

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

PEDRO EUSTÁQUIO DOS SANTOS

**SELEÇÃO DE MOTO BOMBA PARA MINERAÇÃO DE PEQUENO
PORTE**

Cornélio Procópio – PR

2014

PEDRO EUSTÁQUIO DOS SANTOS

**SELEÇÃO DE MOTO BOMBA PARA MINERAÇÃO DE PEQUENO
PORTE**

Pré-projeto apresentado na Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso como requisito básico para a apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso da Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof.Me Luiz Otávio Correa

Cornélio Procópio – PR

2014

TERMO DE APROVAÇÃO

SELEÇÃO DE MOTO BOMBA PARA MINERAÇÃO DE PEQUENO PORTE

por

Pedro Eustáquio dos Santos

Esta monografia foi apresentada às 14:00 horas do 26/11/2014 como requisito parcial para a obtenção do título de GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após a deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr. Carlos Elias da Silva Junior
UTFPR

Prof. Dr. Marcos Antonio de Souza Lourenço
UTFPR

Prof. Me. Luiz Otávio Correa
Orientador

Prof^a. Liliane Mantovani Lopes
Co-Orientador

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

RESUMO

SANTOS, Pedro Eustáquio dos. **Seleção de uma Moto Bomba para Mineração de Pequeno Porte**. 2014. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2014.

O presente trabalho visou facilitar a seleção de moto bombas para mineração de pequeno porte. Para esta finalidade, discute-se os conceitos de geologia e de perda de carga, realiza-se cálculos em diâmetros diferenciados de acordo com a necessidade do usuário. O estudo de condições geológicas das minerações permite separar cada tipo de moto bomba com a sua aplicação, utilizando a tabela da empresa *Multiquip* para poder diferenciar os tipos de moto bombas. As pesquisas bibliográficas foram baseadas em conceitos de geologia e moto bombas. Os cálculos utilizados foram para a obtenção da altura manométrica, possibilitando encontrar a vazão do equipamento nos catálogos de fabricantes. Como resultado, elabora-se um programa feito na planilha Excel visando a facilidade de manuseio e entendimento do usuário.

Palavras-chave: Geologia. Perda de carga. Mineração de pequeno porte.

ABSTRACT

SANTOS, Pedro Eustáquio dos. **Selecting a Pump for small scale mine.** 2014 64 f. Completion of course work - Degree in Mechanical Engineering, Federal Technological University of Paraná. Cornélio Procópio, 2014.

Abstract: This work aims at facilitating the selection of pumps to small mining. For this purpose, is discussed the concepts of geology and lod loss, make calculations in different diameters according to the user need. The study of geological conditions of mining allows to separate each type of pump with its application, using the table of the *Multiquip* company to be able to differentiate types of pumps. The literature research based on concepts of geology and pumps. the calculations were used to obtain the gauge height, enabling to find the flow of the equipment in the catalogs of manufacturers. As a result, is elaborated a program made in Excel spreadsheet to ease the handling and user understanding.

Keywords: Geology. Loss of load. Small mining.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CAMINHÃO ATOLADO	10
FIGURA 2 - FRENTE DE LAVRA INUNDADA.....	11
FIGURA 3 - EXTRAÇÃO DE MÁRMORE.....	15
FIGURA 4 - EXTRAÇÃO DE ARDÓSIA.	16
FIGURA 5 - PICO DE ITABIRITO, EXTRAÇÃO DE FERRO.	16
FIGURA 6 - EXTRAÇÃO DE GNAISSES.	17
FIGURA 7 - EXTRAÇÃO DE CONGLOMERADO.	17
FIGURA 8 - EXTRAÇÃO DE AREIA.	18
FIGURA 9 - EXTRAÇÃO DE XISTO BETUMINOSO.	18
FIGURA 10 - EXTRAÇÃO DE CALCÁRIO DOLOMITICO.	19
FIGURA 11 - EXTRAÇÃO DE GIPSITA.	19
FIGURA 12 - EXTRAÇÃO DE KIMBERLITO.	20
FIGURA 13 – EXTRAÇÃO DE BASALTO	20
FIGURA 14 - DIAGRAMA DE MOODY	25
FIGURA 15 - FLUXOGRAMA PARA SELEÇÃO DE UMA MOTO BOMBA PARA MINERAÇÃO.....	29
FIGURA 16 - PEDIDO DE COTAÇÃO	32
FIGURA 17 - DADOS DO USUÁRIO	35
FIGURA 18 - RESULTADO FINAL DOS CÁLCULOS.....	37
FIGURA 19 - INDICAÇÃO DO TIPO DE MOTO BOMBA.....	37
FIGURA 20 - COMPARAÇÃO ENTRE CATÁLOGOS 1.....	38
FIGURA 21 - COMPARAÇÃO ENTRE CATÁLOGOS 2.....	38
FIGURA 22 - COMPARAÇÃO ENTRE CATÁLOGOS 3.....	39
FIGURA 23 - PLANEJAMENTO DA MINA.....	40

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – SELEÇÃO DE MOTO BOMBA PARA CONDIÇÕES TÍPICAS DA MULTIQUIP	21
TABELA 2 - VALORES DO COEFICIENTE C.....	27

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – QUANTO À ALTURA MANOMÉTRICA:	21
QUADRO 2 – QUANTO À VAZÃO DE RECALQUE:	21
QUADRO 3 – VALORES DA CARGA HIDRÁULICA DE ACORDO COM A TEMPERATURA:	28
QUADRO 4 – PERDA DE CARGA LOCALIZADAS:	31
QUADRO 5 – VISCOSIDADE CINEMÁTICA DA ÁGUA:	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 JUSTIFICATIVA	10
1.2 OBJETIVOS	11
1.2.1 FINALIDADE DO TRABALHO	11
1.2.2 ESTABELECENDO CRITÉRIOS	12
2 PROBLEMA NA MINERAÇÃO DE PEQUENO PORTE	13
3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA	14
3.1 MINERAÇÃO EM GERAL.....	14
3.2 MINAS DE PEQUENO PORTE.....	14
3.3 TIPOS DE MOTO-BOMBAS	20
3.4 PARAMETROS DE ESCOLHA.....	22
3.5 FERRAMENTA DE CONSULTA	28
4 MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 MÉTODO	30
4.1.1 SELEÇÃO DO TIPO DE MOTO-BOMBA	30
4.1.2 CÁLCULOS	30
4.1.3 COMPARAÇÕES	32
4.1.4 COTAÇÕES	32
4.2 MATERIAIS	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
6 RESULTADOS OBTIDOS	36
6 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42
GLOSSÁRIO	46
APÊNDICE	47
ANEXOS	54

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, é comum ouvir alguém dizer que obtêm a necessidade de se bombear água de um buraco ou vala, nisto utilizam-se as moto-bombas. Porém a maior dificuldade encontrada com este equipamento é enfrentar a barreira que a natureza fornece. A seleção de uma moto-bomba em mineração pode ser importante para que a empresa tenha um equipamento que forneça um desempenho adequado. Sua escolha deve ser criteriosa para que os rendimentos dentro da mina estejam dentro dos padrões desejados, ou seja, uma mina não planejada em termos de drenagem, poderá apresentar prejuízos em sua produção.

No contexto da mineração, a água proveniente da chuva e dos lençóis freáticos sempre flui pelo caminho mais fácil e se acumula no fim da cava. Este acúmulo é prejudicial na operação dos equipamentos como escavadeiras e caminhões, obtendo uma baixa na produção, causando desgaste repentino por estarem trabalhando em ambientes alagados, exigindo manutenções corretivas.

Na etapa de seleção de uma moto-bomba são analisados parâmetros como altura (altura de deslocamento do fluido), altitude (altura em comparação como nível do mar), temperatura do fluido, vazão requerida e perdas de cargas. Entretanto o parâmetro referente à condição geológica não é analisado. Neste estudo será feita a análise do tipo de moto-bomba para cada tipo de mineração de pequeno porte, considerando a geologia da mina e qual tipo de lavra será feita.

Na construção deste trabalho será utilizada a planilha Excel, que é de fácil manuseio e é geralmente aplicada nas empresas, como afirma Afrânio et al. apud Sebrae (2003),

[...] a informatização nas pequenas empresas do estado de São Paulo, a planilha eletrônica, sobretudo o Microsoft Excel (Excel), tem um grau de utilização na ordem de 70% entre os softwares mais utilizados por estas empresas, estando na frente inclusive de sistemas de gestão empresarial.

1.1 JUSTIFICATIVA

As empresas de mineração de pequeno porte realizam poucas pesquisas relacionadas com os aspectos técnicos na seleção de uma moto-bomba, por disporem de poucos funcionários qualificados na área, levando à geração de gastos desnecessários na compra de um equipamento que não seja eficiente.

Um sistema de drenagem mal planejado faz com que determinadas áreas da produção fiquem inundadas, a frente de produção pare e os colaboradores fiquem sem serviço. Isto resulta em um grande prejuízo para a empresa em toda a parte operacional e até em atraso de pedidos para seus clientes.

Caso a frente de serviço esteja executada em condições de pouca água, os equipamentos podem ser prejudicados e chegam a perder rendimento nas operações, o que requer manutenções corretivas. A Figura 1 mostra um equipamento atolado em uma frente de lavra em condição de pouca água:



Figura 1 - Caminhão atolado.
Fonte: Próprio Autor.

A Figura 2 mostra uma frente de lavra em condições de alagamento em uma mineração de xisto:



Figura 2 - Frente de lavra inundada.
Fonte: Próprio Autor.

1.2 OBJETIVOS

A seguir são mostradas a finalidades e os critérios empregados para execução deste trabalho.

1.2.1 Finalidade do Trabalho

Desenvolver uma ferramenta para a seleção de moto-bomba para mineração de pequeno porte, utilizando a plataforma Microsoft Excel para facilitar a seleção de uma moto-bomba para empresas de mineração de pequeno porte, para diminuir o tempo na sua escolha, fornecendo cálculos necessários e o tipo de moto-bomba a utilizar.

1.2.2 Estabelecendo Critérios

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Relacionar cada tipo de rocha com sua morfologia mineral;
- Elaborar uma planilha didática no software Microsoft Excel de fácil seleção do equipamento moto-bomba para mineração de pequeno porte;
- Fazer *hiperlink*¹ no Excel para exemplificar ao leitor o tipo de rocha necessário para seu objetivo.

A ferramenta Excel é apropriada por ser simples e de fácil manuseio, ela é a "melhor plataforma eletrônica para criação de planilhas para realização de dados e cálculos sendo a mais utilizada hoje em dia pelas empresas" (LUIZ, 2004, p. 3).

¹ Ferramenta disponível no programa Excel que permite a criação de documentos e arquivos

2 PROBLEMA NA MINERAÇÃO DE PEQUENO PORTE

Um dos problemas encontrados é a falta de trabalhos publicados que tratam da seleção de moto-bombas para mineração de pequeno porte. Isso pode ser relacionado com a pouca formação do profissional no mercado atual nesta área, sendo que maior parte das pesquisas foi retirada de citações sobre artigos que falavam sobre irrigações e moto-bombas.

Devido à escassez de profissionais formados na área de mineração, e pela alta demanda de serviço, o salário deste profissional pode aumentar em até dez vezes, e este setor deve gerar aproximadamente cento e cinquenta mil vagas de emprego até 2015 (ALMEIDA,2012).

Em outra situação, a empresa de mineração de pequeno porte que não faz busca de um equipamento moto-bomba adequadamente, na maioria das vezes permite que o próprio fornecedor leve um equipamento para fazer o serviço corretamente. Consequentemente, o fornecedor passa a vender o seu produto, que nem sempre é o mais adequado às condições geológicas da mineração.

A produtividade em uma mineração depende da frente de lavra, a qual não pode ficar inundada para que os colaboradores da empresa não fiquem parados, pois a parada do maquinário e do próprio colaborador podem trazer grandes prejuízos para a empresa mineradora.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Há vários tipos de minerações com necessidades específicas de drenagem. A seleção de uma moto-bomba pode trazer para a empresa mineradora uma redução de tempo na escolha do equipamento. Em cada tipo de mineração existe uma geologia diferente, fator decisivo na escolha dos tipos de moto-bombas adequadas, buscando um rendimento na drenagem.

3.1 MINERAÇÃO EM GERAL

Em um estudo minucioso sobre a drenagem leva-se em conta a morfologia mineral, e a origem da rocha. Além disso, deve ser analisado em qual tipo de mineração está sendo feita a drenagem, para saber qual granulometria é extraída da rocha. Por exemplo o mármore e a ardósia, que não necessitam de um desmonte de rocha para se obter fragmentos pequenos. Numa mineração de Hematita, este processo é necessário.

3.2 MINAS DE PEQUENO PORTE

A divisão do porte das empresas de mineração não é bem definida, sendo classificadas empiricamente, na qual as minerações de pequeno porte produzem 3000 mil toneladas de rocha por dia (KRUGER, 1998).

Uma empresa de mineração de pequeno porte se encaixa em vários tipos de lavra a céu aberto, ressaltando que um caminhão pode transportar aproximadamente 40 toneladas. Nisto cinco caminhões podem fazer um transporte de 3000 mil toneladas diárias, trabalhando em quatros turnos.

Este trabalho, são apresentados alguns exemplos de rochas exploradas em mineração de pequeno porte, a saber: Mármore, ardósia, itabirito, gnaisses, conglomerado, areia, xisto, calcário, gipsita, kimberlito e basalto. Em seguida apresenta-se uma breve descrição de cada uma delas e seus principais constituintes.

Mármore - rocha metamórfica bastante utilizada como rocha ornamental para construção civil, da qual se obtém variedade de cores. Seus minerais essenciais são a calcita e dolomita (MUSEU, 2014).

A Figura 3 apresenta a extração da rocha mármore:



Figura 3 - Extração de mármore.
Fonte: (EXTRAÇÃO, 2014).

Ardósia - rocha metamórfica utilizada como ornamental em indústrias civis para pisos, os minerais essenciais são a sericita, a clorita e o quartzo (MUSEU, 2014).

A Figura 4 apresenta a extração da rocha ardósia:



Figura 4 - Extração de ardósia.
Fonte: (MPM, 2014).

Itabirito – rocha metamórfica constituída de minério de ferro, sendo seus minerais principais a hematita, a magnetita e o quartzo (MUSEU, 2014).

A Figura 5 apresenta a extração da rocha itabirito:



Figura 5 - Pico de Itabirito, extração de ferro.
Fonte: (JUSTIÇA, 2014).

Gnaisses - rocha metamórfica utilizada em construção civil como calçamento, brita e outros. Seus principais constituintes são feldspatos e quartzo (MUSEU, 2014).

A Figura 6 apresenta a extração da rocha gnaisses:



Figura 6 - Extração de gnaisses.
Fonte: (MECANORTE, 2014).

Conglomerado – Rocha sedimentar extraída para lavra de ouro e diamantes. Seus Minerais principais são fragmentos de rocha maiores que 2 mm (milímetros) (MUSEU, 2014).

A Figura 7 apresenta a extração de conglomerado:



Figura 7 - Extração de Conglomerado.
Fonte: (HYPE,2014).

Arenito – rocha sedimentar geralmente extraída para construção civil como, por exemplo areia. Seu mineral principal provém de quartzo e feldspatos (MUSEU, 2014).

A Figura 8 apresenta a extração de arenito:



Figura 8 - Extração de areia.
Fonte: Domingues (2007).

Xisto Betuminoso – rocha sedimentar extraída para indústria de petróleo.
Mineral principal é folhelho e calcário (MUSEU, 2014).

A Figura 9 apresenta a extração de xisto betuminoso:



Figura 9 - Extração de xisto betuminoso.
Fonte: Próprio Autor.

Calcário – rocha sedimentar extraída para indústria de cimento, sendo o mineral principal a calcita (MUSEU, 2014).

A Figura 10 apresenta a extração de calcário:



Figura 10 - Extração de calcário dolomítico.
Fonte: Próprio Autor.

Gipsita - Rocha sedimentar usada na fabricação de ácido sulfúrico, cerveja, moldes para fundição, giz, vidros, esmaltes, gesso, como desidratante, aglutinante, corretivo de solo e na metalurgia. Seus minerais principais são: folhelhos e calcário (MUSEU, 2014).

A Figura 11 apresenta a extração de gipsita:



Figura 11 - Extração de gipsita.
Fonte: (HYPE, 2014).

Kimberlito – Rocha magmática extraída para lavra de diamantes. Seus minerais principais são: olvína e piroxênios (MUSEU, 2014).

A Figura 12 apresenta a extração de kimberlito:



Figura 12 - Extração de kimbelitos.
Fonte: (Cidade, 2014).

Basalto – Rocha magmática utilizada para agricultura. Seus minerais principais são: quartzo e o feldspato potássico (MUSEU, 2014).

A Figura 13 apresenta a extração de basalto:



Figura 13 – Extração de basalto.
Fonte: (MGA, 2014).

3.3 TIPOS DE MOTO-BOMBAS

Existe uma variedade de tipos de moto-bombas comercializadas ou alugadas. Atualmente, as empresas determinam o melhor equipamento em termos de economia e eficiência, para poder fazer o serviço adequado em cada situação. Na seleção de uma moto-bomba, é esperado que o equipamento tenha um bom desempenho para retirar com rapidez o volume de fluido, e que o equipamento apresente poucas falhas e um custo razoável. De acordo com Denículi (2001), as bombas hidráulicas são máquinas que recebem trabalho mecânico e o transforma em energia hidráulica, fornecendo energia ao líquido. As bombas hidráulicas são classificadas em:

a) Bombas de deslocamento positivo - Possuem uma ou mais câmaras com um propulsor que gera energia de pressão no fluido provocando o escoamento. São separadas em bombas rotativas ou alternativas: as bombas alternativas são aplicadas em situações que necessitam uma baixa vazão; já as bombas rotativas são aplicadas em situações de alta vazão.

b) Turbo bombas – O escoamento é produzido pela força desenvolvida na massa líquida. A classificação das turbo bombas é medida entre a vazão e a altura de deslocamento, como mostrado no Quadro 1 e Quadro 2.

Pressão	Altura Manométrica
Pressão baixa	$H < 15 \text{ m}$
Pressão média	$15 < H < 50 \text{ m}$
Pressão alta	$H > 50 \text{ m}$

Quadro 1 – Quanto à altura manométrica:

Fonte: Adaptado de Macintyre (1997)

Vazão	
Vazão média	$50 < Q < 500 \text{ m}^3/\text{h}$
Vazão alta	$Q > 500 \text{ m}^3/\text{h}$

Quadro 2 – Quanto à vazão de recalque:

Fonte: Adaptado de Macintyre (1997)

As bombas centrífugas padrão têm uma vantagem sobre outras bombas em relação ao baixo custo comercial, já as bombas centrífugas para sólidos em suspensão têm a vantagem de operar com grandes quantidades de sólidos, e serem a escolha preferida dos empreiteiros e da indústria de aluguel (Multiquip,2001).

As bombas de diafragma não correm risco de se danificarem quando operam á seco por longos período de tempo. A bomba submersível têm vantagem de ser capaz de trabalhar no suprimento da água (Multiquip,2001).

3.4 PARAMETRO DE ESCOLHA

Alguns parâmetros são úteis na escolha de uma moto-bomba, um parâmetro como a altitude em que será executada a operação, pois isto pode afetar o desempenho da moto-bomba, sendo usada para calcular a carga hidráulica correspondente na atmosfera deste equipamento. Entretanto a seleção de uma moto-bomba leva em consideração o tipo de aplicação a ser executada, podendo ser distinguida em bomba centrífuga normal, bomba centrífuga para sólidos em suspensão, bomba diafragma ou bomba submersível. Contudo o manual da empresa *Multiquip*² fornece dados importantes para a seleção de uma moto-bomba em uma mineração de pequeno porte, simplificando as aplicações com a utilização da Tabela 1:

Tabela 1 – Seleção de Moto-bomba para condições típicas da MULTIQIP

APLICAÇÃO	CENTRÍFUGA PADRÃO	DIAFRAGMA	SÓLIDOS EM SUSPENSÃO	SUBMERSÍVEL
Água limpa	X			X
Água Suja	X	X	X	
Água Barrenta	X	X	X	X
Água com Silte	X	X	X	
Alto teor de Sólidos		X	X	

Fonte: Catálogo da MULTIQIP (2001).

A seleção deste catálogo para este trabalho justifica-se pelo fato de que outros catálogos não exemplificam a escolha de moto-bomba para certas aplicações. A aplicação da moto-bomba será em água limpa, água suja, água barrenta, água com silte e água com alto teor de sólidos. Portanto a Tabela 1 é muito importante neste

trabalho para a escolha do tipo de moto-bomba a ser utilizada em determinadas situações numa mineração de pequeno porte.

Delly et al. (2010, p. 13), no artigo sobre irrigação descreve que

Os fatores técnicos de dimensionamento da potência de bombas e motores para sistemas de bombeamento de água são dependentes da altura manométrica, da vazão e do rendimento da bomba do motor.

A altura manométrica é um parâmetro muito importante na escolha do equipamento, é necessário determinar o seu valor para selecionar um equipamento em catálogos. Um estudo Realizado por Macintyre (1997), aponta que “a válvula-de-pé é suscetível ao mau funcionamento, limitando a confiança do sistema, ainda mais em caso de automação”. Isso implica na utilização da válvula-de-pé na moto-bomba centrífuga para obter uma maior confiança, e ter uma válvula de retenção para reter o fluido ao desligar o equipamento para não afetar o rendimento nos próximos trabalhos.

Betini et al. (2008) afirma que:

Apesar de a válvula-de-pé existir em muitas instalações, ela aumenta acentuadamente a perda de carga na sucção, possui custo considerável, necessita de limpeza frequente, devido ao seu desgaste ou mau funcionamento, oriundos de partículas contidas na água.

Este estudo considera as perdas de carga na escolha do equipamento adequado. Para determinar dados sobre sua produção, deve-se observar em qual tipo de mineração está sendo aplicada a moto-bomba, pois em moto-bomba submersível não é utilizada válvula de pé. Conforme citado pelos autores Dias et al. (2004) no artigo sobre Tubulações em Sistemas de Recalque, "velocidades altas possibilitam o uso de diâmetros menores, de custo menor, mas que resultam em perdas de carga mais elevadas e, conseqüentemente, exigem maior gasto com conjunto moto-bomba e com o consumo de energia".

De acordo com Teixeira (1973), algumas condições diminuem o rendimento das bombas:

Alterações na natureza da água podem causar modificações no desempenho das bombas, sendo, portanto, de fundamental importância o conhecimento das novas curvas de desempenho dessas bombas, para que o seu uso possa ser feito dentro de condições ideais de funcionamento.

Este estudo trata da seleção de moto-bomba para mineração de pequeno porte, considera a geologia da mineração para fazer uma escolha entre bombas centrífugas padrão, centrífugas para sólidos em suspensão, diafragma e submersas.

Segundo Dias et al. apud Robaina (1997), "o recalque com velocidades baixas, resulta em diâmetros relativamente grandes, implicando num custo elevado para as tubulações e em menores gastos com energia consumida e com o conjunto moto-bomba". Este é um fator que deve ser analisado pelas empresas, pois o custo também é um fator de escolha. Neste trabalho, não será feita análise de custo das moto-bombas. Ao contrário, este trabalho tem foco na criação de uma plataforma didática para seleção de moto-bombas em que o fator mais importante é o tempo de deslocamento do fluido.

Para se obter resultados necessários para a seleção da moto-bomba, utiliza-se fórmulas específicas, dando como resultado a altura manométrica e o NPSHd (Net Positive Suction Head available)³. A primeira fórmula utilizada é do número de Reynolds (Re), um adimensional usado para calcular o regime de escoamento, conforme a equação 1:

$$(Re=VD/\nu) \quad (1)$$

Em que :

V - velocidade média (m/s)

D - diâmetro interno da tubulação (m)²

ν - viscosidade cinemática (m²/s)

O coeficiente de atrito (f) é um adimensional que pode ser encontrado pela expressão aproximada de moody, mostrada na equação 2:

$$f = 0,0055x[1+(20000(e/D) + 10^3/Re)^{1/3}] \quad (2)$$

Em que:

e - rugosidade absoluta (m)

D- diâmetro interno (m)

² Termo inglês que significa altura livre de sucção, usado para determinar se haverá cavitação.

Re - número de Reynolds (adimensional)

O coeficiente de atrito (f) também pode ser retirado pelo diagrama de Moody mostrada na Figura 14.

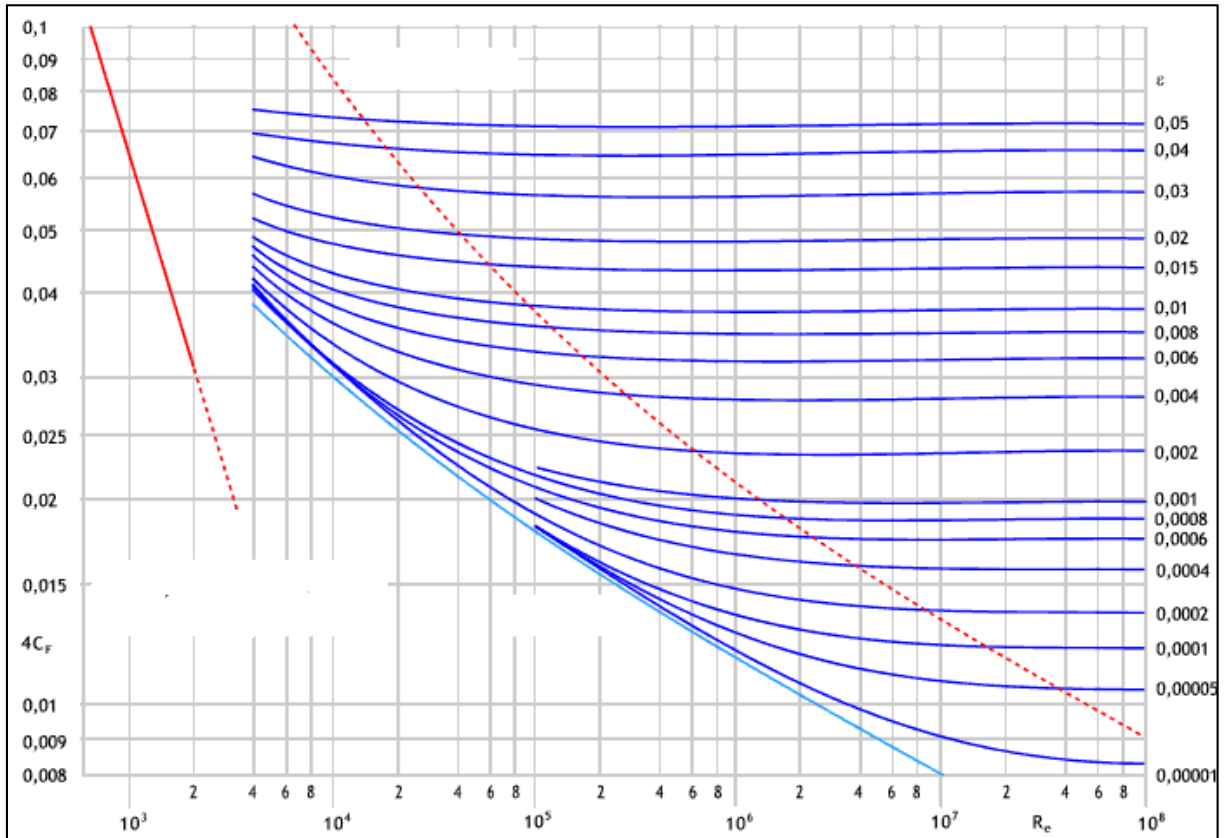


Figura 14 - Diagrama de Moody.
 Fonte: Adaptado de Macintyre (1997).

A perda de carga unitária (J) de sucção ou de aspiração utiliza a equação de Darcy-Weisbach como mostra a equação 3:

$$J = fV^2L/2gD \quad (3)$$

Em que:

f - coeficiente de atrito (adimensional)

V - velocidade do escoamento (m/s)

g - aceleração da gravidade (m/s²)

D - diâmetro interno da tubulação (m)

L - comprimento da tubulação (m)

A altura manométrica (H_{man}) mostrada na equação 4 é de muita importância para a escolha da moto-bomba nos catálogos.

$$H_{man} = h_a + h_r + J_a + J_r + J_{veloc} \quad (4)$$

Em que:

h_a - altura de aspiração (m)

h_r - altura de recalque (m)

J_a - perda de carga unitária de aspiração (m)

J_r - perda de carga unitária de recalque (m)

J_{veloc} - perda de carga unitária de velocidade (m)

A fórmula de Hazen-Williams da perda de carga unitária é uma relação empírica relacionada ao fluxo de água em um tubo com as propriedades físicas do tubo e a queda de pressão, usado para encontrar o NPSHd (Net Positive Suction Head Available). Segundo Bernardo (1995), a fórmula é recomendada para água à temperatura ambiente e para um diâmetro igual ou superior a 50mm, e se expressa pela equação 5.

$$J = Q^{1,85} / (0,094C^{1,85}D^{4,87}) \quad (5)$$

Em que:

J - perda de carga unitária (adimensional) [m/m]

D - diâmetro da tubulação (m)

Q - vazão (m^3/s)

C - coeficiente relativo á natureza da parede do tubo.

A Tabela 2 mostra os valores do coeficiente C para os principais materiais utilizados na condução de água.

Tabela 2 – Valores do coeficiente C

Aço galvanizado novo	125
Aço soldado novo	120
Aço soldado em uso	90
Cimento- amianto	140
Ferro fundido novos	130
Ferro fundido em uso	90
Concreto acabamento bom	130
Plástico	140

Fonte: Azevedo Netto,1988.

NPSH (Net Positive Suction Head) é a diferença entre a pressão atual de um líquido na tubulação e a pressão de vapor a uma dada temperatura. O fator importante deste cálculo é justamente a determinação da cavitação no sistema de drenagem. Para que isso não ocorra o NPSHd deve ser maior que *NPSHr* (*Net Positive Suction Head required*)⁴. A equação do NPSHd, conforme mostrado na equação 6 é :

$$\text{NPSHd} = h_{\text{atm}} - h_{\text{fs}} - H_{\text{gs}} - h_{\text{v}} \quad (6)$$

Em que:

h_{atm} - carga hidráulica (m)

h_{fs} - perda de carga na tubulação (m)

H_{gs} - altura geométrica de sucção (m)

h_{v} - carga hidráulica correspondente a pressão de vapor do líquido (m)

A carga hidráulica correspondente á pressão de vapor da água (h_{v}) conforme mostrado no Quadro 3.

TEMPERATURA(°C)	PRESSÃO DE VAPOR (mca)
15	0,17
20	0,25
25	0,33
30	0,44
40	0,76
50	1,26
60	2,03

**Quadro 3 - Valores da carga hidráulica de acordo com a temperatura.
Fonte: Macintyre (1997).**

3.5 FERRAMENTAS DE CONSULTA

Atualmente as ferramentas usadas para consulta para seleção de moto-bombas são os catálogos de fabricantes. Alguns catálogos não exemplificam a escolha do equipamento, exigindo do cliente algum conhecimento sobre moto-bomba.

Contudo, o catálogo não deve ser a única fonte de pesquisa para selecionar um equipamento moto-bomba, pois as minerações não são todas iguais. Cada uma tem uma geologia diferente. Cada tipo de moto-bomba tem uma determinada aplicação, como mostra a Tabela 1.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

No desenvolvimento deste trabalho foram seguidas três etapas. A primeira etapa foi a coleta de dados sobre a geologia de cada lavra da mineração, separando seu tipo de transformação geológica, sendo rochas, metamórfica ou sedimentar. Após

ter feito as pesquisas sobre a geologia e colocado cada tipo de rocha em detalhamento na planilha Excel, é possível associar cada tipo de rocha com a respectiva moto-bomba para ser utilizada em mineração de pequeno porte, utilizando a tabela da *Multiquip* de seleção de moto-bombas em condições típicas para a escolha do equipamento.

Na segunda etapa, serão realizados cálculos necessários para a escolha de uma moto-bomba, feitos na planilha Excel para obter o resultado da altura manométrica e do NPSHd.

Na terceira etapa, será feita uma comparação de moto-bomba de até 2 fornecedores, e finalmente será feito contato com o fornecedor para pedir uma indicação de uma moto-bomba para ser utilizada em determinado tipo de mineração.

A planilha Excel será feita na mesma sequência do estudo. Para simplificar estas etapas, a Figura 15 foi elaborada:

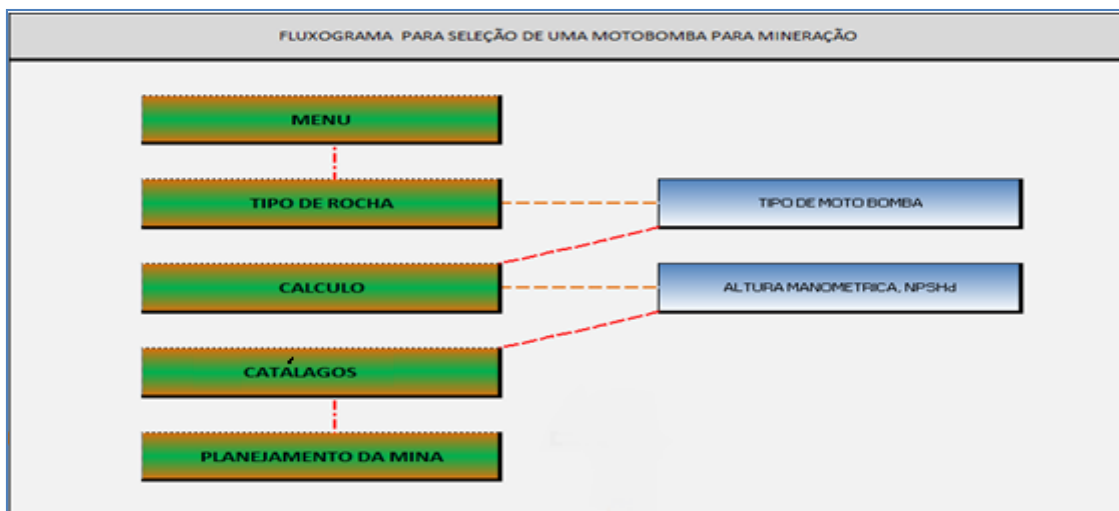


Figura 15 - Fluxograma Para Seleção de uma Moto-bomba para Mineração.

Fonte: Próprio Autor.

4.1 MÉTODOS

A descrição dos métodos apresentados a seguir está dividida em 4 seções: Seleção do tipo de moto-bomba, Cálculos, Comparações e Cotações.

4.1.1 Seleção do Tipo de Moto-Bomba

A seleção do tipo de moto-bomba consiste em fazer pesquisas relacionadas à geologia de cada tipo de mineração de pequeno porte, para saber a granulometria do material que será lavrado. Inicialmente cada tipo de rocha é separado em relação à sua respectiva morfologia. Para detalhar e separar os tipos de moto-bomba foram feitas classificações das rochas em função da sua utilização, tipo de sedimento, granulometria e origens.

4.1.2 Cálculos

Após saber qual o tipo de moto-bomba a utilizar, são realizados os cálculos necessários para utilização dos catálogos dos fornecedores. O resultado obtido foi a altura manométrica e o NPSHd. Na construção dos cálculos, foram utilizados diagramas e tabelas. Uma delas é mostrada a seguir, com o objetivo de ilustrar a perda de carga dos componentes, para calcular os resultados das perdas de cargas da válvula de pé e válvula de retenção. Os valores das perdas de cargas são retirados de acordo com o diâmetro utilizado.

mm	Curva de 90 Raio Longo	Curva de 45 Raio Longo	Curva de 90 Raio Curto	Curva de 45 Raio Curto	T de 90 Passagem direta	T de 90 Saída Lado	T de 90 Saída Bilateral	Entrada Normal	Entrada de Borda	Saída de Canalização	Válvula de Pé e Crivo	Válvula de Retenção Tipo Leve	Válvula de Retenção Tipo Pesada	Registro Globo Aberto	Registro de Gaveta Aberto	Registro de Ângulo Aberto
15	1.1	0.4	0.4	0.2	0.7	2.3	2.3	3	0.9	0.8	8.1	2.5	3.6	11.1	0.1	5.9
20	1.2	0.5	0.5	0.3	0.8	2.4	2.4	0.4	1	0.9	9.5	2.7	4.1	11.4	0.2	6.1
25	1.5	0.7	0.6	0.4	0.9	3.1	3.1	0.5	1.2	1.3	13.3	3.8	5.8	15	0.3	8.4
32	2	1	0.7	0.5	1.5	4.6	4.6	0.6	1.8	1.4	15.5	4.9	7.4	22	0.4	10.5
40	3.2	1.3	1.2	0.6	2.2	7.3	7.3	1	2.3	3.2	18.3	6.8	9.1	35.8	0.7	17
50	3.4	1.5	1.3	0.7	2.3	7.6	7.6	1.5	2.8	3.3	23.7	7.1	10.8	37.9	0.8	18.5
60	3.7	1.7	1.4	0.8	2.4	7.8	7.8	1.6	3.3	3.5	25	8.2	12.5	38	0.9	19
75	3.9	1.8	1.5	0.8	2.5	8	8	2	3.7	3.7	26.8	9.3	14.2	40	0.9	20
100	4.3	1.9	1.6	1	2.6	8.3	8.3	2.2	4	3.9	28.6	10.4	16	42.3	1	22.1
125	4.9	2.4	1.9	1.1	3.3	10	10	2.5	5	4.9	37.4	12.5	19.2	50.9	1.1	26.2
150	5.4	2.6	2.1	1.2	3.8	11.1	11.1	2.8	5.6	5.5	43.4	13.9	21.4	56.7	1.2	29.9

Quadro 4 – Perda de carga localizadas.
Fonte: Adaptado de Macintyre (1997).

A partir desta tabela, foi elaborado o Quadro 5 para ilustrar a viscosidade de acordo com a temperatura:

Viscosidade cinemática da água		
Temperatura °C	Centistokes	Viscosidade Cinemática m ³ /s
15	1,12	0,000001127
18	1,08	0,000001059
22	0,96	0,000001007
26	0,87	0,000000917
30	0,83	0,000000830
34	0,74	0,000000741

Quadro 5 - Viscosidade cinemática da água.
Fonte: Mancintyre (1997).

A rugosidade da mangueira foi retirado da tabela. O material recomendado para utilização em minerações foi o PVC como mostrado no catálogo de mangueiras da Goodyear, vide Anexo A.

Para dar sequência aos cálculos, é necessário determinar a vazão ideal considerando o tempo de 24 horas e o volume do poço. Este volume pode ser modificado de acordo com o usuário. Para realizar o cálculo deste trabalho foram considerados 2000 metros cúbicos de poço.

4.1.3 Comparações

Nesta fase realizam-se as comparações entre as moto-bombas. Sabendo-se o tipo de moto-bomba e a altura manométrica, é possível determinar a vazão realizada pela moto-bomba diante dos catálogos. Assim, é possível fazer o planejamento da mina, mostrando quantas moto-bombas serão necessárias para retirar um determinado volume em vinte e quatro horas.

As comparações são possíveis graças aos recursos presentes na planilha Excel, a qual contem o guia de fornecedores como forma de auxílio para a busca. Porém a escolha fica a cargo do usuário, ou seja, a planilha Excel mostrará o tipo de moto-bomba e os cálculos que são necessários para seleção do equipamento.

4.1.4 Cotações

Após as etapas descritas nos tópicos anteriores, solicitei a cotação de moto-bomba com os fornecedores selecionados nas comparações para saber qual seria a indicação do fornecedor em um determinado tipo de mineração. No *e-mail* escrito, de acordo com a Apêndice G, solicito ao fabricante uma indicação de moto-bomba com os seguintes parâmetros: 2000 m³ de água com tempo máximo de deslocamento de 24 horas.

4.2 MATERIAIS

Os materiais utilizados foram a plataforma eletrônica Excel e seus catálogos. A planilha desenvolvida simplifica a escolha de uma moto-bomba para os diversos tipos de mineração. Dentro dela, foi inserido o manual de escolha de moto-bomba da empresa *Multiquip* para auxiliar em possíveis dificuldades no entendimento do assunto, além da inserção de catálogos com alguns hiperlinks, e um guia de fornecedor para que o usuário escolha a empresa de sua preferência.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Depois de realizar todas as pesquisas necessárias para este estudo, obtém-se o resultado que possibilita a escolha do tipo de moto-bomba em cada tipo de mineração, utilizando a Tabela 1 da empresa *Multiquip*. Inicialmente, foi elaborado um menu na planilha (vide Apêndice A). Neste menu foi colocado um sub menu (vide Apêndice B), inseridos hiperlinks em cada título para direcionar o usuário a suas necessidades.

As rochas foram separadas por sua formação: rocha magmática, metamórfica ou sedimentar. As rochas magmáticas, vide Apêndice C, foram classificadas em: tipo de rocha, utilização, tipo de moto-bomba, tipo de aplicação, granulometria, sedimentos e origem. Nas rochas metamórficas e sedimentares, foram aplicados (conforme ilustrado nos Apêndices D e E), a utilização da mineração foi inserida para saber qual é o ramo de utilização, o minério e para saber qual é a granulometria mínima do material no desmonte de rocha. Os tipos de indústrias que utilizam a mineração são: alimentícia, civil, de agricultura, química e metalúrgica. Os tipos de sedimentos servem para saber qual é a composição da rocha e se possuem fragmentos lamosos como, por exemplo, o silte. Diante de pesquisas sobre granulometria do minério, percebe-se um grau de importância na moto-bomba para poder distinguir se haverão obter partículas em suspensão, neste caso classificadas em baixa, média e alta.

O tipo de aplicação é classificado de acordo com a tabela utilizada da empresa *Multiquip*, na qual suas aplicações são denominadas de alto teor de sólidos, barrenta, suja e com silte. Para distinguir o tipo de moto-bomba é necessário obter os dados anteriores feitos por pesquisas para chegar a uma conclusão.

Na utilização da planilha Excel, todos os cálculos possuem fórmulas. Com isto o usuário deve apenas preencher alguns dados necessários na planilha Excel. Dentro da planilha as células de cor verde produzem resultados automaticamente.

Para a seleção da moto-bomba o usuário devera seguir os seguintes passos: a) entrar no menu; b) escolher uma formação de rocha; c) selecionar a rocha em que será aplicado o equipamento; d) informar os dados necessários para os cálculos; e) fazer comparação de catálogos; f) busca de indicação.

A Figura 17 mostra os dados necessários para o usuário preencher na parte de cálculos.

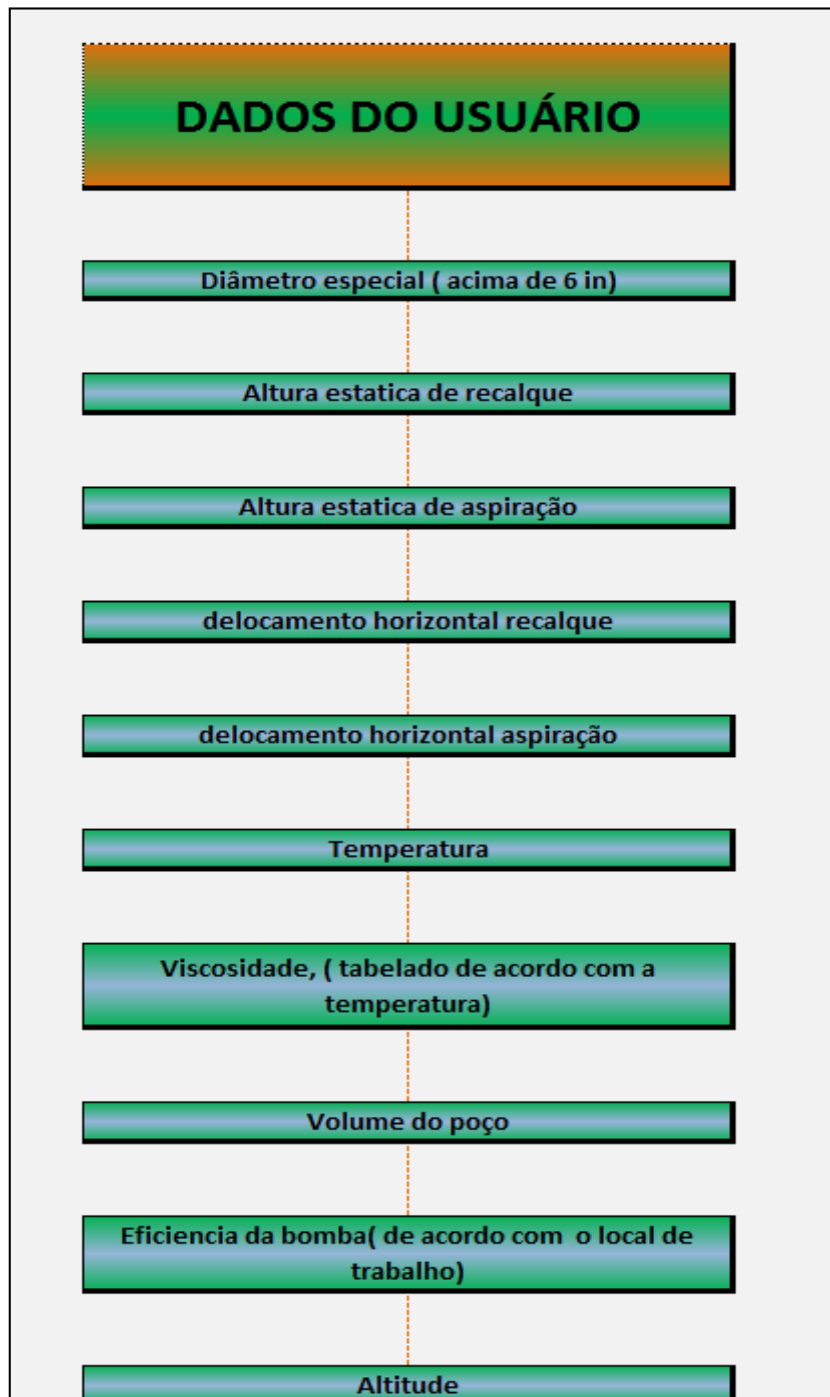


Figura 17 - Dados do Usuário.

Fonte: Próprio Autor.

A eficiência da bomba pode ser de 60 a 70% para bombas pequenas e para bombas com grandes vazões é entre 70 a 85% (SEGURANÇA, 2010), a qual também

pode ser consultada no catálogo do fabricante ou com o próprio fornecedor. Ao preencher os dados na planilha, o resultado final será o NPSHd e a altura manométrica.

Na comparação entre as bombas foi observado o volume de deslocamento, (ver no Apêndice F), a qual compara a moto-bomba da empresa *Shineider* x *Multiquip* para bombeamento de sólidos em suspensão. Embora esta comparação seja feita pelo usuário, as dificuldades que o usuário irá encontrar são as unidades de medidas, por serem apresentadas nos catálogos em galões/min, m³/h, litros/min e outros.

Nas cotações de moto-bombas, nota-se que em algumas empresas, os funcionários não tiveram um treinamento adequado para fornecer informações específicas, e algumas empresas não responderam ao *e-mail*. Esta pesquisa de indicação do fornecedor não foi bem sucedida, pois o mercado de moto-bomba sofre com a falta de profissionais qualificados que possam padronizar e mostrar um conforto maior para o seu cliente na seleção de moto-bomba.

A planilha Excel mostra ser uma ferramenta essencial para facilitar a seleção de uma moto-bomba para mineração de pequeno porte, contendo informações sobre geologia e cálculos necessários, pois é um programa de simples manuseio e de muita utilidade. Com a planilha, a empresa irá auxiliar o funcionário na escolha de uma moto-bomba para mineração, sem desperdício de tempo, escolhendo um equipamento certo para o tipo de serviço que será executado.

5.1 RESULTADOS OBTIDOS

Utilizando a planilha de seleção de moto-bombas para mineração de pequeno porte, com altura de quarenta metros, tempo de vinte e quatro horas e usando um volume de 2000 m³ de poço, a planilha fornece resultados para os diâmetros de dois até seis polegadas e um diâmetro especial que é de acordo com a necessidade do usuário. Os resultados da altura manométrica e o NPSHd são mostrados na Figura 18.

Diâmetro		Altura manométrica		NPSH requerido	
2	pol	68,545	m	-7,71542763	m
3	pol	50,73017	m	4,004259777	m
4	pol	46,40302	m	5,722303633	m
5	pol	44,97676	m	6,108859951	m
6	pol	44,25734	m	6,243360471	m
7	pol	43,77605	m	6,300863881	m

Figura 18 - Resultado final dos cálculos.

Fonte: Próprio Autor.

Supondo que a rocha seja o granito, encontra-se o tipo de moto-bomba para esta mineração como mostrado na Figura 19, indicando uma moto-bomba centrífuga padrão ou submersível.

MENU	ROCHA METAMÓRFICAS					CALCULOS
ROCHA	UTILIZAÇÃO DA MINERAÇÃO	TIPO DE MOTO BOMBA	Tipo de Aplicação	GRANULOMETRIA	Sedimentos	TIPO METAMORFISMO
<u>Anfibolito</u>	Industria Civil	Diafragma, Sólidos em Suspensão	Suja, com alto teor de sólidos	Alta	quartzo, feldspato potássico, titanita e epidoto	Regional e Contato, médio e baixo grau
<u>Ardósia</u>	Industria Civil	Centrífuga, Submersível	Água limpa	Não utiliza desmonte de rochas, retira se em camadas	sericita, clorita, quartzo	Regional, grau incipiente
<u>Eclogito</u>	Industria Civil	Centrífuga, Diafragma	Suja, Barrenta	Baixa	granada e clinopiroxênio	metamorfismo regional de alta pressão
<u>Filito</u>	Industria Civil, Industria de Cerâmica.	Sólidos em Suspensão ou Submersível	Limpa, Alto teor de Sólidos	Baixa	quartzo, clorita, sericita	Regional, baixo grau
<u>Gnaíse</u>	Industria Civil	Centrífuga, Submersível	Água limpa	Não utiliza desmonte de rochas, retira se em camadas, dependendo da aplicação pode ser de alta a média.	feldspato potássico, plagioclásio, e ainda quartzo e biotita	Regional, médio e alto grau
<u>Granulito</u>	Industria Civil	Sólidos em Suspensão	Alto teor de sólidos	Alta, Média	feldspato potássico, plagioclásio, quartzo	Regional, alto grau

Figura 19 - Indicação do tipo de moto-bomba.

Fonte: Próprio Autor.

Para as comparações de moto-bombas, foram utilizados os catálogos *Multiquip*, *Schneider*, *Grundfos*, *Jacuzzi*, *Bomax*, *Suzer*. No resultado obtido, conforme a Figura 19, pode ser escolhida tanto uma bomba centrífuga padrão ou submersível. Para exemplificar a comparação, foi escolhida a submersível. A Figura 20 mostra a moto-bomba da *Schneider*, o seu equipamento tem uma maior vazão é

o modelo SUB90-75S4E19, o qual necessita de aproximadamente 4 moto-bombas para retirar o volume de 2000 m³ em um dia.

Série	Modelo	Potência (cv)	Estágios	Manifecção	Tubo	# Rotações (rpm)	Pressão máxima sem vazão (m.c.a.)	Pressão máxima com vazão (m.c.a.)											
								10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
SUB 90	SUB90-20S4E5	2	5	x	x	2	37	26,7	23,1	19,3	15,2	10,8	5,8						
	SUB90-30S4E7	3	7	x	x	2	52	29,0	26,5	24,0	21,3	18,5	15,4	12,1	8,5	4,5			
	SUB90-50S4E12	5	12	x	x	2	86	*	*	28,3	26,9	25,4	23,9	22,4	20,7	19,1	17,3	15	
	SUB90-75S4E19	7,5	19		x	2	130	*	*	*	28,3	27,4	26,4	25,4	24,4	23,4	22,4	21	
	Bomba		Vazão m ³ /hora		Vazão m ³ /dia		QBN												
	SUB90-50S4E12		13,5		324		6,17284												
	SUB90-75S4E19		20,3		487,2		4,10509												

Figura 20 - Comparação entre catálogos 1.
Fonte: Adaptado de Schneider.

A Figura 21 da empresa Grundfos mostra que o modelo DWKE necessita de apenas 1 moto-bomba para deslocar o mesmo volume em um dia.

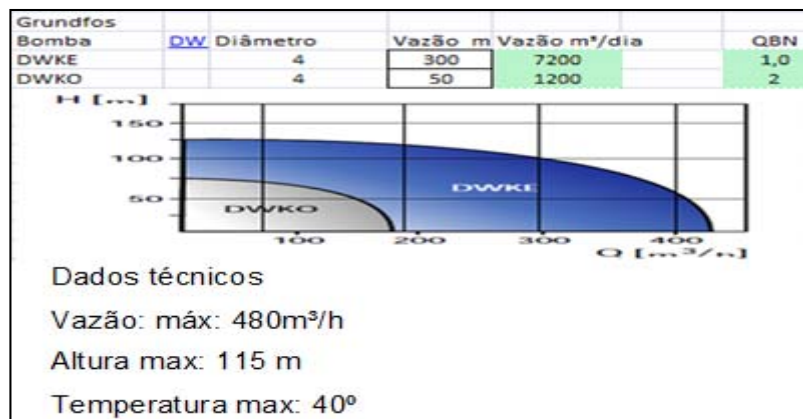


Figura 21 - Comparação entre catálogos 2.
Fonte: Adaptado de Grundfos.

Já a empresa Jacuzzi, conforme ilustrado pela Figura 22, tem o modelo 10S6M4 que necessita de 2 moto-bombas para deslocar o mesmo volume em um dia.

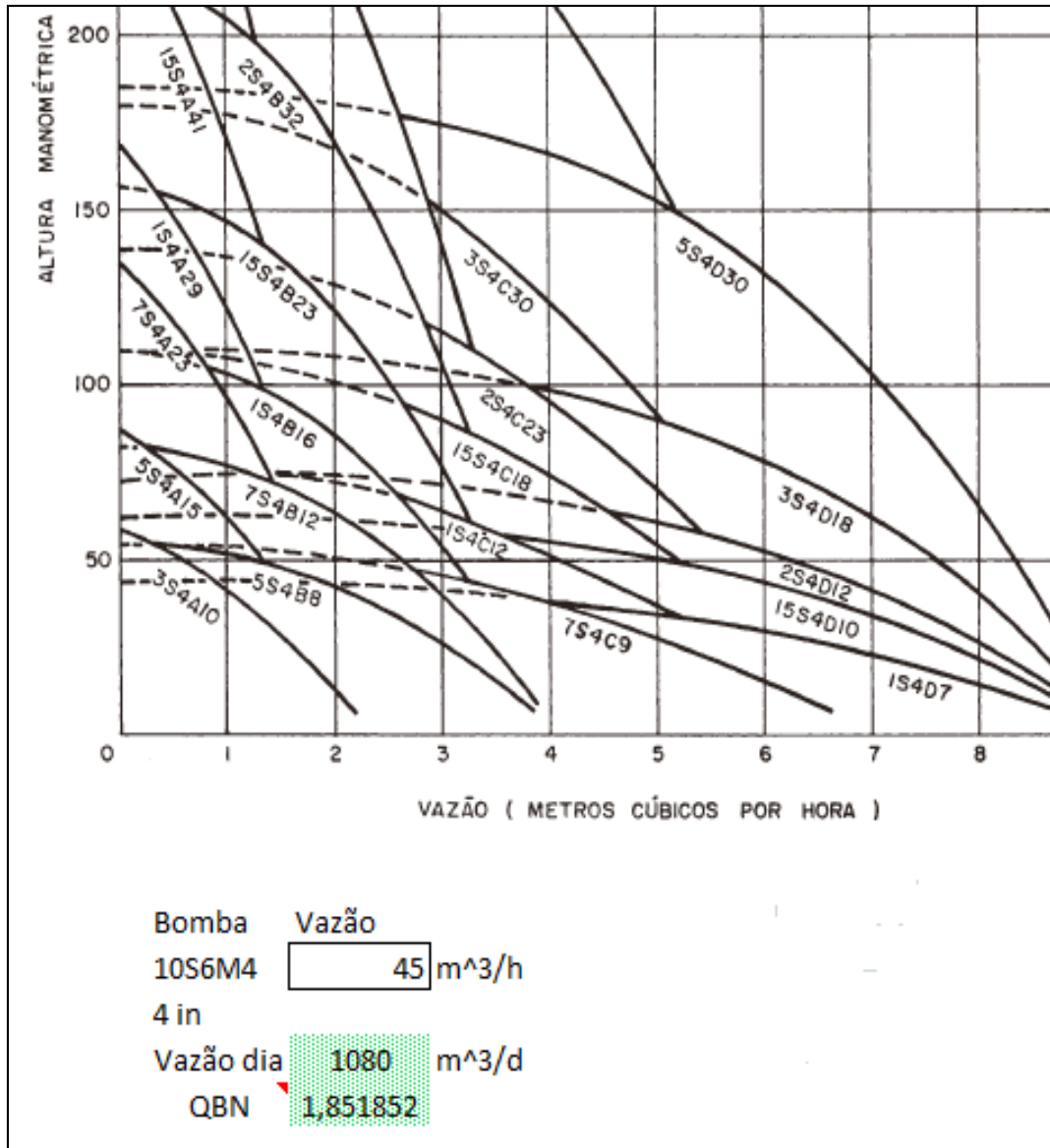


Figura 22 - Comparação entre catálogos 3.
 Fonte: Adaptado de Jacuzzi.

Com esta comparação, já é possível planejar a drenagem mostrando quantos equipamentos são necessários e volume total deslocado total por dia, como mostrado na Figura 23:

Planejamento da mina					MENU
Bombas submersíveis					
Bomba	DWK	Diâmetro	Vazão m ³ /h	Vazão m ³ /dia	QBN
DWKE		4	300	7200	1,0
Empresa Grundfos					

Figura 23 - Planejamento da mina.
Fonte: Próprio Autor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente as minerações oferecem grande potencial para a geração de emprego e para a economia do país. Porém em todos os tipos de minerações é necessária uma drenagem de fim de cava, porque a produção da mina está ligada diretamente em uma drenagem de fim de cava. A empresa que não tem um processo de drenagem mais eficiente terá prejuízos em equipamentos e funcionários parados, além de não cumprir prazos satisfatórios para seus clientes. Neste trabalho, foi implementado uma ferramenta para seleção de moto-bombas em mineração de pequeno porte. O programa Excel foi utilizado por ser de fácil utilização e mais aplicado dentro das empresas de todos os seguimentos. Na planilha, foram colocados hiperlinks de arquivos para se ter um simples manuseio da ferramenta, e para que seja fácil a escolha de uma moto-bomba.

É de extrema importância a execução deste estudo para auxiliar as empresas e pessoas que atuam no ramo de mineração. A planilha traz o tipo de moto-bomba e os cálculos necessários para a sua escolha. Junto com a planilha estão inseridos catálogos, manual e guia de compra, trazendo um conforto maior praticidade e confiança para o usuário.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, João; FERNANDEZ, Mario; ARAÚJO, Ronaldo. **Manual de Hidráulica**. 8. ed. S. Paulo: Blucher, 1998. 669 p.

DIAS, Adroaldo; MARCELO, Calgaro; MÁRCIA, Xavier Peiter. **Tubulações em sistemas de recalque**, Santa Maria, v. 34, n. 4, jul./ago. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782004000400015&lng=pt&userID=-2>. Acesso em: 05 abril. 2014.

ALMEIDA, Daniela. **Falta de profissionais em mineração eleva salários para até 50 mil**. Epoca, Negócios: 19, out, 2012. Disponível em: <<http://epocanegocios.globo.com/Inspiracao/Carreira/noticia/2012/06/faltam-profissionais-e-mineracao-paga-ate-r-50-mil.html>>. Acesso em: 29 set. 2014.

BERNARDO, Souza. **Manual de irrigação**. 6. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 657p.

BETINI, MARCOS, O; JOSÉ R. Zanini; LETICIA, C. Foratto; GENER, T. Pereira. **Avaliação de tanques de escova utilizados em substituição à válvula-de-pé em instalações de bombeamento**. Jaboticabal v.28 n.3 jul. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162008000300007>. Acesso em: 05 abril. 2014.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL, **Areia industrial**. bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2008-157-00.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2014.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL, **Halita**. bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2008-177-00.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2014.

CIDADE subterrânea na sibéria. Disponível em: <<http://ufosnow.blogspot.com.br/2011/07/cidade-subterranea-na-siberia.html>>. Acesso em: 29 set. 2014.

COLA da web. **Rochas sedimentares**: bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. Disponível em: <<http://www.coladaweb.com/geografia/paisagens-naturais/rochas>>. Acesso em: 20 set. 2014.

DENÍCULI, W. **Bombas hidráulicas**. Viçosa: UFV, 2001, 162p.

DELLY, Oliveira Filho; MARIA, J. de Moraes; GUSTAVO, H. S. Vieira; RICARDO, de O. C. Scarcelli. **Gerenciamento do lado da demanda no bombeamento de água para perímetro irrigado**. Disponível

em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-3662011000900001&lng=pt&nrm> Acesso em: 05 abril. 2014.

EXTRAÇÃO de mármore e granitos: O processo de extração de mármore e/ou granitos. Disponível em: <<http://sarahdesign.xpg.uol.com.br/extracao.html>>. Acesso em: 29 set. 2014.

FILHO, Roberto Monteiro. **Rochas**. bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. Disponível em: <http://faculdadeinap.edu.br/materiais_didaticos_disciplinas/materiais%20e%20tecnologia/rochas_marmores_e_granitos.pdf>. Acesso em: 20 set. 2014.

FJCONSULTORIA AGRICULO, **Serpentinito - silimag no Café**. bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. Disponível em: <<http://www.fjconsultoria.com.br/noticias/2010/01/54.php>>. Acesso em: 20 set. 2014.

GOODYEAR. **Linhas de mangueiras de borrachas e PVC**: Catálogo de Mangueira. Brasil 2008.

GRUNDFOS. **Catálogo de bombas**: bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. disponível em <<http://www.grundfos.com.br>>. Acesso em: 05 abril. 2014.

HYPE SCIENCE. **Marcas eternas**: 16 Impressionante Minas e Crateras do Mundo : Serra Pelada: [s.n.], [2014]. Disponível em: <<http://hypescience.com/marcas-eternas-16-minas-e-crateras-do-mundo-todo/>>. Acesso em: 29 set. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, **Inovação em workshop de bauxita e alumina**. bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/150/15001005.asp?ttCD_CHAVE=30013>. Acesso em: 20 set. 2014.

JACINTO, A. Carvalho; REINALDO, F. Aquino; GERALDO, M. Pereira; REGINALDO, C. Rodrigues; THIAGO, B. Campos. **Desempenho de bomba centrífuga operando com água residuária do processamento do café**. Jaboticabal v.28 n.1 jan./mar. 2008 Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162008000100009&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 05 abril. 2014.

JACUZZI. **Catálogo de bombas**: bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. disponível em <<http://www.jacuzzi.com.br>>. Acesso em: 05 abril. 2014.

JUSTIÇA nos trilhos. Minas da vale: 4 dez 2009. Disponível em:
<<http://www.justicanostrilhos.org/Minas-da-Vale> >. Acesso em: 29 set. 2014.

KRUGER, Paulo von. **Mineração**: Viçosa v.3, 4 dez 1998. Disponível em:
<<http://web.cedeplar.ufmg.br/cedeplar/site/pesquisas/pis/Estudo%2057.pdf>>. Acesso em: 29 set. 2014.

LUÍS, F. Faria; RUBENS, D. Coelho; PABLO, A. N. Flecha; WALTER G. **Entupimento de gotejadores e seu efeito na pressão da rede hidráulica de um sistema de micro irrigação**. Piracicaba v.6, n.2, 2002. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v6n2/v6n2a02.>>. Acesso em: 05 abril. 2014.

MACINTYRE, A.J. **Bombas e instalações de bombeamento**.2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1997.

MECANORTE. Áreas de atuação: projetos realizados: mineração. Belo Horizonte: [s.n.], [2014]. Disponível em: < <http://www.mecanorte.com.br/> >. Acesso em: 29 set. 2014.

MOULINS ET CONCASSEURS. **Carvão mineral**. bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. Disponível em: < <http://www.moulins-concasseurs.com/distribuidora-carvao-mineral-em-moinha-de-coque.html>>. Acesso em: 20 set. 2014.

MGA. Mineração. Paraná: [s.n.], [2014]. Disponível em:
<<http://www.mgamineracao.com.br/pordentro/noticias/amb2012.html>>. Acesso em: 29 set. 2014.

MPM. **Mineração pecuária morrinhos (MPM Slate)**: Ardósia Produzida em mineração própria: mineração. Papagaio: [s.n.], [2014]. Disponível em: < <http://www.mpmslate.com/site/mineracao/>>. Acesso em: 29 set. 2014.

MSPC, **Informações técnicas**: bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. Disponível em: <http://www.mspc.eng.br/flidetc/fluid_0210.shtml#hazen>. Acesso em: 20 set. 2014.

MULTIQUIP DO BRASIL. **Manual de escolha de bomba**: bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. disponível em <<http://www.multiquip.com.br>>. Acesso em: 05 abril. 2014.

MUSEU minerais e rochas. Banco de dados: Departamento de Petrologia e Metalogenia: bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. disponível em < <http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/>>. Acesso em: 05 abril. 2014.

PEDREIRAS, **Uso de pó de rocha na agricultura**. bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. Disponível em: <<http://www.pedreirastavias.com.br/agricultura.swf>>. Acesso em: 20 set. 2014.

TEIXEIRA, Helcio Alves. **Influência da concentração de areia nas curvas características das bombas centrífugas**. 1973. 44 f. 1973.

SEGURANÇA em bombas e motores. Disponível em: <<ftp://ftp.mecanica.ufu.br/.../Bombas%20e%20instalações%20de%20bom>>. Acesso em: 20 set. 2014

SHINEIDER. **Catálogo de bombas**: bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. disponível em < <http://www.schneider-electric.com/br/pt/index.jsp>>. Acesso em: 05 abril. 2014.

S.M.MINERIOS DO BRASIL, **Calcário agrícola dolomítico**. bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos. Disponível em: <<http://smminerios.com.br/calcario-agricola-dolomitico>>. Acesso em: 20 Setembro. 2014.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL. **Normas para elaboração de trabalhos**. 1.ed. Curitiba UTFPR, 2009.

GLOSSÁRIO

Cava - buraco, vala.

Cavitação - bolhas de vapor podem reduzir ou parar o fluxo de líquido.

Decantador - aparelho ou recipiente utilizado para decantações.

Drenagem - ato de escoar água de terrenos encharcados, por meio de tubos, túneis, canais, valas e fossos.

Fragmentos - Pedacos; migalhas.

Geologia - é a ciência que estuda a Terra, sua composição, estrutura, propriedades físicas, história e os processos que lhe dão forma.

Lavra - Local de exploração de jazidas; mineração.

Rocha Magmática - originada a partir da consolidação do magma, sendo que através de sua textura pode-se determinar as condições geológicas em que estas rochas se formaram.

Manutenção corretiva - manutenção do equipamento defeituoso que não permite uma produção eficiente.

Rocha Metamórfica - derivada da transformação de rocha magmática ou sedimentar que sofrem modificação em sua composição atômica, devido à influência das diferentes condições do ambiente em que estão inseridas em comparação aos locais onde foram originalmente formadas.

Mina - escavação destinada à obtenção de substâncias úteis ao homem, como minérios, combustível, água etc.

Mineral - corpo natural sólido e cristalino formado em resultado da interação de processos físico-químicos em ambientes geológicos.

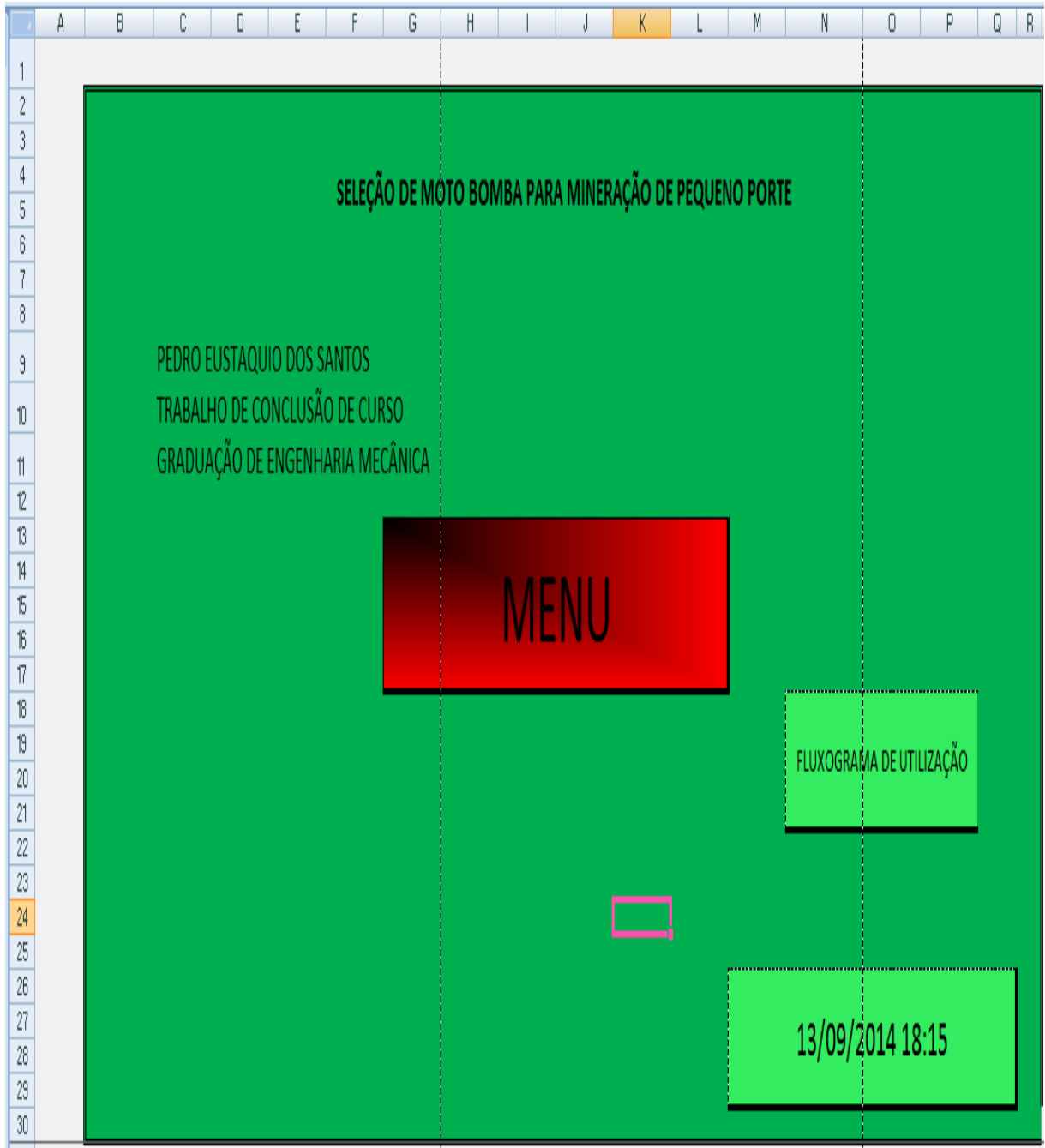
Morfologia Mineral - Estudo do aspecto, da forma e da aparência do mineral.

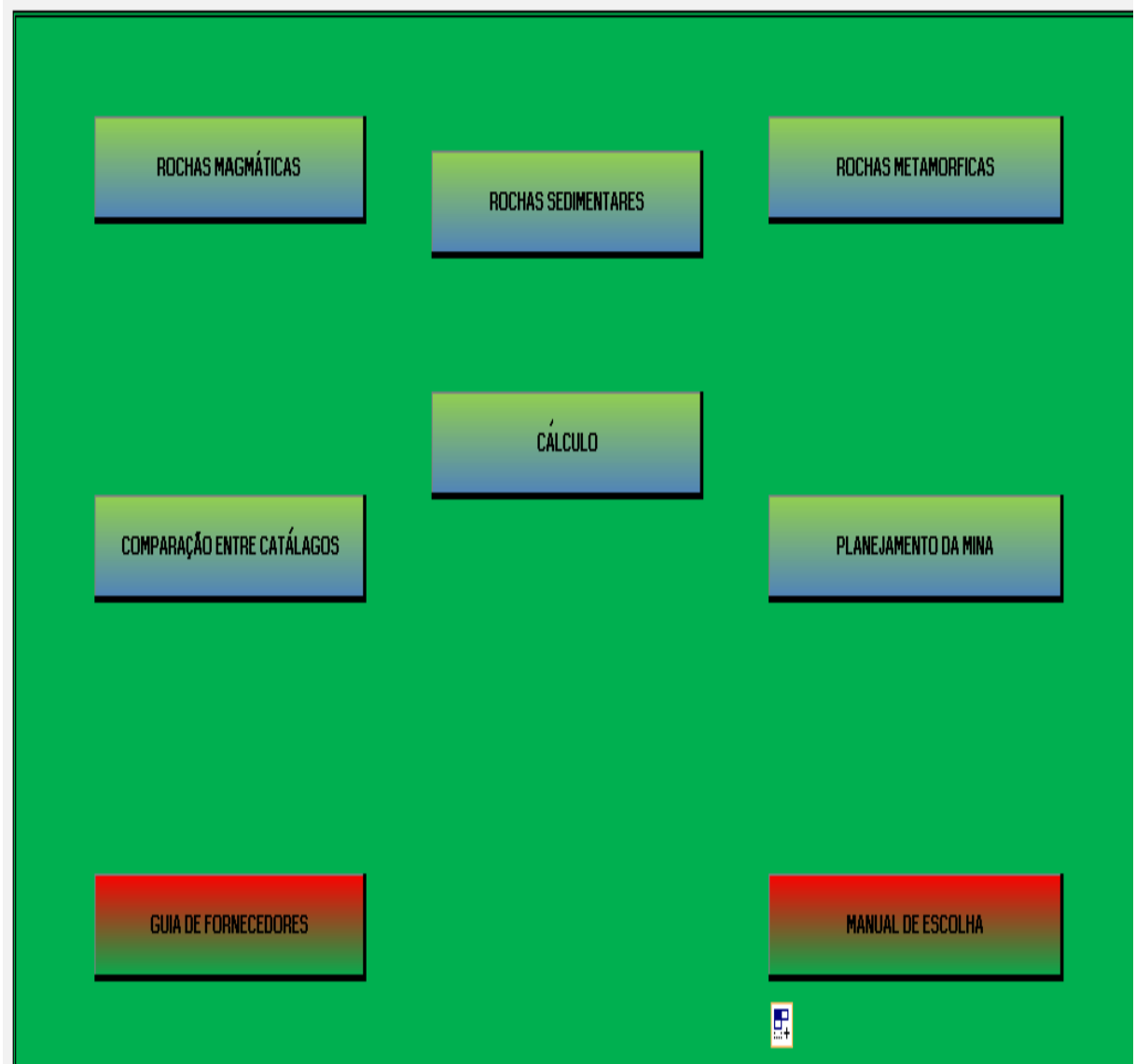
NPSHr - Net Positive Suction Head requerido, carga líquida positiva de sucção ou apenas carga positiva de sucção, o equipamento que é requerido.

NPSHd - Net Positive Suction Head disponível, carga líquida positiva de sucção ou apenas carga positiva de sucção, que há disponível no local de trabalho.

Rocha Sedimentar - o produto de uma cadeia de processo que ocorre na superfície do planeta e se iniciam pelo intemperismo das rochas expostas na atmosfera.

Tratamento de Minério - Processo utilizado para modificar a propriedade física e química do minério.

APÊNDICE A - Menu do Programa

APÊNDICE B - Sub Menu

APÊNDICE C - Rochas Magmáticas

MENU	ROCHA MAGMÁTICAS					CALCULOS
ROCHA	UTILIZAÇÃO DA MINERAÇÃO	TIPO DE MOTO BOMBA	Tipo de Aplicação	GRANULOMETRIA	Sedimentos	ORIGEM
Quartzo com Pirita	Rocha matriz do ouro	Diafragma, Sólidos em Suspensão	Alto teor de Sólidos, Suja	Média, Alta	Quartzo, plagioclásio	Plutônica
Quartzo diorito	Indústria Civil	Centrifuga, Diafragma	Suja, Barrenta	Média, Alta	plagioclásio , biotita marrom, hornblenda marrom ou verde, ortopiroxênio	Plutônica
Diorito	Indústria Civil	Diafragma, Sólidos em Suspensão	Alto teor de Sólidos, Suja	Alta, Média	plagioclásio	Plutônica
Peridotito	Indústria Civil	Diafragma, Sólidos em Suspensão	Alto teor de Sólidos, Suja	Alta, Média	olivina, clino e ortopiroxênios.	Plutônica
Charnockito	Indústria Civil	Diafragma, Sólidos em Suspensão	Alto teor de Sólidos, Suja	Alta, Média	quartzo, microclínio, oligoclásio, hiperstênio, augita, hornblenda,	magmática metamorfa
Quartzo monzonito	Indústria Civil	Diafragma, Sólidos em Suspensão	Alto teor de Sólidos, Suja	Alta, Média	quartzo, plagioclásio, feldspato potássico, biotita marrom clara, hornblenda verde, augita verde pálida.	Plutônica
Fonolito	Agricultura	Centrifuga, Diafragma	Suja, Barrenta	Baixa	feldspato potássico , feldspatóides, piroxênio sódico, hornblenda, biotita e raros plagioclásios .	Vulcânica
Basalto	Indústria Civil, agricultura	Centrifuga, Submersível	Água Limpa ou Suja	Não utiliza desmonte de rochas, retira-se em camadas. Na Agricultura Granulometria Baixa.	piroxênios e plagioclásio	Vulcânica
Anortosito	Indústria metalúrgica	Centrifuga, Diafragma	Suja, Barrenta	Baixa, Média, Alta	cálcio e alumina	Plutônica

APÊNDICE D - Rochas Metamórficas

MENU	ROCHA METAMÓRFICAS					CALCULOS
ROCHA	UTILIZAÇÃO DA MINERAÇÃO	TIPO DE MOTO BOMBA	Tipo de Aplicação	GRANULOMETRIA	Sedimentos	TIPO METAMORFISMO
Eclogito	Indústria Civil	Centrifuga, Diafragma	Suja, Barrenta	Baixa	granada e clinopiroxênio	metamorfismo regional de alta pressão
Hematita	Indústria Metalúrgica	Centrifuga, Diafragma	Suja, Barrenta	Baixa	limonita, siderita, magnetita	Regional
Itabirito	Indústria Metalúrgica	Centrifuga, Diafragma	Suja, Barrenta	Baixa	quartzo, óxidos de ferro	Regional
Magnetita	Indústria Metalúrgica	Centrifuga, Diafragma	Suja, Barrenta	Baixa	óxidos de ferro	Regional
Ardósia	Indústria Civil	Centrifuga, Submersível	Água limpa	Não utiliza desmonte de rochas, retira se em camadas	sericita, clorita, quartzo	Regional, grau incipiente
Gnaise	Indústria Civil	Centrifuga, Submersível	Água limpa	Não utiliza desmonte de rochas, retira se em camadas, dependendo da aplicação pode ser de alta a média	feldspato potássico, plagioclásio, e ainda quartzo e biotita	Regional, médio e alto grau
Mármore	Indústria Civil	Centrifuga, Submersível	Água limpa	Não utiliza desmonte de rochas, retira se em camadas	calcita, dolomita	Regional e Contato

APÊNDICE E - Rocha Sedimentar

MENU	ROCHA SEDIMENTAR					CALCULOS
CLASSE	ROCHA	UTILIZAÇÃO DA MINERAÇÃO	TIPO DE MOTO BOMBA	Tipo de Aplicação	TIPOS DE SEDIMENTOS	GRANULOMETRIA
Clástica	ARENITOS	Indústria Civil	Diafragma, Sólidos em Suspensão	Alto teor de Sólidos, Suja	quartzo, feldspato, micas e calcite	Baixa
Clástica	Bauxita	Indústria Metalúrgica	Centrífuga, Diafragma	Suja, Barrenta, Silte	silica, óxido de ferro, dióxido de titânio, silicato de alumínio e	Baixa
Clástica	Brechas	Indústria Civil	Centrífuga, Diafragma	Suja, Barrenta, Silte	calcária, siliciosa, argilosa ou mesmo siltítica	Média, Alta
Clástica	Conglomerados	Indústria Civil	Centrífuga, Diafragma	Suja, Barrenta, Silte	argila, fragmentos de rocha	Média, Alta
Clástica	Silito	Indústria Civil	Centrífuga, Diafragma	Suja, Barrenta, Silte	quartzo, feldspatos, micas e argilas, silte	Baixa
Orgânica carbonosa	carvão	Indústria energética	Centrífuga, Diafragma	Suja	enxofre, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, além de elementos vestigiais	Baixa
Orgânica carbonosa	hulha	Indústria energética	Centrífuga, Diafragma	Suja	enxofre, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, além de elementos vestigiais	Baixa
Orgânica carbonosa	turfa	Indústria energética	Centrífuga, Diafragma	Suja, Barrenta.	origem vegetal	Baixa

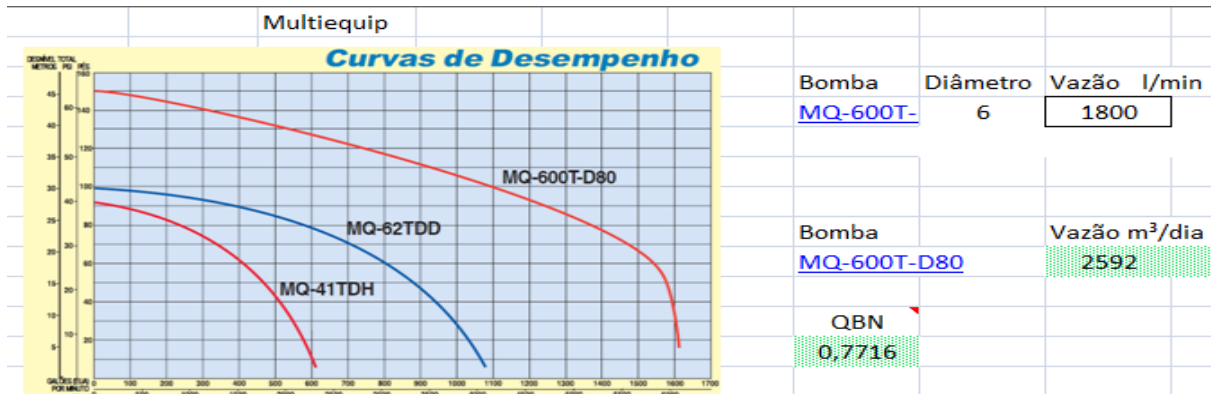
APÊNDICE F - Comparação de moto-bomba da empresa Shineider x Multiequip em bombeamento de sólidos em suspensão

Bombeamento de sólidos em suspensão

Shineider

MODELO	Potência (CV)	Motor Elétrico	Tenda seca	Ø Saída (poleg)	Ø Flange (poleg)	Pressão máxima sem vazão (m.c.a.)	Abertura mínima Ø Máximo dos Sólidos (mm)	Ø Flange (mm)	CARACTERÍSTICAS HIDRAULICAS																					
									ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL (m.c.a.)																					
									14	15	16	17	18	19	20	21	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
MBV-22R-2	15	x	x	2 1/2	2	30	0	10	125	80.3	77.5	74.6	71.7	68.6	65.4	62.1	58.5	54.8	48.5											
	20		x	2 1/2	2	40	0	10	140	*	*	*	*	92.6	90.3	88.0	85.6	83.1	77.8	71.9	65.5	58.4	50.3							
	25		x	2 1/2	2	47	0	10	150	*	*	*	*	*	*	*	*	*	95.4	90.6	85.5	79.9	73.7	67.2	60.1	52.3				
MBV-22R-2A	30		x	2 1/2	2	54	0	10	160	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	98.2	88.0	82.4	76.3	69.7	62.5	54.5	45.2		
MBV-22R-2B	30		x	2 1/2	2	61	0	10	170	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	79.6	73.1	65.6	57.6	48.5

Bomba	Diâmetro	Vazão m ³ /hora	Vazão m ³ /dia	QBN
MBV-22R2B	2	48	1152	1,7361




Planejamento da drenagem

Bombeamento de solidos em suspensão		
Bomba	Vazão m ³ /dia	QBN
MQ-600T-D80	2592	1
Empresa Multiequip		

APÊNDICE G - Pedido de Cotação

Cotação ↑ ↓ 📄

 **pedro eustaquio dos santos** 06/09/2014
Para:

Bom dia
Necessito de uma cotação do equipamento moto bomba para utilização em uma mineração de Arenito, preciso que ela desloque um volume de 2000 m³ de água em 24 horas com uma altura de recalque de 40 metros e de aspiração de 2 metros. Se possível gostaria que mande os dados do equipamento como a curva de desempenho e NPSH requerido.
Grato

Pedro Eustáquio dos Santos
Estudante de Engenharia Mecânica
Técnico em Mineração

ANEXO A - Mangueira de Sucção e Sua Rugosidade

SPIRAFLEX SP

SUCÇÃO LARANJA



Aplicação: Indicada para serviços pesados de sucção e descarga de água, tais como: mineração (garimpo), cascalho, líquidos pastosos, etc.

Cor: Produzidas na cor transparente com espiral laranja.

Construção: Espiral rígido.

Temperatura de Trabalho: 5°C a 50°C.

DIÂMETRO INTERNO	DIÂMETRO EXTERNO	RAIO DE CURVATURA	PRESSÃO DE TRABALHO	VÁCUO	PESO	COMPR. MÁXIMO
pol.	mm	mm	PSI	pol Hg	kg/m	m
1 1/4	39,4	100	110	29	0,500	25/50
1 1/2	46,1	140	110	29	0,700	25/50
2	59,6	200	100	29	0,900	25/50
2 1/2	73,1	260	90	29	1,250	25/50
3	87,6	300	80	29	1,800	25/50
4	115,6	500	75	29	2,900	30
4 1/2	129,3	550	70	29	3,480	30
5	143,0	600	70	29	4,200	30
6	169,8	700	65	29	5,500	20
8	224,8	1300	55	29	9,000	20
10	278,8	2300	50	29	13,000	10
12	330,8	3000	50	29	16,000	10

Material	Rugosidade equivalente (mm)
Aço, revestimento asfalto quente	0,3 a 0,9
Aço, revestimento esmalte centrifugado	0,01 a 0,06
Aço enferrujado ligeiramente	0,15 a 0,3
Aço enferrujado	0,4 a 0,6
Aço muito enferrujado	0,9 a 2,4
Ferro galvanizado novo, com costura	0,15 a 0,2
Ferro galvanizado novo, sem costura	0,06 a 0,15
Ferro fundido revest. asfalto	0,12 a 0,20
Ferro fundido com crostas	1,5 a 3,0
PVC e Cobre	0,015
Cimento-amianto, novo	0,05 a 0,10

