RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Dimensionamento de rede de captação de água oriunda de poços artesianos: estudo de caso em uma mineradora de ouro.

Design of a water collection network from artesian wells: a case study in a gold mining company.

Diseño de una red de recogida de agua a partir de pozos artesianos: un estudio de caso en una empresa minera de oro.

Rafael Pessotti de Deus

RESUMO

Este trabalho constitui o resultado de um estudo de caso, que tem como objetivo demonstrar a teoria para o dimensionamento de sistemas de captação de água de múltiplas fontes, sendo, para esse caso, múltiplos poços artesianos, através de uma revisão bibliográfica para a conceituação dos cálculos e da física envolvida neste dimensionamento.

Uma especificação das bombas hidráulicas usadas para a captação em poços artesianos é encontrada na revisão da literatura deste estudo de caso, e os cálculos para vazão, pressão e potência, assim como um modelo de referência, são encontrados nas conclusões deste trabalho.

Este trabalho apresenta também uma conceituação das tubulações que foram usadas no projeto objeto deste estudo de caso. A tubulação principal do projeto implantado é de um material que vem sendo muito usado na indústria, dependendo das condições de pressão e temperatura do fluido transportado. O material usado tem como características principais o baixo peso, a boa resistência à corrosão, o baixo coeficiente de atrito do fluido com as paredes, a baixa resistência a temperaturas baixas e altas e a baixa resistência a pressões altas.

A especificação das válvulas e instrumentos implantados no projeto também é objetivo deste trabalho. Através dos resultados deste trabalho e de posse das informações conceituais das válvulas e dos instrumentos descritos na revisão da literatura deste estudo de caso, é possível desenvolver a aquisição dos diversos acessórios que se fazem necessários para a perfeita operação do sistema, assim como possibilitar a manutenção que se fizer necessária, sem que todo o sistema tenha que ser desligado.

Nas conclusões deste trabalho, os resultados de todos os cálculos realizados são apresentados. O projeto foi implantado com sucesso, e os objetivos do empreendimento foram atingidos, dentro do prazo e dentro dos custos que foram orçados.

Palavras-chave: poço artesiano. bombas hidráulicas. Tubulações industriais.

ABSTRACT

This work is the result of a case study, which aims to demonstrate the theory for the design of water collection systems from multiple sources, in this case multiple artesian wells, through a literature review for the conceptualization of calculations and of the physics involved in this dimensioning.

A specification of the hydraulic pumps used to capture artesian wells is found in the literature review of this case study, and the calculations for flow, pressure, and power, as well as a reference model, are found in the conclusions of this work.

This work also presents a conceptualization of the pipes that were used in the project object of this case study. The main pipe of the project implemented is made of a material that has been widely used in industry, depending on the pressure and temperature conditions of the transported fluid. The material used has the main characteristics of low weight, good corrosion resistance, a low friction coefficient between the fluid and the walls, low resistance to low and high temperatures, and low resistance to high pressures.

The specification of valves and instruments implemented in the project is also the objective of this work. Through the results of this work, and in possession of the conceptual information about the valves and instruments described in the literature review of this case study, it is possible to develop the acquisition of the various accessories that are necessary for the perfect

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

operation of the system, as well as enabling the maintenance that may be necessary, without the entire system having to be shut down.
In the conclusions of this work, the results of all calculations performed are presented. The project was successfully implemented, and the project's objectives were achieved on time and within the budgeted costs.
Keywords: artesian well. hydraulic pumps. industrial pipes.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização do tema

O Brasil sempre ocupou uma posição de destaque na produção de ouro mundial. O país foi o maior produtor mundial entre os anos de 1700 e 1850, explorando depósitos superficiais e aluviões pelos Bandeirantes na região do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais. Foi nesta região que se instalou também a primeira mina subterrânea do Brasil, chamada de Mina de Morro Velho, que foi operada pela empresa St John D'El Rey Mining Co e iniciou sua operação em 1834 (CETEM, 2002).

O autor Santos, Márcio José dos (2012) escreveu em sua dissertação de mestrado que o ouro foi descoberto oficialmente na cidade de Paracatu, Minas Gerais, no ano de 1744, por bandeirantes. O garimpo esteve presente nesta região desde sua descoberta, com surtos de exploração de tempos em tempos.

A cidade de Paracatu está localizada na região noroeste de Minas Gerais, e a mineradora, que é objeto deste trabalho, foi aberta em 1987, no chamado Morro do Ouro. O minério de ouro lavrado é um metapelito, e o ouro ocorre na região em diversas formas, como ouro livre disseminado na rocha e concentrado em "boudins" de quartzo, ouro residual resultante de decomposição dos sulfetos e carbonatos, ouro reconcentrado por processos lateríticos. A mina tem teor médio de 0,459 g/t, e devido ao teor médio baixo em comparação a outros veios de minério de classe mundial e ao fato do noroeste minero ser uma região com baixos índices pluviométricos, a exploração economicamente viável do minério é um desafio (CETEM, 2001).

O objetivo do tratamento do minério é fazer com que o bem mineral descoberto e lavrado tenha condições de ser usado pelas indústrias de metalurgia, químicas ou cerâmicas. Esta concentração do bem mineral pode ser realizada a seco, o que significa que o tratamento do minério se dará com a manipulação dos sólidos particulados com a umidade natural, ou pode ser realizada a úmido, o que significa que o minério terá a adição de quantidades substanciais de água, formando uma polpa (CHAVES, A. P. **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios**).

O processo de beneficiamento de ouro em Paracatu inicia-se após o desmonte da rocha na mina através de explosivos. As rochas são transportadas por caminhões desde a mina até moegas, que alimentam os dois estágios de britagem em circuito aberto. O minério britado é classificado em

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

peneiras, e a fração que atende às especificações de granulometria é transportada em correias até os silos de blendagem e para o circuito de moagem. Neste ponto, todo o processo de beneficiamento será úmido, e o minério terá de ser repolpado. O processo de beneficiamento do minério do Morro do Ouro, após a moagem e a classificação da polpa do minério em hidrociclones, segue para três baterias de células de flotação, sendo duas baterias de células limpadoras "cleaner 1 e 2" e um circuito de flotação em células desbastadoras. O minério concentrado irá para um circuito de remoagem de flotação, para adequação da granulometria e depois para os espessadores de concentrado para a adequação da concentração da porcentagem de água na polpa de minério. O rejeito do circuito de flotação desbastador é espessado e transportado para as barragens de rejeito. O minério concentrado com a especificação adequada de granulometria e porcentagem de água na polpa de minério irá alimentar a hidrometalurgia (CETEM 2001).

A mina de Paracatu possui duas barragens de rejeitos. A primeira barragem construída tem capacidade para armazenar até 483 milhões de metros cúbicos de rejeito da flotação com segurança, e a segunda barragem construída tem capacidade para armazenar até 750 milhões de metros cúbicos de rejeito da flotação com segurança (site da companhia KINROSS).

No processo de hidrometalurgia, uma solução alcalina de cianeto extrai ouro e prata dos minérios por meio da ação solvente sobre esses metais. Quase todos os minérios de ouro e prata podem ser tratados por cianetação. O cianeto está, em formas manufaturadas, disponível como KCN ou NaCN (PEELE, R. **Mining Engineers' Handbook**).

O concentrado da hidrometalurgia é bombeado para a fundição, de onde sairá o produto final da unidade, que consiste em barras com teor médio de 80% de ouro e 15% de prata (CETEM 2001).

A mina de Paracatu tem capacidade de processar 61 MTPA de ROM e produz até 17 toneladas de ouro por ano. A vida útil da mina está estimada até o ano de 2030 (site da companhia KINROSS).

O consumo de água na usina do Morro do Ouro corresponde a 2,0 m^3/t de ROM tratado (CETEM 2001). A empresa supre 85% desta demanda com água recuperada dos espessadores e das barragens; portanto, para cada tonelada de "run of mine" processada, a companhia deverá captar 0,3 m^3 de água nova (site da companhia KINROSS). Com cálculos simples, é possível estimar uma necessidade de captação de água nova por ano de 18.300.000 m^3. Considerando uma disponibilidade operacional dos sistemas de captação em 80% do tempo, a usina deverá captar 2.600 m^3/h para manter as operações de beneficiamento do minério de ouro. O tempo reservado para a manutenção dos sistemas de captação será atendido por reservatórios de água nova na usina.

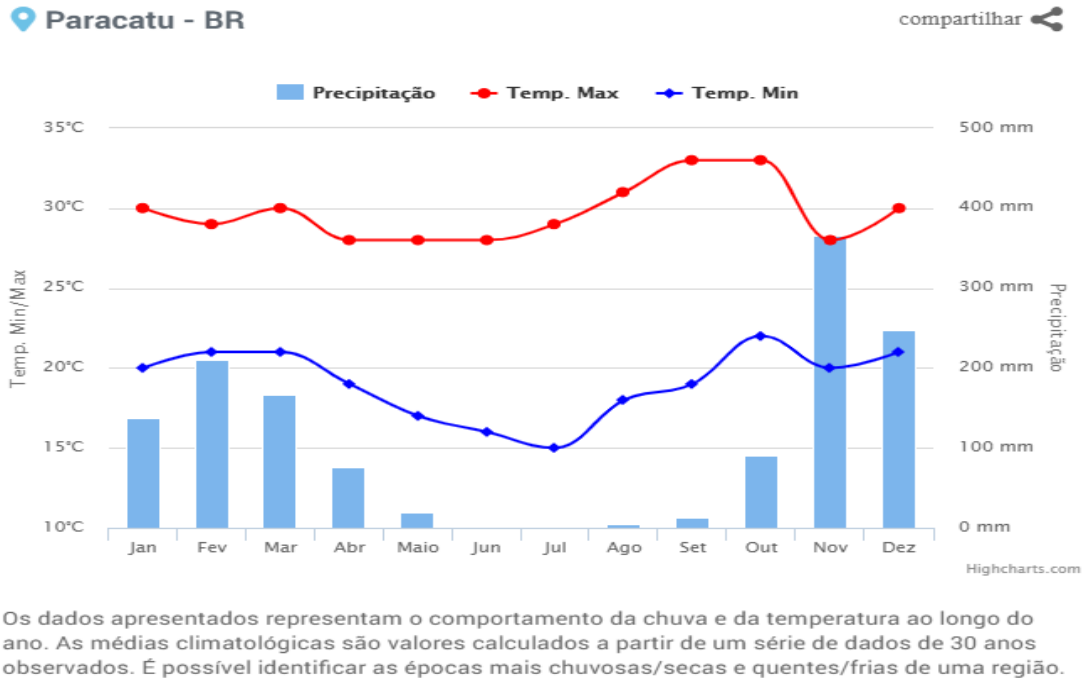
Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS - Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

As medições nos últimos 30 anos, na cidade de Paracatu, mostram uma precipitação pluviométrica anual de pouco mais de 1300 mm, com alguns meses do ano com precipitação quase inexistente, conforme se verifica no gráfico abaixo (ClimaTempo). Com a necessidade de volume de água na ordem de 18 Mm³ por ano para a operacionalização da usina e produção de ouro e uma precipitação de chuvas conforme se verifica no gráfico abaixo, uma solução criativa será necessária para que a capacidade econômica da mina seja preservada.

Quadro 1 – Precipitação pluviométrica anual – Média dos últimos 30 anos



Fonte: Clima Tempo

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é apresentar, através de um estudo de caso, o projeto de dimensionamento de uma rede de captação de água oriunda de poços artesianos, para complementar a demanda deste insumo para a usina de beneficiamento de minério e hidrometalurgia de ouro no noroeste de Minas Gerais.

1.2.2 Objetivos específicos

Para que se atenda ao objetivo geral, é necessário levantar os seguintes objetivos específicos:

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

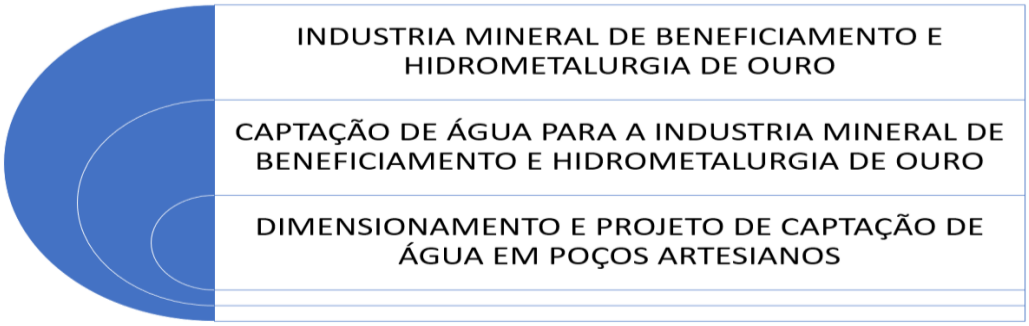
RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

- Identificar por meio de uma revisão de literatura de referência e também mais recente, as principais metodologias utilizadas no cálculo de diâmetro de tubulações para velocidades economicamente interessantes;
- Descrever o cálculo de perdas de carga nos diversos ramais de captação, integrando a vazão dos diversos poços artesianos e especificar as bombas necessárias para cada poço;
- Especificar os principais instrumentos e válvulas necessários que proporcionaram êxito ao projeto.

1.2.3 Árvore de palavras-chave

A figura 1 apresenta a árvore das palavras-chave que conduziu a ordenação da pesquisa.

Quadro 2 - Árvore das Palavras-chave



Fonte: Elaboração própria

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho de pesquisa foi elaborado conforme um estudo de caso e está com a estrutura dos capítulos conforme a descrição abaixo:

O item INTRODUÇÃO tem a pretensão de apresentar ao leitor uma contextualização do estudo de caso e os objetivos deste trabalho.

No capítulo REVISÃO DA LITERATURA apresenta-se revisão da literatura tradicional com uma bibliografia consagrada e uma revisão da literatura de fronteira com uma bibliografia mais recente. O trabalho demonstra as principais ferramentas matemáticas para o cálculo e especificação de equipamentos, válvulas e tubos para o atendimento da necessidade posta pela usina de beneficiamento de ouro em Paracatu.

A terceira parte da pesquisa, chamada METODOLOGIA, traz os passos para o desenvolvimento da pesquisa. Este item descreve os meios que foram usados para elaborar este estudo de caso.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

A ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS detalha os passos principais de cálculo e de especificação dos sistemas de tubulação utilizados para a captação de água através de poços artesianos conforme as premissas e critérios básicos do projeto.

O último capítulo deste estudo de caso traz as CONCLUSÕES e os resultados obtidos com a implantação do projeto. Esta parte do trabalho traz também as principais condições operacionais para que o sistema tenha sucesso suficiente no atendimento às demandas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Definição e generalidades sobre projetos

A definição de projeto, conforme Dinsmore, Paul Campbell et al. em Gerenciamento de Projetos – Como Gerenciar seu Projeto com Qualidade, dentro do Prazo e dos Custos Previstos (2012), é um esforço com início e fim que é feito com o objetivo de se criar um produto ou serviço que seja diferente, pelo menos de alguma maneira, de todos os outros produtos e serviços disponíveis. Ainda segundo o autor, um projeto usa recursos e é dirigido por pessoas que devem obedecer a parâmetros de custo, tempo e qualidade.

Segundo Sun Tzu et al. em A Arte da Guerra e do Gerenciamento (2005), o planejamento deficiente causa perda de capital e também de empregos, devido a uma falta de preparação para as diferentes etapas do empreendimento.

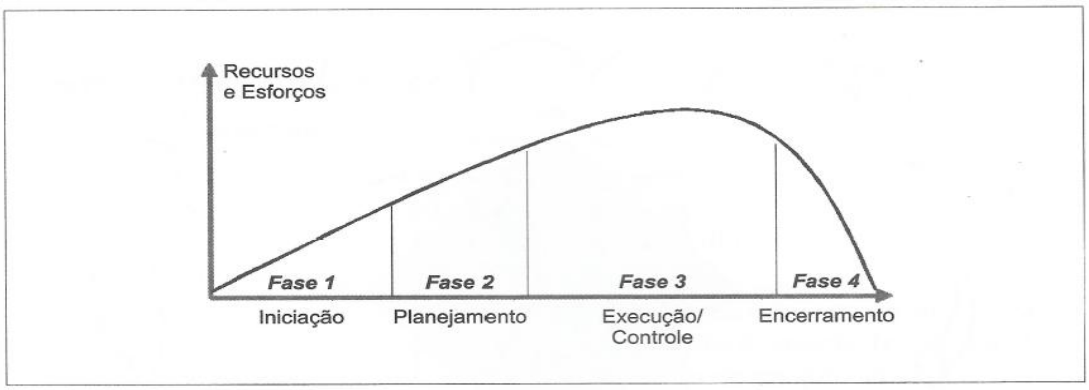
O ciclo de vida de um projeto será composto de quatro fases. A primeira fase será executada para que seja possível uma concepção do conceito e para estabelecer a viabilidade comparando as alternativas. A segunda fase terá o desenvolvimento do planejamento do projeto, da programação dos recursos humanos, materiais e financeiros e será marcada pela elaboração do plano do projeto, que visa obter a aprovação de execução do projeto. A terceira fase, se aprovada, será a fase de execução e controle das atividades programadas, com a adaptação do plano onde for necessário. A quarta fase do projeto será a fase de encerramento, marcada pelo comissionamento das instalações e pelo treinamento do pessoal operacional e pela realocação da equipe de projeto para outras atividades (DINSMORE, P.C. Gerenciamento de Projetos - Como Gerenciar seu Projeto com Qualidade, dentro do Prazo e dos **Custos Previstos**).

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Quadro 3 – Distribuição do nível de atividade ao longo do ciclo de vida de um projeto



Fonte: Gerenciamento de Projetos – Como Gerenciar seu Projeto com Qualidade, dentro do Prazo e Custos Previstos

A elaboração de um sistema de abastecimento de água é iniciada pela elaboração de estudos e projetos para a definição das obras a serem empreendidas. O período de atendimento das obras projetadas varia conforme a necessidade e o planejamento de utilização desta água. Algumas diretrizes iniciais do projeto são a definição do objetivo, a definição do grau de detalhamento e de precisão das partes do sistema, os aspectos e condições econômicas e financeiras e as definições de condições e parâmetros locais. Alguns elementos básicos para o projeto são as configurações topográficas e características geológicas e geotécnicas da região, consumidores a serem atendidos e sua distribuição na área a abastecer, quantidade de água exigida, integração com eventual sistema já existente, pesquisa e definição dos mananciais ou outras fontes de água, compatibilidade entre as partes do sistema proposto, método de operação do sistema, etapas de implantação, comparação técnica e econômica entre opções de conceito e a viabilidade financeira da concepção básica (AZEVEDO NETTO, J.M. **Manual de Hidráulica**).

Para a elaboração de um projeto de engenharia de tubulação para a indústria, várias são as considerações que devem ser observadas. O trabalho deverá ser elaborado considerando as condições de serviço do sistema para conhecer as diversas exigências que deverão ser obedecidas. O traçado das tubulações deve proporcionar flexibilidade suficiente para absorver esforços oriundos das dilatações térmicas nas linhas. Os esforços e vibrações das tubulações não devem ser transmitidos aos bocais dos equipamentos, se estas cargas estiverem acima das máximas cargas que suportam os equipamentos. O projeto deve prever facilidade na montagem e pintura das tubulações, assim como a manutenção que será executada no futuro. A segurança na montagem, na operação e na manutenção deve dirigir os trabalhos durante o projeto. O traçado da tubulação mais eficiente sempre será o que tem as melhores condições econômicas, obviamente respeitando as demais condições básicas. Estes fatores de influência são conflitantes

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

entre si em várias oportunidades, e para cada circunstância haverá uma solução mais adequada (SILVA TELLES, P.C. **Tubulações Industriais – Materiais, Projeto, Montagem**).

2.2 Conceitos de Mecânica dos Fluidos

De um certo ponto de vista, a matéria pode ser encontrada na natureza em apenas dois estados, fluidos ou sólidos. A diferença entre estes dois estados está ligada à reação de cada um à aplicação de uma tensão de cisalhamento. Enquanto um sólido pode resistir a uma tensão de cisalhamento por uma deformação estática, um fluido não pode. Qualquer tensão de cisalhamento aplicada a um fluido, não importando quão pequena seja, resultará em movimento desse fluido. A Mecânica dos Fluidos é o estudo dos fluidos em repouso ou em movimento e dos efeitos destes sobre os contornos, que podem ser superfícies sólidas ou interfaces com outros fluidos. São classificados como fluidos os gases e os líquidos e a aplicação destes na engenharia é enorme (WHITE, F.M. **Mecânica dos Fluidos**).

Outra forma de abordar a diferença entre sólidos e fluidos é a diferente forma como cada estado apresenta as suas ligações intermoleculares. As moléculas nos sólidos estão mais próximas umas das outras, enquanto nos gases estas mesmas moléculas estão separadas por distâncias relativamente maiores, e o resultado macroscópico é que os sólidos têm ligações intermoleculares mais fortes do que as dos gases. Os líquidos possuem ligações moleculares com a magnitude da força entre as ligações dos sólidos e dos gases (ÇENGEL, Y.A. **Mecânica dos Fluidos – Fundamentos e aplicações**).

No estudo da mecânica dos fluidos há quatro dimensões das quais todas as outras são derivadas. Estas dimensões, que são chamadas primárias, são a massa, o comprimento, o tempo e a temperatura. As propriedades secundárias, que por definição derivam das propriedades primárias, podem ser a solução ou o caminho para a solução dos diversos problemas de mecânica dos fluidos. As propriedades do campo de velocidade, por exemplo, estão em primeiro lugar entre as propriedades de um escoamento, visto que outras propriedades seguem diretamente da determinação do campo de velocidades de um escoamento, como, por exemplo, o campo de pressão ou o campo de temperatura (WHITE, F.M. **Mecânica dos Fluidos**).

A viscosidade é outra importante propriedade dos fluidos considerada secundária, visto que também deriva de propriedades primárias. Quando duas camadas de um fluido se movem uma em relação à outra, uma força de atrito entre elas irá se desenvolver, causando uma resistência interna ao deslocamento deste fluido. Esta resistência interna ao deslocamento é a própria viscosidade do fluido. A viscosidade é causada por forças coesivas entre moléculas num líquido e por colisões moleculares nos gases. Não existe fluido com viscosidade nula e, assim, todo

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

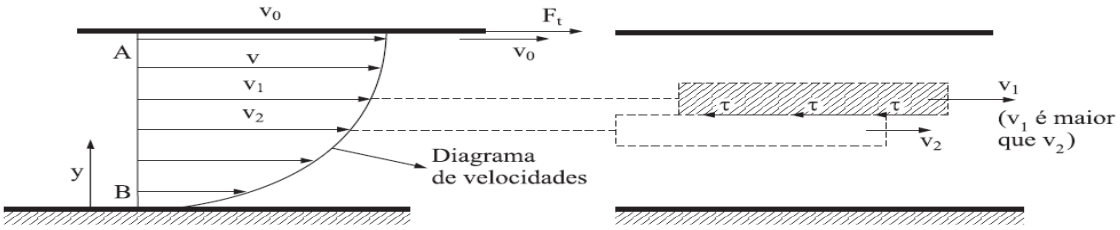
Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

escoamento de fluidos envolve efeitos viscosos de algum grau (ÇENGEL, Y.A. **Mecânica dos Fluidos – Fundamentos e aplicações**).

Isaac Newton percebeu que, em muitos fluidos, a tensão de cisalhamento no fluido era proporcional ao gradiente de velocidades na camada do fluido. Essa constante de proporcionalidade foi denominada coeficiente de viscosidade dinâmica μ. Os fluidos que atendem a essa proporcionalidade linear são tidos como comuns e são chamados de fluidos newtonianos. São exemplos de fluidos newtonianos a água, os óleos e o ar. As figuras e a equação abaixo apresentam a formulação matemática e física do coeficiente de viscosidade dinâmica para fluidos newtonianos (BRUNETTI, F. **Mecânica dos Fluidos**):

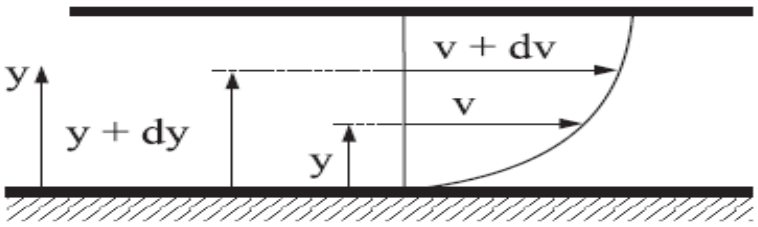
$$\tau \alpha \frac{dv}{dy} \qquad \text{ou} \qquad \frac{\tau}{\frac{dv}{dy}} = c^{te} \qquad \tau = \mu \frac{dv}{dy}$$

Figura 1 – Elemento de fluido deformando conforme uma tensão cisalhante é aplicada



Fonte: Mecânica dos Fluidos

Figura 2 – Distribuição de velocidade em uma camada cisalhada próxima a uma parede



Fonte: Mecânica dos Fluidos

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS - Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Tabela 1 – Viscosidade dinâmica de oito fluidos a 1 atm e 20°C

Fluid	μ, kg/(m · s)
Hydrogen	8.8 E−6
Air	1.8 E−5
Gasoline	2.9 E−4
Water	1.0 E−3
Ethyl alcohol	1.2 E−3
Mercury	1.5 E−3
SAE 30 oil	0.29
Glycerin	1.5

Fonte: Mecânica dos Fluidos

A viscosidade de fluidos newtonianos é uma propriedade termodinâmica que varia com a pressão e a temperatura às quais o fluido está submetido. Em geral, a viscosidade de gases e líquidos aumenta ligeiramente com o aumento da pressão. Entretanto, a temperatura proporciona um efeito mais notável nos fluidos. Nos gases, o aumento da temperatura aumenta também μ, enquanto nos líquidos, o aumento da temperatura faz com que μ diminua (WHITE, F.M. **Mecânica dos Fluidos**).

Tabela 2 – Variação da viscosidade da água doce com a temperatura

Temperatura °C	μ (N × s/m²) × 10^{-6}	Temperatura °C	μ (N × s/m²) × 10^{-6}
0	1.791	40	653
2	1.674	50	549
4	1.566	60	469
5	1.517	70	407
10	1.308	80	357
15	1.144	90	317
20	1.008	100	284
30	799		

Fonte: Manual de Hidráulica

Para compreender a distribuição do campo de velocidades em um conduto forçado, é necessário entender o conceito de camada limite e como ela se desenvolve em um conduto forçado. Inicialmente iremos propor o entendimento da camada limite, considerando um escoamento sobre uma placa plana. O atrito da placa com a primeira camada de fluido será relativamente grande, e pode ser considerado que o fluido estará parado nesta camada. A segunda camada sofrerá atrito interno proveniente da viscosidade do próprio fluido e terá uma velocidade relativamente pequena. A terceira camada de fluido sofrerá menos atrito em função da

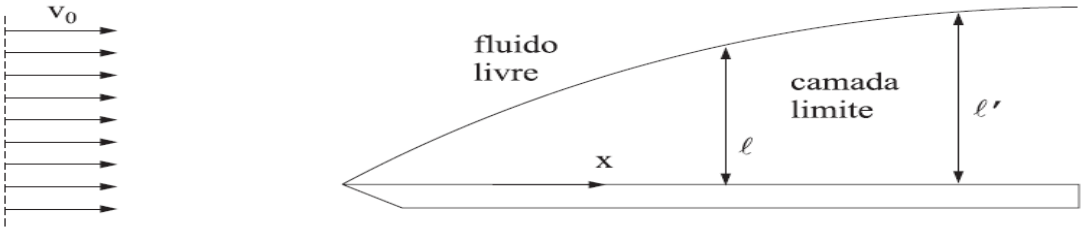
Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

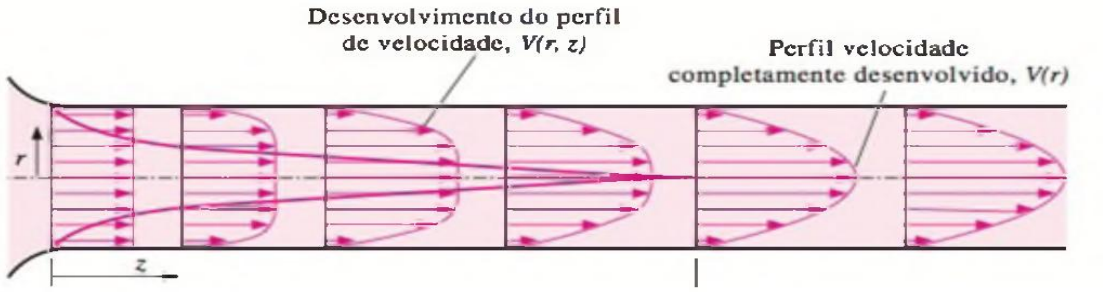
viscosidade do meio, devido ao pequeno movimento da segunda camada, e assim por diante, até que seja atingida uma camada que não sofrerá com o atrito interno. Esta será a camada limite, e o seu desenvolvimento está abaixo representado para um escoamento sobre uma placa plana e dentro de um conduto forçado (BRUNETTI, F. **Mecânica dos Fluidos**):

Figura 3 – Desenvolvimento do perfil de velocidade em um fluxo sobre uma placa plana



Fonte: Mecânica dos Fluidos

Figura 4 – Desenvolvimento do perfil de velocidade em um tubo circular



Fonte: Mecânica dos Fluidos – Fundamentos e Aplicações

Alguns escoamentos têm suas camadas deslizando sobre as outras de forma relativamente ordenada, enquanto outros escoamentos são caracterizados pelo caráter caótico em que as camadas se deslocam umas sobre as outras. O movimento ordenado das camadas dos fluidos é denominado escoamento laminar. Fluidos com viscosidades relativamente altas e velocidades de transporte relativamente pequenas são tipicamente laminares. O escoamento com camadas desordenadas é denominado turbulento e geralmente ocorre em transportes com as velocidades relativamente altas e as viscosidades relativamente baixas. Um escoamento que alterna entre laminar e turbulento é chamado de transitório. O regime do escoamento tem grande influência sobre a potência requerida para o bombeamento (ÇENGEL, Y.A. **Mecânica dos Fluidos – Fundamentos e aplicações**)

Geralmente, devido à grande influência sobre a potência requerida para o bombeamento, a primeira coisa que um engenheiro da área de fluidos deve fazer é inferir o tipo de escoamento que será trabalhado. O número adimensional de Reynolds, produto dos experimentos realizados

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

por Osborne Reynolds em 1880, é o número usado para a determinação do tipo de escoamento. O número de Reynolds baixo implica escoamento laminar e o número de Reynolds alto significa um escoamento turbulento. Os valores numéricos explícitos para números de Reynolds baixos ou altos variam de acordo com a geometria do conduto (WHITE, F.M. **Mecânica dos Fluidos**).

É chamado de vazão o volume de fluido que atravessa uma seção transversal determinada em uma determinada unidade de tempo. A vazão é expressa em diversas unidades. Para cálculo de canalizações, alguns autores empregam a unidade litros por segundo (l/s). Alguns perfuradores de poços e alguns fornecedores de bombas costumam usar litros por hora (l/h). Outras unidades também usadas são o metro cúbico por hora (m^3/h) ou até em unidades inglesas, pés cúbicos por minuto (CFM). Uma importante definição para este momento é o movimento ou regime permanente. O regime permanente é aquele em que as características do escoamento são função da localização do ponto no espaço e não são função do tempo. Com essa definição, é possível, através das equações gerais do movimento, definir a equação da continuidade, representada abaixo (AZEVEDO NETTO, J.M. **Manual de Hidráulica**).

Tabela 3 – Equação da continuidade

$Q=\rho*V*A$	Para gases que variam ρ em função da localização do ponto no espaço
$Q=V*A$	Para líquidos considerados relativamente incompressíveis

Fonte: Mecânica dos Fluidos

A aspereza ou rugosidade natural das paredes internas dos condutos também será relevante quando for necessário calcular a energia perdida pelo sistema durante o escoamento do fluido. Cada conduto com seu respectivo material e forma construtiva apresentará sua rugosidade natural. A altura média desta rugosidade é expressa por ε. Para o estudo da perda de carga no escoamento de fluidos, podemos facilmente compreender que a rugosidade média apenas não será suficiente, devido ao conceito de camada limite de desenvolvimento do fluxo, e sim a relação do diâmetro do conduto e da rugosidade média D_H/ε (BRUNETTI, F. **Mecânica dos Fluidos**).

Além das resistências ao movimento interno ao próprio fluido, das implicações do tipo de escoamento presente no sistema e do atrito com a tubulação, existe ainda outra forma de perda de energia no fluxo transportado. Qualquer acessório ou acidente no conduto causa perdas de carga de uma natureza diferente do atrito com tubos retos e dos efeitos viscosos e de turbulência. Estas perdas de carga são causadas por mudanças de direção, acelerações, intensificação do

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

atrito, turbilhonamentos e choques dinâmicos. A avaliação deste tipo de perda de carga costuma ser exclusivamente empírica. Cada acessório, como válvulas e curvas, com o seu respectivo diâmetro, é testado experimentalmente e é determinado o mesmo comprimento reto de tubo que equivale a aquele acessório. Existem fórmulas mais precisas que esse método, mas coeficientes destas fórmulas devem ser obtidos da mesma forma experimental (SILVA TELLES, P.C. **Tubulações Industriais – Cálculo**).

Em um projeto de uma tubulação, a questão principal será determinar a quantidade de energia necessária para que o fluido escoe em quantidade desejada entre dois ou mais pontos de interesse. Chézy, na França, apresentou a primeira fórmula que tentava exprimir algebricamente a resistência ao fluxo em um conduto, e depois dele várias expressões foram propostas para o mesmo fim. Darcy teve o mérito de ser o primeiro a considerar a natureza e o estado das paredes dos tubos e apresentou uma fórmula cuja aplicação tem sido reconhecida e assegurada há cerca de 150 anos. Devido à necessidade de aferição de um coeficiente para o uso da fórmula de Darcy, uma fórmula mais simples foi proposta e consagrada pelo uso, conhecida como fórmula de Hazen-Williams. Inúmeras foram as expressões propostas para o cálculo da perda de carga em um conduto, e alguns autores relatam que existem mais de cem expressões, e o uso inconveniente destas fórmulas, sem o devido entendimento das limitações destas, pode acarretar erros maiores que o tolerável (AZEVEDO NETTO, J.M. **Manual de Hidráulica**).

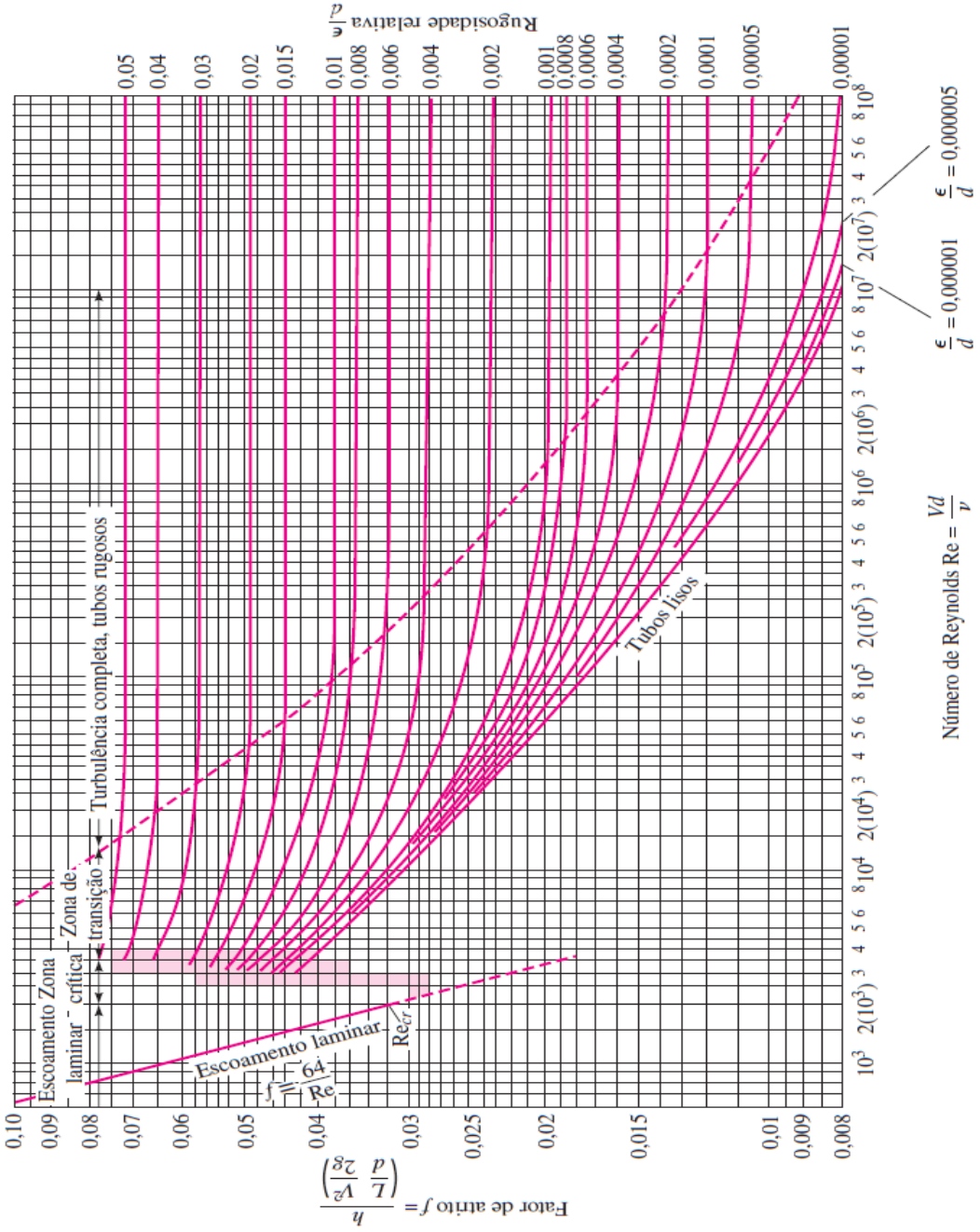
Outra grande colaboração para a definição e dimensionamento da perda de carga em um sistema de escoamento em dutos, tanto circulares quanto não circulares, além de ser adaptado para uma aproximação de escoamentos em camada limite, é o útil diagrama de Moody (WHITE, F.M. **Mecânica dos Fluidos**).

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Tabela 4 – Diagrama de Moody



Fonte: Mecânica dos Fluidos

Existe ainda mais uma importante característica à qual o engenheiro hidráulico deverá atentar: a pressão de vapor. Se a pressão a que um líquido está submetido está abaixo da pressão de vapor, bolhas começam a surgir no líquido. Quando a pressão do líquido cai abaixo da pressão de vapor devido a algum fenômeno de escoamento, ocorrerá um processo denominado cavitação. O dimensionamento do sistema de tubulações deverá levar em consideração a cavitação e preferencialmente não permitir que esse processo ocorra, devido ao fato de a cavitação ser

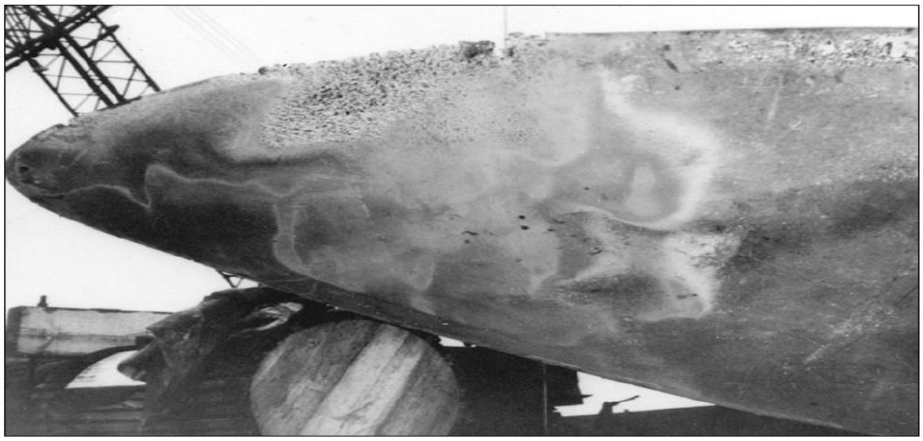
Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

responsável por danos mecânicos nos equipamentos envolvidos (WHITE, F.M. **Mecânica dos Fluidos**).

Figura 5 – Erosão causada por colapso de bolhas de cavitação em hélice marítima



Fonte: Mecânica dos Fluidos

2.3 Caracterização de bombas

Bombas hidráulicas são máquinas geratrizes que recebem trabalho mecânico e o transformam em energia hidráulica, comunicando ao líquido um acréscimo de energia nas formas cinética e de pressão. São equipamentos cuja finalidade é realizar o deslocamento de um líquido (MACINTYRE, A.J. **Bombas e Instalações de bombeamento**).

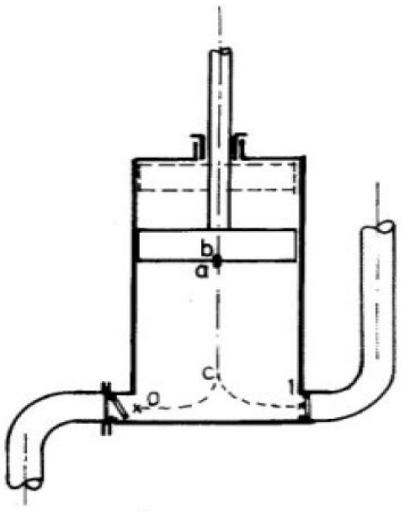
Há dois tipos básicos de bombas. As bombas de deslocamento positivo ou volumétricas, que forçam o deslocamento do fluido pela variação de volume de uma câmara específica no equipamento destinado para isso. Existem diversos tipos diferentes de bombas de deslocamento positivo, mas, no mais simples, uma cavidade se abre durante a sucção, quando um êmbolo aumenta o volume da câmara, e logo após outra cavidade se abre, enquanto o mesmo êmbolo diminui o volume da câmara, realizando o recalque. As bombas dinâmicas, por sua vez, simplesmente acrescentam quantidade de movimento ao fluido. O fluido com velocidade passa por uma seção do equipamento em forma de difusor, e a energia cinética é convertida em energia de pressão (WHITE, F.M. **Mecânica dos Fluidos**).

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

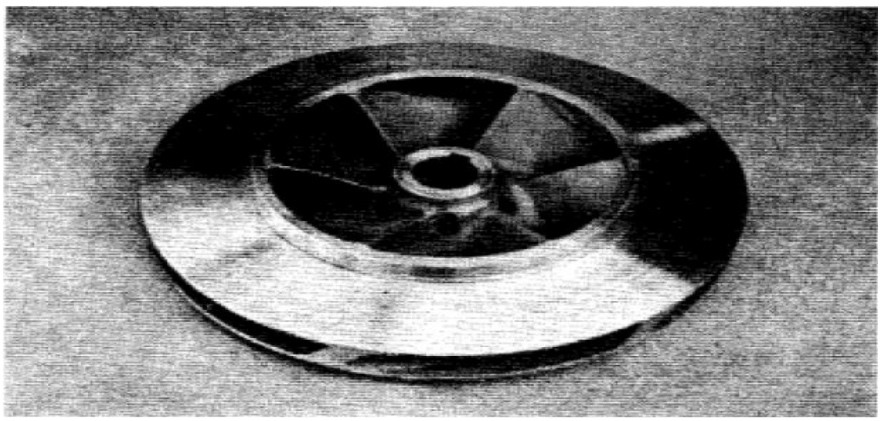
Figura 6 – Esquema de bomba de deslocamento positivo tipo êmbolo



Fonte: Bombas e instalações de bombeamento

As bombas dinâmicas, também chamadas de bombas rotodinâmicas, bombas cinemáticas ou turbobombas, são caracterizadas por possuírem um órgão rotatório dotado de pás, que exerce uma força sobre o líquido, imprimindo neste uma aceleração. A descarga gerada depende das características da bomba, do número de rotações e das características do encanamento de sucção e recalque (MACINTYRE, A.J. **Bombas e Instalações de bombeamento**).

Figura 7 – Esquema de bomba de deslocamento positivo tipo êmbolo



Fonte: Bombas e instalações de bombeamento

O professor Djalma Francisco Carvalho (1999) escreveu em seu livro "Instalações elevatórias. Bombas" a equação para o cálculo da potência necessária para o motor da bomba. A fórmula para o cálculo em cavalo vapor (hp) está abaixo descrita:

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Tabela 5 – Equação para cálculo da potência de bombas hidráulicas

$$N = \frac{\gamma\, Q\, H_{man}}{75 \times \eta}$$

Fonte: Instalações elevatórias. Bomas

O rendimento total, ainda conforme o professor Djalma Francisco Carvalho (1999) é o produto de três fatores: o rendimento hidráulico, que leva em consideração o acabamento superficial interno das paredes do rotor e da carcaça da bomba, o rendimento volumétrico, que leva em conta a recirculação na voluta da bomba e o vazamento do estojo das gaxetas do equipamento, e o rendimento mecânico, que corresponde à potência necessária para vencer as resistências passivas da bomba.

Em sistemas de elevatórias de água a gama de vazões e alturas manométricas pode ser amplo, e uma possível solução é a associação de duas ou mais bombas em série ou paralelo. A associação de bombas em série é empregado principalmente quando houver condições de pressão diversas no processo, enquanto a associação de equipamentos em paralelo é mais empregado para processos que requerem condições de vazões diversas. A associação em paralelo resulta em uma vazão menor do que a soma das vazões das bombas usadas individualmente, porque o sistema com bombas em paralelo opera com valores de altura manométrica maiores que os valores com o mesmo sistema com apenas uma das bombas operando (MACINTYRE, A.J. **Bombas e Instalações de bombeamento**).

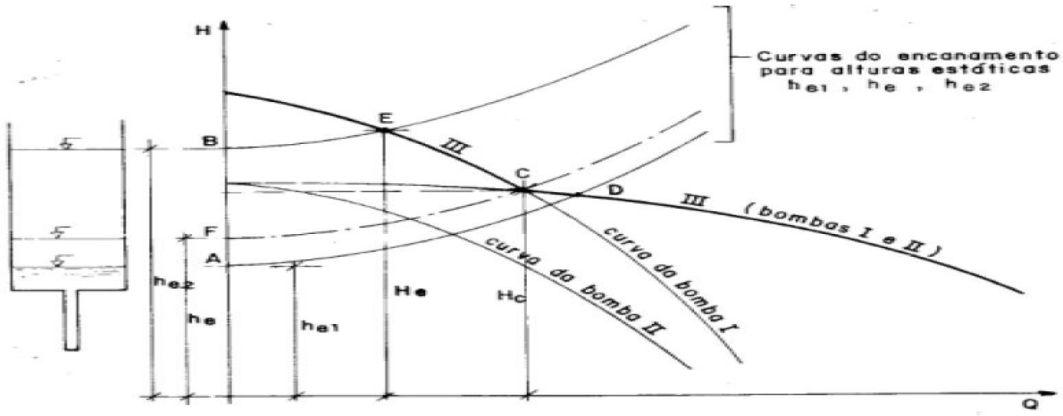
O uso de bombas diferentes associadas em paralelo é viavel, mas requer uma avaliação profunda da curva das bombas individualmente e também da curva resultante da associação devido aos muitos problemas que podem aparecer (CARVALHO, D.F. **Instalações elevatórias. Bombas**).

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Quadro 4 – Efeito nulo no ganho de vazão com associação de bombas em paralelo de curvas características diferentes



A água que se infiltra no solo e atravessa a camada de húmus, a faixa de transição e a franja de capilaridade chega à chamada zona de saturação e irá constituir o aquífero livre ou lençol freático. Esta água, que encharca o material de granulometria permeável do aquífero, pode ser retirada e utilizada através da instalação de poços associados, desde sistemas rudimentares até modernas bombas. Poços muito profundos geralmente usam bombas de múltiplos estágios, com mancais de escora especiais para suportar o peso próprio do eixo e rotores e o empuxo axial (MACINTYRE, A.J. **Bombas e Instalações de bombeamento**).

Figura 8 – Bombas de poço de múltiplos estágios



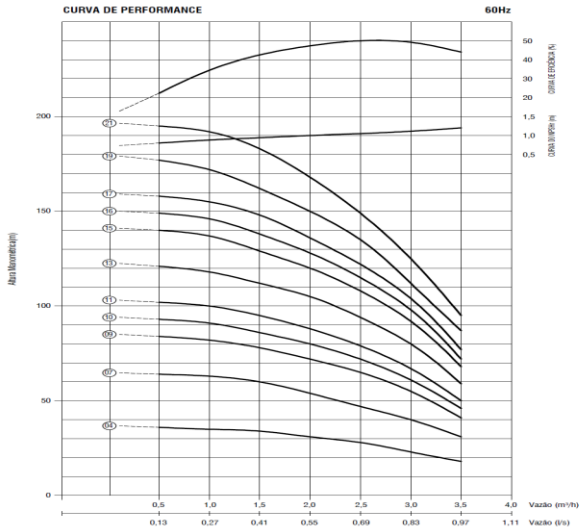
Fonte: EBARA

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Figura 9 – Curva característica típica de uma bomba de poço



Fonte: EBARA

2.4 Materiais de tubulação usados na Indústria

A importância das tubulações em todos os segmentos industriais é enorme. Usam-se tubulações para transporte de todos os materiais que tenham a capacidade de escoar, ou seja, todos os fluidos conhecidos, materiais pastosos e fluidos com sólidos em suspensão. Uma faixa cada vez mais ampla de pressões e temperaturas para todo o tipo de material capaz de escoar é atendida pelos mais diversos materiais possíveis. São diversos, também, os processos de fabricação destes tubos, cada material e cada processo com as suas vantagens e desvantagens (SILVA TELLES, P.C. **Tubulações Industriais – Materiais, Projeto, Montagem**).

Um ponto importante na escolha do material do tubo para determinada aplicação é a capacidade de manter as características físicas por período de tempo razoável. Não existe uma superfície perfeitamente lisa e, além disso, todas as tubulações usadas na indústria estão sujeitas ao fenômeno do envelhecimento. As tubulações em geral tornam-se mais rugosas com o tempo por diversos motivos. Tubulações construídas com material ferroso sem revestimento permanente sofrem com o aumento da rugosidade de uma forma particular, devido ao efeito da corrosão e da incrustação (AZEVEDO NETTO, J.M. **Manual de Hidráulica**).

Tubulações de materiais plásticos são consideradas atualmente por alguns autores como o grupo mais importante dos materiais não-metálicos para as indústrias. O PEAD, por exemplo, é um material termoplástico leve, com boa resistência a ácidos minerais, álcalis e sais. O PEAD pode ser usado para a condução de diversos fluidos com pressões e temperaturas moderadas. O PEAD, assim como outros materiais plásticos, tem baixa rugosidade natural e resiste bem à

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

corrosão e à incrustação (SILVA TELLES, P.C. **Tubulações Industriais – Materiais, Projeto, Montagem**).

Tabela 6 – Dimensões e pressões admissíveis para tubos de PEAD

	SDR 33		SDR 26		SDR 21		SDR 17,6		SDR 17		SDR13,6		SDR 11		SDR 11		SDR 9		SDR 7,4		SDR 6	
PE 80	PN 4		PN 5		PN 6		PN 2,4		PN 8		PN 10		PN 4		PN 12,5		PN 16		PN 20		PN 25	
PE 100	PN 5		PN 6		PN 8		PN 4		PN 10		PN 12,5		PN 7		PN 16		PN 20		PN 25			
DE mm	e mm	Peso médio kg/m	e mm	Peso médio kg/m	e mm	Peso médio kg/m	e mm	Peso médio kg/m	e mm	Peso médio kg/m	e mm	Peso médio kg/m	e mm	Peso médio kg/m	e mm	Peso médio kg/m	e mm	Peso médio kg/m	e mm	Peso médio kg/m	e mm	Peso médio kg/m
20							2,3	0,137					3,0	0,167	2,0	0,117	2,3	0,137	3,0	0,158	3,4	0,187
25							2,3	0,175			2,0	0,153	3,0	0,175	2,3	0,178	3,0	0,205	3,5	0,248	4,2	0,288
32							2,3	0,229	2,0	0,200	2,4	0,238	3,0	0,287	3,0	0,287	3,6	0,337	4,4	0,406	5,4	0,470
40					2,0	0,253	2,3	0,292	2,4	0,302	3,0	0,366	3,7	0,443	3,7	0,443	4,5	0,525	5,5	0,630	6,7	0,728
50	1,8	0,299	2,0	0,369	2,4	0,383	2,9	0,452	3,0	0,466	3,7	0,566	4,6	0,688	4,6	0,688	5,6	0,815	6,9	0,969	8,3	1,128
63	2,0	0,416	2,5	0,506	3,0	0,595	3,6	0,709	3,8	0,743	4,7	0,902	5,8	1,087	5,8	1,087	7,1	1,280	8,6	1,539	10,5	1,792
75	2,3	0,574	2,9	0,693	3,6	0,852	4,3	1,008	4,5	1,048	5,6	1,277	6,9	1,537	6,8	1,537	8,4	1,830	10,3	2,189	12,5	2,538
90	2,8	0,824	3,5	1,006	4,3	1,221	5,1	1,433	5,4	1,507	6,7	1,831	8,2	2,200	8,2	2,200	10,1	2,607	12,3	3,153	15,0	3,656
110	3,4	1,219	4,2	1,508	5,3	1,834	6,3	2,153	6,6	2,242	8,1	2,740	10,0	3,263	10,0	3,263	12,3	3,921	15,1	4,689	18,3	5,445
125	3,9	1,573	4,8	1,937	6,0	2,343	7,1	2,571	7,4	2,894	9,2	3,527	11,4	4,233	11,4	4,233	14,0	5,028	17,1	6,058	20,8	7,024
140	4,3	1,959	5,4	2,401	6,7	2,934	8,0	3,457	8,3	3,591	10,3	4,413	12,8	5,311	12,7	5,311	15,7	6,321	19,2	7,603	23,3	8,817
160	4,9	2,522	6,2	3,149	7,7	3,849	9,1	4,512	9,5	4,687	11,8	5,755	14,6	6,925	14,6	6,925	17,9	8,236	21,9	9,905	26,6	11,497
180	5,5	3,199	6,9	3,972	8,6	4,836	10,2	5,683	10,7	5,928	13,3	7,298	16,4	8,754	16,4	8,754	20,1	10,405	24,6	12,531	29,9	14,532
200	6,2	4,001	7,7	4,863	9,6	5,993	11,4	7,043	11,9	7,316	14,7	8,999	18,2	10,795	18,2	10,795	22,4	12,899	27,4	15,443	33,2	17,941
225	6,9	4,970	8,6	6,174	10,8	7,572	12,8	8,880	13,4	9,278	16,6	11,352	20,5	13,663	20,5	13,663	25,2	16,251	30,8	19,580	37,4	22,725
250	7,7	6,169	9,6	7,642	11,9	9,268	14,2	10,962	14,8	11,440	18,4	14,044	22,7	16,868	22,7	16,868	27,9	20,080	34,2	24,124	41,5	28,015
280	8,6	7,711	10,7	9,523	13,4	11,699	15,9	13,713	16,6	14,286	20,6	17,579	25,4	21,138	25,4	21,138	31,3	25,249	38,3	30,289	46,5	35,150
315	9,7	9,806	12,1	12,120	15,0	14,702	17,9	17,361	18,7	18,091	23,2	22,258	28,6	26,748	28,6	26,748	35,2	31,838	43,1	38,308	52,3	44,478
355	10,9	12,543	13,6	15,304	16,9	18,666	20,1	22,007	21,1	23,024	26,1	28,194	32,3	33,941	32,2	33,941	39,7	40,503	48,5	48,608	59,0	56,509
400	12,3	15,762	15,3	19,393	19,1	23,802	22,7	27,995	23,7	29,209	29,4	35,836	36,4	43,081	36,3	43,081	44,7	51,405	54,7	61,731		
450	13,8	20,310	17,2	25,058	21,5	30,622	25,5	35,075	26,7	37,506	33,1	46,131	41,0	55,481	40,9	55,481	50,3	66,075	61,5	79,017		
500	15,3	25,017	19,1	30,879	23,9	37,781	28,3	44,328	29,7	46,341	36,8	56,945	45,5	68,445	45,4	68,445	55,8	81,648				
560	17,2	31,444	21,4	38,667	26,7	47,284	31,7	55,564	33,2	58,053	41,2	71,303	51,0	85,870	50,8	85,870						
630	19,3	39,807	24,1	48,949	30,0	59,732	35,7	70,379	37,4	73,528	46,3	90,233	57,3	108,598	57,2	108,598						
710	21,8	50,618	27,2	62,168	33,9	76,054			42,1	93,296	52,2	114,537			64,5	137,994						
800	24,5	64,137	30,6	78,680	38,1	96,401			47,4	118,524	58,8	145,501			72,6	175,001						
900	27,6	81,107	34,4	99,709	42,9	121,975			53,3	149,898	66,2	183,161			81,7	221,515						
1000	30,6	100,215	38,2	122,936	47,7	150,697			59,3	184,951	72,5	223,083			90,2	271,963						
1200	36,7	144,131	45,9	177,027	57,2	216,901			67,9	257,929	88,2	325,297										
1400	42,9	196,006	53,5	240,751	66,7	295,672			82,4	364,248	102,9	447,083										
1600	49,0	255,838	61,2	314,484	76,2	389,823			94,1	475,195	117,6	583,708										
1800	54,5	316,872	69,1	398,428	85,7	487,994			105,9	595,021												
2000	60,6	391,135	76,9	491,794	95,2	602,417			117,6	734,610												
2100	63,6	431,193	80,8	542,124	100,0	664,148																
2300	69,7	517,164	88,5	650,180	109,5	796,649																
2500	75,8	610,943	96,2	768,198	119,0	941,065																

Redes de Água e Demais Aplicações Redes de Gás

Fonte: FGS Brasil

As desvantagens dos tubos de PEAD e dos tubos de plástico em geral são a baixa resistência ao calor, a baixa resistência mecânica, a pouca estabilidade dimensional, o alto coeficiente de dilatação e o fato do material ser combustível, o que deve ser observado para garantir a segurança do sistema (SILVA TELLES, P.C. **Tubulações Industriais – Materiais, Projeto, Montagem**).

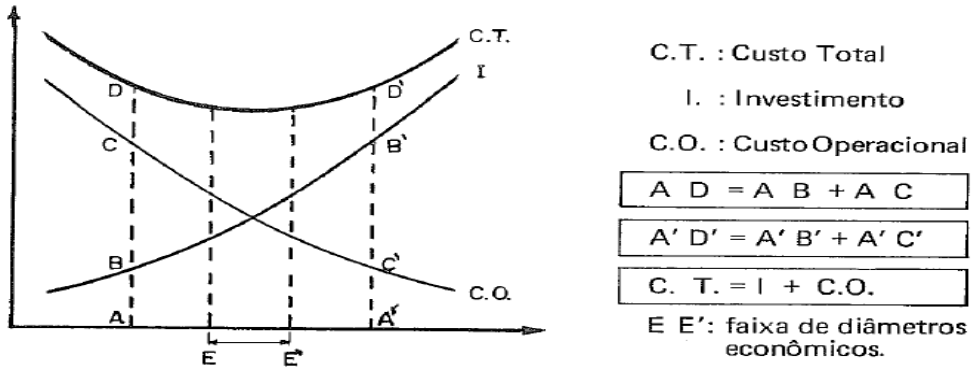
A questão econômica sempre será uma importante característica a ser observada para o projeto do sistema de instalações elevatórias. Tendo-se em vista a equação da continuidade Q=V*A, é possível facilmente notar que o mesmo diâmetro de tubulação pode transportar diferentes vazões, bastando alterar a velocidade de transporte. A variação do diâmetro, contudo, tem relação direta com o investimento inicial e o custo operacional. Quanto maior for o diâmetro da instalação, maior será o investimento inicial, porém menor será o custo operacional, pois a potência dos motores será menor. Após a verificação em diversas instalações de bombeamento, verificou-se que atender ao critério de conjugar investimento inicial e custo operacional significava respeitar uma velocidade média na sucção de aproximadamente 1,5 m/s e uma velocidade média no recalque de aproximadamente 2,5 m/s (CARVALHO, D.F. **Instalações elevatórias. Bombas**).

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Quadro 5 – Variações do investimento, custo operacional e custo total com o diâmetro



Fonte: Instalações elevatórias. Bombas

2.5 Válvulas de bloqueio e controle usadas na Indústria

As válvulas são dispositivos destinados a controlar o fluxo de fluidos em sistemas por onde estes fluidos escoam. Algumas válvulas são usadas para interromper o fluxo para permitir desmontagem e reparo da instalação; outras garantem a segurança da instalação, e existem outras que regulam o fluxo, permitindo maior volume ou menor volume. Existe uma grande quantidade de tipos de válvulas, e cada tipo pode ser subdividido em uma variedade de subtipos. A escolha da melhor opção depende da natureza da operação, das propriedades físicas e químicas do fluido, e da pressão e da temperatura do sistema (MACINTYRE, A.J. **Bombas e Instalações de bombeamento**).

As válvulas são comumente divididas em (SILVA TELLES, P.C. **Tubulações Industriais – Materiais, Projeto, Montagem**):

1. Válvulas de bloqueio: São destinadas a estabelecer ou interromper o fluxo. Operam completamente abertas ou completamente fechadas. São exemplos as válvulas de gaveta, de macho, de esfera e de comporta ou guilhotina;
2. Válvulas de regulagem: Operam em qualquer posição de fechamento parcial e são usadas para controlar o fluxo. São exemplos as válvulas de globo, de agulha, de borboleta e de diafragma;
3. Válvulas de retenção: que permitem o fluxo em apenas um sentido. São exemplos a válvula de pé e a "check valve".
4. Válvulas de controle de pressão a montante: Válvulas usadas para garantir a pressão do fluido a montante no encanamento. São exemplos a válvula de segurança e alívio e a válvula de excesso de vazão;
5. Válvula de controle de pressão de jusante: Válvula que garante a pressão do fluido a jusante no encanamento. São exemplos a válvula redutora/reguladora de pressão e a ventosa;

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Os principais componentes de uma válvula são o corpo ou carcaça, que corresponde à parte principal, na qual todos os outros componentes são instalados, o castelo, que é a tampa do corpo, e de onde se acessa os internos da válvula, a conexão, que é o elemento pelo qual a válvula é conectada na tubulação ou no equipamento e o obturador da válvula, que é o elemento interno responsável pela função da válvula (SILVA, O.J.L. **Válvulas Industriais**).

Os principais meios para operar uma válvula são (SILVA TELLES, P.C. **Tubulações Industriais – Materiais, Projeto, Montagem**):

- Operação manual, que ocorre por meio de um volante ou alavancas e pela intervenção manual do operador. O uso de caixa de redução é necessário em válvulas de grandes dimensões ou que operem com pressões altas, para facilitar o manuseio do dispositivo.
- Operação motorizada ocorre com o emprego de sistemas auxiliares de operação. Geralmente é um sistema pneumático, hidráulico ou elétrico.
- Operação automática, que ocorre por meio de molas ou contrapesos ou pelo emprego do próprio fluido, valendo de diferenças de pressão no sistema;

2.5.1 Válvula de retenção

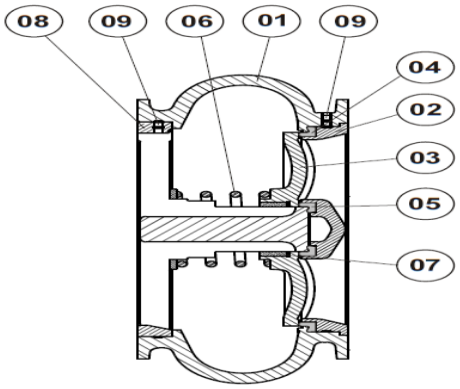
São válvulas de operação automática (também chamadas de válvulas autooperáveis) devido à diferença entre a pressão exercida pelo fluido a montante e a jusante do dispositivo. São utilizadas para impedir que o fluxo retorne. É recomendado que as válvulas de retenção sejam instaladas de forma que a ação da gravidade tenha a tendência de fechá-las. São usadas para diversos fluidos, como diversos gases, ar, vapor e líquidos que não tenham particulado sólido em suspensão. Existem vários tipos de válvula de retenção, como a válvula de pé, que pode ter um crivo associado, a válvula de retenção de portinhola, a válvula de retenção de pistão ou esfera, que podem estar associados a uma mola, e a válvula de retenção de dupla portinhola, ou bipartida, sempre associada a uma mola, funcionando como uma dobradiça. O obturador da válvula de retenção de dupla portinhola fecha antes que possa ocorrer a reversão do fluxo. Isso pode ser usado para proteger a bomba de transientes hidráulicos (SILVA, O.J.L. **Válvulas Industriais**).

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Figura 10 – Válvula de retenção dupla portinhola de fechamento rápido



Item	Denominação	Material	Qtd
09	Parafuso allen s/cabeça	Aço carbono	04
08	Guia do Obturador	ASTM A536 Gr. 65.45.12	01
07	Bucha	Bronze SAE 40	01
06	Mola	Inox AISI 302	01
05	Sede menor	Poliuretano	01
04	Sede maior	Poliuretano	01
03	Obturador	ASTM A536 Gr. 65.45.12	01
02	Suporte da sede	ASTM A536 Gr. 65.45.12	01
01	Corpo	ASTM A536 Gr. 65.45.12	01

Fonte: Bermad Valloy

2.5.2 Válvula de borboleta

As válvulas de borboleta podem operar como válvulas de regulagem e como válvulas de bloqueio. O obturador da válvula tem a forma de disco, que rotaciona em torno de um eixo diametral perpendicular ao escoamento do fluido. Este disco rotaciona para que a válvula seja fechada ou aberta. As válvulas de borboleta podem ser empregadas para tubulações de líquidos e gases de grande diâmetro e pressão e temperatura moderadas. Um caso especial de válvulas de borboleta é as do tipo tri-excêntricas, onde o obturador é excêntrico em relação ao eixo diametral e em relação ao centro da tubulação. As válvulas de borboleta tri-excêntricas têm vedação bem superior à das válvulas convencionais e, se usadas com sedes metálicas, podem trabalhar em classes de pressão de até 600# (SILVA TELLES, P.C. **Tubulações Industriais – Materiais, Projeto, Montagem**).

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Figura 11 – Válvula de borboleta tri-excêntrica com volante e caixa de redução

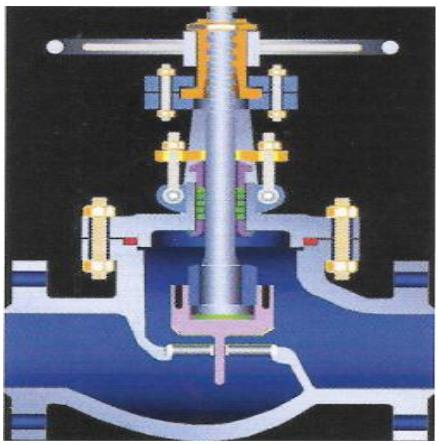


Fonte: Niagara

2.5.3 Válvula globo

As válvulas globo são usadas para controle de vazão, com a abertura e o fechamento em qualquer graduação desejada, de fluidos como água, óleos, vapores e gases, em ampla faixa de temperatura e pressão, permitindo até a estanqueidade total. A manutenção deste tipo de válvula pode ser realizada sem a remoção da carcaça da linha. As desvantagens das válvulas globo são a perda de carga relativamente alta e a não admitirem fluxo nos dois sentidos. O obturador pode ser do tipo plano, esférico, cônico, guiado e agulha (SILVA, O.J.L. **Válvulas Industriais**).

Figura 12 – Válvula globo standard



Fonte: Válvulas Industriais

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

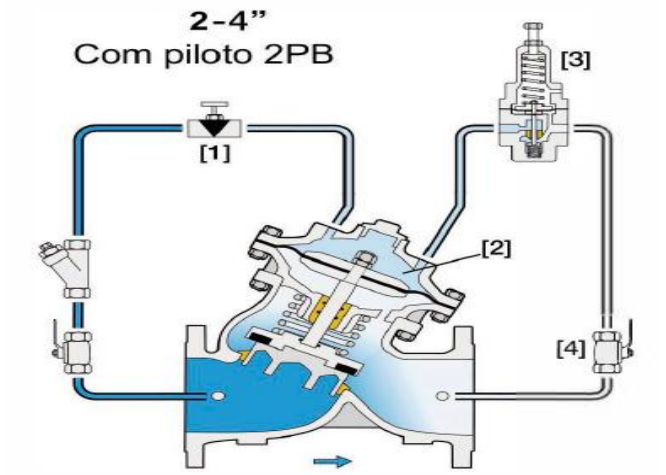
2.5.4 Válvula de controle de pressão a jusante

Válvula de controle é um termo genérico que designa uma grande variedade de válvulas. Esse tipo de válvula é definido por sempre ter um atuador, que pode ser pneumático, hidráulico ou elétrico, que comanda diretamente o obturador, e pela característica de ser comandada à distância. O corpo da válvula é usualmente semelhante ao de uma válvula globo, pois o esforço necessário para a operação é menor e a facilidade de controle é maior (SILVA TELLES, P.C. **Tubulações Industriais – Materiais, Projeto, Montagem**).

O fluxo de fluido pela válvula é evidentemente uma função da abertura da válvula de controle. Quando o acessório está totalmente fechado, o fluxo é zero, e quando a válvula está totalmente aberta, o fluxo é máximo. Em posições intermediárias, o percentual de fluxo pode ser maior ou menor que a porcentagem de abertura, dependendo do modelo de válvula de controle. Para permitir a correta seleção e dimensionamento das válvulas de controle, um número que caracteriza o acessório foi definido e chamado de CV. O CV da válvula de controle varia em função das diversas características dos internos destas válvulas (SILVA, O.J.L. **Válvulas Industriais**).

As válvulas reguladoras de pressão a jusante são válvulas que mantêm a pressão a jusante dentro de limites preestabelecidos. Essas válvulas são automáticas, muitas vezes através de válvulas piloto, integrantes da válvula principal e atuadas pela pressão do próprio fluido, dando ou não passagem ao fluxo (SILVA TELLES, P.C. **Tubulações Industriais – Materiais, Projeto, Montagem**).

Figura 13 – Válvula de controle de pressão a jusante



Fonte: Bermad Valloy

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

2.6 Instrumentação usada na Indústria

O objetivo da instrumentação é a medição, regulação, comando e controle automáticos dos processos industriais, sistemas de alarme e proteção e sistemas de automação. Possibilita uma redução de mão de obra operacional e uma melhoria na precisão e qualidade de controle de processos. Após a medição de parâmetros físicos do processo, como pressão, temperatura, vazão, nível, densidade, umidade, velocidade de escoamento e outros, um sistema regulador faz uma comparação com um valor preestabelecido e transmite um sinal com a diferença de medida correspondente para um elemento final (FERNANDES, P.S. T. **Montagens Industriais: Planejamento, execução e controle**).

O dispositivo mais simples para medir pressões é o tubo piezométrico, que consiste em um tubo transparente inserido na canalização onde se deseja medir a pressão. O líquido subirá no tubo piezométrico até uma determinada altura que corresponde à pressão interna. É importante que o tubo piezométrico tenha mais de 10 mm de diâmetro, para que os efeitos de capilaridade sejam desprezíveis. Porém, na prática, o dispositivo mais usado para a medição de pressão é o manômetro metálico de Bourdon. Todos estes dispositivos indicam um valor relativo, que é referido à pressão atmosférica local (AZEVEDO NETTO, J.M. **Manual de Hidráulica**).

Os medidores de vazão atuam, geralmente, por meio da perda de carga do fluido em tubulação conhecida, ou por meio de um obstáculo nela colocado, como placas de orifício, venturis, bocais, tubos de Pitot e rotâmetros (FERNANDES, P.S. T. **Montagens Industriais: Planejamento, execução e controle**).

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Esta pesquisa é elaborada conforme a metodologia adotada para a confecção de um estudo de caso. Este capítulo trará alguns detalhes que tornem possível o entendimento e a utilização dos resultados deste trabalho pelos leitores.

A escolha do tipo de pesquisa considerou a proposta de Yin (2001), na qual o estudo de caso para a pesquisa deverá se preocupar com a apresentação justa e rigorosa dos dados empíricos coletados.

Para Yin (2001):

Se você precisasse saber “como” ou “por que” o programa funcionou (ou não), teria que dirigir-se ou para um estudo de caso ou para um experimento de campo. (Yin, 2001, p.26)

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Este trabalho visa, exatamente, responder "como" e "por que" o programa (ou projeto) desenvolvido com objetivo singular funcionou.

O estudo de caso pode seguir uma estratégia de pesquisa em que o objeto de estudo é único ou múltiplo. Ambos os tipos de estratégia de estudo de caso podem ser usados para hipóteses generalizadas e para proposições teóricas, de forma que o autor do trabalho não terá como objetivo enumerar a frequência de ocorrência de um determinado objeto de estudo. O trabalho de pesquisa conduzido como um tipo de estudo de caso não se limita à estratégia de estudo qualitativo, podendo ser usado para estudos quantitativos e até mesmo para trabalhos que misturam evidências quantitativas e qualitativas.

A qualidade do trabalho elaborado deve ser medida com base em testes descritos por autores que tenham estudado com a profundidade necessária as táticas adequadas para estas medições.

Para que a qualidade do estudo de caso seja satisfatória, contradizendo o que pesquisadores inexperientes tendem a supor, é necessário que a coleta dos dados seja feita por um profissional experimentado e competente, para que vícios e erros nesta coleta não sejam cometidos, em função de procedimentos que sigam preconceitos e tendências pré-estabelecidas pelo coletor de dados, e para que oportunidades que surgirem durante a pesquisa sejam aproveitadas.

O pesquisador coletor de dados deve ter algumas características bem desenvolvidas. O profissional deverá ser questionador, independente e tomar decisões sobre os dados que estão sendo coletados.

Segundo Yin (2001) existem seis principais fontes de dados ou evidências durante uma coleta de dados que são:

- Documentos;
- Registros em arquivos;
- Entrevistas;
- Observação direta;
- Observação participante;
- Artefatos físicos.

Um estudo de caso pode se beneficiar de apenas uma destas fontes de dados ou de duas ou mais.

A tática de processamento de todos os dados coletados deverá seguir os melhores princípios descritos por autores importantes, pois a incorporação dos princípios que norteiam este processamento irá aumentar a qualidade do trabalho.

A análise dos dados coletados deverá ser conduzida pelo pesquisador através de uma estratégia que estabeleça as principais evidências a serem categorizadas em tabelas, e os motivos para esta escolha deverão estar muito bem entendidos, de forma que as proposições iniciais dos estudos sejam verificadas, e uma generalização bem dimensionada seja proposta.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.
Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Algumas técnicas foram desenvolvidas para ordenar os dados, ajudando na análise. Manipulações dos dados, embora possam ser úteis para ajudar a desembaraçar algum problema decorrente da investigação, devem ser realizadas com muito cuidado para que os resultados não sejam mascarados ou sejam atingidos por algum preconceito do pesquisador.

O objetivo da análise das evidências deverá ser, sempre, tratar os dados de forma honesta, para que as conclusões não possam ser refutadas. Interpretações alternativas também deverão ser eliminadas, para que a pesquisa tenha um resultado de qualidade.

O relatório do estudo de caso irá demandar uma quantidade de horas para ser elaborado e é o fechamento do trabalho. Pode ser elaborado por escrito ou oralmente, e não precisa seguir nenhuma forma preestabelecida. Deverá, contudo, sempre ter como referência o público-alvo do trabalho e ser elaborado com um texto claro e que incite o leitor a continuar a leitura.

ANÁLISE DE RESULTADOS

O Brasil tem a maior reserva hidrológica do mundo, com cerca de 12% das reservas mundiais de água doce do planeta. Desta água doce, cerca de 70% está na região Norte, 15% na região Centro-oeste, 6% na região Sudeste, 6% na região Sul e 3% na região Nordeste. A abundância de água no país é realmente admirável e é aproveitada para a produção de energia elétrica em usinas hidroelétricas, para a agroindústria, irrigando áreas agricultáveis e nutrindo a criação de animais e abastecendo as cidades brasileiras e a população. Uma parcela desta água é aproveitada também para a indústria de transformação em geral.

Mas a abundância de água no país não é igualmente distribuída. Como é notório, a região da Caatinga no Nordeste sofre com a falta de água durante grande parte do ano. O norte e o noroeste do estado de Minas Gerais também têm problemas de falta de água, apesar de relativamente menos graves que os da região da Caatinga.

A cidade de Paracatu, no noroeste do estado de Minas Gerais, é uma das cidades do Brasil onde a abundância de recursos hídricos não é percebida. Com índices pluviométricos próximos de 1300 mm ao ano, já ocorreram problemas de falta de abastecimento na cidade durante os meses mais críticos, que correspondem aos meses de junho, julho e agosto. Nos anos mais afetados, a crise hídrica na cidade de Paracatu se estendeu até o mês de novembro.

Paracatu nasceu na primeira metade do século XVIII, com grande vocação para a mineração. No primeiro século de existência, o ouro podia ser encontrado em depósitos de aluvião em diversos córregos do município. Até os dias de hoje, a cidade ainda conta com reservas de ouro, calcário, zinco e chumbo.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Outra atividade econômica importante, na cidade de Paracatu, é a agropecuária. A cidade tem mais de 40 mil hectares de área irrigada, com produção mecanizada de milho, feijão e soja. Produz ainda café, algodão e algumas frutas.

Todas essas atividades econômicas consomem os recursos hídricos da região, recursos esses que já não são abundantes. E todas as atividades humanas que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água estão sujeitas à outorga.

A outorga é um dos instrumentos da Política Nacional e Estadual de Recursos Hídricos por meio do qual o Poder Público autoriza o usuário, sob condições preestabelecidas, a utilizar ou realizar interferências hidráulicas nos recursos hídricos necessários à sua atividade, garantindo o direito de acesso a esses recursos, dado que a água é um bem de domínio público. A outorga está disciplinada na Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, assim como nas Leis Estaduais de cada ente da federação.

De uma forma geral, as leis ambientais no Brasil são rigorosas, como deveriam ser, e também de uma forma geral, são cumpridas pelos usuários dos recursos hídricos e pelas empresas que exploram o meio ambiente para gerar riquezas, empregos e impostos para a nação.

O ouro em Paracatu vem sendo explorado desde a sua descoberta, mas apenas em 1987 vem sendo explorado de forma profissional. Uma mineradora foi instalada no local conhecido como Morro do Ouro e, através de técnicas modernas, vem produzindo riquezas para a região e promovendo um ganho de desenvolvimento humano para a população local.

Como toda usina de transformação, um dos diversos recursos usados pela mineração e metalurgia do ouro em Paracatu é a água, que é um recurso vital para toda a comunidade. E como também é um recurso não tão abundante na região noroeste de Minas Gerais, soluções criativas tiveram de ser criadas para garantir a manutenção da operação da usina, principalmente nos últimos anos, quando uma grave crise hídrica se instalou na região.

A mineradora detinha outorga para a captação de água em alguns córregos da cidade, mas a outorga exigia que um volume mínimo de água seguisse o curso do riacho. E em um momento de parada de produção em função da falta de água, um projeto foi pensado, implantado e operado, de forma que a usina pudesse permanecer em operação.

O projeto que foi pensado, implantado e operado para garantir a operação da usina de ouro em Paracatu consistia na perfuração, desenvolvimento e interligação de diversos poços artesianos, cada um com a devida outorga. A tubulação que ligaria todos os poços artesianos terminaria em uma adutora de água existente, que deveria ser repotenciada, de forma a recalcar a nova vazão de água, oriunda dos córregos já outorgados e também das novas fontes de recursos hídricos, os poços artesianos.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Diversos foram os desafios tecnológicos que foram enfrentados para o sucesso do projeto. Como a operação de toda a mineradora estava paralisada, um dos mais importantes drivers do projeto era o prazo, mas neste estudo de caso, os desafios técnicos serão os principais pontos abordados.

O projeto em elaboração devia ser capaz de captar água para a permanência em operação das usinas de produção de ouro, mesmo que o volume de chuvas ocorridas em Paracatu durante o ano fosse menor do que um determinado valor definido pela direção da mineradora. A vazão de água de todos os poços artesianos perfurados juntos deveria ser maior que 1500 m^3/h.

O primeiro problema enfrentado pela equipe do projeto foi definir os pontos de maior probabilidade de sucesso. Estudos do terreno e pesquisas geográficas foram realizados no local, com o objetivo de identificar as regiões mais promissoras. No entanto, esta não é uma ciência exata, e alguns poços se mostraram não aptos para o aproveitamento.

A usina conta com sistemas de captação de água em córregos locais e a solução proposta inicialmente era de interligar os diversos poços artesianos que foram desenvolvidos à adutora já existente. Porém, os cálculos realizados ainda durante a fase conceitual demonstraram que esta solução não seria efetiva. Este fato se justifica porque a associação de bombas diferentes em paralelo pode, dependendo da curva do sistema e consequentemente do ponto de operação, fazer com que algumas bombas operem em shut off. O professor Archibald Joseph Macintyre, em seu livro BOMBAS E INSTALAÇÕES DE BOMBEAMENTO, recomenda evitar bombas diferentes em associações em paralelo, para evitar correntes secundárias, no sentido de que as bombas de maior potência sejam colocadas antes das de menor potência. Recomenda estudo atento a associações em paralelo em tubulações existentes e longas, visto que são sistemas que têm curvatura acentuada da curva característica do encanamento, fato que diminui o ganho de vazão e piora as condições para a cavitação.

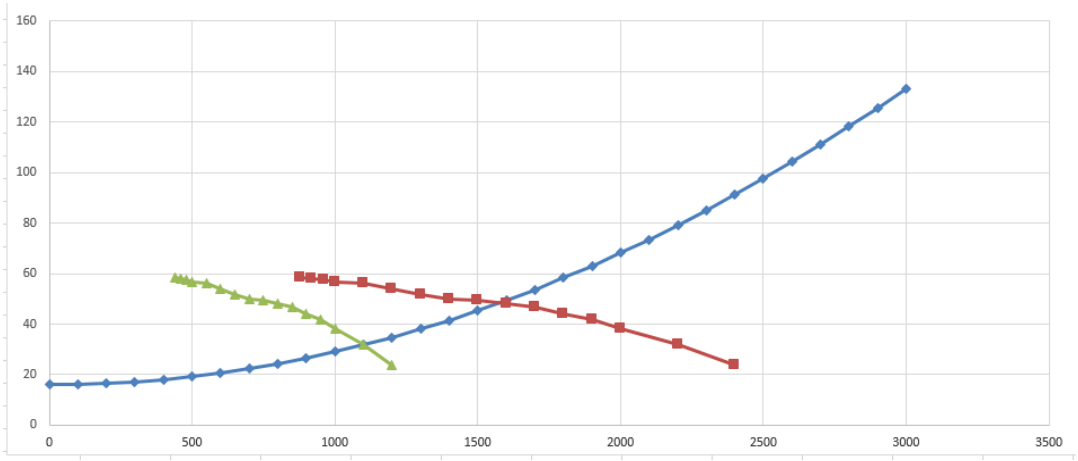
O dimensionamento conceitual, usado para refutar a ideia original de um projeto de poços artesianos ligados à adutora existente, foi realizado através de fórmulas usuais de perda de carga em tubulações, além das curvas das bombas existentes. Para as bombas novas para os poços artesianos, como se tratava de um projeto conceitual, sem fornecedores definidos, foram consideradas curvas características de fornecedores tradicionais. A ideia original foi avaliada considerando a inclusão de 1 (um), 3 (três) e 9 (nove) poços artesianos no sistema existente. Os gráficos obtidos no projeto estão abaixo representados:

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

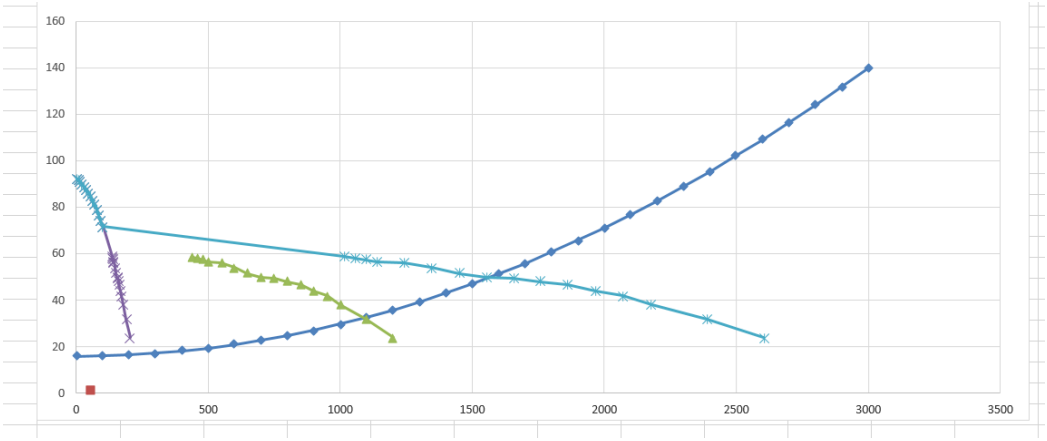
Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Quadro 6 – Curva característica do equipamento existente e curva do sistema



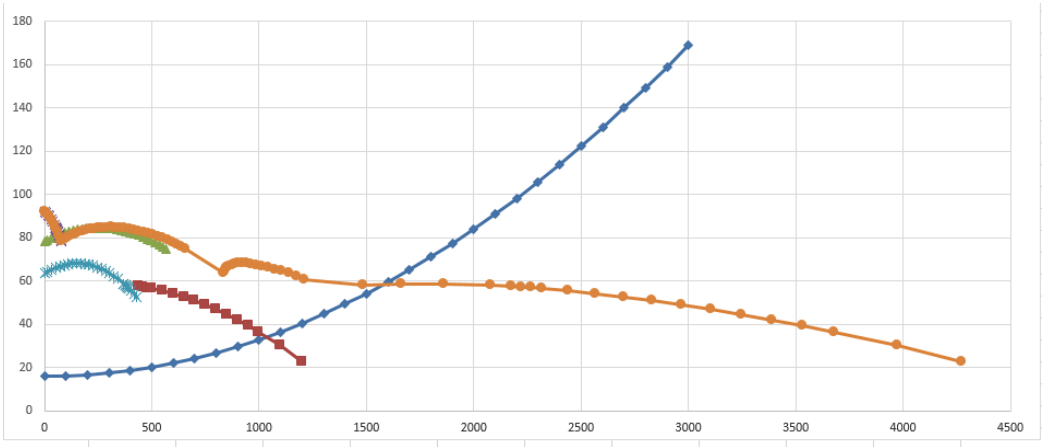
Fonte: Elaboração própria

Quadro 7 – Curva característica do equipamento existente associado a 1 poço artesiano e curva do sistema



Fonte: Elaboração própria

Quadro 8 – Curva característica do equipamento existente associado a 3 poços artesianos e curva do sistema



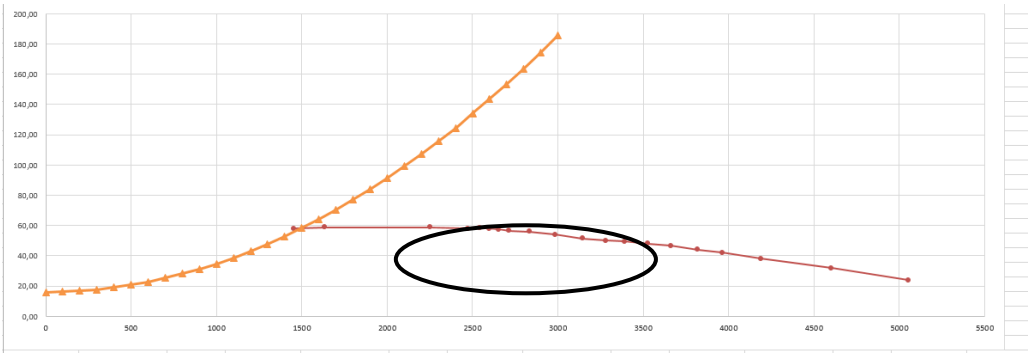
Fonte: Elaboração própria

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Quadro 9 – Curva característica do equipamento existente associado a 9 poços artesianos e curva do sistema



Fonte: Elaboração própria

Sem a associação de poços artesianos, o sistema existente capta aproximadamente 1600 m³/h. Com um poço artesiano associado ao sistema existente, foi calculado um ganho de aproximadamente 56 m³/h. O sistema atingirá, portanto, até 1656 m³/h. Com a associação de três poços artesianos, o ganho de vazão é de apenas 9 m³/h em relação ao ganho obtido pela associação de 1 poço artesiano. A vazão esperada com o acréscimo de 3 poços associados ao sistema existente é, no máximo, de 1665 m³/h. Com a associação de 9 poços, as bombas da captação existente já estarão operando em "shutoff", e consequentemente a vazão será igual à vazão obtida sem a inclusão de nenhum poço associado.

Com base nestes resultados, a direção da mineradora optou por uma alternativa mais dispendiosa em tempo e recursos financeiros. Uma nova adutora deveria ser implantada, em que todos os poços artesianos seriam interligados. A água dos poços artesianos será transportada por uma tubulação nova, que se estenderá por aproximadamente 6,2 km de comprimento até o reservatório de água existente. O material desta tubulação será PEAD e será uma tubulação enterrada a uma profundidade mínima de 1,2 metros.

Os poços artesianos, devido a algumas características intrínsecas, não devem operar durante todo o dia; portanto, uma vazão um pouco maior que 1500 m³/h deveria ser conseguida. A vazão selecionada foi de 1580 m³/h.

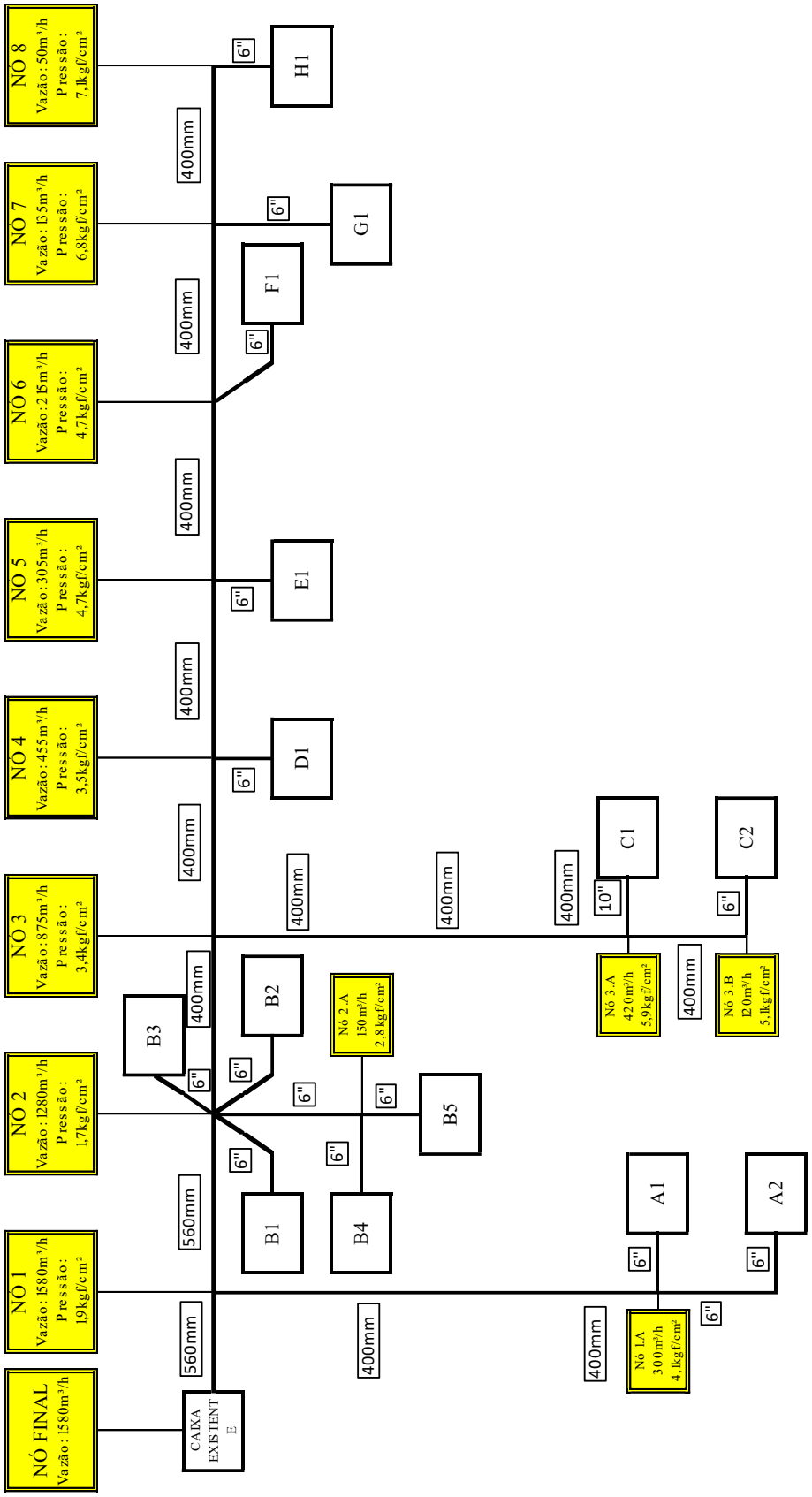
Abaixo é apresentado o fluxograma do projeto, com os resultados de pressão e vazão para cada nó da rede. Algumas informações são diferentes do projeto original, devido ao fato de se tratar de uma informação estratégica para a companhia. No entanto, a física e a matemática que possibilitaram o sucesso do projeto estão replicadas. Os cálculos foram realizados em planilha de cálculo eletrônica, que foi elaborada pelo autor deste trabalho, e está representada nos anexos deste estudo de caso:

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Figura 14 – Fluxograma do projeto



Fonte: Elaboração própria

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

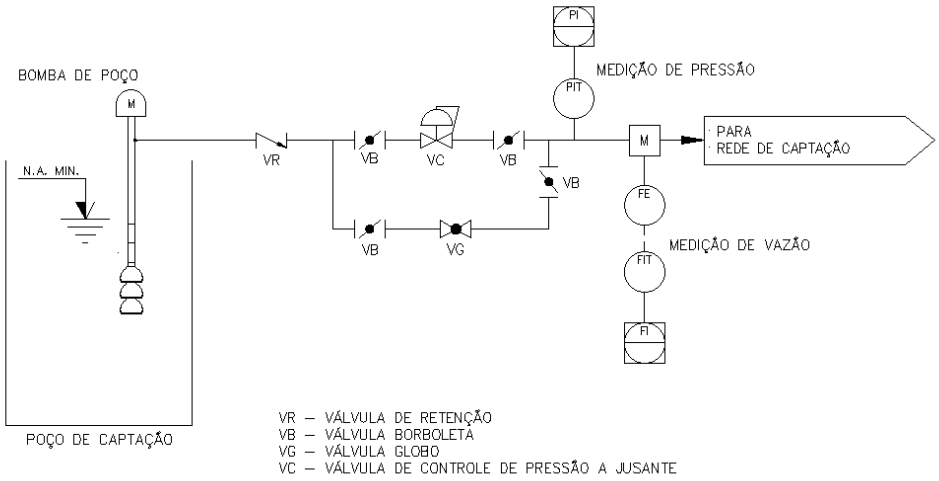
Para que o projeto obtivesse sucesso na captação de volume de água necessário para os objetivos do empreendimento, válvulas foram instaladas nas tubulações.

Foram instaladas válvulas borboleta para permitir o bloqueio da tubulação e a manutenção dos dispositivos. Foi instalada uma válvula de controle de pressão a jusante, que era responsável por permitir um pouco mais de vazão em cada poço, para suprir o poço que estivesse em recuperação. Foi instalada uma válvula globo em uma tubulação de "by-pass", para permitir a manutenção da própria válvula de controle de pressão a jusante. Foi instalada também, para cada poço, uma válvula de retenção.

Para o controle dos poços, foram instalados ainda instrumentos necessários. Cada poço possuía um manômetro para medição local de pressão, um medidor de vazão para contabilização de volume captado por poço, e cada bomba de poço estava controlada por um inversor de frequência, que permitia uma intervenção do operador localmente.

Abaixo está representado, o fluxograma com as válvulas e instrumentos:

Figura 15 – Fluxograma de válvulas e instrumentos



Fonte: Elaboração própria

CONCLUSÕES

Com o término deste trabalho, é possível chegar à conclusão de que o projeto é viável do ponto de vista técnico. O projeto, implantado, operou conforme as previsões deste trabalho e, embora algumas informações e dados tenham sido alterados para manter o segredo industrial da mineradora, é possível replicar todas as etapas do processo, seguindo a mesma lógica de desenvolvimento matemático e físico.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

O uso de válvulas de controle de pressão a jusante tornou possível que, na necessidade de desligar um poço artesiano para a recuperação dos níveis de água, os outros poços aumentassem ligeiramente a vazão na rede, para suprir a vazão perdida. Isso acarreta a necessidade de verificação ponto a ponto da potência dos equipamentos, que, no caso de estarem muito justamente dimensionados, podem ter os motores desarmados por excesso de carga.

O uso de inversores de frequência, pouco falado neste trabalho, foi um recurso implantado no projeto original e que facilitou uma intervenção do operador individualmente em cada poço.

A vazão captada atingiu as premissas do projeto e opera para manter a operação da mina, mesmo em anos de forte estiagem.

A tabela abaixo traz os valores de vazão, pressão, diâmetro dos tubos a montante e diâmetro dos tubos a jusante de cada nó de interligação de duas ou mais conexões:

Tabela 7 – Resumo dos resultados encontrados em cada nó de conexão de tubulação

NÓ	VAZÃO m³/h	PRESSÃO kgf/cm²	ϕ DO TUBO A MONTANTE	ϕ DO TUBO A JUSANTE
FINAL	1580	0	560mm	-
1	1580	1,9	400mm/560mm	560mm
1A	300	4,1	2 X 6"	400mm
2	1280	1,7	4 X 6"/400mm	560mm
2A	150	2,8	2 X 6"	6"
3	875	3,4	2 X 400mm	400mm
3A	420	5,9	10"/400mm	400mm
3B	120	5,1	6"	400mm
4	455	3,5	6"/400	400mm
5	305	4,7	6"/400	400mm
6	215	4,7	6"/400	400mm
7	135	6,8	6"/400	400mm
8	50	7,1	6"	400mm

Fonte: Elaboração própria

Conforme podemos observar nos resultados dos nós de conexão, a pressão na rede tende a aumentar da caixa de água que recebe o recalque dos poços para o início da rede, conforme era de se esperar. Alguns pontos não seguem essa regra, devido ao fato da caixa de água não estar no ponto mais alto do relevo da rede de água.

Obviamente, a vazão diminui do final para o início da rede, visto que cada poço incrementa mais água na rede de captação.

Devido à diminuição de vazão do início para o final da rede, é possível variar o diâmetro da tubulação, com o objetivo de reduzir custos. O projeto optou por manter uma grande parte do tubo principal e dos ramais com o diâmetro da tubulação inalterado, devido ao grande número

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

de incertezas que este projeto tinha no início das atividades. Essa premissa se manteve até o final da implantação.

A tabela abaixo traz os valores dos resultados de vazão, altura manométrica, diâmetro do poço, modelo de bomba de referência, quantidade de rotores em série internos ao corpo da bomba para possibilitar o recalque e a potência requerida para o motor do equipamento, por poço:

Tabela 8 – Resumo dos resultados encontrados para especificação de cada bomba de cada poço

POÇO	VAZÃO m³/h	Hman mca	ϕ DO POÇO polegadas	BOMBA	ESTÁGIOS	POTÊNCIA
A1	150	67	8	BHS 804	4	75
A2	150	66	8	BHS 804	4	75
B1	80	68	8	BHS 813	3	40
B2	80	59	8	BHS 813	3	30
B3	95	87	8	BHS 813	4	50
B4	65	81	6	BHS 517	8	40
B5	85	69	8	BHS 813	3	40
C1	300	121	12	BHS 12270	3	200
C2	120	123	8	BHS 813	5	100
D1	150	75	8	BHS 804	4	100
E1	90	103	8	BHS 813	4	75
F1	80	71	8	BHS 813	3	50
G1	85	93	8	BHS 813	4	50
H1	50	89	6	BHS 517	8	30

Fonte: Elaboração própria

Os resultados obtidos para as bombas dos poços não seguem um padrão, como no caso dos nós das conexões. Isso se deve ao fato de que cada poço tem uma quantidade de água possível de ser captada e um nível de água diferente no subsolo particular, e essa diferença faz com que a vazão e a altura manométrica de cada bomba sejam únicas e não previsíveis.

De posse de todos estes dados e resultados, foi possível a especificação e compra de todos os equipamentos, tubulações, válvulas e instrumentos que fizeram deste projeto um sucesso, atingindo os objetivos da companhia.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETTO, J.M. **Manual de Hidráulica**. 9.ed. São Paulo: Blucher, 2015

BRUNETTI, F. **Mecânica dos Fluidos**. 2.ed. rev. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008

CARVALHO, D. F. **Instalações elevatórias. Bombas**. 6. ed. Minas Gerais: Fumarc, 1999.

ÇENGEL, Y.A. **Mecânica dos Fluidos – Fundamentos e Aplicações**. 1.ed. Porto Alegre: AMGH, 2012

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (CETEM/MTC). **Extração de ouro – Princípios, tecnologia e meio ambiente**, Rio de Janeiro, 2002.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (CETEM/MTC). **Usinas de beneficiamento de minérios do Brasil**, Rio de Janeiro, 2001.

CHAVES, A. P. **Teoria e Prática do Tratamento de Minérios**. 2.ed. São Paulo: Signus Editora, 2002.

https://www.climatempo.com.br/climatologia/171/paracatu-mg

http://www.kinross.com.br/conheca-mais-sobre-as-barragens/

DINSMORE, P. C. **Gerenciamento de Projetos: coo gerenciar seu projeto com qualidade, dentro do prazo e custos previstos**. 1.ed (7° reimpressão). Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012

Ebara – Bombas e equipamentos

FGS Brasil – Tubos, válvulas e conexões plásticas

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

FERNANDES, P. S. T. **Montagens Industriais: Planejamento, execução e controle**. 1.ed. São Paulo: Artliber Editora, 2005.

Niagara – Válvulas e conexões Industriais

PEELE, R. **Mining Engineers' Handbook**. 3.ed (6th Printing). New York: John Wiley & Sons, Inc., 1952.

Santos, Márcio José dos. O Ouro e a dialética territorial em Paracatu – MG: opulência e resistência – 2012, 194f il.:30cm

SUN TZU, **A Arte da Guerra e do Gerenciamento**. 3.ed. Rio de Janeiro: Editora Record, 2005

SILVA, O.J.L. **Válvulas Industriais**. 2.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008

SILVA TELLES, P.C. **Tubulações Industriais – Cálculo**. 9.ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999

SILVA TELLES, P.C. **Tubulações Industriais – Materiais, Projeto, Montagem**. 10.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008

Bermad Valloy – Soluções de controle hidráulico

WHITE, F. M. **Mecânica dos Fluidos**. 6.ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

YIN, R. K. **Estudo de Caso – Planejamento e Método**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

APÊNDICES

APÊNDICE A1 – MEMÓRIA DE CÁLCULO DA REDE DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

CÁLCULO DA PRESSÃO NA TUBULAÇÃO ATÉ O NÓ 1

1. Dados de entrada

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**1580,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,529	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,4776**	m
Velociddes para ϕ adotados no recalque (m/s)	2,45	m/s

3. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
560	**PN12,5**	**PE100**	**41,2mm**

4. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	1310899	
Coeficiente de Rugosidade	0,001	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,011163476	
Comprimento da linha	970	m

Perda de carga localizada

Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	3	30	90
Curva 45	6	16	96
Valvula gaveta	1	8	8
Medidor de vazão	1	350	350

Comprimento equivalente	259,81	m
Comprimento Equivalente total	1229,81	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**8,80**	mca
Desnível geométrico desde a conexão até o próximo nó	**10,00**	m
PR - Pressão residual	0,00	mca
Pressão no nó da conexão com o próximo trecho	**18,80**	mca

Cálculos para o poço A1

1. Dados de entrada - Nó 1.A

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**300,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,230	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,3412**	m
Velociddes para ϕ adotados no recalque (m/s)	0,91	m/s

3. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
400	**PN12,5**	**PE100**	**29,4mm**

4. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	348408	
Coeficiente de Rugosidade	0,001	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,014025184	
Comprimento da linha	674	m

Perda de carga localizada

Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 45	7	16	112

Comprimento equivalente	38,21	m
Comprimento Equivalente total	712,21	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**1,24**	mca

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Desnível geométrico desde a conexão até o próximo nó	**21,00**	m
PR - Pressão residual	18,80	mca
Pressão no nó da conexão com o poço	**41,04**	mca

Cálculos da pressão necessária para vencer as perdas no recalque do poço

5. Dados de entrada - Poço A1

Fluido	**Água bruta**	
Vazão mínima	**150,0**	m³/h
Fator de projeto		
Vazão	**150,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

6. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,163	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,15408**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	2,24	m/s

7. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
6"	**sch40/std**	**ASTM A53GrB**	**7,11mm**

8. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	385764	
Coeficiente de Rugosidade	0,050	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,016874149	
Comprimento da linha	25,00	m

Perda de carga localizada:

Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	2	30	60
Curva 45	4	16	64
Valvula borboleta	2	8	16
Válvula globo	1	350	350
Valvula retencao	1	100	100
T direto	2	20	40

Comprimento equivalente	97,07	m
Comprimento Equivalente total	122,07	m
Perda de carga na tubulação do recalque deste poço	**3,41**	mca
Desnível geométrico desde a conexão até o próximo nó	**0,00**	mca
Nível dinâmico do poço	22,94	m
Pressão sem contar a pressão da tubulação principal	**26,35**	mca

Definição do equipamento empregado no poço

9. Altura manométrica total calculada para a bomba deste poço

Pressão no nó da conexão com o poço	**41,04**	mca
Pressão sem contar a pressão da tubulação principal	**26,35**	mca
Hman Total	**67**	mca

10. Cálculo do NPSH disponível

Posição da bomba em relação ao nível da água:	AFOGADA	
Pa - Pressão atmosférica	9,49	mca
Pv - Pressão de vapor p/ temp. trabalho	0,75	mca
Hs - Altura mínima de afogamento	6,00	mca
hs - Perda de carga na linha de sucção	1,00	mca
NPSH disponível	13,74	mca

11. Seleção da bomba

11.1. Definição da associação das bombas

Associações em paralelo:	1,00	
Associações em série	1,00	
Vazão por bomba	150	m³/h
Pressão por bomba	67	mca

11.2. Bomba selecionada

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

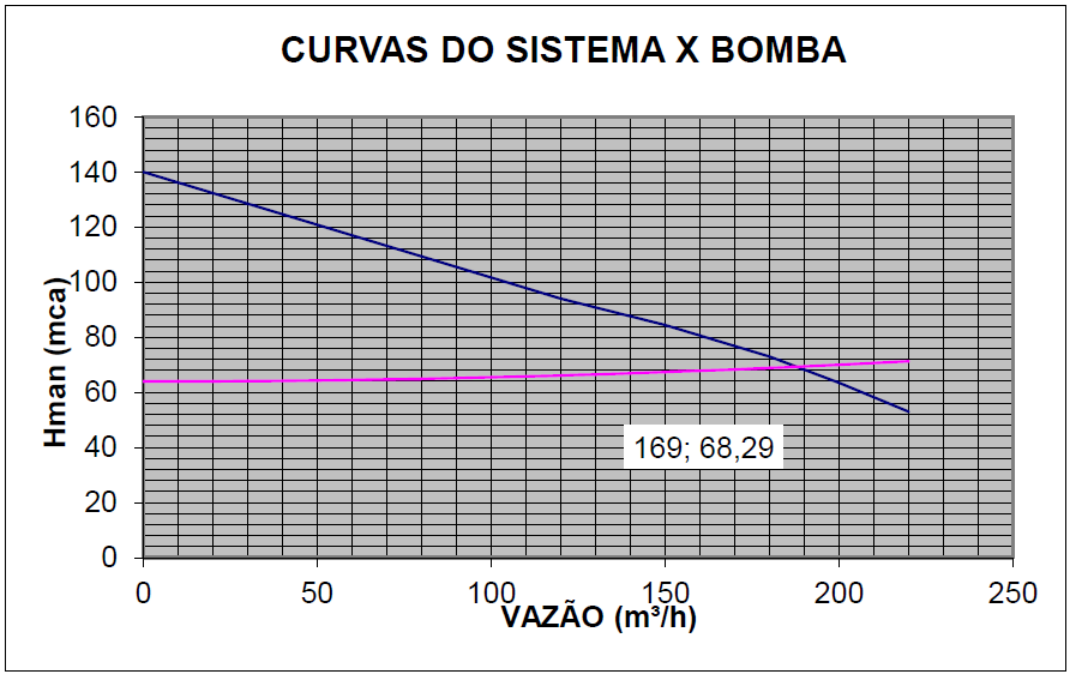
Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Fornecedor	EBARA	
Modelo	BHS 804	
Rendimento	63	%
NPSH requerido	5,9	mca
Quantidade de estágios	4	

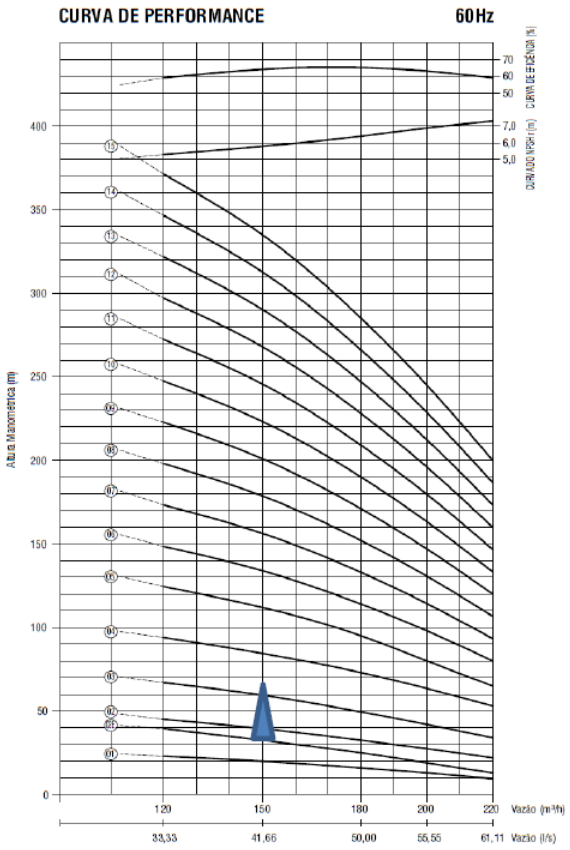
11.3. Cálculo da potência

BHP = (Q*Hman*Peso específico)/(75*rendimento)=	59,32	cv
Rendimentos mecânicos:	88%	
Potência do motor:	67,16	cv
Motor adotado:	75	cv

12. Curvas do sistema



13. Curva do fabricante



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Cálculos para o poço A2

1. Dados de entrada - Poço A2

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**150,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,163	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,15408**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	2,24	m/s

3. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
6"	**sch40/std**	**ASTM A53GrB**	**7,11mm**

4. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	385764	
Coeficiente de Rugosidade	0,050	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,016874149	
Comprimento da linha	91	m

Perda de carga localizada

Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	1	30	30
Curva 45	3	16	48
Valvula borboleta	2	8	16
Válvula globo	1	350	350
Valvula retencao	1	100	100
T direto	2	20	40

Comprimento equivalente	89,98	m
Comprimento Equivalente total	180,98	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**5,05**	mca
Desnível geométrico da tubulação individual do poço	**0,00**	m
PR - Pressão residual	41,04	mca
Nível dinâmico do poço	20,15	m
Pressão no nó da conexão com o poço	**66,24**	mca

Definição do equipamento empregado no poço

5. Altura manométrica total calculada para a bomba deste poço

Ho - Desnível geométrico	20,15	mca
Hr - Perda de carga no recalque	5,05	mca
PR - Pressão residual	41,04	mca
Hman Total	**66**	mca

6. Cálculo do NPSH disponível

Posição da bomba em relação ao nível da água:	AFOGADA	
Pa - Pressão atmosférica	9,49	mca
Pv - Pressão de vapor p/ temp. trabalho	0,75	mca
Hs - Altura mínima de afogamento	6,00	mca
hs - Perda de carga na linha de sucção	1,00	mca
NPSH disponível	13,74	mca

7. Seleção da bomba

7.1. Definição da associação das bombas

Associações em paralelo:	1,00	
Associações em série	1,00	
Vazão por bomba	150	m³/h
Pressão por bomba	66	mca

7.2. Bomba selecionada

Fornecedor	EBARA	
Modelo	BHS 804	
Rendimento	63	%

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

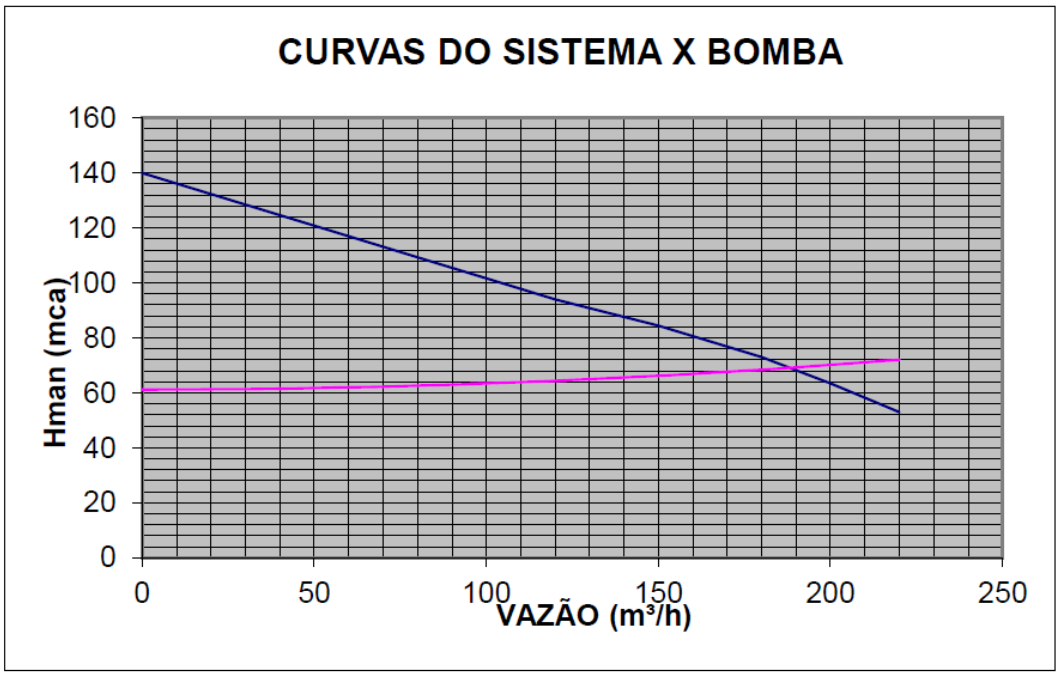
Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

NPSH requerido	5,9	mca
Quantidade de estágios	3	

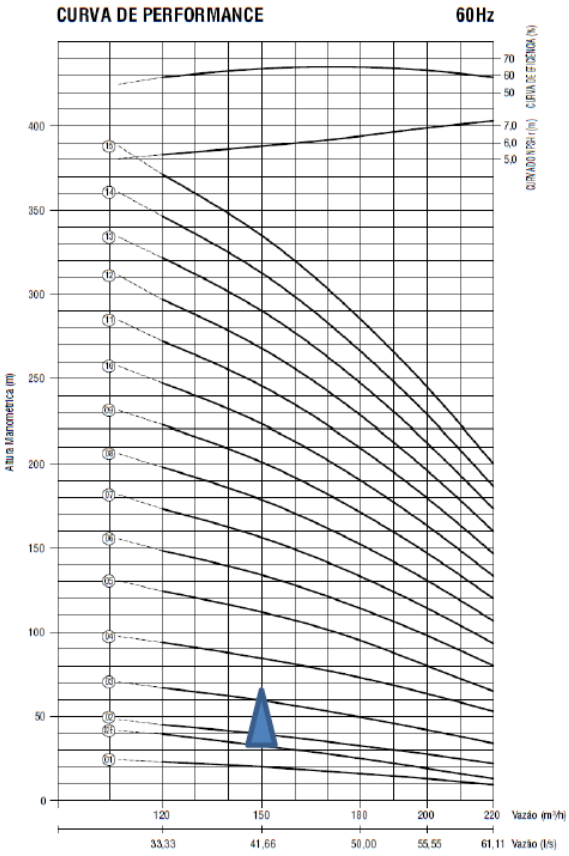
7.3. Cálculo da potência

BHP = (Q*Hman*Peso específico)/(75*rendimento)=	58,31	cv
Rendimentos mecânicos:	88%	
Potência do motor:	66,02	cv
Motor adotado:	75	cv

8. Curvas do sistema



9. Curva do fabricante



CÁLCULO DA PRESSÃO NA TUBULAÇÃO ATÉ O NÓ 2

1. Dados de entrada

Fluido	Água bruta

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Vazão	**1280,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,476	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,4776**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	1,99	m/s

3. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
560	**PN12,5**	**PE100**	**41,2mm**

4. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	1061994	
Coeficiente de Rugosidade	0,001	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,011550804	
Comprimento da linha	710	m

Perda de carga localizada			
Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	2	30	60
Curva 45	5	16	80

Comprimento equivalente	66,86	m
Comprimento Equivalente total	776,86	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**3,78**	mca
Desnível geométrico desde a conexão até o próximo nó	**-6,00**	m
PR - Pressão residual	18,80	mca
Pressão no nó da conexão com o próximo trecho	**16,58**	mca

Cálculos para o poço B1

1. Dados de entrada - Poço B1

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**80,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,119	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,15408**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	1,19	m/s

3. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
6"	**sch40/std**	**ASTM A53GrB**	**7,11mm**

4. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	205741	
Coeficiente de Rugosidade	0,050	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,017888297	
Comprimento da linha	60	m

Perda de carga localizada			
Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	1	30	30
Curva 45	3	16	48
Valvula borboleta	2	8	16
Válvula globo	1	350	350
Valvula retencao	1	100	100
T direto	2	20	40

Comprimento equivalente	89,98	m
Comprimento Equivalente total	149,98	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**1,26**	mca

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Desnível geométrico da tubulação individual do poço	**3,00**	m
PR - Pressão residual	16,58	mca
Nível dinâmico do poço	47,00	m
Pressão no nó da conexão com o poço	**67,84**	mca

Definição do equipamento empregado no poço

5. Altura manométrica total calculada para a bomba deste poço

Ho - Desnível geométrico	50,00	mca
Hr - Perda de carga no recalque	1,26	mca
PR - Pressão residual	16,58	mca
Hman Total	**68**	mca

6. Cálculo do NPSH disponível

Posição da bomba em relação ao nível da água:	AFOGADA	
Pa - Pressão atmosférica	9,49	mca
Pv - Pressão de vapor p/ temp. trabalho	0,75	mca
Hs - Altura mínima de afogamento	6,00	mca
hs - Perda de carga na linha de sucção	1,00	mca
NPSH disponível	13,74	mca

7. Seleção da bomba

7.1. Definição da associação das bombas

Associações em paralelo:	1,00	
Associações em série	1,00	
Vazão por bomba	80	m³/h
Pressão por bomba	68	mca

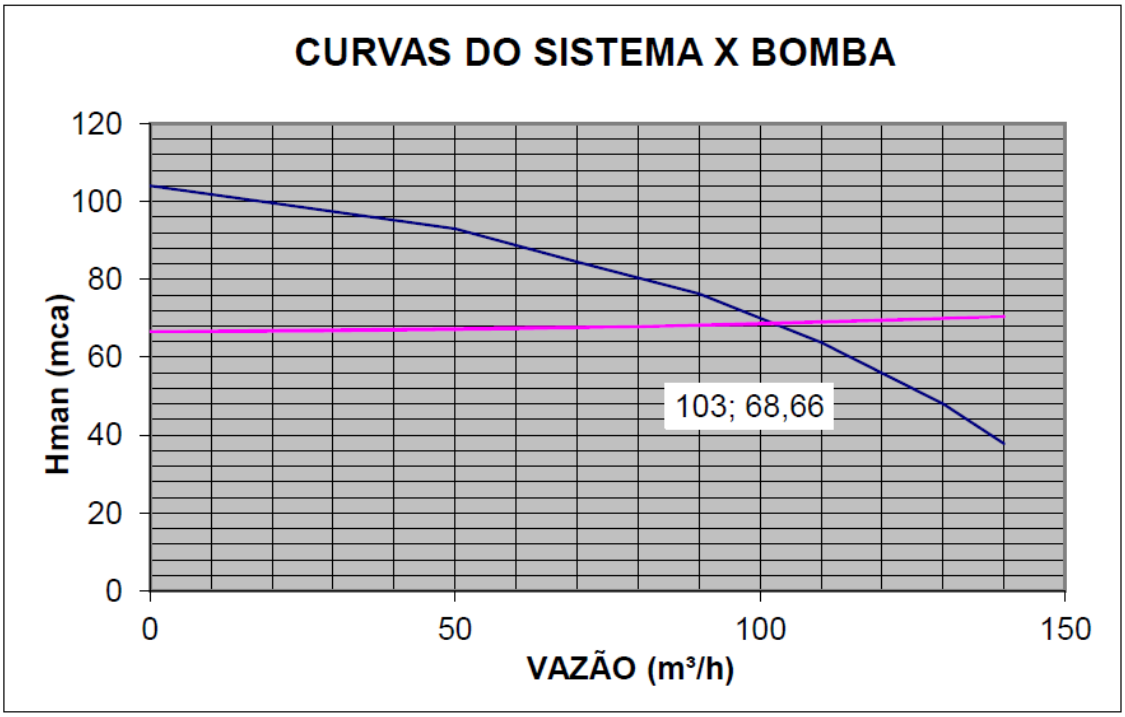
7.2. Bomba selecionada

Fornecedor	EBARA	
Modelo	BHS 813	
Rendimento	69	%
NPSH requerido	4	mca
Quantidade de estágios	3	

7.3. Cálculo da potência

BHP = (Q*Hman*Peso específico)/(75*rendimento)=	29,08	cv
Rendimentos mecânicos:	88%	
Potência do motor:	32,92	cv
Motor adotado:	**40**	cv

8. Curvas do sistema

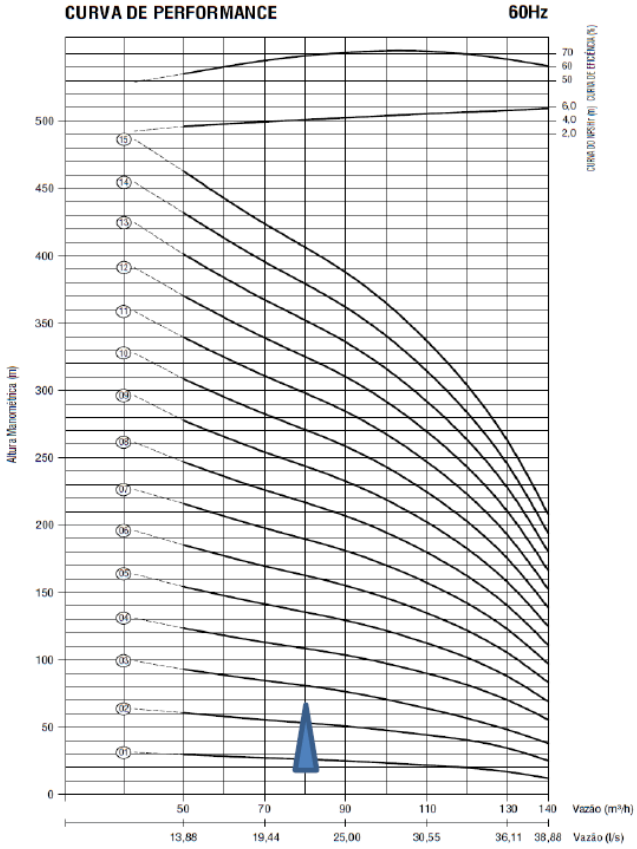


Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

9. Curva do fabricante



Cálculos para o poço B2

1. Dados de entrada - Poço B2

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**80,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,119	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,15408**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	1,19	m/s

3. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
6"	**sch40/std**	**ASTM A53GrB**	**7,11mm**

4. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	205741	
Coeficiente de Rugosidade	0,050	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,017888297	
Comprimento da linha	54	m

Perda de carga localizada			
Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	1	30	30
Curva 45	3	16	48
Valvula borboleta	2	8	16
Válvula globo	1	350	350
Valvula retencao	1	100	100
T direto	2	20	40

Comprimento equivalente	89,98	m
Comprimento Equivalente total	143,98	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**1,21**	mca

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Desnível geométrico da tubulação individual do poço	**7,00**	m
PR - Pressão residual	16,58	mca
Nível dinâmico do poço	34,00	m
Pressão no nó da conexão com o poço	**58,79**	mca

Definição do equipamento empregado no poço

5. Altura manométrica total calculada para a bomba deste poço

Ho - Desnível geométrico	41,00	mca
Hr - Perda de carga no recalque	1,21	mca
PR - Pressão residual	16,58	mca
Hman Total	**59**	mca

6. Cálculo do NPSH disponível

Posição da bomba em relação ao nível da água:	AFOGADA	
Pa - Pressão atmosférica	9,49	mca
Pv - Pressão de vapor p/ temp. trabalho	0,75	mca
Hs - Altura mínima de afogamento	6,00	mca
hs - Perda de carga na linha de sucção	1,00	mca
NPSH disponível	13,74	mca

7. Seleção da bomba

7.1. Definição da associação das bombas

Associações em paralelo:	1,00	
Associações em série	1,00	
Vazão por bomba	80	m³/h
Pressão por bomba	59	mca

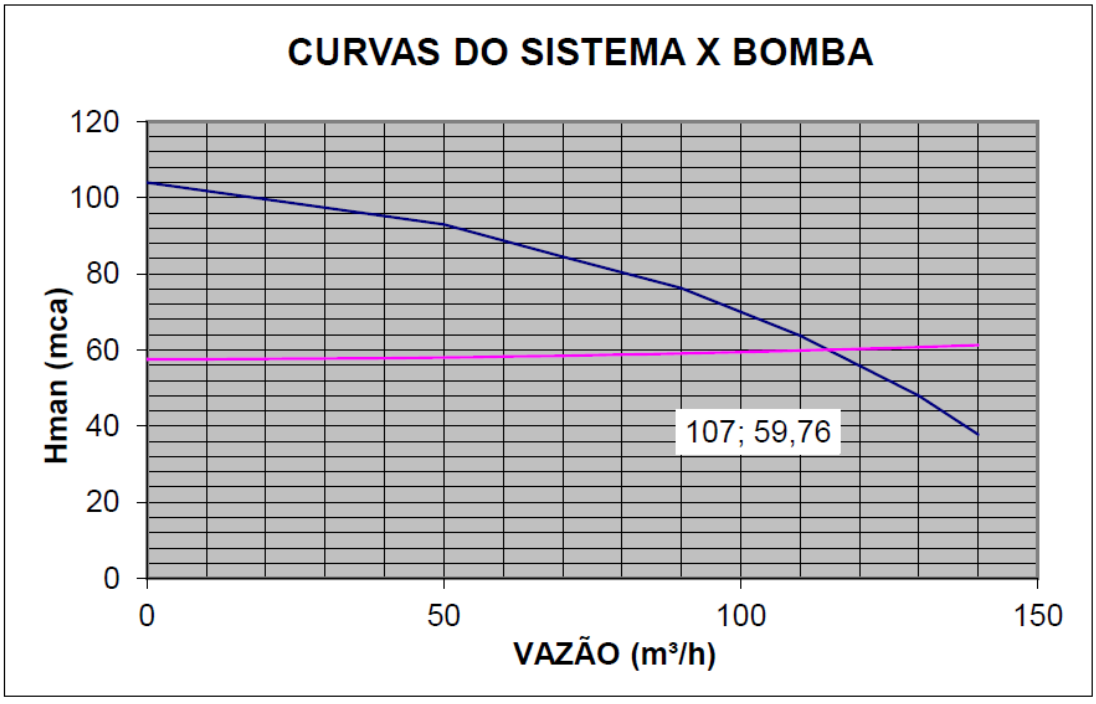
7.2. Bomba selecionada

Fornecedor	EBARA	
Modelo	BHS 813	
Rendimento	69	%
NPSH requerido	4	mca
Quantidade de estágios	3	

7.3. Cálculo da potência

BHP = (Q*Hman*Peso específico)/(75*rendimento)=	25,20	cv
Rendimentos mecânicos:	88%	
Potência do motor:	28,53	cv
Motor adotado:	**30**	cv

8. Curvas do sistema

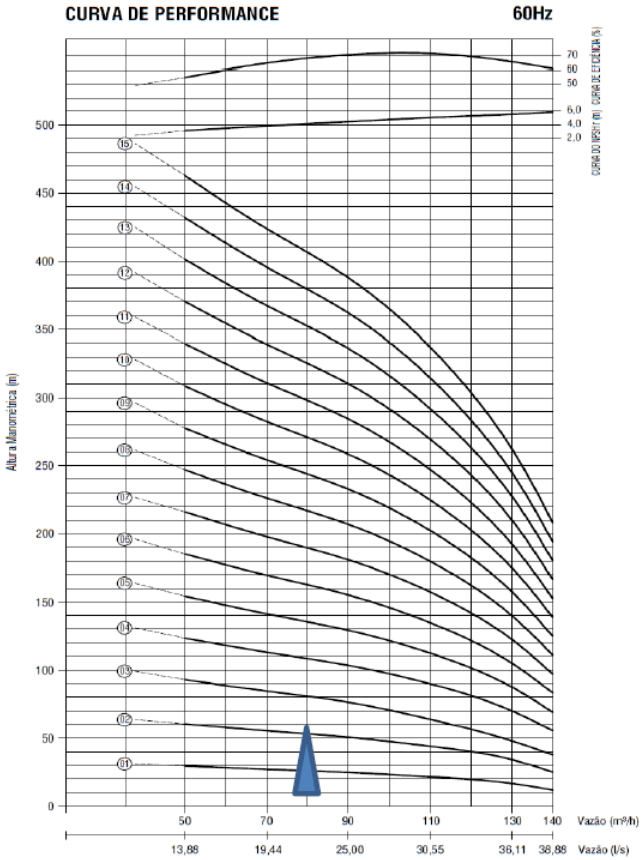


Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

9. Curva do fabricante



Cálculos para o poço B3

1. Dados de entrada - Poço B3

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**95,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,130	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,15408**	m
Velociddes para ϕ adotados no recalque (m/s)	1,42	m/s

3. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
6"	**sch40/std**	**ASTM A53GrB**	**7,11mm**

4. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	244317	
Coeficiente de Rugosidade	0,050	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,017570259	
Comprimento da linha	58	m

Perda de carga localizada			
Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	1	30	30
Curva 45	3	16	48
Valvula borboleta	2	8	16
Válvula globo	1	350	350
Valvula retencao	1	100	100
T direto	2	20	40

Comprimento equivalente	89,98	m
Comprimento Equivalente total	147,98	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**1,72**	mca

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Desnível geométrico da tubulação individual do poço	**6,00**	m
PR - Pressão residual	16,58	mca
Nível dinâmico do poço	63,00	m
Pressão no nó da conexão com o poço	**87,30**	mca

Definição do equipamento empregado no poço

5. Altura manométrica total calculada para a bomba deste poço

Ho - Desnível geométrico	69,00	mca
Hr - Perda de carga no recalque	1,72	mca
PR - Pressão residual	16,58	mca
Hman Total	**87**	mca

6. Cálculo do NPSH disponível

Posição da bomba em relação ao nível da água:	AFOGADA	
Pa - Pressão atmosférica	9,49	mca
Pv - Pressão de vapor p/ temp. trabalho	0,75	mca
Hs - Altura mínima de afogamento	6,00	mca
hs - Perda de carga na linha de sucção	1,00	mca
NPSH disponível	13,74	mca

7. Seleção da bomba

7.1. Definição da associação das bombas

Associações em paralelo:	1,00	
Associações em série	1,00	
Vazão por bomba	95	m³/h
Pressão por bomba	87	mca

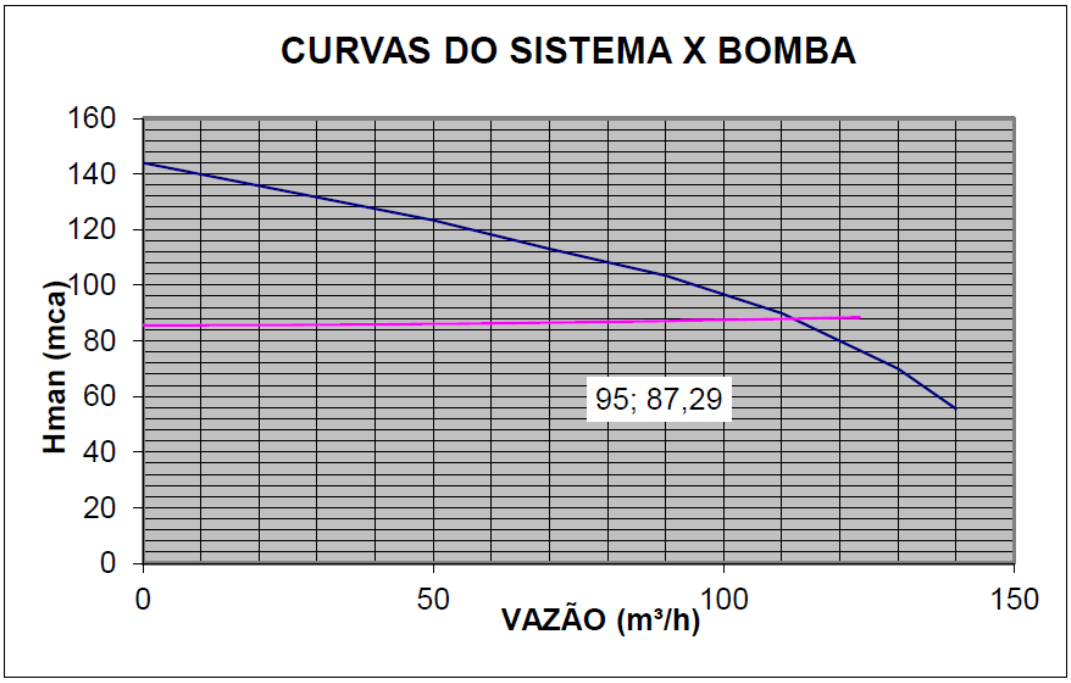
7.2. Bomba selecionada

Fornecedor	EBARA	
Modelo	BHS 813	
Rendimento	70,5	%
NPSH requerido	4,5	mca
Quantidade de estágios	4	

7.3. Cálculo da potência

BHP = (Q*Hman*Peso específico)/(75*rendimento)=	43,49	cv
Rendimentos mecânicos:	88%	
Potência do motor:	49,24	cv
Motor adotado:	**50**	cv

8. Curvas do sistema

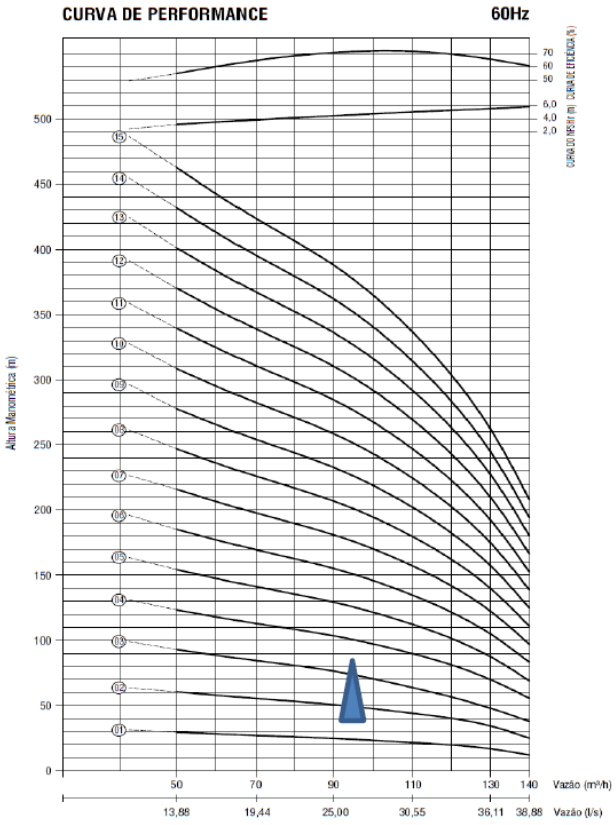


Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

9. Curva do fabricante



Cálculos para o poço B4

1. Dados de entrada - Nó 2.A

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**150,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,163	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,15408**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	2,24	m/s

3. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
6"	**sch40/std**	**ASTM A53GrB**	**7,11mm**

4. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	385764	
Coeficiente de Rugosidade	0,050	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,016874149	
Comprimento da linha	141	m

Perda de carga localizada			
Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	1	30	30
Curva 45	10	16	160

Comprimento equivalente	29,28	m
Comprimento Equivalente total	170,28	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**4,75**	mca
Desnível geométrico desde a conexão até o próximo nó	**7,00**	m
PR - Pressão residual	16,58	mca
Pressão no nó da conexão com o poço	**28,33**	mca

Cálculos da pressão necessária para vencer as perdas no recalque do poço

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

5. Dados de entrada - Poço B4

Fluido	**Água bruta**	
Vazão mínima	**65,0**	m³/h
Fator de projeto		
Vazão máxima	**65,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

6. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,107	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,15408**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	0,97	m/s

7. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
6"	**sch40/std**	**ASTM A53GrB**	**7,11mm**

8. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	167164	
Coeficiente de Rugosidade	0,050	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,018318425	
Comprimento da linha	158,00	m

Perda de carga localizada:

Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	1	30	30
Curva 45	1	16	16
Valvula borboleta	2	8	16
Válvula globo	1	350	350
Valvula retencao	1	100	100
T direto	2	20	40

Comprimento equivalente	85,05	m
Comprimento Equivalente total	243,05	m
Perda de carga na tubulação do recalque deste poço	**1,38**	mca
Desnível geométrico desde a conexão até o próximo nó	**-4,00**	mca
Nível dinâmico do poço	55,00	m
Pressão sem contar a pressão da tubulação principal	**52,38**	mca

Definição do equipamento empregado no poço

9. Altura manométrica total calculada para a bomba deste poço

Pressão no nó da conexão com o poço	**28,33**	mca
Pressão sem contar a pressão da tubulação principal	**52,38**	mca
Hman Total	**81**	mca

10. Cálculo do NPSH disponível

Posição da bomba em relação ao nível da água:	AFOGADA	
Pa - Pressão atmosférica	9,49	mca
Pv - Pressão de vapor p/ temp. trabalho	0,75	mca
Hs - Altura mínima de afogamento	6,00	mca
hs - Perda de carga na linha de sucção	1,00	mca
NPSH disponível	13,74	mca

11. Seleção da bomba

11.1. Definição da associação das bombas

Associações em paralelo:	1,00	
Associações em série	1,00	
Vazão por bomba	65	m³/h
Pressão por bomba	81	mca

11.2. Bomba selecionada

Fornecedor	EBARA	
Modelo	BHS 517	
Rendimento	70,5	%
NPSH requerido	3,9	mca

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

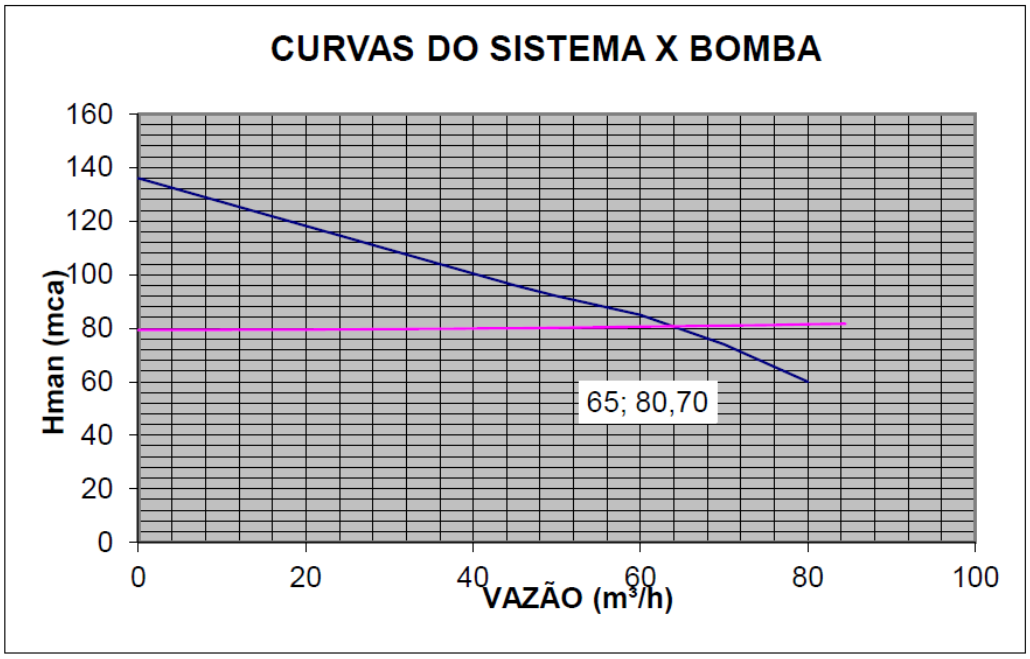
Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Quantidade de estágios	6	

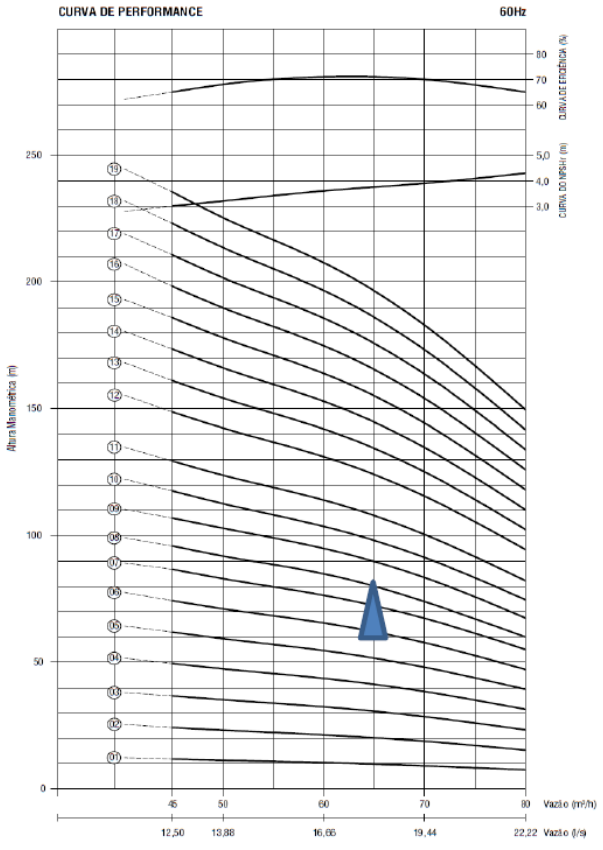
11.3. Cálculo da potência

BHP = (Q*Hman*Peso específico)/(75*rendimento)=	27,51	cv
Rendimentos mecânicos:	88%	
Potência do motor:	31,15	cv
Motor adotado:	**40**	cv

12. Curvas do sistema



13. Curva do fabricante



Cálculos para o poço B5

1. Dados de entrada - Poço B5

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**85,0**	m³/h

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,123	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,15408**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	1,27	m/s

3. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
6"	**sch40/std**	**ASTM A53GrB**	**7,11mm**

4. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	218599	
Coeficiente de Rugosidade	0,050	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,017772313	
Comprimento da linha	39	m

Perda de carga localizada

Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	1	30	30
Curva 45	3	16	48
Valvula borboleta	2	8	16
Válvula globo	1	350	350
Valvula retencao	1	100	100
T direto	2	20	40

Comprimento equivalente	89,98	m
Comprimento Equivalente total	128,98	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**1,22**	mca
Desnível geométrico da tubulação individual do poço	**4,00**	m
PR - Pressão residual	28,33	mca
Nível dinâmico do poço	35,00	m
Pressão no nó da conexão com o poço	**68,55**	mca

Definição do equipamento empregado no poço

5. Altura manométrica total calculada para a bomba deste poço

Ho - Desnível geométrico	39,00	mca
Hr - Perda de carga no recalque	1,22	mca
PR - Pressão residual	28,33	mca
Hman Total	**69**	mca

6. Cálculo do NPSH disponível

Posição da bomba em relação ao nível da água:	AFOGADA	
Pa - Pressão atmosférica	9,49	mca
Pv - Pressão de vapor p/ temp. trabalho	0,75	mca
Hs - Altura mínima de afogamento	6,00	mca
hs - Perda de carga na linha de sucção	1,00	mca
NPSH disponível	13,74	mca

7. Seleção da bomba

7.1. Definição da associação das bombas

Associações em paralelo:	1,00	
Associações em série	1,00	
Vazão por bomba	85	m³/h
Pressão por bomba	69	mca

7.2. Bomba selecionada

Fornecedor	EBARA	
Modelo	BHS 813	
Rendimento	69	%
NPSH requerido	4	mca
Quantidade de estágios	3	

7.3. Cálculo da potência

BHP = (Q*Hman*Peso específico)/(75*rendimento)=	31,22	cv

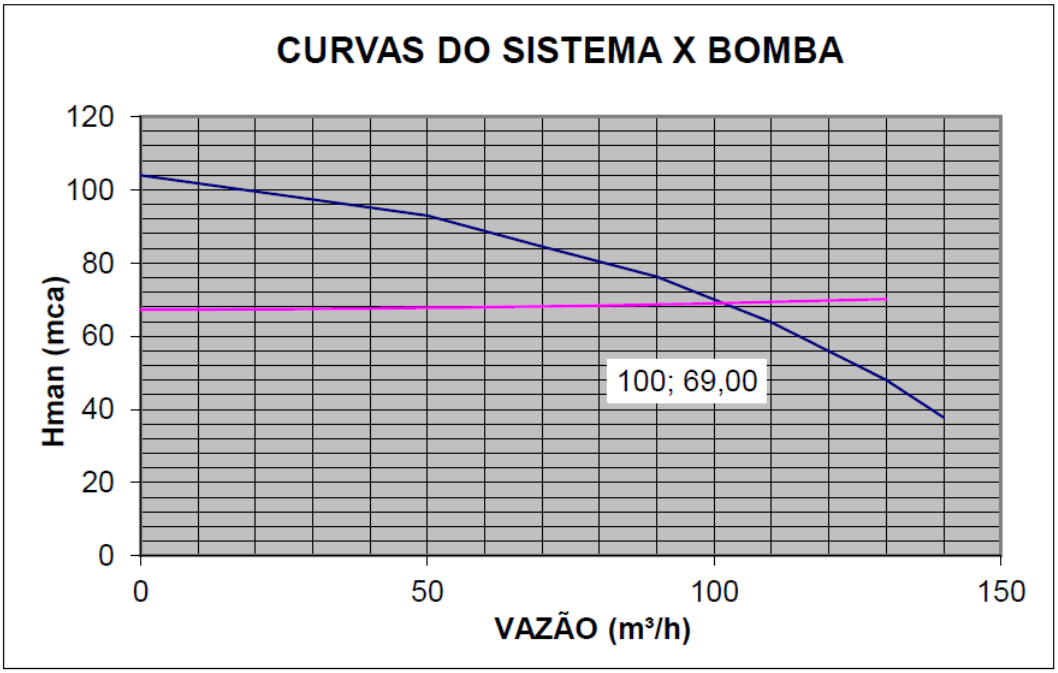
Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

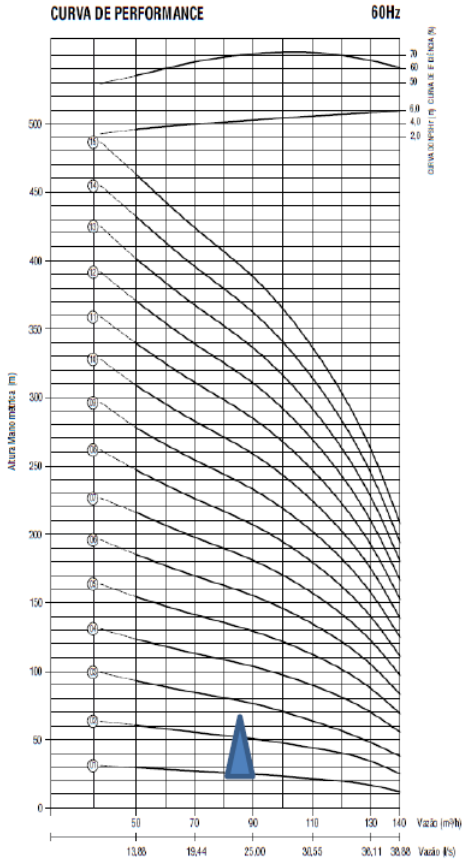
Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Rendimentos mecânicos:	88%	
Potência do motor:	35,35	cv
Motor adotado:	**40**	cv

8. Curvas do sistema



9. Curva do fabricante



CÁLCULO DA PRESSÃO NA TUBULAÇÃO ATÉ O NÓ 3

1. Dados de entrada - Tubulação principal

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**875,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

2. Cálculo do diâmetro das tubulações - Tubulação principal

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,393	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,3412**	m
Velociddes para ϕ adotados no recalque (m/s)	2,66	m/s

3. Tubulação selecionada - Tubulação principal

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
400	**PN12,5**	**PE100**	**29,4mm**

4. Cálculo da perda de carga - Tubulação principal

Número de Reynolds	1016191	
Coeficiente de Rugosidade	0,001	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,011655895	
Comprimento da linha	650	m

Perda de carga localizada			
Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	3	30	90
Curva 45	9	16	144

Comprimento equivalente	79,84	m
Comprimento Equivalente total	729,84	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**8,99**	mca
Desnível geométrico desde a conexão até o próximo nó	**8,00**	m
PR - Pressão residual	16,58	mca
Pressão no nó da conexão com o próximo trecho	**33,57**	mca

Cálculos para o poço C1

1. Dados de entrada - Nó 3.A

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**420,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,273	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,3412**	m
Velociddes para ϕ adotados no recalque (m/s)	1,28	m/s

3. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
400	**PN12,5**	**PE100**	**29,4mm**

4. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	487772	
Coeficiente de Rugosidade	0,001	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,013202769	
Comprimento da linha	1311	m

Perda de carga localizada			
Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	3	30	90
Curva 45	30	16	480

Comprimento equivalente	194,48	m
Comprimento Equivalente total	1505,48	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**4,84**	mca
Desnível geométrico desde a conexão até o próximo nó	**21,00**	m
PR - Pressão residual	33,57	mca
Pressão no nó da conexão com o poço	**59,41**	mca

Cálculos da pressão necessária para vencer as perdas no recalque do poço

5. Dados de entrada - Poço C1

Fluido	**Água bruta**	
Vazão mínima	**300,0**	m³/h
Fator de projeto		

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Vazão máxima	**300,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

6. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,230	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,25446**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	1,64	m/s

7. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
10"	**sch40/std**	**ASTM A53GrB**	**9,27mm**

8. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	467173	
Coeficiente de Rugosidade	0,050	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,015572559	
Comprimento da linha	150,00	m

Perda de carga localizada:

Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	1	30	30
Curva 45	1	16	16
Valvula borboleta	2	8	16
Válvula globo	1	350	350
Valvula retencao	1	100	100
T direto	2	20	40

Comprimento equivalente	140,46	m
Comprimento Equivalente total	290,46	m
Perda de carga na tubulação do recalque deste poço	**2,44**	mca
Desnível geométrico desde a conexão até o próximo nó	**44,00**	mca
Nível dinâmico do poço	15,10	m
Pressão sem contar a pressão da tubulação principal	**61,54**	mca

Definição do equipamento empregado no poço

9. Altura manométrica total calculada para a bomba deste poço

Pressão no nó da conexão com o poço	**59,41**	mca
Pressão sem contar a pressão da tubulação principal	**61,54**	mca
Hman Total	**121**	mca

10. Cálculo do NPSH disponível

Posição da bomba em relação ao nível da água:	AFOGADA	
Pa - Pressão atmosférica	9,49	mca
Pv - Pressão de vapor p/ temp. trabalho	0,75	mca
Hs - Altura mínima de afogamento	6,00	mca
hs - Perda de carga na linha de sucção	1,00	mca
NPSH disponível	13,74	mca

11. Seleção da bomba

11.1. Definição da associação das bombas

Associações em paralelo:	1,00	
Associações em série	1,00	
Vazão por bomba	300	m³/h
Pressão por bomba	121	mca

11.2. Bomba selecionada

Fornecedor	EBARA	
Modelo	BHS-12270	
Rendimento	81	%
NPSH requerido	10,5	mca
Quantidade de estágios	3	

11.3. Cálculo da potência

BHP = (Q*Hman*Peso específico)/(75*rendimento)=	165,60	cv
Rendimentos mecânicos:	88%	

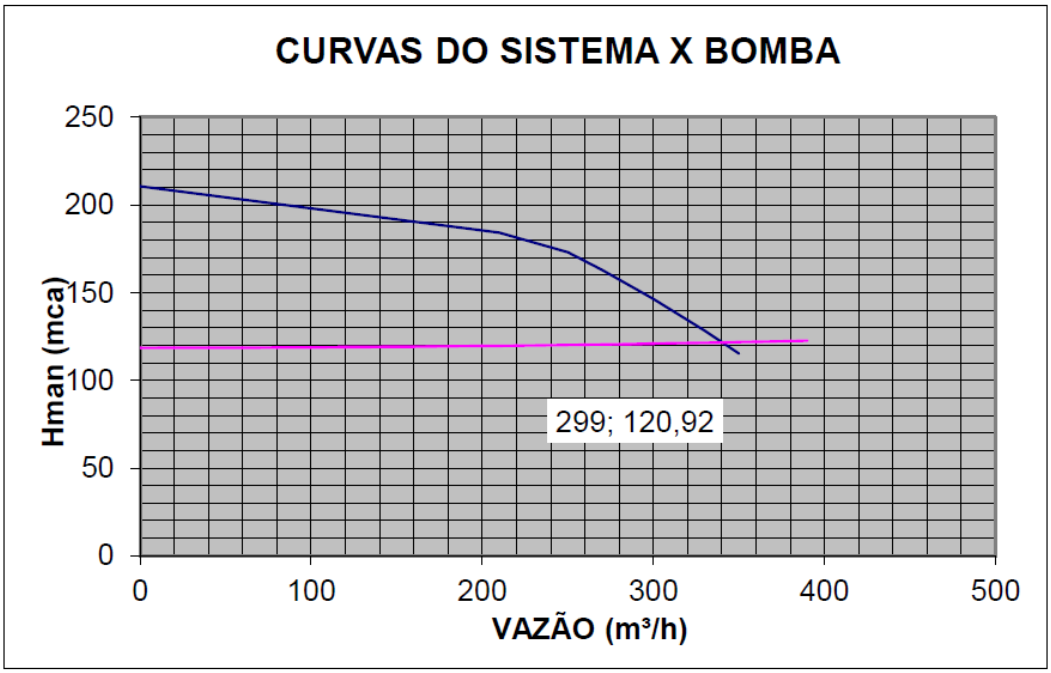
Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

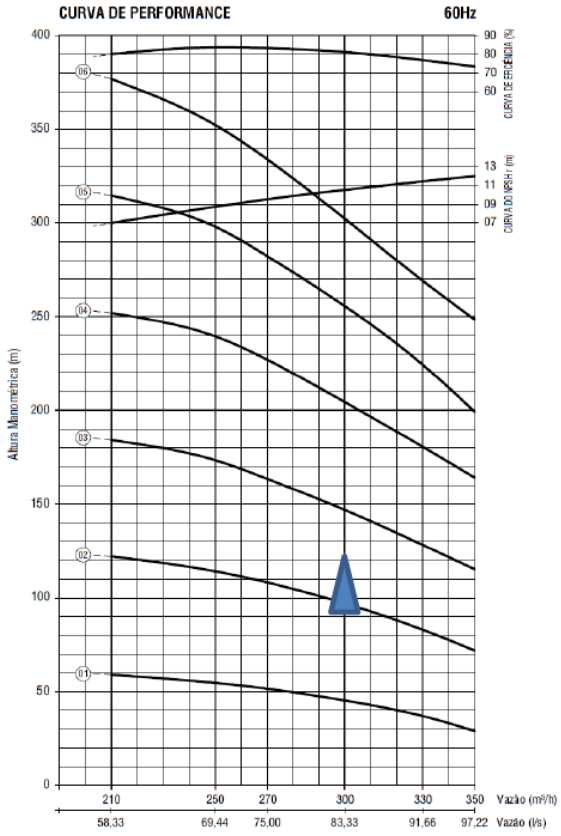
Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Potência do motor:	187,50	cv
Motor adotado:	**200**	cv

12. Curvas do sistema



13. Curva do fabricante



Cálculos para o poço C2

1. Dados de entrada - Nó 3.B

Fluido	**Agua bruta**	
Vazão	**120,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,146	m

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Diâmetro de recalque adotado	**0,3412**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	0,36	m/s

3. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
400	**PN12,5**	**PE100**	**29,4mm**

4. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	139363	
Coeficiente de Rugosidade	0,001	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,016718122	
Comprimento da linha	745	m

Perda de carga localizada

Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	1	30	30
Curva 45	10	16	160

Comprimento equivalente	64,83	m
Comprimento Equivalente total	809,83	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**0,27**	mca
Desnível geométrico desde a conexão até o próximo nó	**-9,00**	m
PR - Pressão residual	59,41	mca
Pressão no nó da conexão com o poço	**50,67**	mca

Cálculos da pressão necessária para vencer as perdas no recalque do poço

5. Dados de entrada - Poço C2

Fluido	**Água bruta**	
Vazão mínima	**120,0**	m³/h
Fator de projeto		
Vazão máxima	**120,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	ºC
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

6. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,146	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,15408**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	1,79	m/s

7. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
6"	**sch40/std**	**ASTM A53GrB**	**7,11mm**

8. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	308611	
Coeficiente de Rugosidade	0,050	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,017188701	
Comprimento da linha	67,00	m

Perda de carga localizada:

Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	1	30	30
Curva 45	1	16	16
Valvula borboleta	2	8	16
Valvula globo	1	350	350
Valvula retencao	1	100	100
T direto	2	20	40

Comprimento equivalente	85,05	m
Comprimento Equivalente total	152,05	m
Perda de carga na tubulação do recalque deste poço	**2,77**	mca
Desnível geométrico desde a conexão até o próximo nó	**0,00**	mca
Nível dinâmico do poço	70,00	m
Pressão sem contar a pressão da tubulação principal	**72,77**	mca

Definição do equipamento empregado no poço

9. Altura manométrica total calculada para a bomba deste poço

Pressão no nó da conexão com o poço	**50,67**	mca
Pressão sem contar a pressão da tubulação principal	**72,77**	mca
Hman Total	**123**	mca

10. Cálculo do NPSH disponível

Posição da bomba em relação ao nível da água:	AFOGADA	
Pa - Pressão atmosférica	9,49	mca
Pv - Pressão de vapor p/ temp. trabalho	0,75	mca
Hs - Altura mínima de afogamento	6,00	mca
hs - Perda de carga na linha de sucção	1,00	mca
NPSH disponível	13,74	mca

11. Seleção da bomba

11.1. Definição da associação das bombas

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Associações em paralelo:	1,00	
Associações em série	1,00	
Vazão por bomba	120	m³/h
Pressão por bomba	123	mca

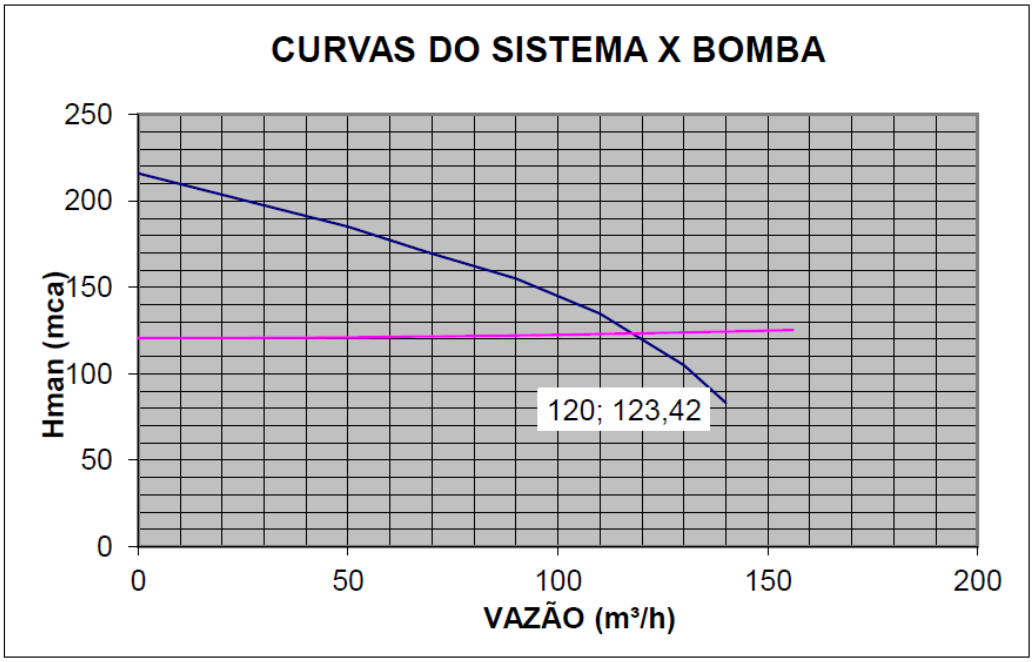
11.2. Bomba selecionada

Fornecedor	EBARA	
Modelo	BHS 813	
Rendimento	70	%
NPSH requerido	5,5	mca
Quantidade de estágios	5	

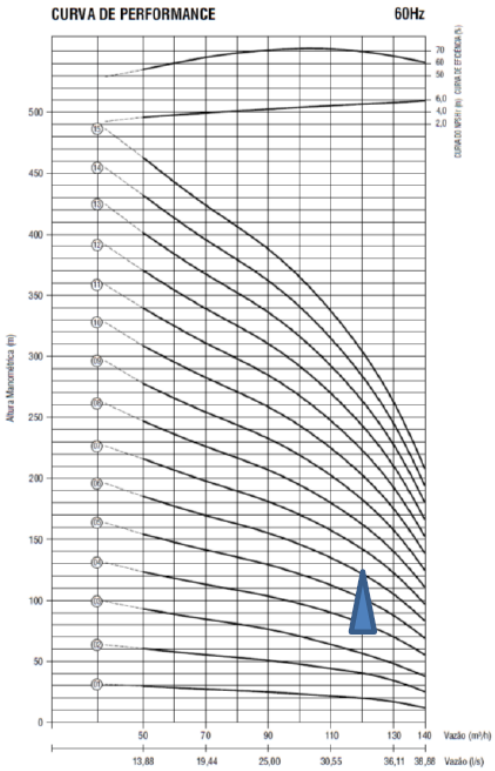
11.3. Cálculo da potência

BHP = (Q*Hman*Peso específico)/(75*rendimento)=	78,23	cv
Rendimentos mecânicos:	88%	
Potência do motor:	88,58	cv
Motor adotado:	**100**	cv

12. Curvas do sistema



13. Curva do fabricante



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS - Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

CÁLCULO DA PRESSÃO NA TUBULAÇÃO ATÉ O NÓ 4

1. Dados de entrada - Tubulação principal

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**455,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações - Tubulação principal

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,284	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,3412**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	1,38	m/s

3. Tubulação selecionada - Tubulação principal

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
400	**PN12,5**	**PE100**	**29,4mm**

4. Cálculo da perda de carga - Tubulação principal

Número de Reynolds	528419	
Coeficiente de Rugosidade	0,001	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,01301835	
Comprimento da linha	220	m

Perda de carga localizada			
Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	1	30	30
Curva 45	15	16	240

Comprimento equivalente	92,12	m
Comprimento Equivalente total	312,12	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**1,16**	mca
Desnível geométrico desde a conexão até o próximo nó	**0,00**	m
PR - Pressão residual	33,57	mca
Pressão no nó da conexão com o próximo trecho	**34,73**	mca

Cálculos para o poço D1

1. Dados de entrada - Poço D1

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**150,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,163	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,15408**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	2,24	m/s

3. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
6"	**sch40/std**	**ASTM A53GrB**	**7,11mm**

4. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	385764	
Coeficiente de Rugosidade	0,050	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,016874149	
Comprimento da linha	23	m

Perda de carga localizada			
Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	1	30	30
Curva 45	3	16	48
Valvula borboleta	2	8	16
Válvula globo	1	350	350
Valvula retencao	1	100	100
T direto	2	20	40

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Comprimento equivalente	89,98	m
Comprimento Equivalente total	112,98	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**3,15**	mca
Desnível geométrico da tubulação individual do poço	**4,00**	m
PR - Pressão residual	34,73	mca
Nível dinâmico do poço	33,00	m
Pressão no nó da conexão com o poço	**74,88**	mca

Definição do equipamento empregado no poço

5. Altura manométrica total calculada para a bomba deste poço

Ho - Desnível geométrico	37,00	mca
Hr - Perda de carga no recalque	3,15	mca
PR - Pressão residual	34,73	mca
Hman Total	**75**	mca

6. Cálculo do NPSH disponível

Posição da bomba em relação ao nível da água:	AFOGADA	
Pa - Pressão atmosférica	9,49	mca
Pv - Pressão de vapor p/ temp. trabalho	0,75	mca
Hs - Altura mínima de afogamento	6,00	mca
hs - Perda de carga na linha de sucção	1,00	mca
NPSH disponível	13,74	mca

7. Seleção da bomba

7.1. Definição da associação das bombas

Associações em paralelo:	1,00	
Associações em série	1,00	
Vazão por bomba	150	m³/h
Pressão por bomba	75	mca

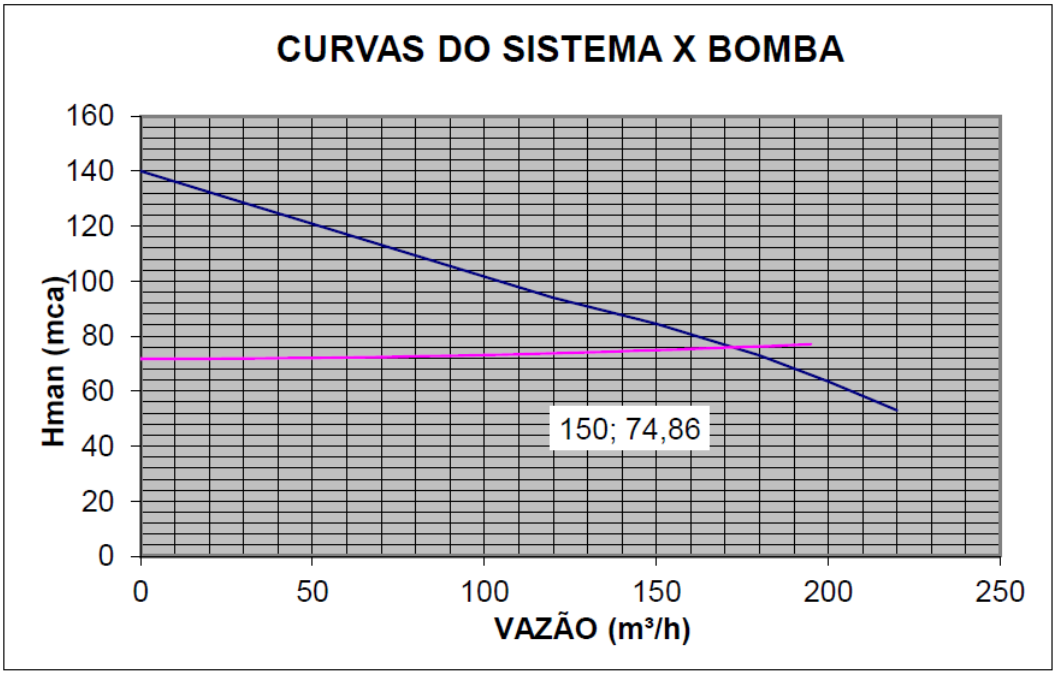
7.2. Bomba selecionada

Fornecedor	EBARA	
Modelo	BHS 804	
Rendimento	62	%
NPSH requerido	5,8	mca
Quantidade de estágios	4	

7.3. Cálculo da potência

BHP = (Q*Hman*Peso específico)/(75*rendimento)=	66,98	cv
Rendimentos mecânicos:	88%	
Potência do motor:	75,83	cv
Motor adotado:	**100**	cv

8. Curvas do sistema

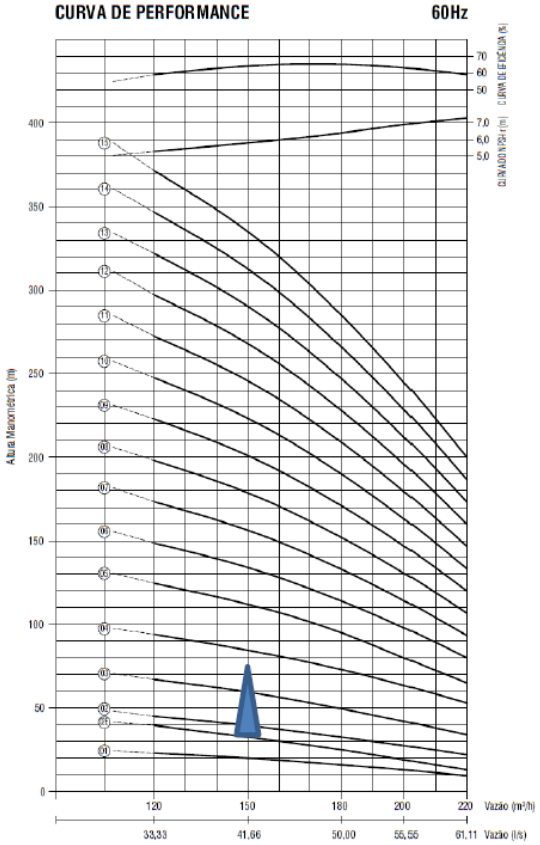


Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

9. Curva do fabricante



CÁLCULO DA PRESSÃO NA TUBULAÇÃO ATÉ O NÓ 5

1. Dados de entrada - Tubulação principal

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**305,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações - Tubulação principal

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,232	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,3412**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	0,93	m/s

3. Tubulação selecionada - Tubulação principal

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
400	**PN12,5**	**PE100**	**29,4mm**

4. Cálculo da perda de carga - Tubulação principal

Número de Reynolds	354215	
Coeficiente de Rugosidade	0,001	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,013982921	
Comprimento da linha	1810	m

Perda de carga localizada			
Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	2	30	60
Curva 45	9	16	144

Comprimento equivalente	69,60	m
Comprimento Equivalente total	1879,60	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**3,37**	mca
Desnível geométrico desde a conexão até o próximo nó	**9,00**	m
PR - Pressão residual	34,73	mca
Pressão no nó da conexão com o próximo trecho	**47,10**	mca

Cálculos para o poço E1

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

1. Dados de entrada - Poço E1

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**90,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,126	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,15408**	m
Velociddes para ϕ adotados no recalque (m/s)	1,34	m/s

3. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
6"	**sch40/std**	**ASTM A53GrB**	**7,11mm**

4. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	231458	
Coeficiente de Rugosidade	0,050	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,017666769	
Comprimento da linha	74	m

Perda de carga localizada

Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	1	30	30
Curva 45	3	16	48
Valvula borboleta	2	8	16
Válvula globo	1	350	350
Valvula retencao	1	100	100
T direto	2	20	40

Comprimento equivalente	89,98	m
Comprimento Equivalente total	163,98	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**1,72**	mca
Desnível geométrico da tubulação individual do poço	**4,00**	m
PR - Pressão residual	47,10	mca
Nível dinâmico do poço	50,00	m
Pressão no nó da conexão com o poço	**102,83**	mca

Definição do equipamento empregado no poço

5. Altura manométrica total calculada para a bomba deste poço

Ho - Desnível geométrico	54,00	mca
Hr - Perda de carga no recalque	1,72	mca
PR - Pressão residual	47,10	mca
Hman Total	**103**	mca

6. Cálculo do NPSH disponível

Posição da bomba em relação ao nível da água:	AFOGADA	
Pa - Pressão atmosférica	9,49	mca
Pv - Pressão de vapor p/ temp. trabalho	0,75	mca
Hs - Altura mínima de afogamento	6,00	mca
hs - Perda de carga na linha de sucção	1,00	mca
NPSH disponível	13,74	mca

7. Seleção da bomba

7.1. Definição da associação das bombas

Associações em paralelo:	1,00	
Associações em série	1,00	
Vazão por bomba	90	m³/h
Pressão por bomba	103	mca

7.2. Bomba selecionada

Fornecedor	EBARA	
Modelo	BHS 813	
Rendimento	71	%
NPSH requerido	4,5	mca

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

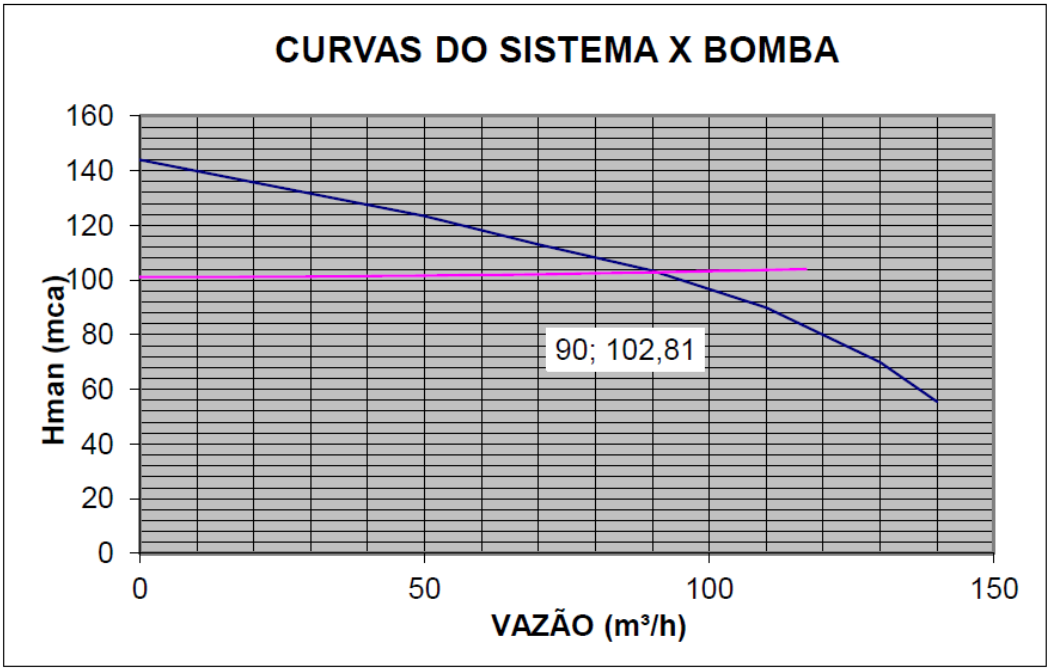
Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Quantidade de estágios	4

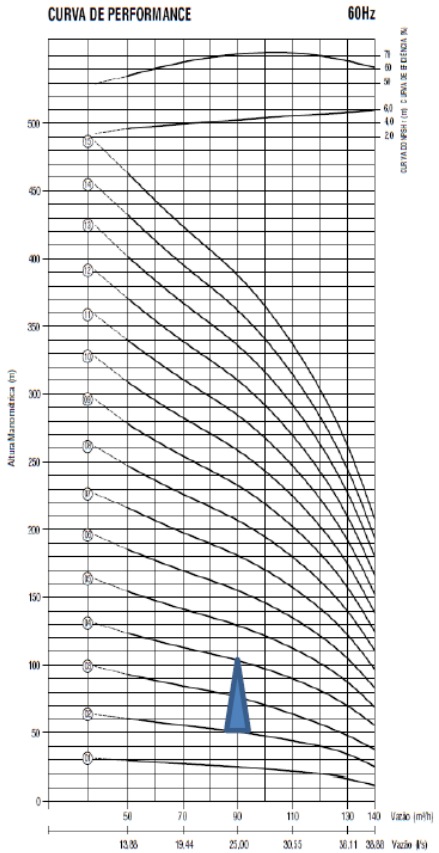
7.3. Cálculo da potência

BHP = (Q*Hman*Peso específico)/(75*rendimento)=	48,19	cv
Rendimentos mecânicos:	88%	
Potência do motor:	54,56	cv
Motor adotado:	**75**	cv

8. Curvas do sistema



9. Curva do fabricante



CÁLCULO DA PRESSÃO NA TUBULAÇÃO ATÉ O NÓ 6

1. Dados de entrada - Tubulação principal

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**215,0**	m³/h

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações - Tubulação principal

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,195	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,3412**	m
Velociddes para ϕ adotados no recalque (m/s)	0,65	m/s

3. Tubulação selecionada - Tubulação principal

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
400	**PN12,5**	**PE100**	**29,4mm**

4. Cálculo da perda de carga - Tubulação principal

Número de Reynolds	249693	
Coeficiente de Rugosidade	0,001	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,014921316	
Comprimento da linha	220	m

Perda de carga localizada			
Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	2	30	60
Curva 45	5	16	80

Comprimento equivalente	47,77	m
Comprimento Equivalente total	267,77	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**0,25**	mca
Desnível geométrico desde a conexão até o próximo nó	**0,00**	m
PR - Pressão residual	47,10	mca
Pressão no nó da conexão com o próximo trecho	**47,36**	mca

Cálculos para o poço F1

1. Dados de entrada - Poço F1

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**80,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,119	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,15408**	m
Velociddes para ϕ adotados no recalque (m/s)	1,19	m/s

3. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
6"	**sch40/std**	**ASTM A53GrB**	**7,11mm**

4. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	205741	
Coeficiente de Rugosidade	0,050	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,017888297	
Comprimento da linha	159	m

Perda de carga localizada			
Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	1	30	30
Curva 45	3	16	48
Valvula borboleta	2	8	16
Válvula globo	1	350	350
Valvula retencao	1	100	100
T direto	2	20	40

Comprimento equivalente	89,98	m
Comprimento Equivalente total	248,98	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**2,09**	mca
Desnível geométrico da tubulação individual do poço	**13,00**	m

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

PR - Pressão residual	47,36	mca
Nível dinâmico do poço	8,94	m
Pressão no nó da conexão com o poço	**71,39**	mca

Definição do equipamento empregado no poço

5. Altura manométrica total calculada para a bomba deste poço

Ho - Desnível geométrico	21,94	mca
Hr - Perda de carga no recalque	2,09	mca
PR - Pressão residual	47,36	mca
Hman Total	**71**	mca

6. Cálculo do NPSH disponível

Posição da bomba em relação ao nível da água:	AFOGADA	
Pa - Pressão atmosférica	9,49	mca
Pv - Pressão de vapor p/ temp. trabalho	0,75	mca
Hs - Altura mínima de afogamento	6,00	mca
hs - Perda de carga na linha de sucção	1,00	mca
NPSH disponível	13,74	mca

7. Seleção da bomba

7.1. Definição da associação das bombas

Associações em paralelo:	1,00	
Associações em série	1,00	
Vazão por bomba	80	m³/h
Pressão por bomba	71	mca

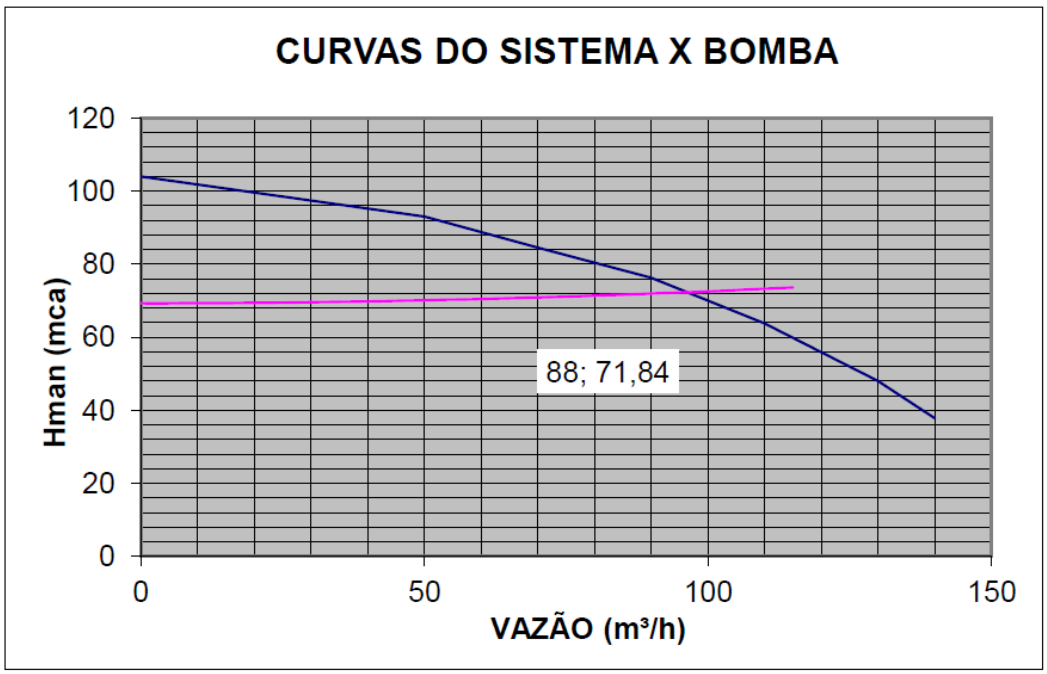
7.2. Bomba selecionada

Fornecedor	EBARA	
Modelo	BHS 813	
Rendimento	69	%
NPSH requerido	4	mca
Quantidade de estágios	3	

7.3. Cálculo da potência

BHP = (Q*Hman*Peso específico)/(75*rendimento)=	30,60	cv
Rendimentos mecânicos:	88%	
Potência do motor:	34,65	cv
Motor adotado:	**50**	cv

8. Curvas do sistema

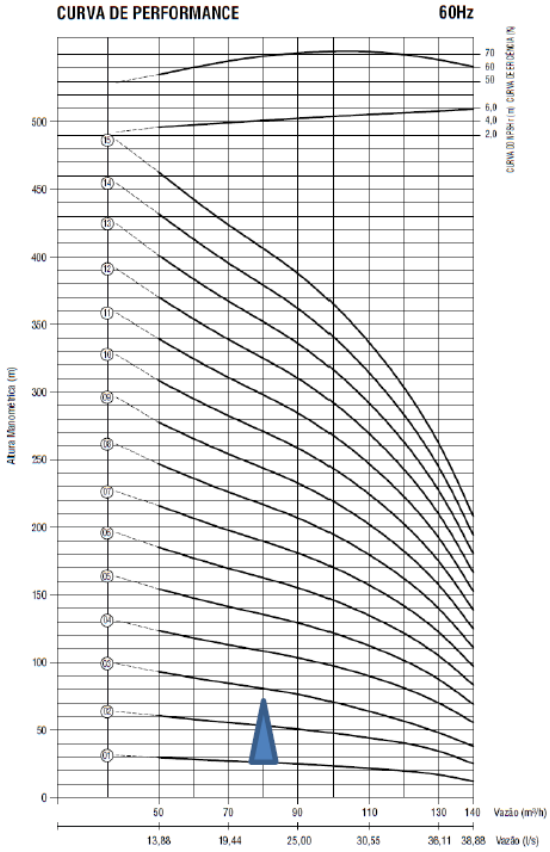


Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

9. Curva do fabricante



CÁLCULO DA PRESSÃO NA TUBULAÇÃO ATÉ O NÓ 7

1. Dados de entrada - Tubulação principal

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**135,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações - Tubulação principal

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,155	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,3412**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	0,41	m/s

3. Tubulação selecionada - Tubulação principal

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
400	**PN12,5**	**PE100**	**29,4mm**

4. Cálculo da perda de carga - Tubulação principal

Número de Reynolds	156784	
Coeficiente de Rugosidade	0,001	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,016329375	
Comprimento da linha	950	m

Perda de carga localizada			
Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	2	30	60
Curva 45	7	16	112

Comprimento equivalente	58,69	m
Comprimento Equivalente total	1008,69	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**0,41**	mca
Desnível geométrico desde a conexão até o próximo nó	**20,00**	m
PR - Pressão residual	47,36	mca
Pressão no nó da conexão com o próximo trecho	**67,77**	mca

Cálculos para o poço G1

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

1. Dados de entrada - Poço G1

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**85,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,123	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,15408**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	1,27	m/s

3. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
6"	**sch40/std**	**ASTM A53GrB**	**7,11mm**

4. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	218599	
Coeficiente de Rugosidade	0,050	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,017772313	
Comprimento da linha	150	m

Perda de carga localizada

Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	1	30	30
Curva 45	3	16	48
Valvula borboleta	2	8	16
Válvula globo	1	350	350
Valvula retencao	1	100	100
T direto	2	20	40

Comprimento equivalente	89,98	m
Comprimento Equivalente total	239,98	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**2,26**	mca
Desnível geométrico da tubulação individual do poço	**0,00**	m
PR - Pressão residual	67,77	mca
Nível dinâmico do poço	22,86	m
Pressão no nó da conexão com o poço	**92,90**	mca

Definição do equipamento empregado no poço

5. Altura manométrica total calculada para a bomba deste poço

Ho - Desnível geométrico	22,86	mca
Hr - Perda de carga no recalque	2,26	mca
PR - Pressão residual	67,77	mca
Hman Total	**93**	mca

6. Cálculo do NPSH disponível

Posição da bomba em relação ao nível da água:	AFOGADA	
Pa - Pressão atmosférica	9,49	mca
Pv - Pressão de vapor p/ temp. trabalho	0,75	mca
Hs - Altura mínima de afogamento	6,00	mca
hs - Perda de carga na linha de sucção	1,00	mca
NPSH disponível	13,74	mca

7. Seleção da bomba

7.1. Definição da associação das bombas

Associações em paralelo:	1,00	
Associações em série	1,00	
Vazão por bomba	85	m³/h
Pressão por bomba	93	mca

7.2. Bomba selecionada

Fornecedor	EBARA	
Modelo	BHS 813	
Rendimento	70	%
NPSH requerido	4,5	mca

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

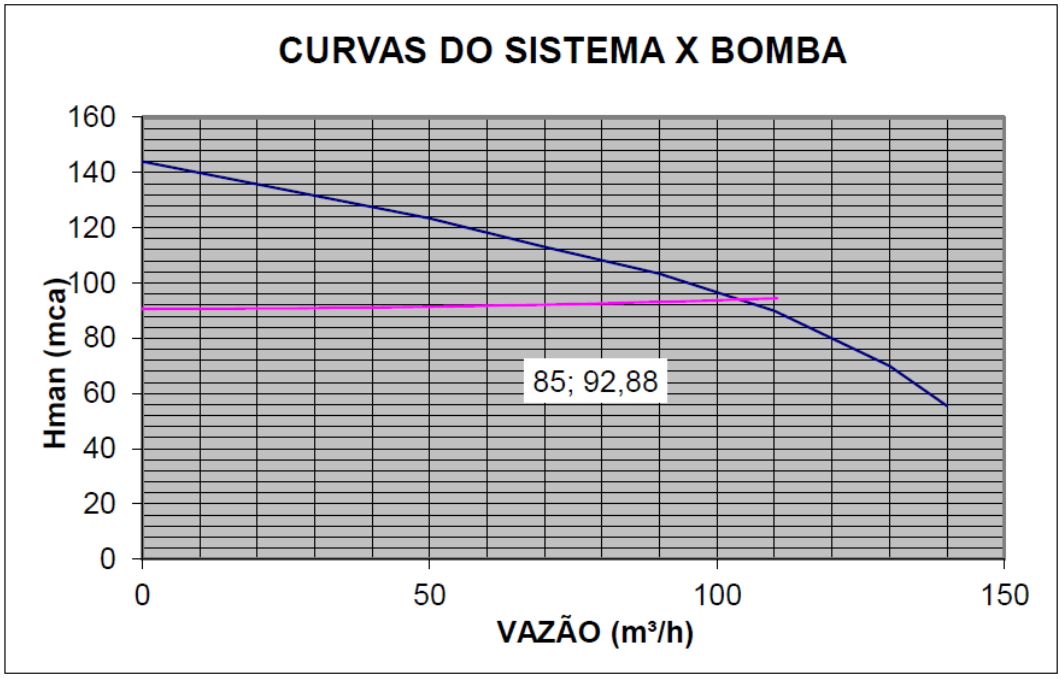
Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Quantidade de estágios	4	

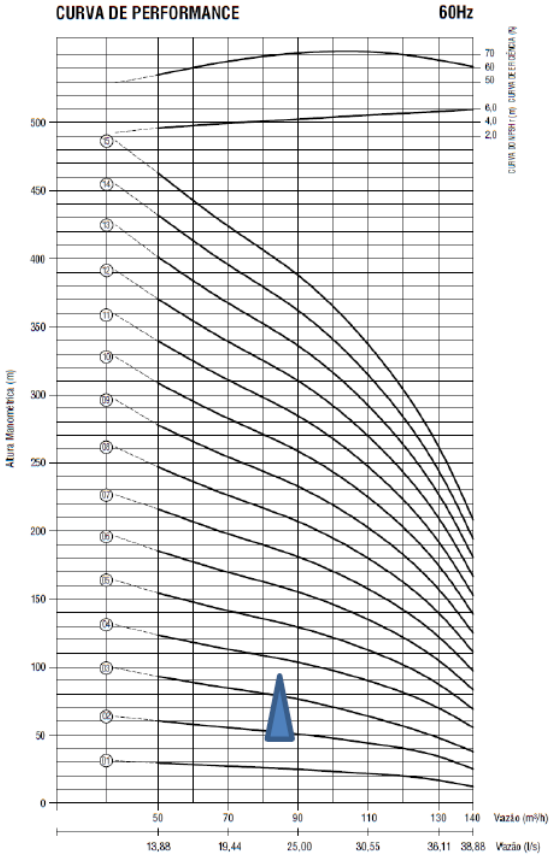
7.3. Cálculo da potência

BHP = (Q*Hman*Peso específico)/(75*rendimento)=	41,70	cv
Rendimentos mecânicos:	88%	
Potência do motor:	47,22	cv
Motor adotado:	**50**	cv

8. Curvas do sistema



9. Curva do fabricante



CÁLCULO DA PRESSÃO NA TUBULAÇÃO ATÉ O NÓ 8

1. Dados de entrada - Tubulação principal

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**50,0**	m³/h

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS - Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações - Tubulação principal

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,094	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,3412**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	0,15	m/s

3. Tubulação selecionada - Tubulação principal

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
400	**PN12,5**	**PE100**	**29,4mm**

4. Cálculo da perda de carga - Tubulação principal

Número de Reynolds	58068	
Coeficiente de Rugosidade	0,001	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,02010633	
Comprimento da linha	380	m

Perda de carga localizada			
Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	3	30	90
Curva 45	6	16	96

Comprimento equivalente	63,46	m
Comprimento Equivalente total	443,46	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**0,03**	mca
Desnível geométrico desde a conexão até o próximo nó	**3,00**	m
PR - Pressão residual	67,77	mca
Pressão no nó da conexão com o próximo trecho	**70,80**	mca

Cálculos para o poço H1

1. Dados de entrada - Poço H1

Fluido	**Água bruta**	
Vazão	**50,0**	m³/h
Temperatura	**25,0**	°C
Viscosidade	**8,93E-07**	m²/s
Peso específico	**0,998**	t/m³

2. Cálculo do diâmetro das tubulações

Velocidade econômica (m/s)	**2,00**	m/s
Diâmetro conforme velocidade econômica (m)	0,094	m
Diâmetro de recalque adotado	**0,15408**	m
Velocidades para ϕ adotados no recalque (m/s)	0,75	m/s

3. Tubulação selecionada

ϕ Tubo	Designação espessura	Material da tubulação	Espessura da parede
6"	**sch40/std**	**ASTM A53GrB**	**7,11mm**

4. Cálculo da perda de carga

Número de Reynolds	128588	
Coeficiente de Rugosidade	0,050	mm
Fator de Atrito (Churchill)	0,018939646	
Comprimento da linha	802	m

Perda de carga localizada			
Acessórios	Quantidade	L/D	Total
Curva 90	1	30	30
Curva 45	3	16	48
Valvula borboleta	2	8	16
Válvula globo	1	350	350
Valvula retencao	1	100	100
T direto	2	20	40

Comprimento equivalente	89,98	m
Comprimento Equivalente total	891,98	m
Perda de carga na tubulação principal para este trecho	**3,10**	mca
Desnível geométrico da tubulação individual do poço	**-15,00**	m

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

PR - Pressão residual	70,80	mca
Nível dinâmico do poço	30,00	m
Pressão no nó da conexão com o poço	**88,91**	mca

Definição do equipamento empregado no poço

5. Altura manométrica total calculada para a bomba deste poço

Ho - Desnível geométrico	15,00	mca
Hr - Perda de carga no recalque	3,10	mca
PR - Pressão residual	70,80	mca
Hman Total	**89**	mca

6. Cálculo do NPSH disponível

Posição da bomba em relação ao nível da água:	AFOGADA	
Pa - Pressão atmosférica	9,49	mca
Pv - Pressão de vapor p/ temp. trabalho	0,75	mca
Hs - Altura mínima de afogamento	6,00	mca
hs - Perda de carga na linha de sucção	1,00	mca
NPSH disponível	13,74	mca

7. Seleção da bomba

7.1. Definição da associação das bombas

Associações em paralelo:	1,00	
Associações em série	1,00	
Vazão por bomba	50	m³/h
Pressão por bomba	89	mca

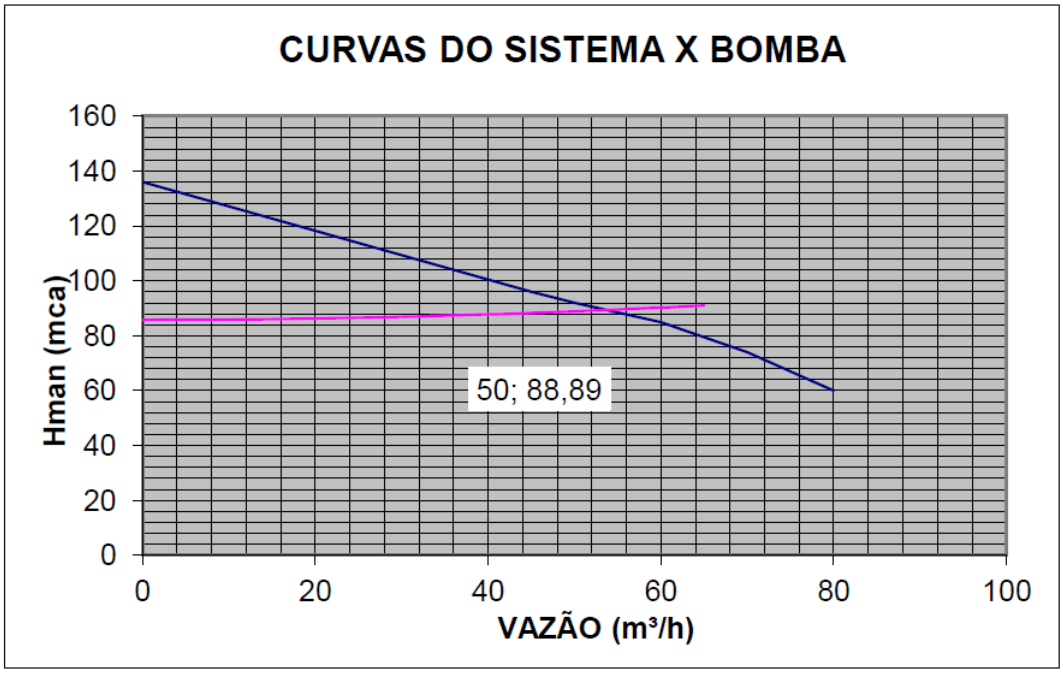
7.2. Bomba selecionada

Fornecedor	EBARA	
Modelo	BHS 517	
Rendimento	68	%
NPSH requerido	3,3	mca
Quantidade de estágios	8	

7.3. Cálculo da potência

BHP = (Q*Hman*Peso específico)/(75*rendimento)=	24,17	cv
Rendimentos mecânicos:	88%	
Potência do motor:	27,36	cv
Motor adotado:	**30**	cv

8. Curvas do sistema

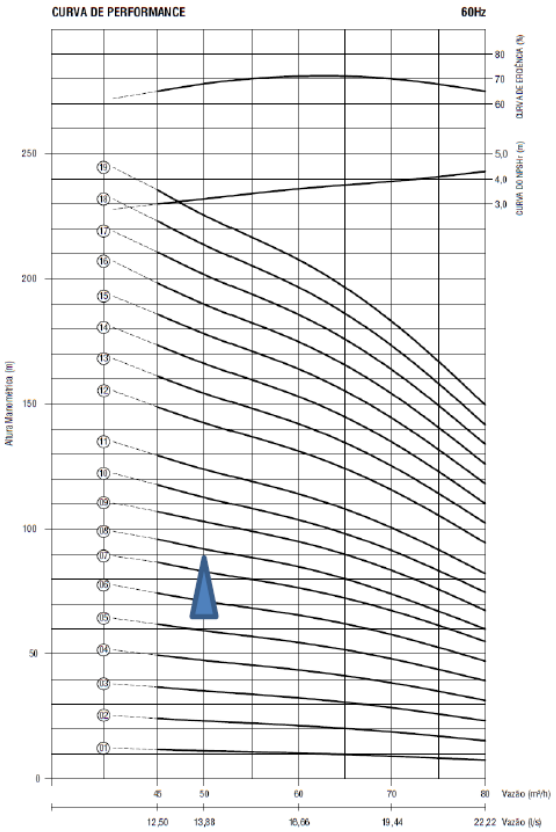


Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano IV, v.2 2023 | submissão: 05/09/2023 | aceito: 09/09/2023 | publicação: 11/09/2023

9. Curva do fabricante



Fonte: Elaboração própria

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.