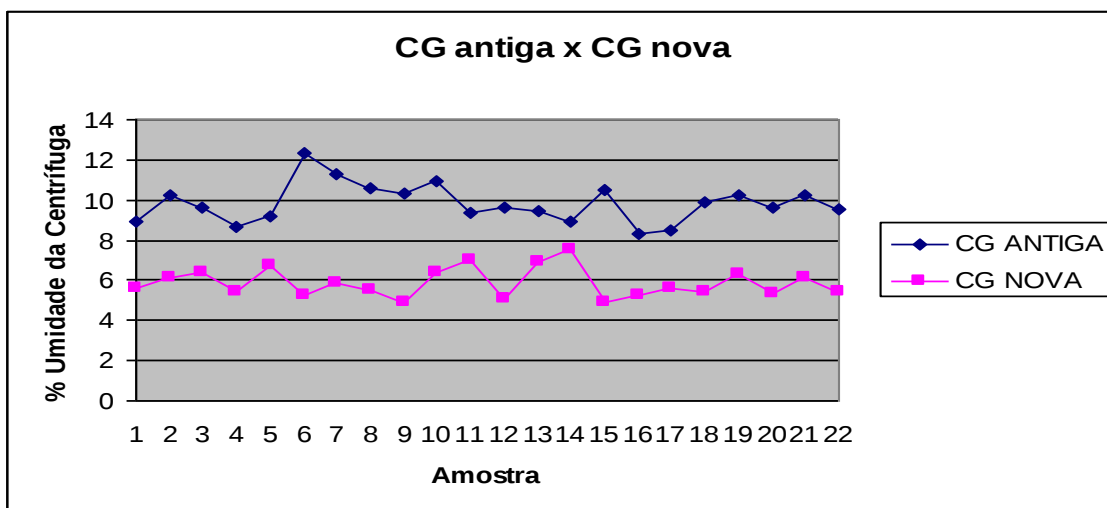


Gráfico 03 – Índices de umidade de 2006 X 2008

Outro benefício observado com o advento da utilização do anel produzido foi o aumento da produtividade do setor. Em 2006, cada centrífuga que trabalhava produzia em média 35 toneladas por hora, passando a produzir, em 2008, cerca 50 toneladas/ hora, como pode ser observado no Gráfico 04, que compara a produtividade do setor nos mencionados anos.

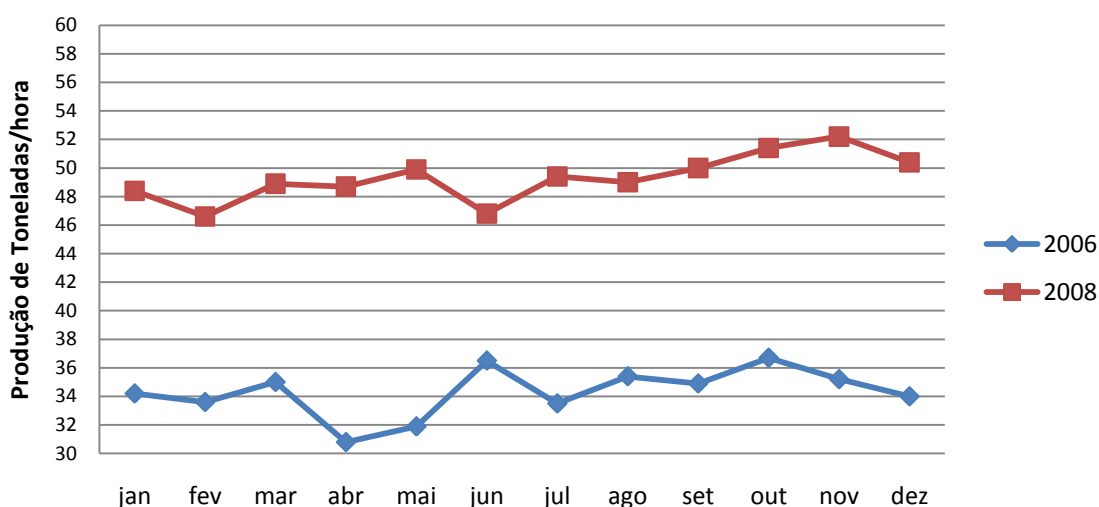


Gráfico 04 – Produtividade por centrifuga do Gafuw em 2006 e 2009
Fonte – Adaptado de Vale (2007 b; 2009).

Observa-se um aumento médio de 15 toneladas/hora por centrífuga entre os dois anos. Isto se verifica porque em se mantendo o grau de umidade do produto sólido centrifugado reduzido, há efetiva diminuição de paradas do equipamento e aumento na produtividade.

5 CONCLUSÃO

A funcionalidade inventiva do homem foi intensificada depois da revolução industrial, de forma que estes passaram a criar meios cada vez mais rápidos para o aumento de produtividade e qualidade de seus produtos. Embora sejam inúmeros os campos de atuação onde a inteligência humana dirige seu foco na solução de problemas, o caso em estudo tem relação direta com a criação e produção de um anel defletor cuja finalidade é auxiliar na redução de umidade do cloreto de potássio advindo do processo de beneficiamento da silvinita, largamente utilizado na produção dos fertilizantes utilizados na agroindústria.

Foi observado, durante a etapa de centrifugação e secagem do cloreto de potássio, que este apresentava índices de umidade acima dos limites permitidos. Essa umidade gerava empedramento do leito, durante a secagem, ocasionando parada na produção que acarretava baixa de produtividade e prejuízos à Vale.

Inspecionadas as centrífugas, foram observados problemas de desgaste na chapa defletora. Trocada esta, entretanto, foi observada a continuidade dos altos índices de umidade, resolvendo-se pela colocação de um anel de borracha, fixado na chapa, para eliminar qualquer possibilidade de passagem de líquido para sólido. Ocorre, todavia, que a borracha, em razão do constante atrito, foi rapidamente desgastada, passando a ocasionar problemas no tambor perfurado da centrífuga, nascendo, daí, a necessidade de novo dispositivo para exercer a mesma função deste anel de borracha. Neste contexto nasceu a ideia de criar o anel defletor.

Esta pesquisa demonstrou como foi realizada cada etapa do desenvolvimento do produto anel defletor. Foi necessário o estudo aprofundado de todos os relatórios e de anotações pessoais para que se fossem devidamente elaborados os projetos informacional e conceitual do produto.

Realizada a análise do desenvolvimento do produto, passou-se a identificação dos benefícios advindo da utilização do produto desenvolvido, que foram a efetiva redução da umidade do cloreto de potássio e o aumento de produtividade por centrífuga na Gafuw da Vale.

Desta forma, pode-se concluir que essa pesquisa alcançou todos os objetivos propostos. Espera-se que este estudo contribua na intensificação de soluções criativas para os diversos problemas que surgem no setor de produção em geral, assim como promova o desenvolvimento de produtos utilizando-se de modelo de referência.

REFERÊNCIAS

BIRD. **Manual de Operações de Centrifugas**. São Paulo: Bird, 2002

CARVALHO, Lair Pereira. **Separadores centrifugos**. Natal: UFRN, 2003. Disponível em <http://www.ufrnet.ufrn.br>, acesso em 21 de maio de 2010.

Gerald Karp, **Cell and molecular biology: Concepts and experiments**, 4ª edição, ed. Von Hoffman, 2005. Disponível em <http://www.tiosam.net/enciclopedia>, acesso em 21 de maio de 2010)

LAKATOS, Eva Maria.; MARCONI, Mariana de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas. 2004.

LEAL, S. Filho; MASINI, E. A.; MOURA, R. L. Flotação de Cloreto de Potássio (Silvita). In: CHAVES, A. P. (Org.) **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios**. Vol 4. São Paulo: Sigmus Editora, 2006, p.235 a 242.

LUZ, A. B. da; POSSA, M. V.; ALMEIDA, S. L. da (Ed). **Tratamento de Minérios**. 2. ed. Rio de Janeiro: CETEM/CNPq. 1998.

PERES, A. E. C.; ARAUJO, A. C. A flotação como operação unitária no tratamento de minérios. In: CHAVES, A. P. (org.) **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios**. Vol 4. São Paulo: Sigmus Editora, 2005, p. 01 – 2.

PMBOK. **Guia de conhecimento e gerenciamento de projetos**. 3º edição. Project Management Institute , 2004.

ROMEIRO, Eduardo Filho; FERREIRA, Cristiano Vasconcellos; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick; GOUVINHAS, Reidson Pereira; NAVEIRO, Ricardo Manfredi. **Projeto do Produto**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando Antônio; AMARAL, Daniel Capaldo; TOLEDO, José Carlos; SILVA, Sergio Luis; ALLIPRANDINI, Dário Henrique; SCALICE, Régis Kovacs. **Gestão de desenvolvimento de produtos**. São Paulo: Saraiva, 2006.

Vale. **Projeto de anel para centrifuga do Gafuw**. Sergipe: UOTV, 2007 a.

_____. **Relatório de produção do Gafuw de 2006**. Sergipe:UOTV, 2007 b.

____. **Manual de beneficiamento de Potássio da Vale.** Sergipe: Vale, 2008.

____. **Relatório de produção do Gafuw em 2008.** Sergipe: Vale, 2009.

____. **Portal da Vale, 2010.** Disponível em < www.portaldavale.com.br>, acesso em 18 de Maio de 2010.