

INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS

CAMPUS GOIÂNIA

BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

DIOGO REZENDE DE ALMEIDA

**ESTUDO COMPARATIVO DE BOMBAS PARA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE
ESGOTO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

GOIÂNIA

2023



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Diogo Rezende de Almeida

Matrícula: 20191011050488

Título do Trabalho: ESTUDO COMPARATIVO DE BOMBAS PARA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO

Autorização - Marque uma das opções

1. (X) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 02/02/2024.

Local Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

DIOGO REZENDE DE ALMEIDA

**ESTUDO COMPARATIVO DE BOMBAS PARA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE
ESGOTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Instituto Federal de Goiás - IFG - Campus Goiânia,
como requisito para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Civil.

Orientador(a): Prof. Dr. Dálcio Ricardo Botelho Alves

GOIÂNIA

2023

A447e Almeida, Diogo Rezende de.
Estudo comparativo de bombas para estação elevatória de esgoto / Diogo Rezende de Almeida. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2023.
47 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Dálcio Ricardo Botelho Alves.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Bacharelado em Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

1. Estação Elevatória de Esgoto (EEE) – bomba submersível. 2. Esgotamento sanitário. I. Alves, Dálcio Ricardo Botelho (orientador). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. III. Título.

CDD 628.3

Ficha catalográfica elaborada pelo Bibliotecário Alisson de Sousa Belthodo Santos CRB1/ 2.266
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA

DIOGO REZENDE DE ALMEIDA

ESTUDO COMPARATIVO DE BOMBAS PARA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, como parte dos quesitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Membros da banca: Dr. Dalcio Ricardo Botelho Alves (orientador), Me. Gabriela Cristina Ribeiro Pacheco, Me. Bruna Fioramonte Silva.

Aprovado em 07 de Dezembro de 2023.

Documento assinado eletronicamente por:

- Dalcio Ricardo Botelho Alves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 17/12/2023 18:10:17.
- Gabriela Cristina Ribeiro Pacheco, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/12/2023 18:11:37.
- Bruna Fioramonte Silva, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 16/12/2023 17:30:56.
- Matilde Batista Melo, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC1 - GYN-CCBEC, em 16/12/2023 15:44:10.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/12/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 491582

Código de Autenticação: c9b7123e68



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Rua 75, nº 46, Centro, GOIÂNIA / GO, CEP 74055-110
(62) 3227-2736 (ramal: 2736)

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo apoio e força.

Ao professor Dr. Dálcio Ricardo Botelho Alves, pela excelente orientação.

Aos colegas de turma e de trabalho que me auxiliariam sempre que necessário.

RESUMO

Em um sistema de esgotamento sanitário, faz-se necessário a implantação de estações elevatórias de esgoto em pontos específicos do sistema. Dentre os componentes de tal unidade se destaca o conjunto motobomba, que fará o recalque de todo o esgoto recebido por ela. Para determinar o bombeamento de uma estação elevatória de esgoto é necessário avaliar diversos aspectos e variáveis, como altura manométrica, vazão a ser bombeada, marcas de bombas disponíveis na região, equipe capacitada para instalação e manutenção, etc. O presente estudo de caso apresentou como objetivo definir qual bomba foi mais viável para o funcionamento de uma elevatória, avaliando diferentes pontos de funcionamento, e diferentes valores de altura manométrica e vazão, com o intuito de definir qual marca/modelo estudada apresentou melhor desempenho além do menor custo. Foram analisadas quatro pontos operacionais e três fabricantes de bombas comerciais, sendo assim possível definir de forma mais precisa o conjunto motobomba adequado. Através dos resultados verificou-se que as bombas disponibilizadas por uma das marcas apresentaram um melhor desempenho (rendimento) geral, atendendo à todas as situações.

Palavras-chave: bomba, estação elevatória de esgoto, conjunto motobomba, vazão, ponto operacional, esgotamento sanitário, altura manométrica.

ABSTRACT

In a sanitary sewage system, it is necessary to implement sewage pumping stations at specific points in the system. Among the components of this unit, the motor pump set stands out, which will discharge all the sewage received by it. To determine the pumping capacity of a sewage pumping station, it is necessary to evaluate several aspects and variables, such as manometric height, flow rate to be pumped, brands of pumps available in the region, and qualified staff for installation and maintenance. The objective of this study was to define which pump was the most viable for the operation of a pumping station. evaluating different operating points, and different values of head and flow, in order to define which brand/model studied presented the best performance in addition to the lowest cost. Four operational points and three commercial pump manufacturers were analyzed, making it possible to more precisely define the appropriate motor pump set. Through the results it was found that the pumps made available by one of the brands presented a better overall performance (performance), taking into account all situations.

Keywords: pump, sewage pumping station, motor pump set, flow, operating point, sanitary sewage, gauge height.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Índice de atendimento de esgoto por região (2014).....	16
Figura 2 – Índice de atendimento de esgoto por região (2021).....	16
Figura 3 – Localização do município de Maceió - AL	22
Figura 4 – Bacia hidrográfica.....	23
Figura 5 – Delimitação das Sub-bacias.....	24
Figura 6 – Indicações das dimensões da tubulação.....	25
Figura 7 – Valores coeficiente C	27
Figura 8 – Perfil de elevação LR SB-01	27
Figura 9 – Perfil de elevação LR SB-02	27
Figura 10 – Perfil de elevação LR SB-03	28
Figura 11 – Perfil de elevação LR SB-04	28
Figura 12 – Página inicial Xylect	28
Figura 13 – Tipo de produto	29
Figura 14 – Escolha do modelo da bomba e inserção de dados.....	29
Figura 15 – Resultados obtidos.....	30
Figura 16 – SB-01, Maceió - AL	32
Figura 17 – SB-02, Maceió - AL	33
Figura 18 – SB-03, Maceió - AL	34
Figura 19 – SB-04, Maceió - AL	35
Figura 20 – Bomba Xylect escolhida para a SB-01	36
Figura 20 – Bomba Xylect escolhida para a SB-02	36
Figura 20 – Bomba Xylect escolhida para a SB-03	36
Figura 21 – Bomba Xylect escolhida para a SB-04	36
Figura 24 – Bomba KSB escolhida para a SB-01.....	37
Figura 25 – Bomba KSB escolhida para a SB-02.....	37
Figura 26 – Bomba KSB escolhida para a SB-03.....	37
Figura 27 – Bomba KSB escolhida para a SB-04.....	37
Figura 28 – Bomba Sulzer escolhida para a SB-01.....	37
Figura 29 – Bomba Sulzer escolhida para a SB-02.....	38
Figura 30 – Bomba Sulzer escolhida para a SB-03.....	38
Figura 31 – Bomba Sulzer escolhida para a SB-04.....	38
Figura 32 – Gráfico comparativo dos rendimentos hidráulicos.....	39

Figura 33 – Página inicial KSB	45
Figura 34 – Navegação KSB	45
Figura 35 – Seleção de idioma e unidades	46
Figura 36 – Seleção das unidades	46
Figura 37 – Inserção de dados	47
Figura 38 – Modelos disponíveis	47
Figura 39 – Bombas ofertadas	47
Figura 40 – Página inicial SULZER	48
Figura 41 – Bombas ofertadas	48

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLA E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AMT	Altura Manométrica Total
EEE	Estação Elevatória de Esgoto
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OMS	Organização Mundial de Saúde
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre
Saneamento	

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	JUSTIFICATIVA	14
3	OBJETIVOS	15
3.1	OBJETIVO GERAL	15
3.2	OBJETIVO ESPECÍFICO	15
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
4.1	ATUAL CENÁRIO DA COLETA DE ESGOTO NO BRASIL	16
4.2	RELAÇÃO ENTRE SANEAMENTO BÁSICO E SAÚDE PÚBLICA	17
4.3	FUNDAMENTOS DAS BOMBAS PARA EEE	18
4.4	PARÂMETROS DE SELEÇÃO DA BOMBA	18
5	METODOLOGIA	21
5.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	22
5.1.1	DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	23
5.2	DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO MOTOBOMBA	24
5.2.1	DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES	24
5.2.2	LINHAS DE RECALQUE	25
5.2.3	ESCOLHA DO CONJUNTO MOTOBOMBA	28
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
6.1	VAZÕES	30
6.2	LINHAS DE RECALQUE	30
6.3	ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL	31
6.4	DADOS DE ENTRADA	32
6.5	CONJUNTOS MOTOBOMBA E VALORES OBTIDOS	36
6.6	DISCUSSÃO	38
7	CONCLUSÃO	40
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41

APÊNDICE A – Navegação KSB	45
APÊNDICE B – Navegação SULZER	48

1 INTRODUÇÃO

O esgotamento sanitário, de acordo com o que define a norma brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986) é o “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”. Efetua o tratamento e a devolução da qualidade da após sua utilização, a partir da higienização de grandes dejetos que poderiam causar a poluição de corpos hídricos.

O sistema de esgotamento sanitário é composto por uma série de componentes conectados. A etapa inicial do sistema envolve a coleta do efluente através de redes de esgoto, que são redes de tubulações subterrâneas que captam as águas residuais dos edifícios e as direcionam para pontos de coleta principais, podendo ser encaminhados para estações elevatórias ou diretamente para estações de tratamento, tendo como destino final o lançamento dos esgotos tratados em um corpo hídrico sem que ocorra a contaminação do mesmo.

Estudos científicos comprovam a importância de sistemas eficientes de esgotamento sanitário no que se diz respeito à saúde pública. A falta de um sistema de esgotamento sanitário causa vulnerabilidade à saúde humana devido à contaminação da água pelos patógenos existentes no esgoto. Conforme apresentado por Cruz (2021), o direito ao saneamento básico de qualidade é uma questão de saúde pública.

No Brasil, segundo dados do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019), apesar do crescimento do número de domicílios com esgotamento sanitário, sendo igual a 68,3% no ano observado, este ainda é um valor muito distante da quantidade de domicílios com abastecimento de água, 85,5% no ano de 2019.

É importante destacar que um sistema de esgotamento sanitário deve ser planejado levando em consideração fatores como a densidade populacional, características geográficas da região, fluxo de água, além de aspectos econômicos e sociais. A manutenção adequada e regular desse sistema é fundamental para garantir seu funcionamento eficiente e evitar problemas como entupimentos, vazamentos e odores desagradáveis.

Conforme afirmado pela Funasa (2017), projetos de esgotamento sanitário também devem incluir programas visando a sustentabilidade dos

sistemas projetados e compreender aspectos financeiros, tecnológicos, administrativos e ainda contar com a participação da comunidade.

2 JUSTIFICATIVA

Entre os anos de 1940 e 1970, o Brasil passou por um rápido crescimento populacional, atingindo 93 milhões de habitantes com taxa média de crescimento anual de 2,8% ao ano (Carvalho, 2004). Segundo dados do IBGE (2021), a população do país estimada para o ano de 2021 era de 213 milhões.

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 10% das doenças registradas em todo o mundo poderiam ser evitadas com a ampliação do acesso à água e ao saneamento básico.

Utilizada como objeto de estudo deste trabalho, a cidade de Maceió apresentou um crescimento populacional bastante elevado no decorrer dos últimos anos. O saneamento básico não acompanhou tal evolução, resultando em apenas cerca de 24% da população do município com acesso aos serviços de esgotamento sanitário (SNIS, 2021).

Com esse rápido crescimento, há uma maior dificuldade em suprir as necessidades básicas da população, em especial no que se refere ao saneamento básico. Os indicadores, apresentados pelo SNIS (2021), mostram uma constante melhora, mas muito lenta, nos índices de coleta e tratamento de dejetos, o que mostra uma necessidade de maiores investimentos na área e da otimização dos projetos de esgotamento sanitário.

Tendo o objetivo de bombear o esgoto de um ponto mais baixo para um ponto mais alto (BRK, 2020), a estação elevatória de esgoto tem entre seus principais componentes o conjunto motobomba, desempenhando um papel fundamental dentro de um sistema de coleta e tratamento de dejetos. Diante da problemática apresentada em relação ao rápido crescimento populacional e baixo índice de coleta e tratamento de esgoto, a escolha assertiva da bomba para estação elevatória de esgoto surge como um processo importante a ser otimizado em um projeto de esgotamento sanitário.

Diante disso este trabalho avaliará o conjunto motor bomba mais adequado para implantação em uma estação elevatória de esgoto na região litorânea da cidade de Maceió.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Definir qual modelo de bomba submersível apresenta melhor rendimento de acordo com o ponto operacional especificado para uma Estação Elevatória de Esgoto (EEE).

3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Avaliar os aspectos e parâmetros relevantes para a escolha do conjunto motobomba de uma estação elevatória de esgoto, considerando as marcas de bomba que são objeto deste estudo.

Comparar o rendimento das bombas escolhidas, para diferentes pontos operacionais, e avaliar a variação do rendimento obtido de acordo com o ponto operacional.

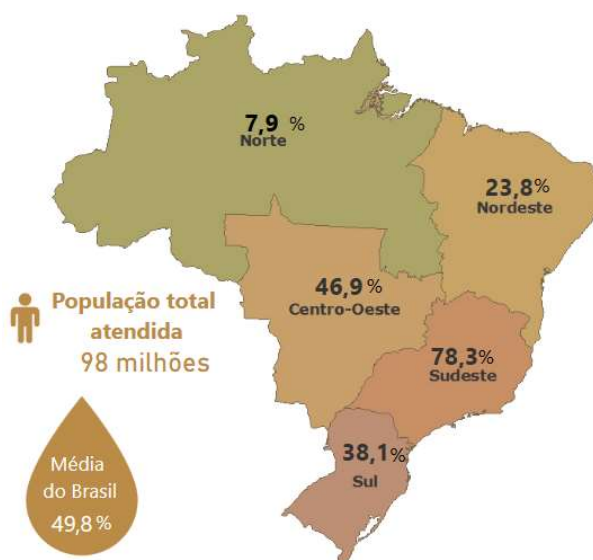
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 ATUAL CENÁRIO DA COLETA DE ESGOTO NO BRASIL

O esgotamento sanitário é um dos principais desafios enfrentados no Brasil, com impactos significativos na saúde pública e no meio ambiente. Segundo dados do IBGE, a porcentagem de residências com esgotamento sanitário atingiu 68,3% em 2019 (IBGE, 2019). A seguir, **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e Fonte: Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) (2014).

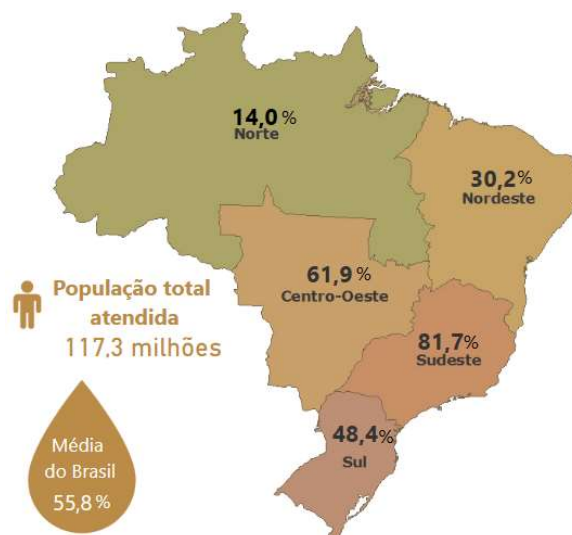
Figura 2, estão indicados os índices de atendimento de esgoto nos anos de 2014 e 2021, respectivamente.

Figura 1 – Índice de atendimento de esgoto por região (2014)



Fonte: Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) (2014).

Figura 2 – Índice de atendimento de esgoto por região (2021)



Fonte: Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) (2021).

Visando a melhoria deste índice de atendimento, em 2020 foi aprovada a Lei 14.026, popularmente conhecida como marco legal do saneamento, tendo como objetivo a universalização do saneamento básico no Brasil, com meta de 90% da população com coleta e tratamento de esgotos, conforme apresentado por Cruz (2021). A aprovação dessa lei facilitou a livre concorrência para o mercado que envolve todo o processo de saneamento.

Segundo dados da ABCON (2023), o desenvolvimento do saneamento básico no Brasil, entre os anos 2015 e 2019, foi praticamente nulo, havendo uma mínima melhora no índice de esgoto tratado.

4.2 RELAÇÃO ENTRE SANEAMENTO BÁSICO E SAÚDE PÚBLICA

O objetivo do saneamento básico pode ser definido como “alcançar a capacidade de prevenir a ocorrência de doenças ocasionadas pelo meio ambiente e promover o desenvolvimento da saúde pública e do ecossistema” (Pinto et al., 2014, p. 55).

No que tange a saúde pública e o meio ambiente, a falta de saneamento básico adequado, incluindo o esgotamento sanitário, acarreta graves consequências.

Segundo a Funasa (2017):

Os riscos à saúde pública estão ligados a alguns fatores possíveis e indesejáveis de ocorrerem em áreas urbanas e

rurais, os quais podem ser minimizados ou eliminados com o uso apropriado de serviços de saneamento.

Pesquisa apresentada pelo CNI (2018), aponta altos índices de doenças, que ocorrem devido à ineficiência no tratamento da água e do esgoto, em municípios com baixo investimento em saneamento básico. Vale destacar que alguns estados brasileiros não chegam a ter 10% da população com coleta de esgoto, como Rondônia (4,5%) e Pará (6,3%).

Conforme exposto por Silva Filho et al. (2022), as periferias e a zona rural apresentam índices bastante precários de atendimento, por apresentar população em situação mais vulnerável. Como consequência da coleta e do tratamento de esgoto efetuados inadequadamente, têm-se a poluição dos mananciais urbanos, que afeta o abastecimento de água e, consequentemente, causa danos à saúde pública (MURTHA et al. 2015).

4.3 FUNDAMENTOS DAS BOMBAS PARA EEE

A NBR 12.208 (ABNT, 2020) estabelece os critérios utilizados para a seleção do(s) conjunto(s) motor-bomba (vazão, AMT – altura manométrica total, rendimento do sistema, entre outros) e apresenta características e especificações técnicas de todo o sistema de bombeamento.

A bomba desempenha um papel crucial no funcionamento de uma estação elevatória de esgoto, sendo responsável pelo deslocamento do esgoto por escoamento, conforme afirmado por Macintyre (1997). Além de facilitar o transporte do esgoto, a bomba também é responsável por impulsionar o líquido de uma altura inferior a uma altura superior.

4.4 PARÂMETROS DE SELEÇÃO DA BOMBA

A seleção adequada de uma bomba para uma estação elevatória de esgoto é crucial para garantir um desempenho eficiente e confiável do sistema. Existem diversos parâmetros a serem considerados ao escolher a bomba mais adequada para uma aplicação específica. Nesta seção, serão abordados alguns parâmetros comuns e as fórmulas associadas, com base em artigos científicos brasileiros.

- **Vazão:** A vazão é um parâmetro fundamental para determinar o tamanho e a capacidade da bomba necessária. A vazão é geralmente expressa em litros por segundo (L/s) ou metros cúbicos por hora (m³/h).
- **Altura Manométrica Total:** A AMT é a altura total que a bomba precisa superar para elevar o esgoto até o ponto de destino. Conforme exposto por BRUM et al. (2018), ela pode ser calculada pela soma da altura geométrica e a perda de carga total, conforma indicado na fórmula a seguir:

$$H_m = H_g + H_L + H_s \quad (1)$$

$$H_L = \frac{10,65 * Q^{1,852}}{C^{1,852} * D^{4,87}} * L \quad (2)$$

Onde: H_m = altura manométrica total; H_g = altura geométrica do ponto de saída do esgoto (m); H_L = perda de carga distribuída ao longo do sistema (m); H_s = perda de carga localizada (m); C = coeficiente que depende da natureza do material; Q = Vazão (m³/s); D = diâmetro interno da tubulação (m); L = comprimento da tubulação (m).

- **Rendimento da Bomba:** O rendimento da bomba é um parâmetro importante para garantir um consumo de energia adequado e um funcionamento econômico do sistema. A eficiência é geralmente expressa em porcentagem (%), podendo ser calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$\eta (\%) = \frac{(\text{potência de saída})}{(\text{potência de entrada})} \times 100 \quad (3)$$

Onde: **Potência de Saída:** potência hidráulica fornecida pela bomba (W); **Potência de Entrada:** potência elétrica consumida pela bomba (W).

Segundo Brum et al. (2018), a potência hidráulica pode ser determinada através da seguinte fórmula:

$$P = \frac{\gamma * Q * H_m}{\eta} \quad (4)$$

γ = peso específico da água; η = rendimento (%).

O baixo rendimento dos equipamentos utilizados no sistema de bombeamento acarreta gastos energéticos desnecessários, conforme dito por Brum et al. (2018)

No Brasil, é comum que ocorra a queima destes equipamentos após poucos anos de utilização, segundo Gomes (2010). Sendo, normalmente, ocasionada pela falta de manutenção, vazão inadequada ou intercalação incorreta das bombas.

É importante ressaltar que o rendimento da bomba pode variar ao longo do tempo devido ao desgaste e à deterioração das peças, bem como às alterações nas condições de operação. Portanto, deve haver manutenção periódica com inspeção do funcionamento de toda a elevatória, incluindo as bombas, conforme adverte Macintyre (1997).

5 METODOLOGIA

Inicialmente foram definidos os parâmetros da estação elevatória de esgoto para o desenvolvimento da escolha do conjunto motobomba a ser utilizado por ela. Feito isso, faz-se necessário a delimitação das marcas que comercializam conjunto motobomba e serão objeto de estudo desse projeto.

Para a escolha do conjunto motobomba foram considerados os seguintes critérios:

- Vazão de esgoto: todo o esgoto que chega na estação elevatória. É determinado a vazão máxima que será recalçada pela bomba;
- Confiabilidade e durabilidade: as bombas selecionadas devem ser projetadas para operação contínua e ser bastante confiáveis;
- Altura manométrica total: o cálculo da AMT envolve a consideração de vários fatores, tais como a topografia do terreno, a distância horizontal e vertical entre a estação e o ponto de descarga final, as perdas de carga ao longo do sistema de tubulação e os equipamentos adicionais presentes na estação. É um fator necessário para determinar a pressão necessária da bomba.

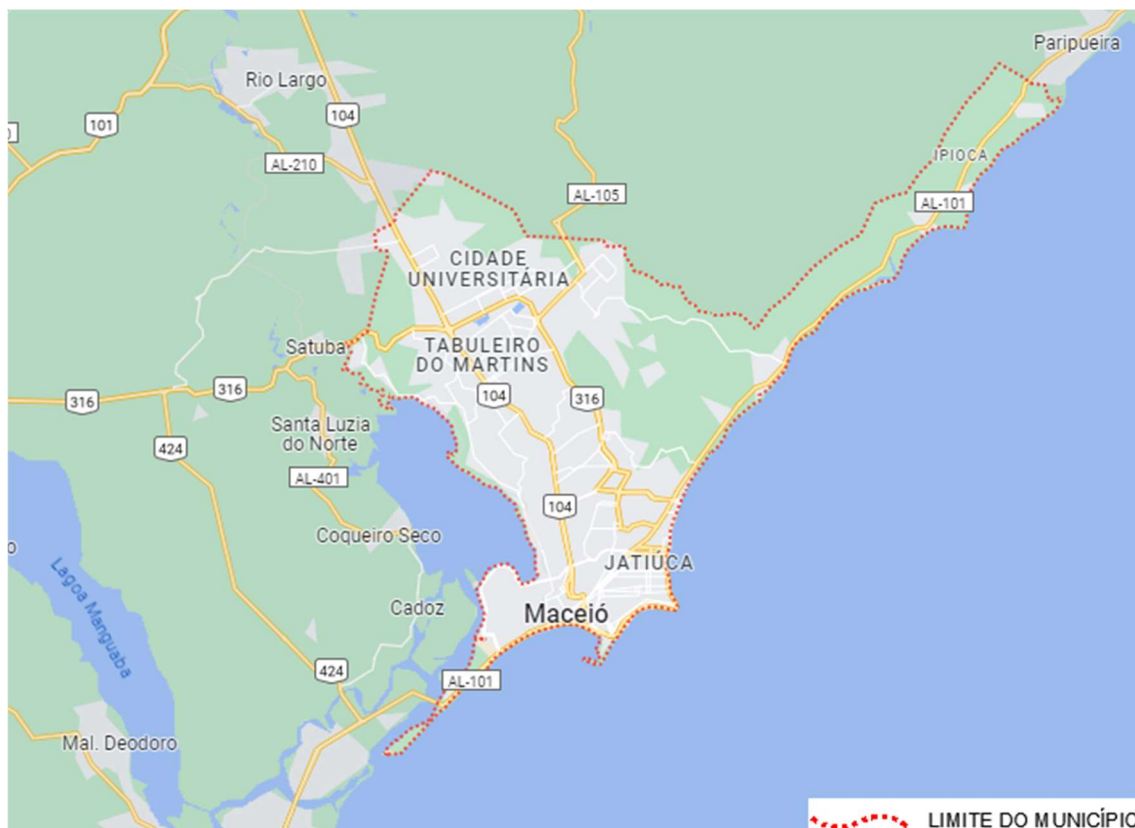
Para este trabalho foram escolhidos quatro pontos operacionais diferentes, variando altura manométrica total e vazão. Para definir os conjuntos motobomba foram escolhidas três marcas (Xylect, KSB e SULZER), devido à maior facilidade de navegação em seus devidos sites.

A fim de limitar o tipo de bomba utilizado nesse estudo de caso, foram consideradas bombas submersíveis, por apresentarem possibilidade de funcionamento em um poço de sucção menor, não havendo necessidade da construção da casa de bomba.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste projeto foi a cidade de Maceió, capital e maior município do estado de Alagoas.

Figura 3 – Localização do município de Maceió - AL



Fonte: Google Maps, adaptado (2023).

Conforme dados do IBGE (2022), a capital alagoense apresenta população residente de 957.916 habitantes, sendo a 16ª mais populosa do país.

Atualmente o esgotamento sanitário em Maceió é operado por algumas empresas, sendo a principal a BRK Ambiental – Região Metropolitana de Maceió S.A. (BRK RMM), conforme informado pelo Instituto Água e Saneamento (2020).

A bacia hidrográfica engloba a região mais litorânea e povoada do município, conforme apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Figura 4 – Bacia hidrográfica



Fonte: Google Earth, adaptado (2023).

5.1.1 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Foram escolhidas quatro sub-bacias, delimitadas conforme comportamento do terreno observado no Google Earth, indicadas na Figura 5.

Figura 5 – Delimitação das Sub-bacias



Fonte: Google Earth, adaptado (2023).

5.2 DIMENSIONAMENTO DO CONJUNTO MOTOBOMBA

5.2.1 DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES

Para cálculo das vazões de esgoto utilizadas no dimensionamento foram adotadas as fórmulas 5 e 6, além de parâmetros de projeto recomendados pela NBR 9649 (ABNT, 1986):

$$Q_{\text{méd}} = \frac{P.q.C}{86400} \quad (5)$$

$$Q_{\text{hor}} = k_1.k_2.Q_{\text{méd}} + Q_{\text{infiltração}} \quad (6)$$

Em que:

$Q_{\text{méd}}$ = vazão doméstica média de esgoto, em L/s

Q_{hor} = vazão doméstica máxima horária de esgoto, L/s

C = Coeficiente de retorno = 0,80

k_1 = Coeficiente de máxima vazão diária = 1,2

k_2 = Coeficiente de máxima vazão horária = 1,5

q = consumo efetivo de água per capita, em L/dia

P = população de final de plano, hab

$Q_{\text{infiltração}}$ = Vazão de infiltração, em L/s.

5.2.2 LINHAS DE RECALQUE

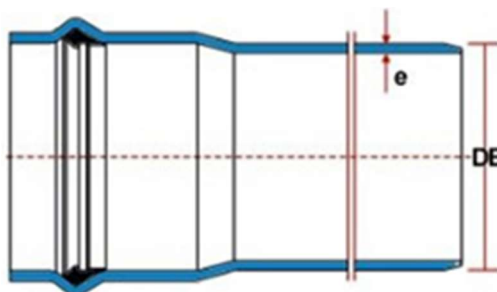
Para dimensionamento das AMTs das linhas de recalque propostas, foi utilizado o perfil de elevação disponibilizado pelo Google Earth e considerado 5 metros de profundidade do poço de sucção, afim de definir a cota inicial do barrilete. A seguir estão apresentados os perfis gerados pelo aplicativo.

O diâmetro utilizado para as tubulações de recalque e sucção foram definidas de acordo com as velocidades recomendadas pela norma NBR 12208/2020, sendo elas:

- Velocidade de recalque: 0,6 m/s a 3,0 m/s;

Foi considerado a utilização de tubulações de recalque em PEAD LISO, para vazões menores, e PVC DeFoFo para vazões maiores. Os diâmetros considerados para os cálculos estão dispostos na Figura 6 e nos Quadros Quadro 1 e Quadro 2 a seguir:

Figura 6 – Indicações das dimensões da tubulação



Fonte: Tigre (2023).

Quadro 1 – Diâmetros PEAD Liso

PEAD LISO		
DE (mm)	e (mm)	DI (mm)
90	5,4	79,2
110	6,6	96,8
125	7,5	110
140	8,3	123,4
160	9,5	141

Fonte: Tigre (2023).

Quadro 2 – Diâmetros PVC DeFoFo

PVC DeFoFo		
DE (mm)	e (mm)	DI (mm)
118	4,8	108,4
170	6,8	156,4
222	8,9	204,2
274	11	252
326	13,1	299,8

Fonte: Tigre (2023).

As velocidades de escoamento foram calculadas pela Fórmula 7, obtida a partir da equação da continuidade (USP, 2023):

$$V = \frac{Q}{(\pi \cdot (D)^2) / 4} \quad (7)$$

Q: vazão (m³/s);

D: diâmetro interno (m).

As perdas de cargas foram calculadas pelo método de Hazen-Williams, conforme mostrado por Brum et al. (2018), descrito na Fórmula 8 a seguir:

$$H_c = \frac{10,65 \cdot Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,87}} \cdot L \quad (8)$$

C: coeficiente que depende da natureza do material.

Q: vazão (m³/s);

D: diâmetro interno da tubulação (m);

L: comprimento da tubulação (m).

Foi utilizado o coeficiente C igual a 140, considerando os valores apresentados pela Ductile Iron Pipe Research Association (DIPRA, 2021) indicados na Figura 7:

Figura 7 – Valores coeficiente C

Table 2: Flow Tests of Cement-Mortar Lined Gray Pipe and Ductile Iron Pipe After Extended Periods of Time										
Location	Size (Inches)	Length (Feet)	Age (Years)	Hazen-Williams C	Location	Size (Inches)	Length (Feet)	Age (Years)	Hazen-Williams C	
Baltimore, MD	12	909	18	136	Dothan, AL	12	1000	5	137	
Birmingham, AL	6	473	6	141	Greenville, SC	30	87,400	13	148	
	6	473	14	138		30	87,400	20	146	
	6	473	17	133		30	50,700	19	148	
Blackwood, NJ	12	1546	11	131		30	50,700	25	146	
Catskill, NY	16	30,825	25	136	Greenville, TN	12	500	13	134	
Champaign, IL	16	3,920	12	137		12	500	29	137	
	16	3,920	22	139		12	500	36	146	
	16	3,920	28	145	Knoxville, TN	10	500	16	134	
	16	3,920	36	130		10	500	32	135	
10	500	39	138							
Charleston, SC	6	300	12	146	Manchester, NH	12	550	5	142	
	6	300	16	143		12	550	21	135	
	8	300	51	131		12	1,955	45	133	
	8	300	59	130		Memphis, TN	10	1,070	31	135
	8	300	77	130	Orange, CA		6	1,004	26	140
	8	300	97	140	Safford, AZ		10	23,200	16	144
	12	500	15	145	S. Burlington, VT	24	1,373	8	138	
	12	500	25	136	Seattle, WA	8	2,686	29	139	
Chicago, IL	36	7,200	12	151	Tempe, AZ	6	1,235	24	144	
Concord, NH	12	500	13	143	Tacoma, WA	8	2,257	16	136	
	12	500	29	140	Wister, OK	18	3,344	30	139	
	12	500	36	140						
Danvers, MA	20	500	31	135						
	20	500	38	133						

Fonte: SAINT-GOBAIN (2021).

As Figuras Figura 8, Figura 9, Figura 10 e Figura 11 apresentam os perfis de elevação gerados pelo Google Earth.

Figura 8 – Perfil de elevação LR SB-01



Fonte: Google Earth, adaptado (2023).

Figura 9 – Perfil de elevação LR SB-02



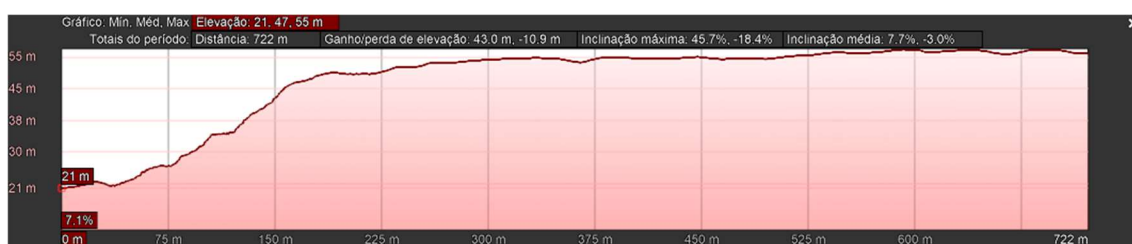
Fonte: Google Earth, adaptado (2023).

Figura 10 – Perfil de elevação LR SB-03



Fonte: Google Earth, adaptado (2023).

Figura 11 – Perfil de elevação LR SB-04



Fonte: Google Earth, adaptado (2023).

5.2.3 ESCOLHA DO CONJUNTO MOTOBOMBA

Realizados os devidos cálculos para determinação das vazões e alturas manométricas de cada sub-bacia, realizaram-se buscas pelos conjuntos motobomba dentro do site de cada marca selecionada para este estudo.

Tendo como exemplo o site de navegação da Xylect, tem-se página inicial indicada na Figura 12:

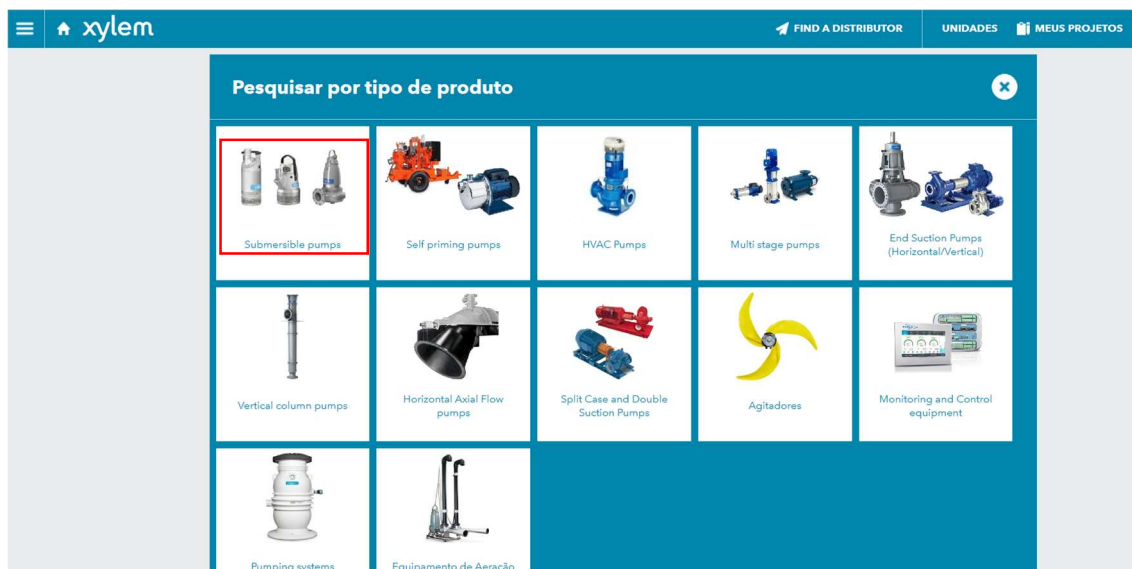
Figura 12 – Página inicial Xylect



Fonte: Xylect, adaptado (2023).

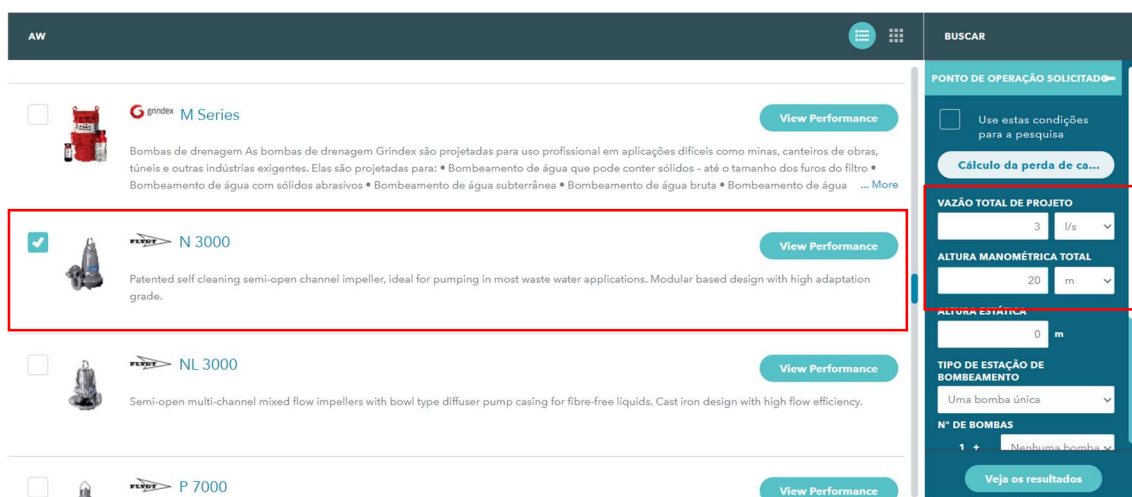
Selecionando a opção “Tipo de produto” e, em seguida, “bombas submersíveis”, é apresentada a tela da Figura 14. Nessa tela são apresentados todos os modelos de bomba disponibilizados pela fabricante, do tipo submersível. Cada bomba apresentada contém a descrição de sua funcionalidade. Selecionado o modelo, podem ser inseridos os dados do ponto operacional (vazão e AMT).

Figura 13 – Tipo de produto



Fonte: Xylect, adaptado (2023).

Figura 14 – Escolha do modelo da bomba e inserção de dados



Fonte: Xylect, adaptado (2023).

Feito isso, cabe avaliar, dentre as bombas fornecidas pela fabricante, qual adequa-se melhor ao objetivo buscado.

Figura 15 – Resultados obtidos

4 results

VAZÃO: 3 l/s

ALTURA 20 m

ALTURA ESTATICA: 0 m

SISTEMA DE TUBULAÇÃO: Falso

DISPLAY CURVE

OFF

		PRODUTO	DIFF. [%]	Q [l/s]	ENERGIA ESPECIFICA [kWh/US MG]	η [%]	N [rpm]	POTÊNCIA NOMINAL [hp]	OUTLET DIAMETER [inch]	N° DE ...	NPSH [m]	
↗		 N 3085 SH 3~ Adaptive 2p	4,4	3,1	976	26,6	0	0,0	3	2	5,59	
↗		 N 3069 SH 3~ Adaptive 2p 50mm	15,4	3,2	1050	27,8	0	0,0	2	2	3,99	
↗		 N 3069 SH 3~ Adaptive 2p 65mm	15,2	3,2	1060	27,5	0	0,0	2 1/2	2	3,99	
↗		 N 3102 SH 3~ Adaptive 2p	13,5	3,2	1310	20,6	0	0,0	3	2	3,55	

Fonte: Xylect, adaptado (2023).

As navegações nos demais sites estão detalhadas nos Apêndices A e B.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 VAZÕES

Os cálculos das vazões de cada sub-bacia foram feitos a partir do número de habitantes, tendo como base a quantidade de domicílios situados em cada área delimitada. Foi considerada a média de habitantes do estado de Alagoas, de 2,99 hab./domicílio, valor levantado pelo Censo de 2022 (IBGE). Também foi adotado per-capita de 130 L*hab/dia, valor médio entre o consumo no Brasil (SNIS, 2020) e o que recomenda a ONU, e infiltração de 0,15 L/s*km, dentro do limite definido pela NBR 9649 (ABNT, 1986). A extensão de rede utilizada foi calculada a partir de traçado feito no AutoCAD.

Quadro 3 – Vazões de cada Sub-bacia

Sub-bacia	Domicílios	Habitantes	Per-Capita (L/hab x dia)	Extensão de rede (km)	Infiltração de Rede (L/s)	Vazão (L/s)
SB-01	563	1.683	130	5.530	0,83	4,48
SB-02	2.758	8.246	130	11.479	1,72	19,59
SB-03	111	332	130	492	0,07	0,79
SB-04	1.054	3.151	130	5.110	0,77	7,59

Fonte: Autoria própria (2023).

6.2 LINHAS DE RECALQUE

Foi delimitada vazão mínima de cálculo sendo 3,0 L/s, conforme descrito na NBR 12.208 (ABNT, 2020), afim de respeitar as velocidades mínimas definidas por norma. Feito isso, foram definidos os diâmetros utilizados para cada tubulação das elevatórias:

Quadro 4 – Diâmetros escolhidos

Identificação	Extensão (m)	DI (mm)	Vazão Veiculada (L/s)	Velocidade (m/s)
LR SB - 01	814	79,2	4,48	0,91
LR SB - 02	161	108,4	19,59	2,12
LR SB - 03	693	79,2	3,00	0,61
LR SB - 04	722	79,2	7,59	1,54

Fonte: Autoria própria (2023).

6.3 ALTURA MANOMÉTRICA TOTAL

O Quadro 5 a seguir mostra as alturas manométricas totais calculadas para cada linha de recalque dimensionada.

Quadro 5 – AMTs calculadas

Identificação	Desnível Geométrico (m)	Perda de carga (m)	AMT (m)
LR SB-01	50	9,67	59,67
LR SB-02	9	4,20	13,20
LR SB-03	56	3,92	59,92
LR SB-04	38	22,75	60,75

Fonte: Autoria própria (2023).

6.4 DADOS DE ENTRADA

A seguir estão apresentados os dados, vazão e altura manométrica total, obtidos para cada sub-bacia.

Dados SB-01:

Q: 4,48 L/s;

AMT: 59,67 mca.

Figura 16 – SB-01, Maceió - AL



Fonte: Google Earth, adaptado (2023).

Dados SB-02:

Q: 19,59 L/s;

AMT: 13,20 mca.

Figura 17 – SB-02, Maceió - AL



Fonte: Google Earth, adaptado (2023).

Dados SB-03:

Q: 3,00 L/s;

AMT: 59,92 mca.

Figura 18 – SB-03, Maceió - AL



Fonte: Google Earth, adaptado (2023).

Dados SB-04:

Q: 7,59 L/s;

AMT: 60,75 mca.

Figura 19 – SB-04, Maceió - AL



Fonte: Google Earth, adaptado (2023).

6.5 CONJUNTOS MOTOBOMBA E VALORES OBTIDOS

A seguir estão apresentados os conjuntos motobomba obtidos para cada modelo/marca e a descrição de seus dados.

Figura 20 – Bomba Xylect escolhida para a SB-01

VAZÃO: 4,48 l/s		ALTURA 59,67 m			
PRODUTO	N [rpm]	POTÊNCIA N... [hp]	Q [l/s]	H [m]	η [%]
16GS556 (3500rpm)	3500	7,4	4,9	70,0	68,4

Fonte: Xylect, adaptado (2023).

Figura 21 – Bomba Xylect escolhida para a SB-02

VAZÃO: 19,59 l/s		ALTURA 13,2 m		
PRODUTO	Q [l/s]	η [%]	N [rpm]	POTÊNCIA NOMINAL [hp]
N 3102 MT 3~ Adaptive 4p	19,2	66,2	1800	5,5

Fonte: Xylect, adaptado (2023).

Figura 22 – Bomba Xylect escolhida para a SB-03

VAZÃO: 3 l/s		ALTURA 59,92 m			
PRODUTO	N [rpm]	POTÊNCIA N... [hp]	Q [l/s]	H [m]	η [%]
12GS406 (3500rpm)	3500	5,4	3,3	72,9	65,7

Fonte: Xylect, adaptado (2023).

Figura 23 – Bomba Xylect escolhida para a SB-04

VAZÃO: 7,59 l/s		ALTURA 60,75 m		
PRODUTO	Q [l/s]	η [%]	N [rpm]	POTÊNCIA NOMINAL [hp]
8105 Master SH 3~	7,5	51,0	3460	15,0

Fonte: Xylect, adaptado (2023).

Figura 24 – Bomba KSB escolhida para a SB-01

Linha de produção	Rendimento	Potência absorvida	Velocidade	Vazão nominal	Altura manométrica de recalque
Amarex KRT K	40,82 %	6,46 kW	2913 rpm	4,482 l/s	60,06 m

Fonte: KSB, adaptado (2023).

Figura 25 – Bomba KSB escolhida para a SB-02

Linha de produção	Rendimento	Potência absorvida	Velocidade	Vazão nominal	Altura manométrica de recalque
Amarex KRT K	66,89 %	3,94 kW	1449 rpm	19,991 l/s	13,49 m

Fonte: KSB, adaptado (2023).

Figura 26 – Bomba KSB escolhida para a SB-03

Linha de produção	Rendimento	Potência absorvida	Velocidade	Vazão nominal	Altura manométrica de recalque
Amarex KRT K	27,71 %	6,35 kW	3495 rpm	3,000 l/s	59,94 m

Fonte: KSB, adaptado (2023).

Figura 27 – Bomba KSB escolhida para a SB-04

Linha de produção	Rendimento	Potência absorvida	Velocidade	Vazão nominal	Altura manométrica de recalque
Amarex KRT K	47,69 %	9,46 kW	3497 rpm	7,591 l/s	60,76 m

Fonte: KSB, adaptado (2023).

Figura 28 – Bomba Sulzer escolhida para a SB-01

XJC 80 SD
 Installation
 Ponto de trabalho efectivo:
 Q: 4.78 l/s
 H: 68.3 m
 η : 39.92 %



Fonte: Sulzer, adaptado (2023).

Figura 29 – Bomba Sulzer escolhida para a SB-02



Fonte: Sulzer, adaptado (2023).

Figura 30 – Bomba Sulzer escolhida para a SB-03



Fonte: Sulzer, adaptado (2023).

Figura 31 – Bomba Sulzer escolhida para a SB-04

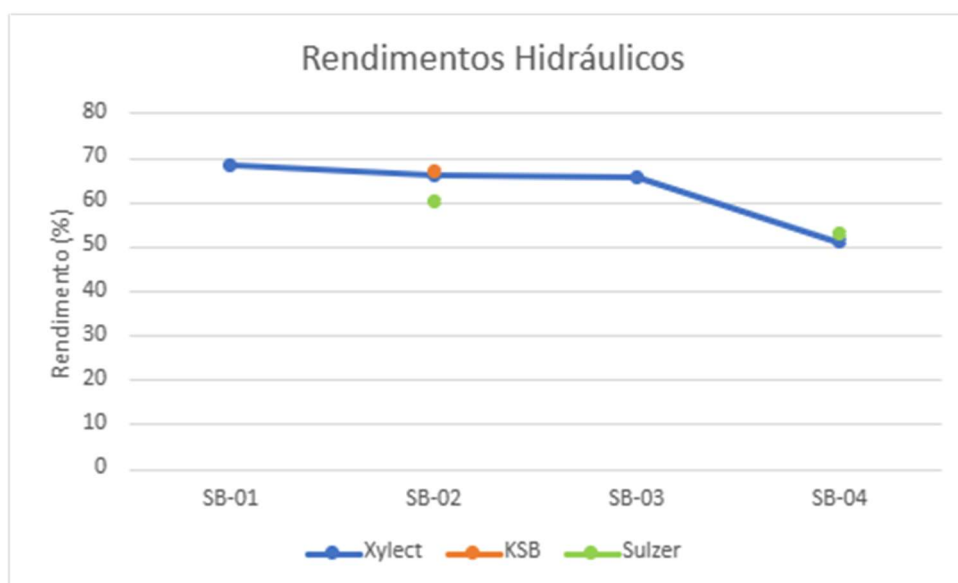


Fonte: Sulzer, adaptado (2023).

6.6 DISCUSSÃO

O gráfico a seguir, construído a partir dos dados obtidos e que serão válidos para este estudo, auxilia na análise dos resultados encontrados. Bombas com rendimento abaixo de 50% não serão apresentadas na discussão dos resultados, por inviabilizar a utilização de tal produto.

Figura 32 – Gráfico comparativo dos rendimentos hidráulicos



Fonte: Autoria própria (2023).

O Quadro 6, apresentado a seguir, mostra os resultados obtidos e quais marcas/modelos atenderam às 4 situações (pontos operacionais).

Quadro 6 – Resultados obtidos

Marca	Sub-bacia	Rendimento (%)	Potência (kW)	Vazão (L/s)	Hm (m)	Atendeu?
Xylect	01	68,40	5,52	4,90	70,00	Sim
	02	66,20	4,10	19,20	13,20	Sim
	03	65,70	4,03	3,30	72,90	Sim
	04	51,00	11,19	7,50	60,75	Sim
KSB	01	40,82	6,46	4,48	60,06	Não
	02	66,89	3,94	19,91	13,49	Sim
	03	27,71	6,35	3,00	59,94	Não
	04	47,69	9,46	7,59	60,76	Não
Sulzer	01	39,92	8,05	4,78	68,30	Não
	02	60,06	4,46	20,05	13,57	Sim
	03	35,23	7,19	3,39	76,80	Não
	04	52,66	9,31	8,05	61,82	Sim

Fonte: Autoria própria (2023).

7 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos e com a comparação dos mesmos, a marca KSB apresentou a bomba com melhor rendimento para a sub-bacia 02 e a marca Sulzer apresentou a bomba com melhor rendimento para a sub-bacia 04. Porém essas marcas encontraram dificuldade no atendimento dos pontos operacionais das sub-bacias 01 e 03, por apresentarem baixa vazão e altura manométrica elevada, enquanto as bombas disponibilizadas no site da Xylect, em geral, apresentaram melhor desempenho, pois foi a única marca que atendeu à todas as situações propostas, apresentando rendimento acima de 50% em todos os casos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCON. **ESTAGNAÇÃO PRÉ-MARCO LEGAL**. 2023. Disponível em: <<https://abconsindcon.com.br/saneamento>>. Acesso em: 10/06/2023.

ABNT. NBR 12208: **Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT. NBR 12208: **Projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de esgoto – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT. NBR 9649: **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

BRASIL. Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000**. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ATO2019-2022/2020/LEI/L14026.htm#view>. Acesso em: 04/06/2023.

BRK. **Estação elevatória de esgoto: saiba como funciona**. Disponível em: <<https://www.brkambiental.com.br/maua/estacao-elevatoria-de-esgoto-saiba-como-funciona>>. Acesso em: 15/10/2023.

BRUM, M.; BRUM JÚNIOR, M.; BRUM SÊNIOR, M. **Análise de características hidráulicas e parâmetros geométricos de estações elevatórias de esgoto**. XXVIII Congresso Latinoamericano de Hidráulica, Buenos Aires, 2018.

CARVALHO, J. A. M. **Crescimento populacional e estrutura demográfica no Brasil**. Texto para discussão. Belo Horizonte, 2004.

CNI. **INFOGRÁFICO: A realidade do saneamento básico no Brasil**. 2018. Disponível em: <<https://noticias.portaldaindustria.com.br/especiais/infografico-a-realidade-do-saneamento-basico-no-brasil/>>. Acesso em: 12/06/2023.

CRUZ, F. S. **Marco Regulatório do Saneamento Básico**. Brasília (DF), 2021

Escola Educação. **Saneamento básico. Brasil, 2020**. Disponível em: <<https://htescolaeducacao.com.br/saneamento-basico/>>. Acesso em: 04/06/2023.

FUNASA. **Saneamento para Promoção da Saúde**. 2017. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/saneamento-para-promocao-da-saude>>. Acesso em: 12/06/2023.

FUNASA. **Sistemas de Esgotamento Sanitário**. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/sistemas-de-esgotamento-sanitario>>. Acesso em: 15/10/2023.

GOMES, D. M. **Importância do Volume Útil do Poço de Sucção na Redução do Consumo de Energia Elétrica em Estação Elevatória de Esgoto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Pará. Belém (PA), 2010.

INFOSANBAS. **Como o saneamento básico influencia a sua vida?**. Disponível em: <<https://infosanbas.org.br/municipio/maceio-al/>>. Acesso em: 15/10/2023.

Instituto Água e Saneamento. **Maceió (AL)**. Disponível em: <<https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/al/maceio>>. Acesso em: 15/10/2023.

Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE). Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>>. Acesso em: 01/06/2023.

MACINTYRE, A. J. – **Bombas e Instalações de Bombeamento**, Ed. LTC – Livros Técnicos e científicos editora S. A., 2ª edição revista, Rio de Janeiro, 1997.

MURTHA, N. A.; CASTRO, J. E.; HELLER, L. **Uma perspectiva histórica das primeiras políticas públicas de saneamento e de recursos hídricos no Brasil**. Ambient. soc., São Paulo, v. 18, n. 3, p. 193-210, 2015.

ONU. **OMS quer ação urgente para garantir água potável, saneamento e higiene global**. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2022/12/1806727>>. Acesso em: 15/10/2023.

PINTO, L. P.; CABRAL, A. C.; PERISSATO, S. M.; et al. **Salubridade Ambiental do Município de São Pedro do Iguaçu - PR**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 3, n. 1, 2014.

Saint-Gobain. **O coeficiente “C” de Hazen-Williams para tubos de ferro dúctil revestidos com argamassa com cimento - por Fernando Puell**. Disponível em: <<https://www.sgpam.com.br/artigos/o-coeficiente-c-de-hazen-williams-para-tubos-de-ferro-ductil-revestidos-com-argamassa-com>>. Acesso em: 15/10/2023.

SILVA FILHO, D. R.; MARTINS, F. F.; RODRIGUES, S. G.; PELÁ, M. C. H. **Análise dos indicadores de saneamento básico e seus impactos sobre a saúde pública e coletiva em Aparecida de Goiânia, Goiás**. Brazilian Journal of Health Review. Curitiba, 2022.

SNIS. **Esgotamento Sanitário – 2021**. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/painel/es>>. Acesso em: 10/06/2023.

TIGRE. **Tigre Saneamento**. Disponível em: <<https://www.tigre.com.br/produtos/tigre-saneamento>>. Acesso em: 15/10/2023.

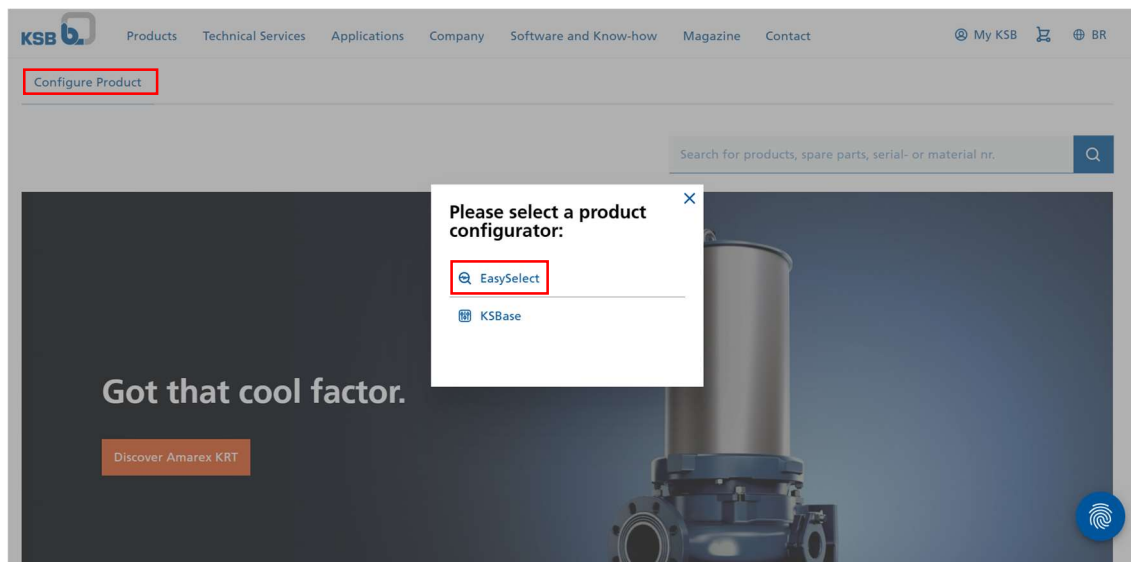
UFES. **Vazões de Esgoto**. Disponível em: <[http://inf.ufes.br/~neyval/Gestao_ambiental/Tecnologias_Ambientais2005/Agua_e_Esgoto/Sistemadeesgotos2\(vazoes\).pdf](http://inf.ufes.br/~neyval/Gestao_ambiental/Tecnologias_Ambientais2005/Agua_e_Esgoto/Sistemadeesgotos2(vazoes).pdf)>. Acesso em: 15/10/2023.

USP. **Aula 4 – Hidrodinâmica.** Disponível em: <
[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5664347/mod_resource/content/0/Aula
%204%20%20HIDRA%C3%9ALICA%20Hidrodin%C3%A2mica%20SLIDES.pd
f](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5664347/mod_resource/content/0/Aula%204%20%20HIDRA%C3%9ALICA%20Hidrodin%C3%A2mica%20SLIDES.pdf)>. Acesso em: 15/10/2023.

APÊNDICE A – Navegação KSB

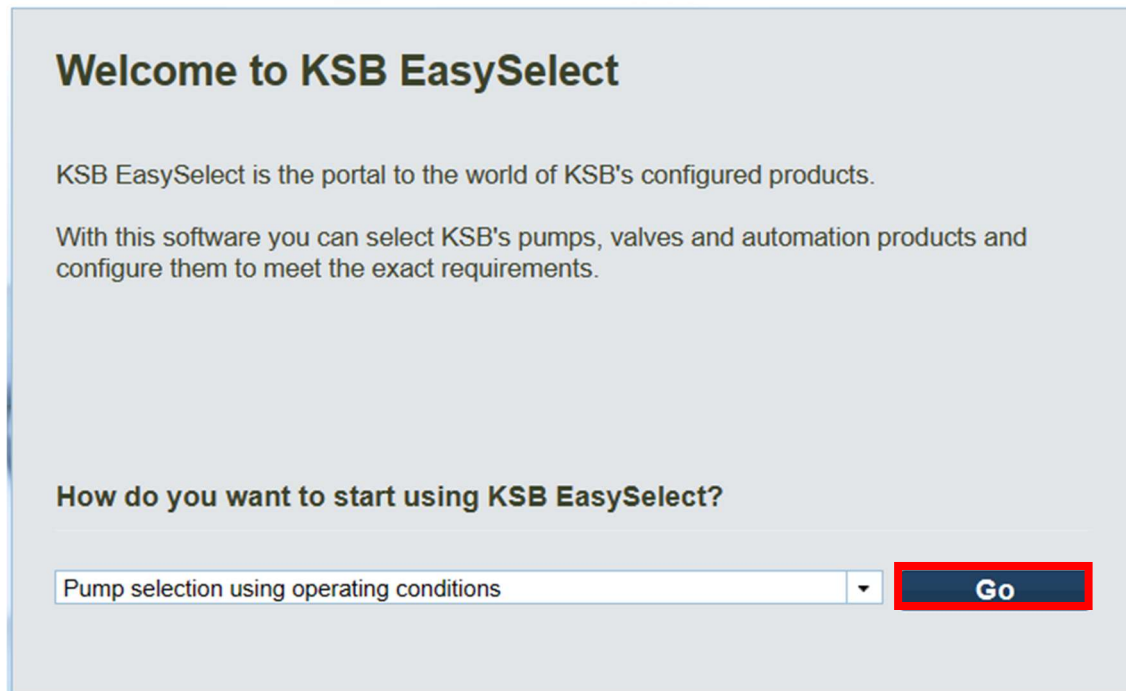
A Figura 33 mostra a página inicial do site de navegação da KSB.

Figura 33 – Página inicial KSB



Fonte: KSB, adaptado (2023).

Figura 34 – Navegação KSB



Fonte: KSB, adaptado (2023).

Na tela apresentada na Figura 35 podemos selecionar o idioma e as unidades que serão utilizadas e, em seguida, inserir os dados de entrada para obter as bombas desejadas.

Figura 35 – Seleção de idioma e unidades

Units of quantity Contact English Price sheet < > Cancel

Fonte: KSB, adaptado (2023).

Figura 36 – Seleção das unidades

Padrões	Outros	Dimensões	Elétrico	Medium (fluido bombeado)	Hidráulica	Mecânica
Grupo	Unidade selecionada	Fator	Compensação	Nº de casas decimais		
Efficiency	%	1	0	1		
Flow rate	l/s	0,277778	0	3		
Buffer fluid quantity	l/min	16,666667	0	3		
Head	m	1	0	2		
Mass flow	kg/s	1	0	2		
Power	kW	1	0	2		
Pressure difference	bar	1	0	2		
Pressure abs (when gauge press. is usual)	bar.g	1	0	2		
Pressure abs (when abs. press. is usual)	bar.a	1	1	2		
Speed of Rotation	rpm	1	0	0		

OK

Cancelar

Fonte: KSB, adaptado (2023).

Inserindo os dados de vazão, altura manométrica e selecionando o tipo de bomba desejada, o próprio site seleciona os modelos disponíveis. Feito isso, prosseguimos para a busca das bombas.

Figura 37 – Inserção de dados

Ponto de funcionamento

Vazão Q *

Altura manométrica H * €

Fonte: KSB, adaptado (2023).

Figura 38 – Modelos disponíveis

Tipo de Construção

Base da bomba ☐ Bomba monobloco ☐

☒ Bomba submersível para poço úmido ☐ Configuração para bomba submersível

Bomba "In-line" ☐ Bombas submersas de poço artesiano ☐

Bomba de voluta bipartida ☐ Bomba multi-estágio ☐

Busca hidráulica

Produto	
☒ AmaClean	
☒ AmaDrainer	
☒ Amarex CN	
☒ Amarex F-max	
☒ Amarex KRT / Amarex N	
☒ Amarex KRT BR	
☒ AU-AU Monobloc	
☐ B-Pumps	
☐ Calio	
☒ Calio S	
☐ Calio Therm NC	
☐ Calio Therm S	
☐ Compacta/mini-Compacta	
☐ CPK Índia	
☐ CPK-SO Índia	
☐ CPKN / CPKNO	
☐ Delta	
☐ Estigia	
☐ Etachrom L / B	
☐ Etaline / EtalineZ	
☐ Etaline R	
☐ Etanorm (SKD)	
☐ Etanorm / Etabloc	
☐ Etanorm R	
☐ Etanorm V	

rando ponto de entrada: Por favor insira os parâmetros de funcionamento. Com o botão "Next" para continuar.

Fonte: KSB, adaptado (2023).

Feito isso, cabe avaliar, dentre as bombas fornecidas pela fabricante, qual adequa-se melhor ao objetivo buscado.

Figura 39 – Bombas ofertadas

KSBB easyselect® Version 20.7

Avançar Seleção Configuração Saída Memorial de cálculo Cancelar

Soluções

Alternativas Curvas Característica Lista dos resultados rejeitados

Sort by: Recomendação da KSB then Filter prices for My SalesOrg

	Linha de produção	Tamanho da bomba	Preço desde	Preço	Seleção	Diâmetro fuso do rotor	Rendimento	Potência absorvida	Velocidade	Passagem livre	NPSH requerido	Potência máxima na curva	Relação Q / Q _{best}	Diâmetro hidráulico efetivo	Rotor no diâmetro máximo	Taxa de vazão mássica	Vazão nominal	Altura manométrica de recalque	Pressão de recalque
1	Amarex KRT K	K 80-253	ix 85,23		☒		58,84 %	6,66 kW	2912 rpm	33 mm	6,31 m	7,57 kW	66,06 %	160 mm	220,0 mm	19,96 kg/s	20,002 l/s	20,00 m	1,96 bar g
2	Amarex KRT K	K 80-315	ix 86,60		☐		56,40 %	6,94 kW	2912 rpm	33 mm	4,82 m	8,31 kW	67,48 %	157 mm	260,0 mm	19,96 kg/s	19,969 l/s	20,00 m	1,96 bar g
3	Amarex CN	100-245	A pedido		☐		51,42 %	7,16 kW	2913 rpm	100 mm	0,00 m	7,23 kW	109,26 %	170 mm	170,0 mm	19,57 kg/s	19,614 l/s	19,24 m	1,88 bar g
4	Amarex CN	100-315	A pedido		☐		48,78 %	10,29 kW	2913 rpm	100 mm	0,00 m	10,34 kW	105,91 %	188 mm	188,0 mm	21,37 kg/s	21,417 l/s	22,93 m	2,24 bar g
5	Amarex KRT D	D 80-315	ix 82,50		☐		66,35 %	5,45 kW	1455 rpm	65 mm	1,91 m	6,87 kW	68,57 %	260 mm	260,0 mm	19,44 kg/s	19,475 l/s	18,96 m	1,86 bar g
6	Amarex KRT E	E 65-216	ix 80,99		☐		64,03 %	5,12 kW	2912 rpm	65 mm	1,88 m	6,92 kW	80,47 %	180 mm	180,0 mm	19,97 kg/s	20,005 l/s	20,01 m	1,96 bar g
7	Amarex KRT E	E 80-243	ix 83,40		☐		68,70 %	6,13 kW	1455 rpm	70 mm	2,43 m	11,10 kW	81,15 %	270 mm	270,0 mm	20,67 kg/s	20,714 l/s	21,45 m	2,10 bar g

Informação do produto Curvas Característica Dados hidráulicos

Amarex N Amarex KRT

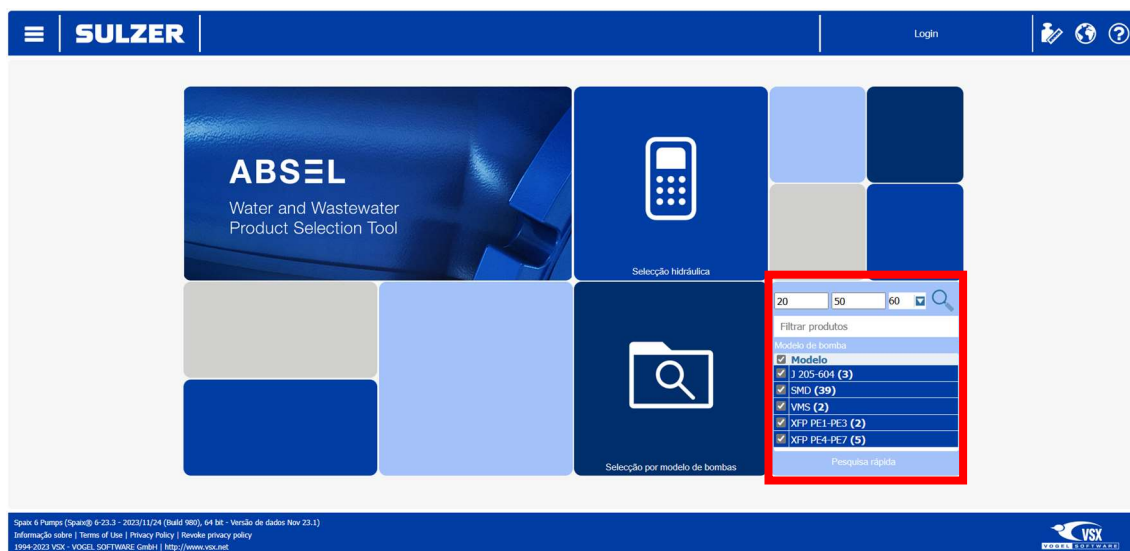
Pressão máx. de recalque: 12,00 bar g
 Q_{máx}: 2777,280 l/s
 Q_{mín}: 0,000 l/s
 Altura manométrica máx.: 120,00 m

Fonte: KSB, adaptado (2023).

APÊNDICE B – Navegação SULZER

A Figura 40 apresenta a página inicial do site de navegação da SULZER. Na área indicada são inseridos os valores de vazão e altura manométrica, sendo que o próprio site já delimita os modelos irão atender.

Figura 40 – Página inicial SULZER



Fonte: SULZER, adaptado (2023).

Feito a busca, são apresentadas as bombas ofertadas. São mostradas as características de cada produto, sendo necessário identificar qual apresenta uso adequado para o objetivo desejado.

Figura 41 – Bombas ofertadas



Fonte: SULZER, adaptado (2023).