

N. CLASS. M60.15586m
CUTTER. 5586m
ANO/EDIÇÃO 2015

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS

ENGENHARIA MECÂNICA

WAGNER ROBERTO DA SILVA

MODIFICAÇÃO NA TRANSMISSÃO DOS MOINHOS DE ROLOS PENDULARES

RAYMOND: mudança da transmissão correias e polias para redutor de engrenagem

Varginha

2015

WAGNER ROBERTO DA SILVA

**MODIFICAÇÃO NA TRANSMISSÃO DOS MOINHOS DE ROLOS PENDULARES
RAYMOND: mudança da transmissão correias e polias para redutor de engrenagem**

Trabalho Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica
do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG
apresentado como pré-requisito para obtenção do grau
de bacharel, sob orientação do prof. João Mario Mendes
de Freitas

Varginha

2015

WAGNER ROBERTO DA SILVA

**MODIFICAÇÃO NA TRANSMISSÃO DOS MOINHOS DE ROLOS PENDULARES
RAYMOND: mudança na transmissão correias e polias para redutor de engrenagem**

Trabalho Acadêmico do curso de Engenharia Mecânica
do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG
apresentado como pré-requisito para obtenção do grau
de bacharel, pela Banca Examinadora composta pelos
membros:

Avaliado em: / /

Prof.

Prof.

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus porque com ele tudo podemos e também a todos que me apoiaram e acreditaram em meu potencial, aos professores e colegas de classe e em especial a minha família por todo apoio, paciência e companheirismo nesses cinco anos de curso.

AGRADECIMENTOS

“Direi do senhor: Ele é o meu Deus, o refúgio, a minha fortaleza, e nele confiarei”.

Salmo 91:2.

RESUMO

A melhoria continua dentro da empresa é hoje de suma importância para que ela possa se manter no mercado de trabalho, devido a clientes mais exigentes, a grande concorrência do mercado internacional e o avanço cada vez mais rápido de novas tecnologias, motivado por esses fatores nos foi sugerido pelo Eng. Osório Henrique Rossignolli, gerente da empresa Boiler & Mill apresentar uma melhoria no sistema de transmissão dos moinhos de rolos pendulares Raymond.

Portanto o trabalho se refere a modificação do sistema de transmissão dos moinhos de rolos pendulares Raymond, substituindo a atual transmissão de correias e polias por um sistema de redutor de engrenagens. A modificação é para redução no custo de fabricação, menores gastos com manutenção, ajustes mais simplificados e um aumento na produtividade pela redução de quebra da transmissão.

Neste contexto torna-se necessário apresentar a aplicação que tem os moinhos de rolos pendulares e outros tipos de moinhos existentes e também abordar como é o processo de moagem e os diversos minérios que pode ser beneficiados nos moinhos.

Palavra chave: Melhorias. Transmissão. Moinho de rolos pendulares.

ABSTRACT

The continuous improvement within the company is now very important for it to remain in the labor market, due to more demanding customers, the highly competitive international market and the increasingly rapid advance of new technologies, motivated by these factors in was suggested by Eng. Osório Henrique Rossignolli, company manager Boiler & Mill show an improvement in the transmission system of commuting Raymond roller mills.

Therefore in this study provide a search for modification of the transmission system of the tilting Raymond mill rolls, replacing the current transmission belts and pulleys by a reducer gearing system. The modification is to reduce the manufacturing cost, lower maintenance costs, more simplified adjustment and an increase in productivity by reducing the transmission break.

In this context it is required that the application has the pendulum roller mills and other types of mills, and also discuss how the milling process and several minerals which may be benefited in the mills.

Keyword: Improvements. Transmission. Commuting mill rolls.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Moinho Vertical VERT MILL.....	14
Figura 02 – Moinho Rotativo de Bolas	15
Figura 03 – Moinho de martelos.....	16
Figura 04 – Moinho Prensa de Rolos	17
Figura 05 – Moinho de Discos	18
Figura 06 – Moinho Vibratório	19
Figura 07 – Moinho de Rolos Pendulares	20
Figura 08 – Redutor de velocidades.	21
Figura 09 – Eixo do redutor.....	22
Figura 10 – Engrenagem cilíndrica	22
Figura 11 – Rolamento rígido de esferas.....	23
Figura 12 – Desenho de conjunto de moinho com redutor.....	30
Figura 13 – Desenho do acionamento atual.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Classificação e Carga U, M e F	26
Tabela 02 – Classifica o numero de partidas por hora	26
Tabela 03 – Classifica a carga de diária de trabalho	27
Tabela 04 – Fator de velocidade.....	27
Tabela 05 – Modelo do redutor	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 MOAGEM.....	11
2.1 Fragmentação por compressão.....	11
2.2 Fragmentação por impacto.....	11
2.3 Fragmentação por abrasão.....	12
2.4 ETAPAS DA FRAGMENTAÇÃO.....	12
2.4.1 Britagem primária.....	12
2.4.2 Britagem secundária.....	13
2.4.3 Britagem terciária ou ultimo estágio da moagem.....	13
3 TIPOS DE MOINHOS.....	13
3.1 Moinho Vertical VERT MILL.....	13
3.2 Moinho Rotativo de Bolas.....	14
3.3 Moinhos de Martelos.....	15
3.4 Moinhos de Prensa de Rolos.....	16
3.5 Moinho de Discos.....	17
3.6 Moinho Vibratório.....	18
3.7 Moinho de Rolos Pendulares.....	19
4 REDUTORES.....	20
4.1 Principais elementos de redutor.....	21
4.1.1 Eixos.....	21
4.1.2 Engrenagens.....	22
4.1.3 Rolamentos.....	23
5 PROPOSTA METODOLOGIA.....	23
a. Dados necessários para dimensionar o redutor.....	23
b. Dados de projeto do moinho.....	24
c. Desenvolvimento.....	24
6 COMPARATIVO DOS ACIONAMENTOS.....	30
6.1 Desenhos em Auto Cad dos acionamentos.....	30
6.2 Sistema de transmissão atual / Sistema de transmissão por redutor.....	31
6.2.1 Vantagens.....	31
6.2.2 Desvantagens.....	31
7 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho foi realizado com base nas transformações significativas que estão ocorrendo em todas as áreas do conhecimento com um desenvolvimento científico e tecnológico que aproxima de forma inexorável potências humanas e máquinas. O beneficiamento de minérios é uma delas ao qual o processo de moagem se faz necessário para possibilitar a redução na granularidade do produto para um valor desejado, esta redução também promove a liberação das partículas de interesse dos sedimentos sem valor para o processo.

O processo de moagem determina a características de alimentação dos estágios de fragmentação dos minérios, características estas que interferem na eficiência das recuperação dos minerais desejados. Para se obter uma recuperação ótima desses elementos, o processo de moagem deve garantir uma vazão de minérios desejada com uma granularidade pré definida. Existindo diversos tipos de equipamentos para a realização de tal operação, destacando os moinhos de rolos pendulares Raymond propondo através de números mudanças no sistema de transmissão que é realizado por polias e correias, dimensionando o dispositivo adequado e demonstrando seus benefícios.

2 MOAGEM

A cominuição, ou redução de tamanho, como assim mencionado, é uma importante etapa do beneficiamento dos minerais, visando a produção de partículas com tamanho e formato pré-requeridos, liberação dos minerais úteis contido de concentração e incremento da superfície específica, designando-os para processos químicos subsequentes. O processo de cominuição é basicamente dividido em duas classes distintas, britagem (cominuição inicial) e moagem (cominuição final) conforme granulometria e mecanismos de fragmentação envolvidos (Beraldo, 1987).

A moagem que é a cominuição final e também chamada de fragmentação fina, que representa o último estágio na redução granulométrica na cominuição de minérios, consiste de um método específico para redução do tamanho de partículas através da utilização da pressão lenta que resulta na propagação de fraturas “compressão”, de uma força rápida e de alta intensidade obtendo-se classificações granulométricas finas “impacto”, ou através de atrito da superfície de partículas do minério com a superfície dos componentes moedores “abrasão” (Chieregati, 2001).

2.1 Fragmentação por Compressão

A quebra ocorre quando forças de compressão de baixa intensidade são aplicadas maneira lenta e progressiva, permitindo-se que, com o aparecimento da fratura o esforço seja aliviado. Em geral as forças de compressão aplicadas são pouco superiores à resistências de blocos rochosos ou partículas. Resulta deste mecanismo um número reduzido de fragmentos homogêneos de tamanho intermediário. É o mecanismo mais comum desde blocos da ordem de metros até partículas micrométricas. É observado em britadores de mandíbulas, britadores de giratórios e cônicos. Nos moinho revolventes, o mecanismo está associado à compressão das partículas entre corpos moedores ou à compressão entre as partículas maiores e as partículas menores (Galery, 2011).

2.2 Fragmentação por Impacto

A fratura ocorre quando forças são aplicadas de forma rápida e em intensidade muito superior a resistência das partículas. Faz uso em geral da energia cinética ($1/2 mv^2$) de corpos em movimentos circulares ou cadentes. Resulta desse tipo de quebra, um grande número de

partículas em uma vasta faixa granulométrica. Esse é o mecanismo mais eficiente em termos de eficiência em termos de utilização de energia, mas normalmente sua aplicação é a mais restrita aos materiais menos abrasivos (Valadão 2007). É observado em britadores de impacto e nas áreas de impacto dos corpos moedores cadentes no interior dos moinhos revolventes (Galery, 2011).

2.3 Fragmentação por Abrasão

As forças aplicadas são insuficientes para provocar fratura ao longo de toda a partícula (Valadão, 2007). Prevalece uma concentração de esforços (tensão localizada) na área periférica, principalmente na superfície de contato das partículas, que provoca o aparecimento de pequenas fraturas. Resulta deste tipo de quebra uma distribuição granulométrica, onde partículas muito pequenas convivem com partículas do tamanho próximo ao original as quais vão tendo seus diâmetros reduzidos gradativamente com o tempo. Este tipo de quebra geralmente é provocado por atrito, quando partículas maiores são aprisionadas entre as superfícies dotadas de movimentos. Na maioria das vezes o movimento entre as superfícies é contrária ao movimento das próprias partículas. Este mecanismo leva ao consumo alto de energia e a uma produção alta de superfínos. É observado frequentemente nos produtos de moagem autógena (Galery, 2011).

2.4 Etapas da fragmentação

Após o desmonte do minério ou rocha geralmente com o auxílio de explosivos, a britagem é o primeiro estágio do processo de fragmentação. Pode ser dividida em primária, secundária, terciária e a quaternária.

2.4.1 Britagem Primária

Deve ser localizada perto da mina, onde é extraído o minério, dentro ou próximo da cava. Os britadores empregados são os de grande porte, operando sempre em circuito aberto, com ou sem grelha de escalpe para o descarte da fração fina contida na alimentação. A britagem primária é realizada a seco e tem uma razão de redução em torno de 8:1. Recebe normalmente tamanhos máximos de rocha da ordem de 1,0 à 2,0m (Vareta, 2011). Neste

estágio são utilizados os britadores de mandíbulas giratórios de impacto e os de rolos dentados (Figueira, 2004).

2.4.2 Britagem Secundária

A britagem secundária é subsequente à primária e tem como alimentação material da ordem de 15 a 30 cm. É comum na britagem secundária o escalpe com a finalidade de aumentar a capacidade de produção. A operação é normalmente realizada a seco, em circuito aberto ou fechado. Os equipamentos geralmente utilizados são os britadores giratórios secundários, de britadores de mandíbulas secundários, britadores cônicos, britadores de martelos e os britadores de rolos. Os britadores de giratórios, de mandíbulas e martelos são semelhantes ao empregado na britagem primária, apenas tendo dimensões menores (Figueira, 2004).

2.4.3 Britagem terciária ou ultimo estágio (moagem)

Geralmente é nesta etapa que entra os vários tipos de moinhos e é em geral o ultimo estágio, no entanto existem processos com mais de três estágios, cujo proposito está ligado às características de fragmentação do material, ou a granulometria do produto final de acordo com a sua aplicação. Os equipamentos utilizados são os moinhos pendulares, de bolas, de barras e outros tantos, no qual as partículas são reduzidas pela combinação de moagem por “impacto”, “compressão” e “Abrasão” a um tamanho adequado a liberação do material. E estes equipamentos exigem um maior controle de operação e geralmente trabalhando em circuito fechado (Figueira, 2004).

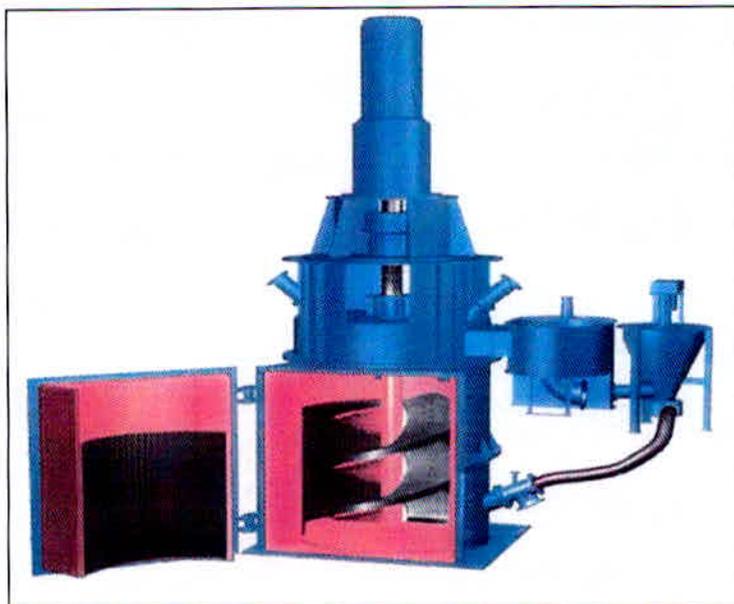
3 TIPOS DE MOINHO

3.1 Moinho Vertical VERTMILL

Neste moinho a moagem ocorre por atrito/abrasão. O funcionamento pode ser observado de forma simplificada na Figura 3, que consiste na agitação de corpos moedores (bolas de aço e seixos cerâmicos e naturais) por uma espira de rosca dupla suspensa (ou agitador de carga). O material de alimentação é introduzido por uma abertura na parte superior do equipamento. Uma bomba centrífuga externa cria uma aceleração ascendente que

provoca a classificação de partículas na parte superior do corpo do moinho. A pré-classificação e remoção da granulometria de produto na alimentação, reduzem a sobremoagem e aumentam a eficiência. As partículas maiores são arrastadas para a parte inferior do corpo do moinho Vertical, onde estão os corpos moedores, sendo moídas (Metso, 2005).

Figura 1: Moinho Vertical VERTMILL

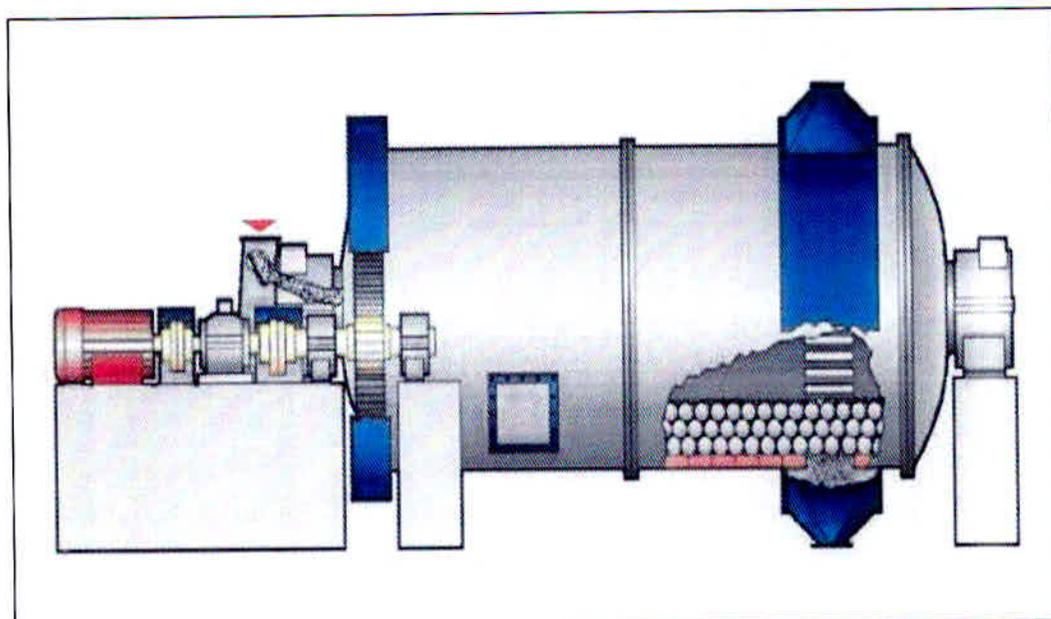


Fonte: Metso Minerals, 2006.

3.2 Moinho rotativo de bolas

São moinhos rotativos que utilizam esferas de aço fundido ou forjado ou ferro fundido como meio moedor (Metso, 2005), conforme figura 4. O moinho de bolas pode ser utilizado em via seca ou úmida, sendo a maior parte de suas aplicações de circuito fechado com algum tipo de classificador (Figueira, 2004). Os tamanhos dos corpos moedores e um dos principais fatores que influenciam em sua eficiência e a capacidade do moinho. O tamanho próprio da bola a ser adicionado no moinho em operação deve ser adequado para quebrar as maiores partículas na alimentação. Entretanto este tamanho não pode ser muito grande, pois o número de contatos de quebra será reduzido assim como a capacidade do moinho (Figueira, 2004). Os tamanhos das bolas são selecionados a partir do tamanho da alimentação do material, como regra grosseira pode ser adotar o tamanho das bolas como 4 a 5 vezes o tamanho da alimentação (Metso, 2005).

Figura 2: Moinho rotativo de bolas

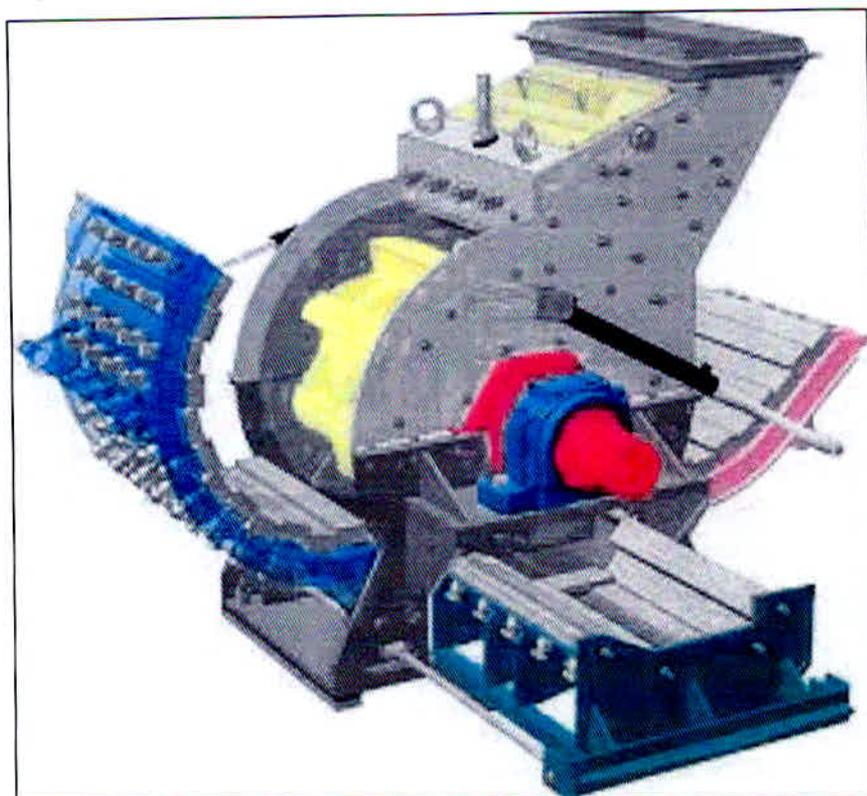


Fonte: Moinho Furlan

3.3 Moinho de Martelos

O moinho de Martelo consiste em um eixo girando em alta rotação, no qual ficam presos, de forma articulada, vários blocos ou martelos, como ilustrado na Figura 5. As partículas, alimentadas pela parte superior, sofrem impactos dos martelos e são projetadas contra a superfície interna da câmara, fragmentando-se. O material fragmentado deve então passar por uma grelha existente na parte inferior que vai bitolar a granulometria da descarga (Figueira, 2004). Sua escolha está diretamente relacionada com o material e a abertura da grelha a ser utilizada. Recomenda-se a abertura de grelha que permita alcançar a granulometria requerida para o produto. Quanto menor a abertura, melhor a moagem obtida, porém a um custo superior ao desgaste. Suas velocidades periféricas altas proporcionam produtos mais finos, porém também elevam os níveis de desgaste (Metso, 2005).

Figura 3: Moinho de Martelos

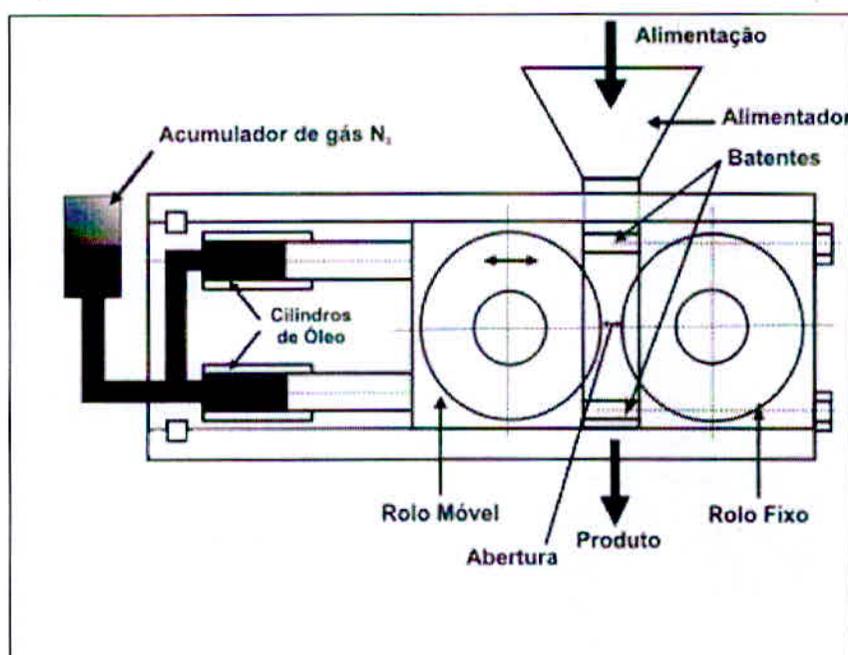


Fonte: Moinhos M&S

3.4 Moinho Prensa de Rolos

Os moinhos de Prensa de rolos são constituídos por dois rolos, sendo um deles fixo e o outro montado em blocos, livre para se movimentar nas pistas, em ângulo reto ao eixo do rolo, conforme mostrado na Figura 6. A abertura dos rolos é determinada pela natureza do material que está sendo cominuído e pela distribuição granulométrica da alimentação (Figueira, 2004). Estes tipos de moinhos apresenta um menor consumo de energia para uma determinada relação de redução, quando comparada aos moinhos convencionais de bolas (Figueira, 2004). Pode operar tanto em moagem a seco como a úmido (ThyssenKrupp, 2007).

Figura 4: Moinho Prensa de Rolos

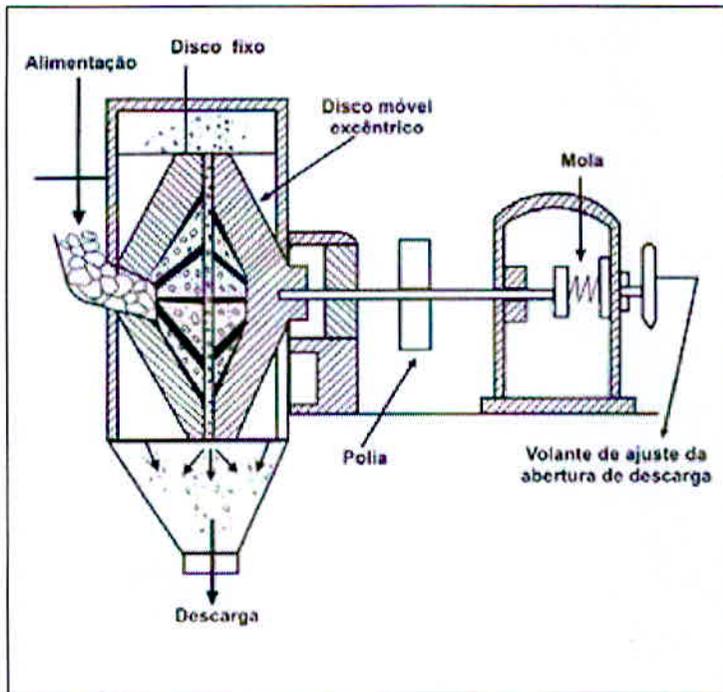


Fonte: Metso

3.5 Moinho de Discos

Este moinho tem dois discos com ressaltos internos, sendo um fixo e outro móvel dotado de movimento excêntrico, como mostra na Figura 7. A alimentação chega ao centro dos discos através da abertura central do disco fixo e aí sofre o impacto e o atrito do disco móvel que com seu movimento excêntrico vai fragmentando e forçando o material para periferia, caindo em uma câmara coletora. A granulometria da descarga é dada pelo ajuste da abertura entre os discos na parte periférica, onde eles são lisos (Figueira, 2004). O moinho de discos é empregado principalmente para pulverizar amostras, desde que a contaminação com ferro proveniente do desgaste dos discos não prejudique a sua utilização (Figueira, 2004).

Figura 5: Moinho de discos

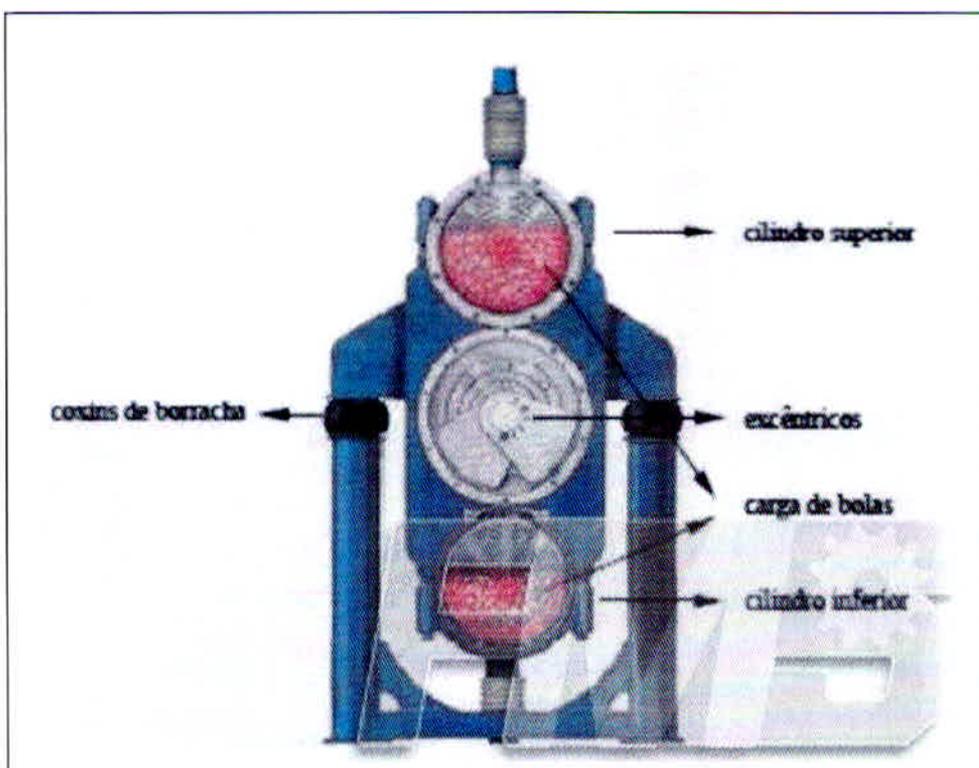


Fonte: Furlan

3.6 Moinho Vibratório

Os moinhos vibratórios são constituídos de dois tubos ou cilindros de moagem sobrepostos que estão rigidamente interligados por meios de travessas e braçadeiras. Entre eles fica um peso apoiado excêntricamente e conectado a um motor. A rotação dos exentrics, localizados no interior das travessas, provoca vibração nos tubos produzindo uma oscilação circular de poucos milímetros. Os tubos apoiados sobre coxins de borracha afim de isolar vibrações e reduzir a transmissão de esforços vibratórios à estrutura. Neste moinho o mecanismo de quebra dominante é o impacto seguido do atrito. A relação entre estes mecanismos pode ser influenciada pela escolha dos corpos de moagem, numero de rotações e circulo de vibração. O material a ser moído percorre o cilindro de moagem num trajeto helicoidal, baseando-se o transporte, predominante, no principio de deslocamento por arraste. O revolvimento constante do material no interior dos cilindros moedores causa uma mistura e homogeneização praticamente perfeitas. O produto é conduzido à descarga por meios das vibrações, mesmo quando se encerra o fluxo da alimentação, sendo possível o funcionamento do moinho até seu esvaziamento total. (Braga, 2007).

Figura 6: Moinho Vibratório



Fonte: FMS

3.7 Moinhos de Rolos Pendulares

É o moinho que foi estudado para ser realizada a modificação na sua transmissão, é um moinho do tipo que tem classificação pneumática interna. A base do moinho suporta o anel de moagem que lhe é fixo, e está na horizontal. Abaixo do anel de moagem existem suspiros tangenciais, por onde o ar penetra na câmara de moagem, conforme mostra na Figura 9. O princípio básico empregado consiste em que o material é pulverizado pela ação de rolamento entre um anel e um rolo de moagem suportado por um eixo vertical e acionado por baixo. Estes giram nos seus próprios eixos ao percorrerem trajetória circular sobre o anel. A força centrífuga empurra-os contra o anel. O material bruto, proveniente do alimentador, cai entre os rolos e o anel e é cominuído. Não só o movimento centrífugo do ar, mas também defletores apropriados conduzem o material para a zona de moagem. Os finos são retirados da câmara de moagem através do fluxo de ar e conduzidos ao classificador colocado diretamente sobre a câmara de moagem, que por sua vez faz a classificação granulométrica.

Figura 7: Moinho de rolos pendulares



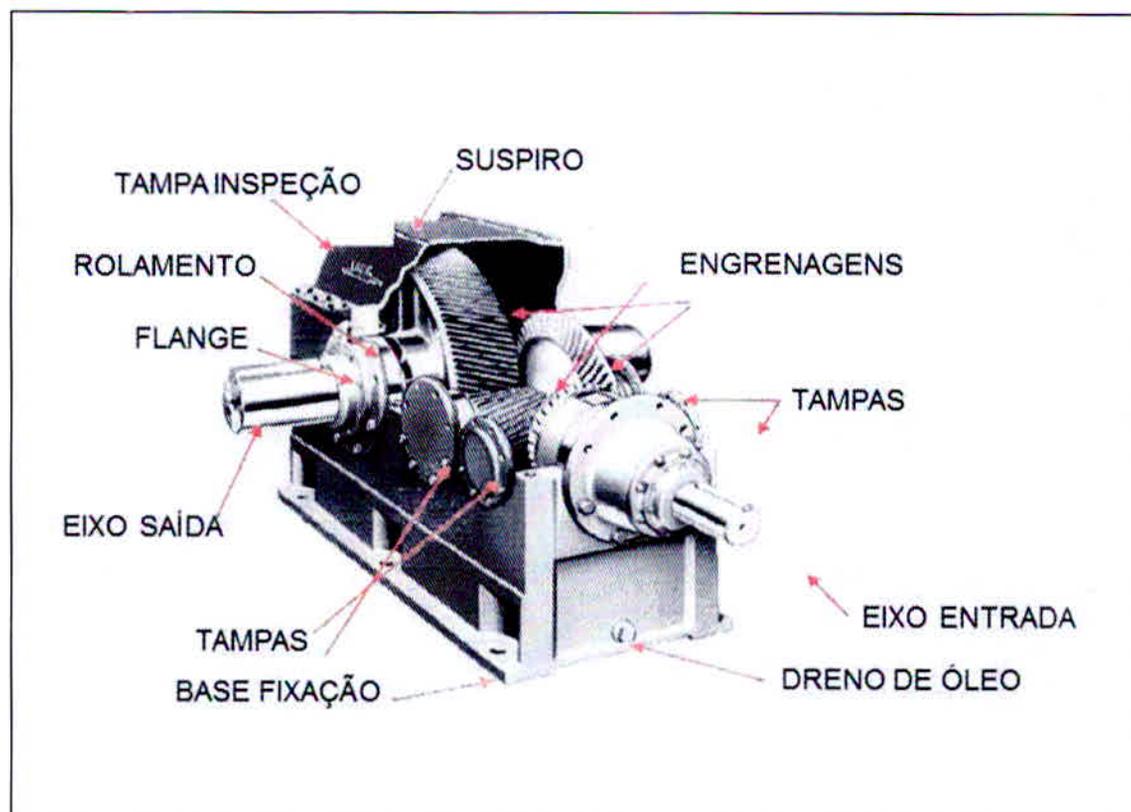
Fonte: Boiler & Mill

4 REDUTORES DE VELOCIDADES

Os redutores de velocidades são equipamentos mecânicos que se propõem a transmitir potencia entre um eixo, dito de entrada de torque, e um ou mais eixos onde são acoplados outros elementos que serão os utilizadores desse torque transmitido. Com a redução de rotação, resultante da combinação dos números de dentes das engrenagens de entrada e saída, é verificado o aumento do torque transmitido.

Existem vários tipos construtivos de redutores, para varias rotações e faixa de potencia. É possível encontrar sistemas de redução de velocidade em pequenos instrumentos caseiros como também em grandes sistemas de transmissão dentro da industrias, a seguir vemos na Figura 10 um redutor de velocidades com seus elementos principais.

Figura 8: Redutor de Velocidade



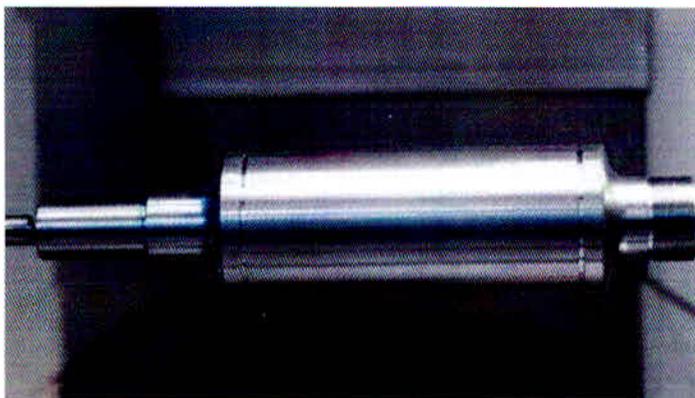
Fonte: SEW do Brasil

4.1 Principais elementos de redutores

4.1.1 Eixos

Os eixos são elementos de máquinas com construção mecânica, que se destinam a suportar outros elementos de máquina (polias, engrenagens, rolamentos, rodas de atrito etc.) com finalidade de transmitir movimentos, segundo (Niemann, 1971), “servem apenas para apoiar peças de máquinas fixas, móveis ou oscilantes, mas não transmitem momento de torção, sendo, portanto, sujeito principalmente a flexão”. De acordo com (Melconian, 2012) os eixos podem ser classificados em dois tipos, sendo os eixos que são os que trabalham fixos, e os eixos árvore são os que trabalham em movimento.

Figura 9: Eixo de redutor

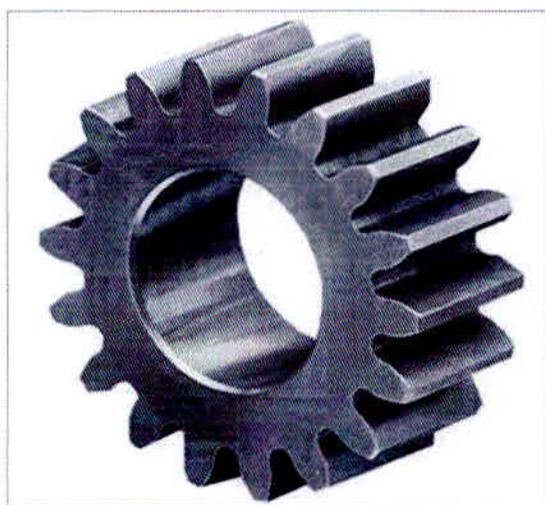


Fonte: Redutores Cestalto

4.1.2 Engrenagem

Denomina-se engrenagem a peça de formato cilíndrico (engrenagem cilíndrica), cônica (engrenagem cônica) ou reta (cremalheira), dotada de dentadura externa ou interna, cuja finalidade é transmitir movimento sem deslizamento e potencia, multiplicando os esforços com a finalidade de gerar trabalho (Melconian, 2012). A finalidade das engrenagens é transmitir o movimento de rotação de um eixo para o outro, modificando a velocidade e permitindo transmitir potencias elevada (Carreteiro e Belmiro, 2006).

Figura 10: Engrenagem cilíndrica

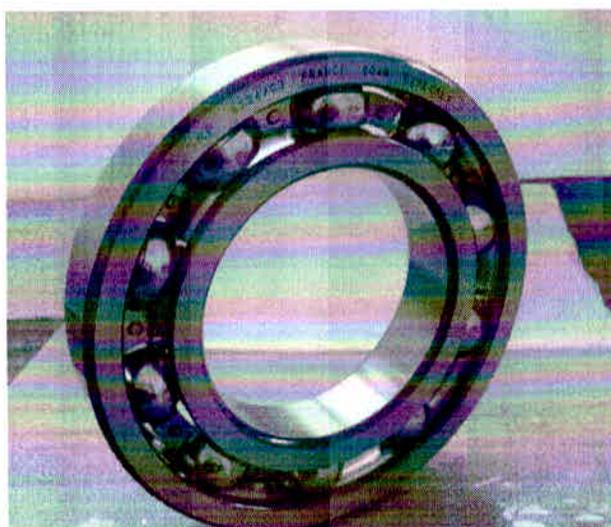


Fonte: Buker Engrenagens

4.1.3 Rolamento

Os rolamentos são geralmente elemento de maquinas que apresentam forma cilíndrica, são vazados em sua parte central visando o acoplamento em um eixo. Possuem principalmente a função de sustentar (apoio) um sistema de transmissão de torque suportando muitas vezes esforços simples ou combinados. Este elemento apresenta uma grande variedade de tamanhos, consequentemente pode ser utilizados em diversos campos de aplicação na área industrial.

Figura 11: Rolamento rígido de esfera



Fonte: NSK

5 PROPOSTA METODOLOGIA

a) Dados necessários para selecionar o redutor:

- ✓ i - Redução
- ✓ P_{ef} - Potencial
- ✓ P_{eq} – Potencia Equivalente
- ✓ M_t – Momento Torçor Nominal
- ✓ M_{t2} – Momento Torçor Efetivo
- ✓ n_1 – Rotação de Entrada
- ✓ n_2 – Rotação de Saída

- ✓ η – Rendimento
- ✓ N – Numero de Partidas por hora
- ✓ V – Fator de Velocidade
- ✓ FS – Fator de Serviço
- ✓ S – Fator de Trabalho / Horas Diárias de Trabalho
- ✓ CV – Cavalo Vapor

b) Dados de projeto do moinho:

- ✓ Motor de 100 cv / IV Polos
- ✓ Potencia Nominal: 100 cv
- ✓ Rotação de entrada: 1750 rpm
- ✓ Rotação de saída: 104 rpm
- ✓ Relação de transmissão: 17
- ✓ Torque: 5 kN x m
- ✓ Potencia consumida: 90 cv

c) Desenvolvimento:

- ✓ Redução: (i)

É a relação entre a rotação de entrada (n_1) e a rotação de saída (n_2), conforme dados de projeto temos a seguinte equação:

$$i = \frac{n_1}{n_2}, \text{ portanto } i = \frac{1750}{104} = i \cong 16$$

Em que:

i = Relação de Transmissão

n_1 = Rotação de Entrada

n_2 = Rotação de Saída

✓ Potencia Efetiva ou consumida: (Pef)

É a potencia de trabalho medida ou calculada na aplicação, conforme dados de projeto temos a seguinte equação:

$$P_{ef} = 90 \text{ cv} \times 736 \text{ w} \cong 66 \text{ kw}$$

✓ Fator de serviço: (FS):

O fator de serviço é o resultado da união de: Choque (Tabela 1), partidas por hora (Tabela 3) e carga horaria de trabalho (Tabela 2). É utilizado para determinar a vida útil do equipamento.

Determina-se o fator de serviço pela multiplicação da Tabela (2) de Classe da Carga em Horas de Trabalho (S), pela Tabela (3) de Números de Partidas por Hora (N). O Fator de Serviço (FS) é um dos mais importantes para a escolha do tamanho do redutor, e este dado tem como base principal o bom senso e a sensibilidade de quem está dimensionando, conforme dados coletados nas tabelas 1, 2 e 3 temos a seguinte equação:

$$FS = S \times N, \text{ portanto } FS = 1 \times 1,50 = FS = 1,50$$

Em que:

FS = Fator de serviço

S = Classe de Carga em Horas de Trabalho

N = Numero de Partidas por Hora

Tabela 1: Classifica a Carga U, M e F

Uniforme (U)	Moderada (M)	Forte (F)
Alimentadores	Afiadores	Aeradores
Agitadores de Líquidos Puros	Agitadores de Densidade Variável	Acionamento de Ponte Rolante e Carga
Alvejadores de Papel	Agitadores de Líquidos + Sólidos	Bomba de poço fundo / petróleo
Bobinador de Papel e Têxtil	Alimentador de Rosca	Britadores de Pedras e Minérios
Bombas Centrifugas e Rotativas	Betoneiras	Cabeçote Rotativo e Peneiras de Dragas
Clarificadores	Bobinadora de Metal / Desbobinadeiras	Compressores Monocilíndricos
Compressores Centrifugos	Bomba - Multi Cilíndrica e Reciproca	Cortador de Chapas de Faca / Papel
Cortadoras de metais	Calandras	Elevador com Carga Pesada
Cozedores	Compressores Multi Cilíndricos	Extrusora
Decantadores	Correias transportadoras	Guinchos com Carga Pesada / Guindastes
Dinamômetros	Cortador de Chapa Rotativo	Mionhos de Bolas, Rolos e Martelos
Dornas ou Cubos de Fermentação	Elevador de Cargas e Cargas	Misturadores de Borracha
Elevador de cargas Uniformes (caçambas)	Escadas rolantes	Moendas / Moinhos
Engarrafadoras	Extrusoras	Picadores / Descascadores
Etiquetadoras	Filtros rotativos e de prensa	Pontes rolantes
Filtros de ar	Guinchos para Cargas Uniformes	Prensas
Geradores	Máquinas de madeiras, massas e têxteis	Rosqueadoras
Máquinas Operatrizes Acionamento auxiliar	Misturador e Preparador de Carne	Serras
Misturadores	Moinhos Cilíndricos	Super Calandras
Roscas com Cargas Uniformes	Roscas de Cargas Pesadas e Intermitentes	Torres de Refrigeração
Transportadores (caçamba, correia, esteira)	Transportadores (caçamba, correia, esteira)	Transformadores Vibratórios
Ventiladores centrifugos	Trefinas	Viradeiras

Fonte: Catalogo Cestalto

Tabela 2: Classifica o numero de partidas por hora

		Nº de Partidas por hora (N)		
Número Arranques	Tipo Carga	Carga Uniforme	Choques Moderados	Choques Fortes
		U	M	F
Até 10		1,00	1,00	1,00
10		1,10	1,15	1,20
20		1,15	1,20	1,25
30		1,20	1,25	1,30
60		1,25	1,30	1,35
120		1,30	1,40	1,45
240		1,40	1,50	1,55

Fonte: Catalogo Cestalto

Tabela 3: Classifica Carga diária de trabalho

Horas Diárias de Trabalho (S)			
Tempo Trabalho \ Tipo Carga	Uniforme U	Moderados M	Fortes F
Até 3h/dia	0,80	1,00	1,50
Até 10h/dia	1,00	1,25	1,75
Acima 10h/dia	1,25	1,50	2,00

Fonte: Catalogo Cestalto

✓ Fator de velocidade: (FV):

Na tabela (4), temos um Fator de Velocidade (V) em função da RPM de entrada do redutor, conforme dados de projeto do motor do moinho, iremos utilizar 1750 RPM, que nos dá um Fator de Velocidade igual a 1, Conforme tabela (4):

1750 rpm, portanto $FV = 1$

Em que:

FV = Fator de Velocidade

1180 RPM = Rotação do motor

Tabela 4: Fator de Velocidade

		RPM na entrada do redutor				
RPM	1750	1450	1150	870	580	100
Fator	1	0,9	0,78	0,63	0,45	0,14

Fonte: Catalogo Cestalto

✓ Potencia Real que o Redutor deve Suportar: (P):

Para seleccionar o redutor usando o Fator de velocidade, temos que achar a potencia real que o redutor deve suportar (P), utilizando a equação abaixo com os dados da tabela (4) e dados de projeto:

$$P = \frac{PN}{FV}, \text{ portanto } P = \frac{100}{1} = P = 100 \text{ cv}$$

Em que:

P = Potencia Real que o motor deve suportar

PN = Potencia Nominal

FV = Fator de Velocidade

- ✓ Escolha do tamanho do redutor:

Devemos ir à Tabela (5) para definirmos o tamanho do redutor, onde na linha de redução nominal devemos seguir a redução desejada, no caso 1/16 e procurar o redutor que suporta 100 CV, conforme dados obtidos:

$i = 16$

$P = 100 \text{ CV}$

Então conforme Tabela 5 o Redutor será:

- ✓ Modelo: CH. 480 D
- ✓ Potencia max. no eixo de entrada: 109 cv
- ✓ Momento de torção na saída: 682,22 Kgf.m
- ✓ Redução Efetiva: 16,24
- ✓ Rotação efetiva no eixo de saída: 107,76 rpm

Tabela 5: Modelo do Redutor



Linha CH - Engs. Helicoidais - Estágio Duplo
Capacidades: 1750 rpm - Dimensões - Formas construtivas



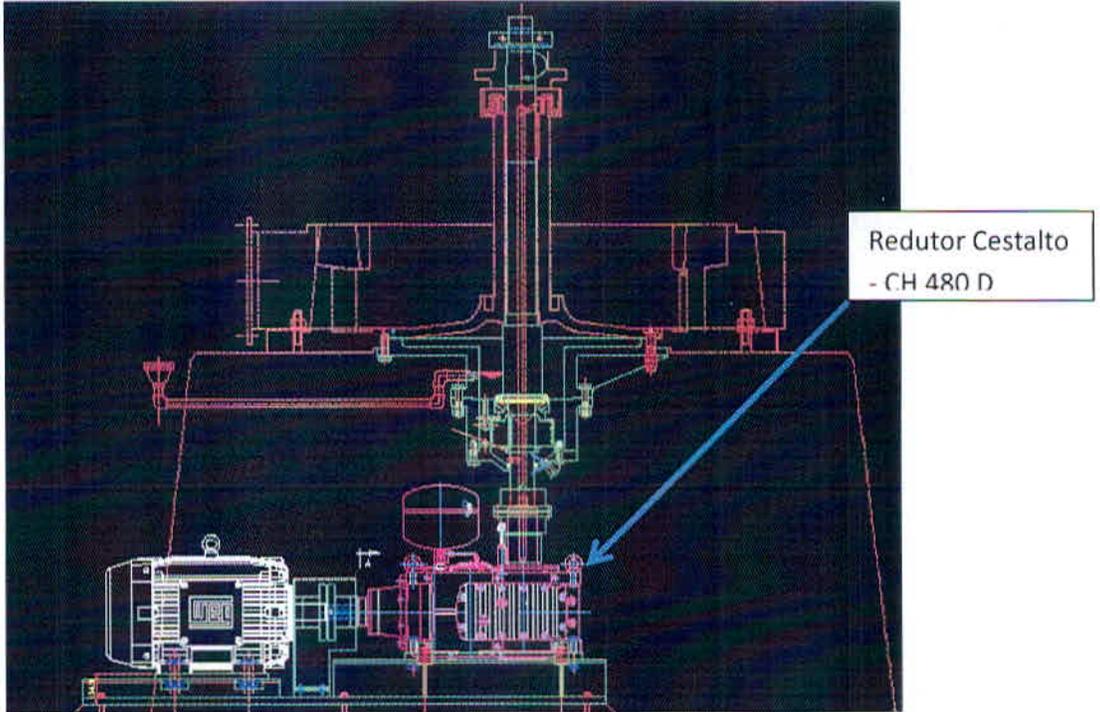
Modelo	Regime de trabalho	Redução Nominal Tabelada - Padrões de Linha																		
		6,3	7,1	8	9	10	11,2	12,5	14	16	18	20	22,4	25	28	31,5	35,5	40	45	
CH-171D	Potência máx. admitida na entrada	CV	13,00	11,00	9,50	8,80	7,80	7,00	6,20	5,50	4,80	4,30	3,90	3,50	3,10	2,80	2,50	2,20	2,00	1,80
	Momento de torção na saída	Kgf.m	33,01	30,75	30,66	30,73	29,51	29,42	30,59	30,79	29,94	29,72	29,95	31,24	30,07	30,12	30,71	30,05	31,28	31,61
	Redução Efetiva	i	6,53	7,19	8,30	9,19	9,73	10,81	12,69	14,40	16,24	17,78	19,75	22,96	24,95	27,67	31,60	35,13	40,22	45,16
	Rotação efetiva no eixo de saída	n2	267,99	243,39	210,84	190,42	179,86	161,89	137,90	121,53	107,76	98,43	88,61	76,22	70,14	63,25	55,38	49,81	43,51	38,75
CH-192D	Potência máx. admitida na entrada	CV	17,00	18,00	14,00	13,00	12,00	11,00	10,00	9,00	8,00	7,00	6,50	5,50	5,00	4,50	3,80	3,50	3,00	2,70
	Momento de torção na saída	Kgf.m	42,63	43,67	44,85	47,14	45,72	47,63	48,74	49,86	48,10	50,53	50,36	48,18	48,56	49,51	48,46	46,57	48,36	48,10
	Redução Efetiva	i	6,45	7,02	8,24	9,23	9,80	11,02	12,47	14,16	16,24	18,56	19,93	22,53	24,98	28,30	31,96	34,22	41,46	45,82
	Rotação efetiva no eixo de saída	n2	271,32	249,29	212,38	189,60	178,57	156,80	140,34	123,59	107,76	94,29	87,81	77,67	70,06	61,84	54,76	51,14	42,21	38,19
CH-215D	Potência máx. admitida na entrada	CV	24,00	22,00	21,00	19,00	18,00	16,00	14,00	13,00	12,00	10,00	9,50	8,50	7,50	6,50	6,00	5,50	4,70	4,10
	Momento de torção na saída	Kgf.m	60,93	61,50	67,77	67,69	68,09	67,24	69,08	72,78	67,77	69,12	72,95	75,88	72,75	69,92	73,72	75,13	73,50	71,99
	Redução Efetiva	i	6,53	7,19	8,30	9,19	9,73	10,81	12,69	14,40	16,24	17,78	19,75	22,96	24,95	27,67	31,60	35,13	40,22	45,16
	Rotação efetiva no eixo de saída	n2	267,99	243,39	210,84	190,42	179,86	161,89	137,90	121,53	107,76	98,43	88,61	76,22	70,14	63,25	55,38	49,81	43,51	38,75
CH-385D	Potência máx. admitida na entrada	CV	118,00	110,00	100,00	90,00	82,00	76,00	70,00	65,00	60,00	54,00	50,00	45,00	40,00	36,00	32,00	28,00	24,00	20,00
	Momento de torção na saída	Kgf.m	295,59	307,50	322,70	321,58	310,20	319,41	345,38	363,90	339,89	373,27	383,92	401,70	388,02	387,26	393,15	382,47	375,30	351,17
	Redução Efetiva	i	6,53	7,19	8,30	9,19	9,73	10,81	12,69	14,40	16,24	17,78	19,75	22,96	24,95	27,67	31,60	35,13	40,22	45,16
	Rotação efetiva no eixo de saída	n2	267,99	243,39	210,84	190,42	179,86	161,89	137,90	121,53	107,76	98,43	88,61	76,22	70,14	63,25	55,38	49,81	43,51	38,75
CH-430D	Potência máx. admitida na entrada	CV	150,00	143,00	139,00	125,00	114,00	102,00	92,00	85,00	78,00	72,00	66,00	60,00	54,00	48,00	42,00	37,00	32,00	28,00
	Momento de torção na saída	Kgf.m	380,83	399,75	448,56	446,64	431,25	428,66	453,92	475,88	432,49	497,69	506,78	535,60	523,82	516,34	516,01	505,41	500,40	491,64
	Redução Efetiva	i	6,53	7,19	8,30	9,19	9,73	10,81	12,69	14,40	16,24	17,78	19,75	22,96	24,95	27,67	31,60	35,13	40,22	45,16
	Rotação efetiva no eixo de saída	n2	267,99	243,39	210,84	190,42	179,86	161,89	137,90	121,53	107,76	98,43	88,61	76,22	70,14	63,25	55,38	49,81	43,51	38,75
CH-480D	Potência máx. admitida na entrada	CV	252,00	237,00	209,00	194,00	169,00	158,00	138,00	120,00	109,00	99,00	92,00	87,00	75,00	66,00	59,00	51,00	45,00	40,00
	Momento de torção na saída	Kgf.m	639,79	662,53	674,45	693,18	639,31	664,04	685,82	671,82	688,22	684,33	706,42	776,62	727,53	709,97	724,86	696,65	703,69	702,34
	Redução Efetiva	i	6,53	7,19	8,30	9,19	9,73	10,81	12,69	14,40	16,24	17,78	19,75	22,96	24,95	27,67	31,60	35,13	40,22	45,16
	Rotação efetiva no eixo de saída	n2	267,99	243,39	210,84	190,42	179,86	161,89	137,90	121,53	107,76	98,43	88,61	76,22	70,14	63,25	55,38	49,81	43,51	38,75

Fonte: Catálogo Redutores Cestalto

6 Comparativo dos acionamentos:

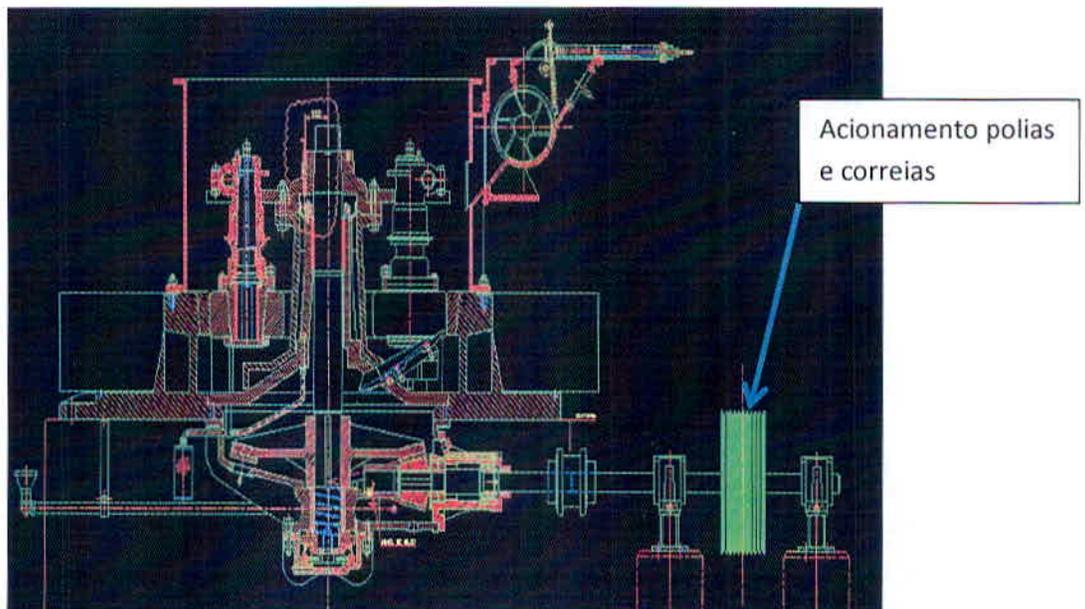
6.1 Desenho em Auto Cad dos Acionamentos:

Figura 12: Desenho de conjunto do moinho com Redutor



Fonte: Boiler & Mill

Figura 13: Desenho do acionamento Atual



Fonte: Boiler & Mill

6.2. Sistema de Transmissão atual / Sistema de transmissão por redutor

O processo de transmissão dos moinhos Raymond é realizado através de rotação entre dois eixos(arvore) paralelos, com transmissão por correias e polias. Contendo as seguintes vantagens e desvantagens em relação a transmissão por redutor:

6.2.1 Vantagens:

- ✓ Não necessita de refrigeração
- ✓ Baixo nível de vazamento de óleo
- ✓ Absorve pequenos erros de desalinhamento
- ✓ Baixas temperaturas de trabalho

6.2.2 Desvantagens:

- ✓ Histórico alto de parada para correção na transmissão
- ✓ Durabilidade baixa das correias
- ✓ Deficiência na vedação entre a câmara de moagem e a caixa de engrenagem onde são localizadas a coroa e o pinhão do sistema misto, ocorrendo assim contaminação por rocha nas engrenagens.
- ✓ Sistema misto complexo no que diz respeito à manutenção e fabricação das engrenagens, devido as suas dimensões elevada.
- ✓ Muitas peças que compõe a transmissão e custo elevado na aquisição da coroa e pinhão que desgastam com bastante frequência.
- ✓ Geralmente não são peças de prateleira e são poucos fornecedores no mercado.
- ✓ Para substituição das engrenagens e necessário a desmontagem do moinho completo, com tempo de parada de cinco dias.
- ✓ Espaço para instalação da transmissão correias e polias consideradas grandes.

7 CONCLUSÃO

A engenharia é caracterizada pela existência de um problema ou modificação a ser resolvido, nascendo de uma ideia, de um desejo, de uma necessidade. Primeiramente conhecem-se o fim a atingir, um desejo a satisfazer, uma necessidade a realizar, então a mente humana é desafiada formulando vagamente um problema.

Problema este que resulta na modificação do processo de transmissão atual que é realizado por correias e polias pelo processo de caixa de redução, que permitem grandes reduções sem a utilização de polias de grande diâmetro, concluindo a possibilidade de se modificar o processo de transmissão reduzindo a área de instalação, o custo de produção e manutenção e comprovando através dos seus benefícios e dimensionando o dispositivo adequado, que visa a diminuição de vibração e ruídos, fornecendo uma transmissão de potência mais homogênea.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

BERALDO, J. L. Pires e. **Elementos de Máquinas**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois, 1980.

CHIEREGATI, A. C. **Novo método de caracterizar tecnológica para cominuição de Minérios**. Dissertação (Mestrado). Escola politécnica universidade de São Paulo. São Paulo/SP, 2001.

GALERY, R. **Fragmentação de Minérios: Primeira Parte**. Belo Horizonte: UFMG, 2011, p.23.

VALADÃO, G. E. S.; ARAUJO, A. C. **Introdução ao Tratamento de Minérios**. 1ª Edição. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007. p.234.

VARETA, J. **Crítérios de Seleção de Britadores Aplicados ao Processo Mineral**. Ln: XXIV ENTMME, Salvador, 2011. p.384-391.

FIGUEIRA, H. V. O.; ALMEIDA, S. L. M.; LUZ, A. B. **Cominuição**. In: LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. **Tratamento de minérios**. 4ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM-CNPq-MCT, 2004. Capítulo 4, páginas 113-194.

CARRETEIRO, Ronald P.; BELMIRO, Pedro Nelson A. **Lubrificantes e Lubrificação Industrial**. Rio de Janeiro: Interciência: IBP, 2006.

CUNHA, Lamartine Bezerra da. **Elementos de Máquinas**. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

EBAH. **Trabalho redutores de velocidade e cabos**. Disponível em:<
<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAASZMAC/trabalho-redutores-velocidade-cabos>>.
Acesso em: 07 nov. 2013.

MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de Máquinas**. 10. Ed. Revisada. São Paulo: Érica, 2012.

MOVENTAS. **Manual do fabricante do redutor**. 2005.

NIEMANN, Gustav. **Elementos de Máquinas**. São Paulo: Blucher, 1971.

METSO PAPER. **Manual do fabricante do desagregador**. 2005.

CATÁLOGO DE REDUTORES CESTALTO: Disponível em: www.cestalto.com.br.
Acesso em 11 de julho de 2015.

BRAGA, P. F. A. **Operação de Moinho Vibratório Palla 20U**. In: SAMPAIO, J. A.; FRANÇA, S. C. A.; BRAGA, P. F. A. **Tratamento de minérios: Práticas Laboratoriais**. Rio de Janeiro: CETEM, 2007. Capítulo 12, páginas 221-233.

THYSSENKRUPP. **Catálogo ThyssenKrupp Roll Sizer**. Ennigerloh, 2006. p.8.