UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

DIOGO HIROSHI NITATORI

AVALIAÇÃO OPERACIONAL DE ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO UTILIZANDO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE ITAÍ/SÃO PAULO

CAMPINAS

2016

DIOGO HIROSHI NITATORI

AVALIAÇÃO OPERACIONAL DE ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO UTILIZANDO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE ITAÍ/SÃO PAULO

Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil na área de Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais.

Orientador(a): Prof. Dr. PAULO VATAVUK

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELO ALUNO DIOGO HIROSHI NITATORI E ORIENTADO PELO PROF. DR. PAULO VATAVUK.

ASSINATURA DO ORIENTADOR



CAMPINAS

2016

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): Não se aplica.

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Luciana Pietrosanto Milla - CRB 8/8129

N638a

Nitatori, Diogo Hiroshi, 1984-
Avaliação operacional de estação elevatória de esgoto utilizando eficiência energética : estudo de caso na cidade de Itaí/São Paulo / Diogo Hiroshi Nitatori. – Campinas, SP : [s.n.], 2016.

Orientador: Paulo Vatavuk.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Esgoto. 2. Pesquisa operacional. 3. Programação não-linear. 4. Programação inteira. I. Vatavuk, Paulo,1960-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Operational evaluation of sewage pumping station using energy efficiency : a case study in the city of Itaí/São Paulo
Palavras-chave em inglês:
Sewer
Optimization
Nonlinear programming
Integer programming
Área de concentração: Recursos Hídricos, Energéticos e Ambientais
Titulação: Mestre em Engenharia Civil
Banca examinadora:
Paulo Vatavuk [Orientador]
Adriano Luiz Tonetti
Luisa Fernanda Ribeiro Reis
Data de defesa: 20-12-2016
Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO

AVALIAÇÃO OPERACIONAL DE ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO UTILIZANDO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE ITAÍ/SÃO PAULO

Diogo Hiroshi Nitatori

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:

Prof. Dr. Paulo Vatavuk
Presidente e Orientador/Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dr. Adriano Luiz Tonetti
Universidade Estadual de Campinas

Prof. Dra. Luisa Fernanda Ribeiro Reis
Universidade de São Paulo

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

Campinas, 20 de Dezembro de 2016

AGRADECIMENTOS

A minha família e as mascotes, que sempre me incentivaram e me ampararam em todos os momentos da vida. Agradeço pelos ensinamentos e educação dados durante toda a vida, os quais se tornaram fundamentais para o meu desenvolvimento. Sou grato pela compreensão e paciência, e principalmente pelas palavras e/ou momentos de estímulo.

Ao Prof. Dr. Paulo Vatavuk por acreditar e confiar em meu trabalho, dando-me a oportunidade de desenvolvê-lo na Unicamp. E também pela orientação, conselhos e ensinamentos concedidos durante todo o período do mestrado e da graduação.

Ao Prof. Dr. Alberto Luiz Francato e o Prof. Dr. Adriano Luiz Tonetti pelos conselhos e contribuições durante a fase de concepção até a defesa do trabalho. À Prof.ª Dr. Luisa Fernanda Ribeiro Reis pelos conselhos na defesa do trabalho.

À Superintendência de Negócio do Alto Paranapanema, Sabesp, que permitiu que fosse possível esta conclusão de curso de pós-graduação. Em especial o Eng. Luiz Fernando Furlan Borsato e o Encarregado Paulo Sergio Monteiro pelas diversas contribuições para a realização deste trabalho.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho.

“Tudo deveria se tornar o mais simples possível, mas não simplificado”.

Albert Einstein

RESUMO

A universalização do esgotamento sanitário ainda é um problema recorrente em diversos países, assim a necessidade por estações elevatórias de esgoto têm aumentado nos últimos tempos. Este trabalho avalia a adequação de uma estação elevatório de esgoto levando em consideração a eficiência energética na operação. O modelo de otimização utilizado preconiza a minimização do custo operacional, energia elétrica, no horizonte de 24 horas. A metodologia deste trabalho utiliza a programação não-linear inteira para agendar o acionamento e o desligamento do conjunto moto-bomba presente na elevatória. O estudo de caso foi realizado com uma estação elevatória de esgoto no município de Itaí, no estado de São Paulo, e foram realizados dois modelos de otimização, modelo proposto e situação hipotética, com a mesma metodologia. Como resultado obtém-se uma redução de 7,40% no custo total diário de energia elétrica para o modelo proposto, e um potencial de redução de 40,73% no custo total diário de energia elétrica para a situação hipotética. A transformação do poço pulmão em poço de sucção foi o principal fator para alcançar esta economia nos dois modelos.

Palavras-chave: Estação elevatória de esgoto, pesquisa operacional, programação não-linear, programação inteira.

ABSTRACT

The sewage universalization is still a recurring problem in many countries, and the demand for sewage pumping stations has increased in recent times. This work evaluates the adequacy of a sewage pumping station taking into account energy efficiency in the operation. The optimization model minimizes operational cost, electricity, for 24 hours. The methodology of this work uses optimization model consisting of nonlinear programming, integer to schedule the starting and the shutdown of the motor-pump in this station. The case study was carried out with a sewage pumping station in the city Itaí, in São Paulo, and two optimization models, a proposed model and a hypothetical situation, were carried out using the same methodology. As a result, it obtained a reduction of 7.40% in the total daily electricity cost for the proposed model, and a potential reduction of 40.73% in the total daily electricity cost for the hypothetical situation. The transformation of the “pit lung” in suction well was the main factor to achieve this economy in both models.

Keywords: sewage pumping station, optimization, nonlinear programming, integer programming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Projeto de implantação de EEE: (a) planta e (b) Corte A-A 25
Figura 2 - Poço seco. 28
Figura 3 - Poço com bomba submersa. 28
Figura 4 - Esquema de inclinação de fundo de poço de sucção. 29
Figura 5 - Controles operados por flutuadores. 33
Figura 6 - Controles operados pneumaticamente. 34
Figura 7 - Controles operados eletricamente. 34
Figura 8 - Variações de vazões generalizadas de sistemas de esgoto doméstico para pequenas e grandes comunidades. 36
Figura 9 - Hidrograma típico da vazão afluente a uma ETE ao longo do dia. 36
Figura 10 - Forma do rotor e rendimento da bomba em função da rotação especifica. .40
Figura 11 - Etiqueta de bomba centrifuga. 42
Figura 12 - Bomba de cavidade progressiva aplicada em EEE.....44
Figura 13 - Matriz elétrica Brasileira. 45
Figura 14 - Matriz elétrica brasileira. 46
Figura 15 - Porcentagem de desconto nas tarifas às empresas de saneamento. 53
Figura 16 - Divisão das despesas da concessionária SABESP. 55
Figura 17 - Esquema das subdivisões para a resolução com a PO. 60
Figura 18 - Localização do município de Itaí. 75
Figura 19 - Croqui do sistema de esgoto sanitário de Itaí. 77
Figura 20 - Imagem de satélite das EEEs e ETE no município de Itaí. 78
Figura 21 - Divisão das despesas na SABESP - Itaí. 79
Figura 22 - Gasto com energia elétrica em sistema de esgoto sanitário em Itaí/SP. 83
Figura 23 - Fachada e o acesso de entrada da EEE jardim Planalto. 84
Figura 24 - Interior do poço de sucção da EEE jardim Planalto. 85
Figura 25 - Poço pulmão da EEE jardim Planalto. 86
Figura 26 - Área de implantação da EEE jardim Planalto. 87
Figura 27 - Transdutor de pressão série 9S. 89

Figura 28 - Distribuição do nível no interior do poço de sucção da EEE Jd. Planalto. ...94
Figura 29 - Distribuição da vazão média afluente para os 3 dias na EEE Jd. Planalto. .95
Figura 30 - Distribuição da vazão média afluente dos 3 dias na EEE Jd. Planalto. 96
Figura 31 - Proposta de utilização de poço pulmão como poço de sucção.....98
Figura 32 - Características dimensionais e operacionais da PIR-M80-2D. 100
Figura 33 - Ponto de operação do conjunto moto bomba instalado. 101
Figura 34 - Níveis operacionais para o modelo proposto. 105
Figura 35 - Níveis operacionais para o modelo hipotético.....109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índices de atendimento de saneamento básico (%). 17
Tabela 2 - Classificação de EEE com relação ao método construtivo. 22
Tabela 3 - Classificação de EEE com relação ao tipo de bomba utilizada. 23
Tabela 4 - Tempos de ciclos mais usuais 31
Tabela 5 - Tipos de bombas utilizadas nas EEE. 38
Tabela 6 - Subdivisão do grupamento “A”. 48
Tabela 7 - Subdivisão do grupamento “B”. 51
Tabela 8 - Divisão das despesas da concessionária SABESP. 55
Tabela 9 - Métodos de programação na pesquisa operacional. 61
Tabela 10 - Disposição das equações do modelo. 70
Tabela 11 - Divisão das despesas da SABESP - Itaí. 79
Tabela 12 - Consumo de energia elétrica e os custos com o sistema de abastecimento de água e sistema coletor de esgoto sanitário. 80
Tabela 13 - Consumo e custos com energia elétrica para o sistema coletor de esgoto sanitário. 81
Tabela 14 - Consumo de energia elétrica para cada unidade consumidora. 82
Tabela 15 - Características básicas da EEE jardim Planalto. 88
Tabela 16 - Características do transdutor de pressão. 90
Tabela 17 - Parâmetros do problema proposto. 91
Tabela 18 - Dados do poço de sucção da EEE jardim Planalto. 97
Tabela 19 - Dados do novo poço de sucção da EEE jardim Planalto. 98
Tabela 20 - Características do conjunto moto bomba instalado na EEE Jd. Planalto. 99
Tabela 21 - Dados do novo poço de sucção da EEE jardim Planalto. 102
Tabela 22 - Parâmetros do Solver para o modelo proposto. 103
Tabela 23 – Cronograma operacional otimizado da EEE jardim Planalto. 103
Tabela 24 - Mapa de custos de bombeamento da EEE jardim Planalto. 106
Tabela 25 – Cronograma operacional otimizado da situação hipotética. 107
Tabela 26 - Mapa de custos de bombeamento da situação hipotética. 110

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRADEE	Associação Brasileira Distribuidores Energia Elétrica
AG	Algoritmo Genético
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ASCE	American Society of Civil engineers
AES ELETROPAULO	Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo S.A.
BEN	Balanço Energético Nacional
CDHU	Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano
CESPE	Companhia Energética de São Paulo
CPFL Santa Cruz	Companhia Luz e Força de Santa Cruz
COS	Cost of Service
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EEE	Estação elevatória de Esgoto
EPA	Environmental Protection Agency
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
ELETROBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A
EWA	Europe Water Association
FS	Full Scale
FRC	Fatores de Redução de Custos
GRG	Generalized Reduced Gradient
GW	Giga Watt
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMETRO	Inst. Nac. De Metrologia, Normalização e Qualidade Ind.
MCA	Metros de Coluna d'água
MW	Mega Watt
MWh	Mega Watt hora
NBR	Norma Brasileira
NLP	Non Linear Program
NPSH	Net Positive Suction Head

OEM	Original equipment manufacturer
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PL	Programação Linear
PO	Pesquisa Operacional
PLANASA	Plano Nacional de Saneamento
PMSS	Programa de Modernização do Setor Saneamento
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PNL	Programação Não Linear
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PV	Poço de Visita
PVC	Cloreto de Polivinila
RAC	Requisitos de Avaliação de Conformidade
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
TWh	Tera Watt hora
VCC	Tensão de Corrente Contínua

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 16
2. OBJETIVOS 19
   2.1. Objetivo Geral 19
   2.2. Objetivo Específico 19
   2.3. Organização do Trabalho 19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 21
   3.1. Estações Elevatórias de Esgoto 21
      3.1.1. Dispositivos complementares das EEEs 23
      3.1.2. Critérios para dimensionamento do poço de sucção 30
      3.1.3. Variações de vazões de contribuição de esgoto sanitário 35
   3.2. Bombas 37
      3.2.1. Turbo bombas 39
      3.2.2. Bombas de cavidade progressiva 43
   3.3. Energia elétrica 44
      3.3.1. Tarifas de energia elétrica no brasil 47
      3.3.2. Energia elétrica no saneamento 53
   3.4. Eficiência energética no saneamento 56
   3.5. Pesquisa operacional 59
      3.5.1. Tipos de otimização 63
   3.6. Pesquisa operacional no saneamento 65
4. METODOLOGIA 70
   4.1. Equações do problema 71
   4.1.1. Vazão Afluente a EEE 71
   4.1.2. Perda de Carga 72
   4.1.3. Balanço hídrico no poço de sucção 72
   4.1.4. Nível máximo e mínimo operacional do poço de sucção 73
   4.1.5. Potência e energia 73
   4.1.6. Custo de bombeamento 74
   4.1.7. Função objetivo 74

5. ESTUDO DE CASO 75
5.1. Descrição do sistema de esgoto sanitário de Itaí 75
5.2. Consumo de energia elétrica do sistema de esgoto sanitário de Itaí 78
5.3. Descrição da EEE jardim planalto 83
5.3.1. Medição do nível do poço de sucção 88
5.4. Considerações sobre modelo proposto 90
6. RESULTADOS 94
6.1. Determinação da vazão afluente na EEE Jd. Planalto para o modelo 94
6.2. Proposta de adequação da EEE Jd. Planalto 97
6.3. Situação hipotética para minimizar o custo diário 102
6.4. Resultados do modelo proposto 103
6.5. Resultados da situação hipotética para minimizar custo diário 107
7. CONCLUSÃO E SUGESTÕES DE TRABALHOS 111
7.1. Considerações Finais 111
7.2. Sugestões para trabalhos futuros 112
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 113
9. ANEXOS 123
9.1. ANEXO 01 – Projeto de implantação da EEE jardim Planalto 124
9.2. ANEXO 02 – Projeto hidráulico do poço de sucção da EEE jardim Planalto 126
9.3. ANEXO 03 – Projeto hidráulico do poço pulmão e cestos da EEE jardim Planalto 128
9.4. ANEXO 04 – Projeto da linha de recalque da EEE jardim Planalto 130
9.5. ANEXO 05 – Planilha em Excel otimizada 132
9.6. ANEXO 06 – Catálogo da bomba PIR-M80-2D 137
9.7. ANEXO 07 – Autorização da SABESP-RA para utilização dos dados na dissertação 143

1. INTRODUÇÃO

O sistema de esgoto sanitário é composto pelo conjunto de obras e instalações destinadas a propiciar a coleta, afastamento, tratamento e disposição final do esgoto, de forma contínua e sem riscos para a saúde e ao meio ambiente.

O sistema de esgotamento sanitário na maioria das vezes é concebido para o escoamento gravitacional para evitar o consumo de outras formas de energia. Em situações onde a topografia não é favorável ou não há a presença de desnível natural no terreno necessita-se do esgotamento ou reversão de tais bacias com a utilização de estações elevatória de esgoto (EEE).

As EEEs são essenciais para promover a universalização da coleta de esgoto sanitário e assim possibilitar o seu encaminhamento para a estação de tratamento de esgoto (ETE). Portanto as EEEs contribuem para o desenvolvimento sustentável, já que na maioria das aplicações evitam lançamento de esgoto “in natura” nos corpos hídricos, mas a sua aplicação implica na necessidade de utilização de energia elétrica para a operação.

Para Oliveira e Scazufca (2009), o sistema de esgotamento sanitário possui grande interdependência entre as concessionárias, já que um menor índice de cobertura de tratamento de esgoto de um município pode comprometer todo o esforço conjunto dos membros de uma bacia hidrográfica, acarretando problemas em termos de saúde pública, meio ambiente e desenvolvimento econômico e social.

De acordo com Oliveira e Scazufca (2009), a infraestrutura de saneamento básico no Brasil é precária. Os índices de atendimento no País são razoáveis para abastecimento de água, mas ruins no que se refere à coleta e tratamento de esgotos. Os problemas ficam evidentes quando se comparam os indicadores nacionais com os de países desenvolvidos. A Tabela 01 possibilita alguma comparação.

Tabela 1 - Índices de atendimento de saneamento básico (%).

Países Selecionados	Água (%)	Coleta Esgoto (%)	Tratamento Esgoto (%)
Alemanha	100	100	99
Brasil	93	48	32
França	99	95	80
Itália	98	90	85
Portugal	97	95	85

Fonte: SNIS, 2007 e Pinsent Mansons, 2007.

Conforme EWA (2016), as águas superficiais europeias encontram-se muito mais limpas que há 25 anos, mas aproximadamente 50,00% das águas europeias ainda possuem estado ecológico considerado ruim.

A meta de universalização da coleta de esgoto sanitário também está vigente na cidade de Itaí, município do Estado de São Paulo, que será objeto de estudo deste trabalho. O sistema de esgoto sanitário do município possui grande abrangência na zona urbana e é composto por duas estações elevatórias de esgoto e uma estação de tratamento de esgoto. Atualmente, a concessionária Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) é responsável pelos serviços de distribuição de água e coleta de esgoto sanitário, e apresentava 78,79% (SNIS, 2013) de coleta de esgoto sanitário e 100,00% (SNIS, 2013) de tratamento de todo esgoto coletado. De acordo com o SNIS (2007), o índice de tratamento de todo o esgoto coletado no município de Itaí era de 11,0%, assim este índice apresenta discrepância em relação aos 32% da situação nacional apresentado na Tabela 1.

De acordo com os dezenove, 1995 a 2013, diagnósticos dos serviços de água e esgotos do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), o consumo de energia elétrica com o sistema de esgotamento sanitário pelas empresas de saneamento básico têm-se tornado expressivo já que ocorreu o aumento do seu consumo no decorrer dos anos, em função principalmente da expansão dos sistemas.

Já foram desenvolvidas algumas pesquisas em estações elevatórias com o objetivo de reduzir o custo operacional com energia elétrica, principalmente no horário de ponta no sistema tarifário horo sazonal. A implantação de medidas que possam reduzir os custos com energia elétrica é muito importante para a viabilidade econômica

e o crescimento das empresas de saneamento, pois o seu custo tem se tornado cada vez mais expressivo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar e propor adequações operacionais para uma estação elevatória de esgoto sanitário existente com o objetivo de redução do consumo de energia elétrica.

2.2. Objetivo Específico

Os objetivos específicos são:

- Analisar a operação de uma estação elevatória de esgoto (EEE) existente no município de Itaí, no estado de São Paulo.
- Propor o planejamento operacional, com a adequação, da estação elevatória de esgoto (EEE) e com isso elaborar um modelo que utiliza a programação não linear inteira no Microsoft Excel para agendar o acionamento da bomba em um horizonte de 24 horas, instalada na EEE, com o objetivo de redução do custo com energia elétrica. Foram considerados os parâmetros hidráulicos para a operação da EEE conforme normas e legislações vigentes, bem como custo da energia elétrica nos intervalos analisados.

2.3. Organização do Trabalho

O presente trabalho é apresentado em 7 capítulos e anexos. No capítulo anterior foi feita a introdução ao tema da dissertação, e neste capítulo foram difundidos os objetivos gerais e específicos desta dissertação.

No capítulo 3 é apresentada uma pela revisão da literatura científica pertinente, uma visão geral de publicações divulgadas nos últimos tempos com foco em estações elevatórias de esgoto, consumo e tarifas elétricas visando à eficiência energética.

Já o capítulo 4 é detalhado a metodologia adotada para analisar o problema proposto e o equacionamento do modelo matemático proposto.

O estudo de caso é apresentado no capítulo 5, detalhando as características da estação elevatória de esgoto existente. Além disso, apresenta-se a proposta de adequação visando a operação com a minimização do custo de energia elétrica.

O capítulo 6 contém os resultados produzidos com modelo matemático proposto. São apresentados tabelas com propostas de operação otimizada e a redução de custo de energia elétrica, além de apresentar uma hipótese de máxima minimização de custo de energia elétrica.

No capítulo 7 são apresentadas as conclusões e recomendações para futuros trabalhos, destacando as observações mais relevantes. E, por fim, os Anexos contém os projetos da EEE, catálogo da bomba em operação e planilhas dos modelos otimizados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será apresentada revisão bibliográfica referente as Estações Elevatórias de Esgoto (EEE), a utilização da energia elétrica no saneamento e os principais modelos de otimizações utilizados.

3.1. Estações Elevatórias de Esgoto

A definição de estação elevatória de esgoto, E.E.E. , segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

> "Instalação que se destina ao transporte do esgoto do nível do poço de sucção das bombas ao nível de descarga na saída do recalque, acompanhando aproximadamente as variações da vazão afluente." (ABNT,1992,p.1)

Para Tsutiya e Alem Sobrinho (1999) o poço de sucção existente na EEE é uma estrutura de transição que recebe as contribuições de esgoto afluente e as coloca à disposição das unidades de recalque.

Com relação à localização, as estações elevatórias de esgoto (EEE) são implantadas nos sistemas de esgoto sanitário em decorrência do traçado do sistema de saneamento. A disposição, na maioria das vezes, ocorre em pontos baixos das bacias ou nas proximidades de rios, córregos ou represas. (TSUTIYA e ALEM SOBRINHO, 1999). O manual da American Society of Civil engineers complementa que nos projetos de EEE deve-se prever um alcance de no mínimo 10 anos. (ASCE, 1960).

Em situações em que a rede coletora está instalada em valas com profundidade superior a três metros, o custo da execução aumenta significativamente devido principalmente aos equipamentos para a escavação de vala, escoramentos, rebaixamento do lençol freático, entre outras atividades. (EPA, 2000). Assim as Estações elevatórias podem ser aplicadas como alternativa para a redução do custo de execução do sistema coletor de esgoto sanitário. (EPA, 2000).

Os poços de sucção das estações elevatórias de esgoto podem ser executados no próprio local, customizados, ou pré-fabricadas. A faixa de vazões para a aplicação das EEEs vai de 1,25 l/s para mais de 6.300,00 l/s, já as EEEs pré-fabricadas possuem capacidade máxima de vazão em torno de 630,00 l/s. (EPA, 2000).

Conforme citado por Metcalf e Eddy (1981), as EEE podem ser classificadas de diversas maneiras, contudo nenhuma é satisfatória já que as mesmas apresentam diversas particularidades. As principais classificações das EEEs são feitas em função da sua capacidade, altura manométrica, extensão da linha de recalque, tipo de fonte de energia, método construtivo entre outras. Segundo Alem e Tsutiya (1999) a classificação com relação à capacidade ou a carga manométrica são as seguintes:

De acordo com a capacidade:

- Pequenas: menos que 50 l/s;
- Médias: 50 a 500 l/s;
- Grandes: superior a 500 l/s.

De acordo com sua carga:

- Baixas: menos que 10 m;
- Médias: 10 a 20 m;
- Altas: superior a 20 m.

Já a classificação com relação ao tipo, capacidade e método construtivo são representados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Classificação de EEE com relação ao método construtivo.

Elevatória/Tipo	**Capacidade (m^3/s)**
Ejetor Pneumático	<0,02
Pré-moldada (Poço úmido)	0,006 – 0,03
Pré-moldada (Poço seco)	0,006 – >0,10
Convencional (Pequena)	0,2 – 0,09
Convencional (Média)	0,06 – 0,65
Convencional (Grande)	>0,65

Fonte: Tsutiya e Alem Sobrinho, 1999.

Para Tsutiya e Alem Sobrinho (1999) as elevatórias também podem ser classificadas com relação ao tipo de bomba utilizada. Na Tabela 3 é mostrada a classificação de elevatória conforme o tipo de bomba utilizada:

Tabela 3 - Classificação de EEE com relação ao tipo de bomba utilizada.

Bomba	**Tipo de elevatória**
Ejetor pneumático	Elevatória com ejetor pneumático
Parafuso	Elevatória com bomba parafuso
Centrífuga	Elevatória convencional

Fonte: Tsutiya e Alem Sobrinho, 1999.

Segundo Netto (1998) as estações elevatórias de esgoto devem ser concebidas com no mínimo duas bombas, sendo uma reserva, e com alternância de trabalho com as demais unidades. Já Creso (2001) complementa que as EEE normalmente apresentam bombas com capacidades semelhantes já que este tipo de disposição facilita a operação e a manutenção das mesmas. Para as EEE de pequena capacidade são predominantemente utilizadas duas bombas com capacidades iguais, na qual uma bomba é para a operação normal e a outra como reserva e operação alternada. Já para as EEE de médio e grande porte escolhem-se duas bombas de operação normal e uma bomba de reserva, todas com a mesma capacidade.

De acordo com Nogami (1974) o número adequado de conjuntos moto bomba a ser empregado nas EEEs, depende das peculiaridades de cada caso e das capacidades das bombas existentes no mercado.

3.1.1. Dispositivos complementares das EEEs

Segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (1999) as estações elevatórias necessitam de dispositivos complementares para a operação eficaz das bombas, que são:

- Gradeamento;
- Caixa de areia (desaneradores);
- Poço de sucção, e
- Extravazão por gravidade/ gerador de emergência.

A Figura 1 a seguir apresenta o esquema de implantação de uma EEE com a presença dos dispositivos complementares, citados anteriormente, utilizado pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, SABESP (2015).

No caso da Figura 1, o esgoto primeiramente entra no sistema de gradeamento para a remoção física dos sólidos grosseiros, em seguida ocorre a passagem pelos desaneradores onde se remove a areia através do processo de sedimentação. Por fim, o esgoto se acumula no interior do poço de sucção para o posterior recalque através dos conjunto moto bombas. O poço pulmão, extravazão por gravidade, tem a finalidade de evitar extravasamentos em situações em que houver problemas operacionais nos conjuntos moto bombas localizados no poço de sucção. O poço pulmão possui interligação com o poço de sucção para permitir o retorno do volume de esgoto acumulado através da gravidade.

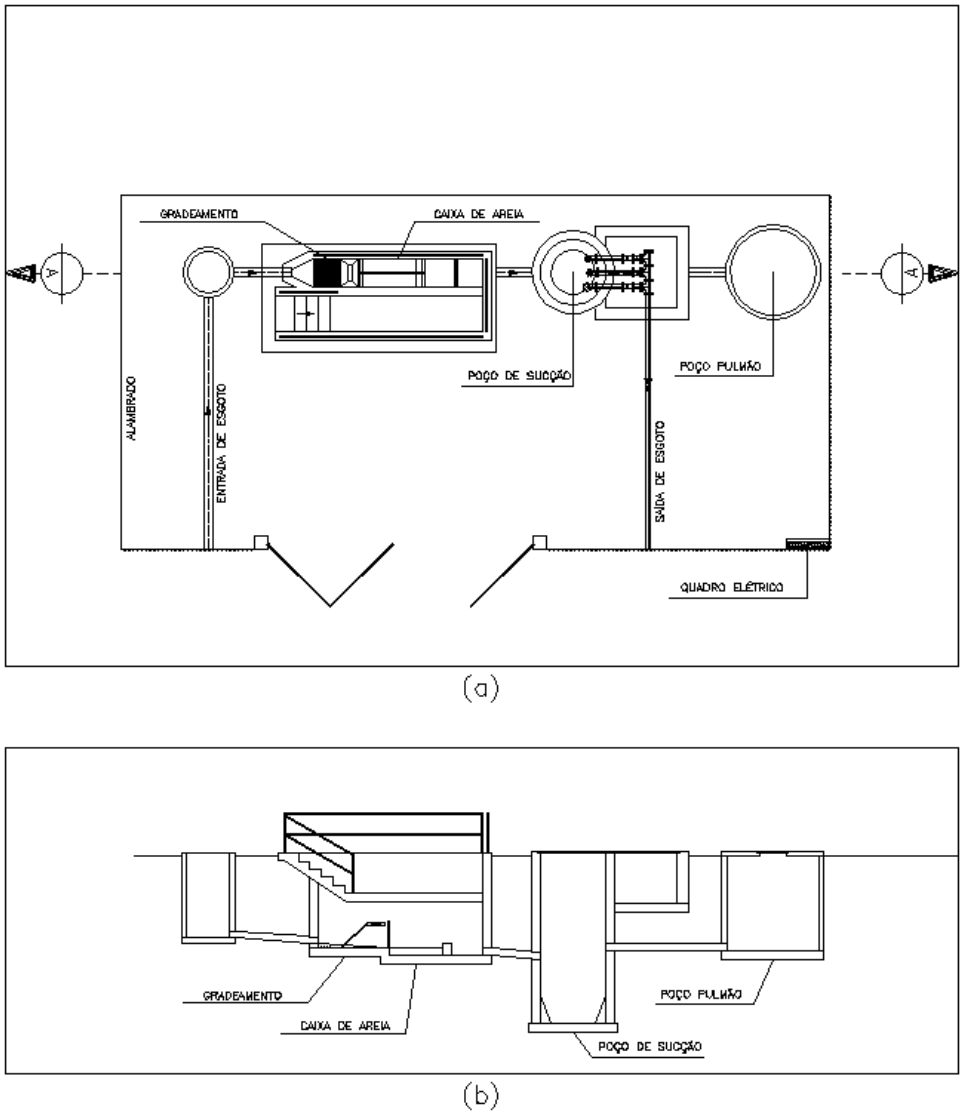


Figura 1 - Projeto de implantação de EEE: (a) planta e (b) Corte A-A

Fonte: SABESP (Unidade de Negócio do Alto Paranapanema – RA), 2015.

Através da Figura 1 anterior é possível observar que os dispositivos complementares são essenciais para a operação adequada das bombas na EEE, que permitem a sua operação sem desgastes ou entupimentos. A seguir, serão descritas a finalidade e a função para cada dispositivo complementar.

O primeiro dispositivo para a proteção do conjunto elevatório é o sistema de gradeamento que possui a finalidade de remoção de sólidos grosseiros anterior ao

sistema de bombeamento. A NBR12.208/1992 (ABNT, 1992) admite os seguintes tipos de proteções contra sólidos:

- Grade de barras, de limpeza manual ou mecânica;
- Cesto;
- Triturador;
- Peneira.

Tsutiya e Alem Sobrinho (1999) complementam que a trituração de sólidos grosseiros não é uma operação usual no sistema de coleta e esgotamento sanitário brasileiro.

A NBR12.208/1992 (ABNT, 1992) subdivide as grades de barras de acordo com o espaçamento entre as barras da seguinte maneira:

- Grade grossa: 40 mm a 100 mm;
- Grade média: 20 mm a 40 mm;
- Grade fina: 10 mm 20 mm;

A instalação de gradeamento fica condicionada com relação ao porte da EEE. Para EEEs de pequeno porte utilizam-se, de forma geral, cestas removíveis por içamento e a instalação da mesma à altura da boca de descarga do coletor. Já para EEEs de médio porte e/ou mais profundas utiliza-se, normalmente, grades com limpeza mecanizada. Por fim, em EEEs de grande porte costuma-se complementar o sistema anterior com a instalação de grade grosseira a montante do equipamento mecanizado. (TSUTIYA e ALEM SOBRINHO, 1999).

A NBR12.208/1992 (ABNT, 1992) recomenda a utilização de grade mecanizada para vazões superiores a 250 l/s.

O segundo dispositivo complementar são os desarenadores que possuem a função de remoção da areia contida nos esgotos. O mecanismo de remoção da areia ocorre por sedimentação, ou seja, os grãos de areia devido às suas dimensões e densidades vão para o fundo do sistema. Tais dispositivos podem ser retangulares

(bastante comuns), quadrados (com fundo semi-cônico) entre outros. (VON SPERLING, 2005).

O terceiro dispositivo citado anteriormente, o poço de sucção, é utilizado já que as vazões de esgoto afluente nas EEE não são constantes e variam conforme o consumo no decorrer do dia, isto implica na necessidade de um bombeamento periódico em todo o dia. Dessa forma, é necessário um poço de acumulação para o posterior bombeamento, que também pode ser denominado como poço úmido, poço de acumulação ou poço de recepção. (TSUTIYA e ALEM SOBRINHO, 1999).

Segundo Sanks (1998) as configurações usuais do poço de sucção são circular, quadrada ou hexagonal. No caso de poços com maiores profundidades geralmente utilizam-se os circulares. As considerações para a determinação da geometria baseiam-se principalmente em características estruturais, profundidade de água, necessidade de grades, área ocupada pelas bombas e a necessidade de esgotar-se.

A EPA (2000) complementa as informações anteriores com os tipos mais comuns de poço de sucção, que seriam: o poço seco e o poço com bomba submersível. No primeiro tipo, poço seco, as bombas e válvulas estão alojadas em uma câmara, casa de bombas, de fácil acesso. Já o poço com bomba submersível contempla bombas seladas e recomenda-se a sua aplicação até um limite de vazão de 630,00 l/s, esta configuração apresenta como vantagem o menor custo de execução já que não necessitam de casa de bombas. As Figuras 2 e 3 a seguir esquematizam os dois tipos de poço de sucção.

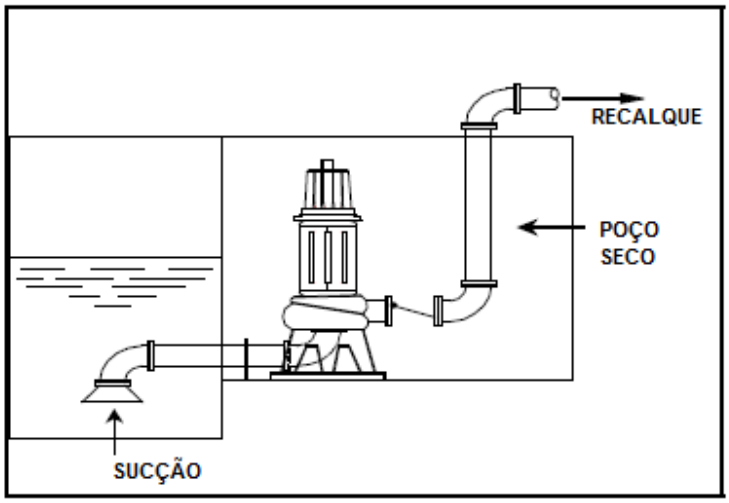


Figura 2 - Poço seco.

Fonte: Adaptado EPA, 2000.

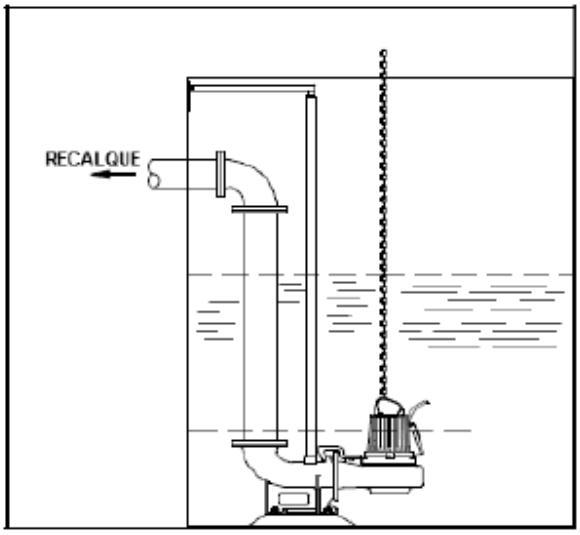


Figura 3 - Poço com bomba submersa.

Fonte: Adaptado EPA, 2000.

A inclinação mínima do fundo do poço de sucção, conforme esquema da Figura 4, segundo a ASCE (1960) é um ponto muito controverso para os projetos já que este deve promover a autolimpeza, minimizar a deposição de sólidos e reduzir o vortex hidráulico. A mesma referência cita que na maioria dos manuais americanos, para o projeto de poço de sucção, exigem uma inclinação mínima de 1:1 para a entrada da bomba. A ASCE (1960) recomenda no mínimo a inclinação de 1:1,75, já o EPA (2000) recomenda 2:1 de inclinação de fundo.

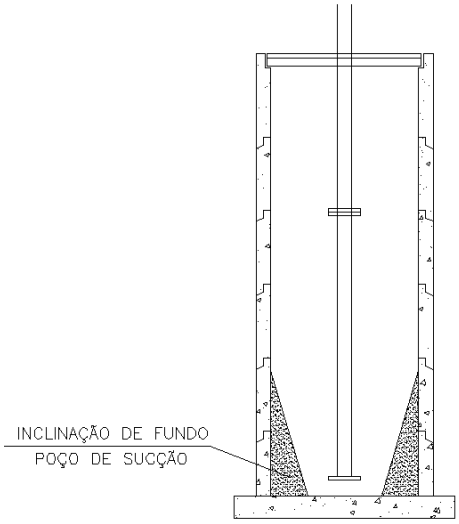


Figura 4 - Esquema de inclinação de fundo de poço de sucção.

Fonte: SABESP, 2015.

Com relação ao dimensionamento das bombas utilizadas no poço de sucção, Alem Sobrinho e Tsutiya (1999) citam que pode ser considerada a utilização de bombas de rotação variável ou bombas de rotação constante. Para Sanks (1998), nas EEEs de médio e grande porte utilizam-se bombas com rotações variáveis.

Por fim, os últimos dispositivos são o gerador de emergência e a extravazão por gravidade ou poço pulmão. Para Alem Sobrinho e Tsutiya (1999), estes tipos de dispositivos são utilizados para garantir a continuidade de escoamento de esgoto e não ocasionar o extravasamento.

Os geradores de emergência são soluções técnicas melhores, mas são mais onerosas do ponto de vista econômico. Já a extravazão por gravidade apresenta baixo custo de implantação se comparado com o gerador de emergência, mas apresenta o problema de poluição do corpo receptor no período prolongado de utilização. A extravazão por gravidade é aplicada em EEEs de pequeno porte, já que em EEEs de médio e grande porte demandam muito espaço físico e alto custo de implantação. Estes poços, reservatórios, podem ser constituídos de um ou mais poço conectados entre si com o poço de sucção. (ALEM SOBRINHO E TSUTIYA, 1999)

Segundo SABESP (2012) os geradores devem ser do tipo óleo diesel automático e dimensionados para situações de falta de energia para um período mínimo de 3 horas, já o extravasor por gravidade ou poço pulmão dever possuir capacidade de retenção de no mínimo 2 horas para a vazão máxima horária.

3.1.2. Critérios para dimensionamento do poço de sucção

No dimensionamento do poço de sucção leva-se em consideração a relação entre a vazão afluente à estação elevatória de esgoto e as capacidades das bombas, assim como os equipamentos elétricos utilizados para o acionamento dos motores da bomba. A seguir serão comentadas as principais definições de termos consagrados existente nas normas e referencias bibliográficas para o dimensionamento adequado do poço de sucção.

Tsutiya (1983) recomenda que o volume do poço de sucção deva ser calculado com a determinação do volume útil, e posteriormente verifica-se o tempo de detenção do esgoto através do volume efetivo.

Segundo a NBR 12.208 (1992, p.1) entende-se como volume útil do poço de sucção como: “volume compreendido entre os níveis máximo e mínimo de operação das bombas.”. Na mesma NBR 12.208 (1992, p.1) define-se o volume efetivo do poço de sucção como: ”volume compreendido entre o fundo do poço e o nível médio de operação das bombas.”.

O tempo de ciclo para Pereira (2006) compreende o intervalo de tempo entre dois acionamentos do motor, ou seja, o período compreende o acionamento do motor, o funcionamento, e por fim o tempo que o mesmo se mantem desligado até o novo acionamento.

A necessidade do motor se manter no estado desligado é devido ao processo de dissipação da energia gerada no processo de acionamento, assim o intervalo de tempo entre partidas sucessivas, tempo de ciclo, deve contemplar a não ocorrência de superaquecimento do motor. (TSUTIYA, 1983).

A Tabela 4 a seguir apresentam os tempos de ciclo mais usuais e recomendados por Alem Sobrinho e Tsutiya (1999):

Tabela 4 - Tempos de ciclos mais usuais.

Autor ou Entidade	Potência do motor	Tempo de ciclo
SABESP	< 300 cv	10 min
	> 300 cv	Consultar fabricante
Flomatcher (1972)	Até 15 HP	10 min
	20 a 50 HP	15 min
	60 a 200 HP	30 min
	250 a 600 HP	60 min
Metcalf & Eddy (1981)	Até 20 HP	10 min
	20 a 100 HP	15 min
	>250 HP	20 a 30 min

Fonte: Alem Sobrinho e Tsutiya, 1999.

O EPA (2000) complementa que o tempo de detenção médio no poço de sucção deve estar entre 20 a 30 minutos para não ocasionar a liberação de odores. Já a NBR 12.208 (1992) e a ASCE (1960) recomendam um limite máximo de 30 minutos.

De acordo com Macintyre (1997) em geral admite-se que o período de permanência dos esgotos no poço seja de cerca de 10 minutos, considerando a vazão média. Em situações na qual a vazão de entrada no poço é inferior a vazão média, aconselha-se período de detenção inferior a 30 minutos já que poderá ocasionar a exalação de maus odores, desprendimento de gases ou a formação de lodos.

Tsutiya (1983) recomenda a utilização de tempo de detenção de 10 a 30 minutos para a vazão mínima afluente no inicio de operação da elevatória. O autor sugere que existe a possibilidade de utilização de tempo de detenção maior em situações em que se considera o tempo de esgotamento da bacia ou sub-bacia que contribui para a elevatória.

Em se tratando de sistemas prediais de esgoto sanitário, a NBR 8.160 (1999) recomenda tempo de detenção inferior a 30 minutos para que não haja comprometimento das condições de aerobiose do esgoto.

Para Cetesb (1970), nos poços de sução para estações elevatórias de pequeno e médio porte a operação automática tende a ser mais prática e econômica, desde que a concessionaria disponha de meios necessários para garantir a eficiente manutenção dos equipamentos de controle. Assim os dispositivos mais comumente utilizados para tais finalidade são:

- Contrôles operados por flutuadores: São boias ou flutuadores que funcionam no interior de tubos verticais que os protegem contra turbulências no interior do poço de sucção. No movimento ascendente ou descendente os flutuadores acionam direta ou indiretamente os interruptores ou chaves de comando.
- Contrôles operados pneumaticamente: São interruptores sensíveis à variação de pressão, montados em um barrilete comum, onde um dos extremos fica mergulhado abaixo do nível mínimo do esgoto no poço de sucção e o outro extremo é ligado um compressor que injeta ar a uma pressão suficiente para gerar bolhas de ar no extremo mergulhado. Assim a pressão no barrilete varia conforme a submergência de esgoto, o qual é função do nível do poço de sucção e possibilita o acionamento dos interruptores ou chaves de comando.
- Contrôles operados eletricamente: São constituídos de pares de eletrodos isolados, cada um deles é vinculado a uma descarga de bombeamento. Tais eletrodos são dispostos no interior do poço de sucção, de maneira que o

liquido entre em contato com os níveis prefixados do poço e possibilita o acionamento dos interruptores ou chaves de comando.

As Figuras 5, 6 e 7 a seguir ilustram os três tipos de controles citados anteriormente, respectivamente.

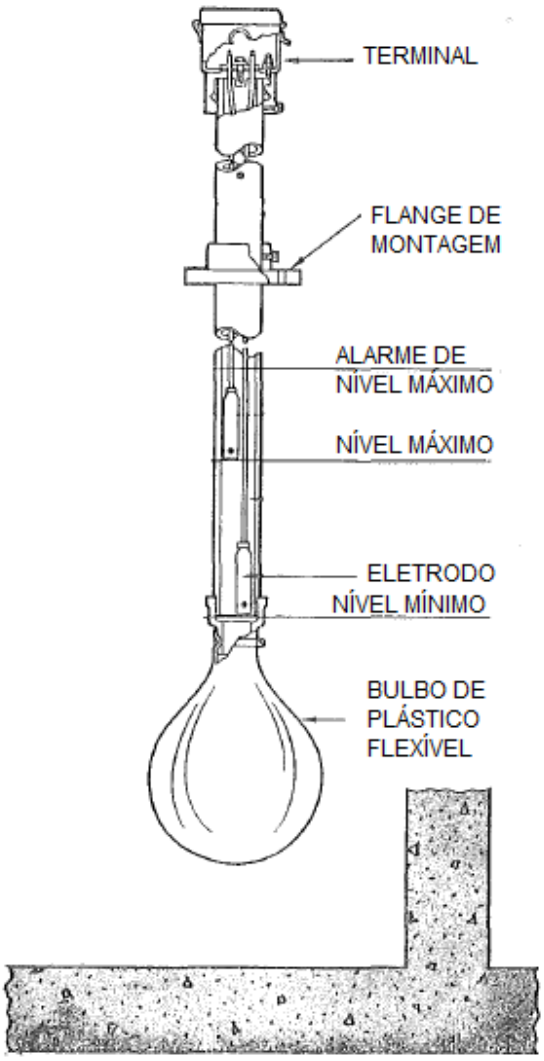


Figura 5 - Controles operados por flutuadores.

Fonte: Adaptado Bartlett, 1974.

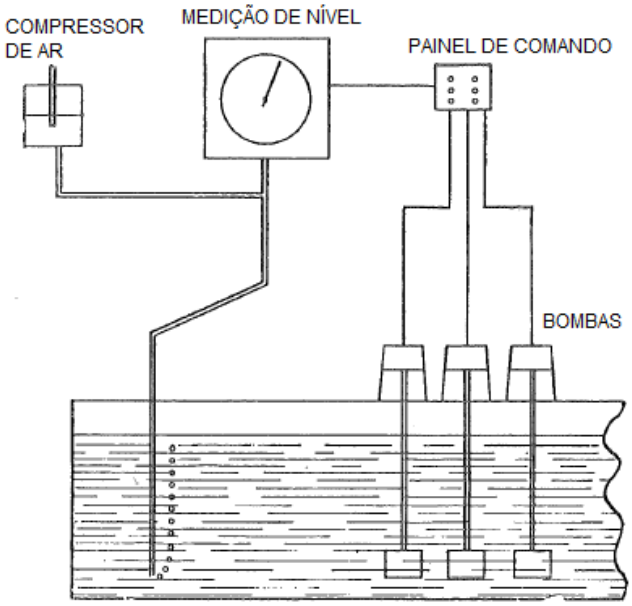


Figura 6 - Controles operados pneumaticamente.

Fonte: Adaptado Bartlett, 1974.

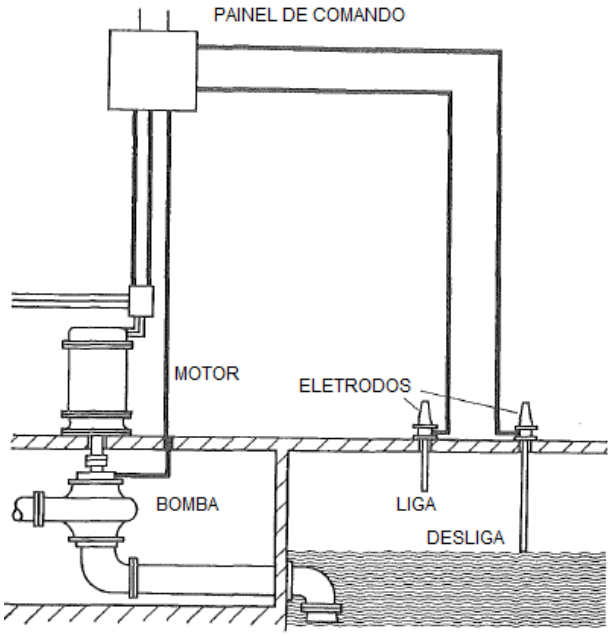


Figura 7 - Controles operados eletricamente.

Fonte: Adaptado Bartlett, 1974.

3.1.3. Variações de vazões de contribuição de esgoto sanitário

Para o planejamento e gerenciamento das EEEs, a previsão de contribuição de esgoto é um dos fatores de fundamental importância. A operação e as suas ampliações e/ou melhorias estão diretamente associadas à demanda de contribuição de esgoto.

Para Alem Sobrinho e Tsutiya (1999), na maioria das situações a vazão de contribuição da rede coletora de esgotos tem nítida relação com o consumo de água potável fornecida pela rede de abastecimento de água. De acordo com Alem Sobrinho e Tsutiya (1999), para situações que se utiliza o consumo de água para projetar a vazão de contribuição de esgoto não se deve considerar as perdas de água potável na rede de distribuição.

Conforme Alem Sobrinho e Tsutiya (1999), as vazões de contribuição nas EEEs devem considerar o regime de variações das vazões ao longo do dia mais desfavorável. Se os dados não forem convenientemente interpretados e avaliados, podem interferir no funcionamento hidráulico do sistema.

Para Metcalf e Eddy (2016), as vazões de contribuição de esgoto variam durante as horas do dia, os dias da semana, as estações do ano e de ano para ano, dependendo da natureza das descargas no sistema coletor e das fontes de infiltração ou entradas externa. Os autores afirmam que a hora de ocorrência e a amplitude dos picos de vazão variam com o tamanho da comunidade e com a capacidade de armazenamento do sistema de coleta.

De acordo com Metcalf e Eddy (2016), a Figura 8 apresenta as variações de vazões generalizadas de sistemas de esgoto doméstico para pequenas (4.000 – 40.000 m^3/dia) e grandes (>400.000 m^3/dia) comunidades. Segundo Metcalf e Eddy (2016), com o crescimento das comunidades as variações de vazões diárias tendem a ser reduzidas.

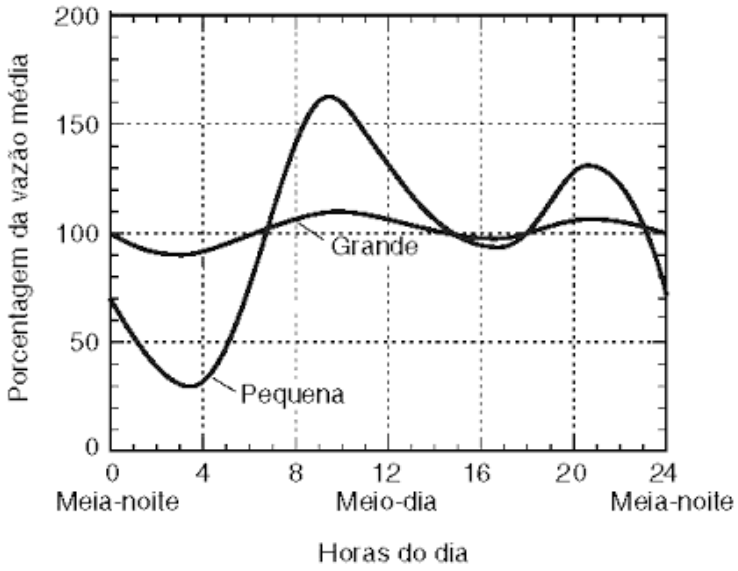


Figura 8 - Variações de vazões generalizadas de sistemas de esgoto doméstico para pequenas e grandes comunidades.

Fonte: Metcalfy e Eddy, 2016.

De acordo com Von Sperling (2005), a Figura 9 apresenta um hidrograma típico da vazão afluente a uma ETE ao longo do dia. É possível notar dois picos principais: o pico da manhã (mais pronunciado) e o pico do início da noite (mais distribuído). A vazão média diária é aquela, na qual, as áreas acima e abaixo do valor médio se igualam.

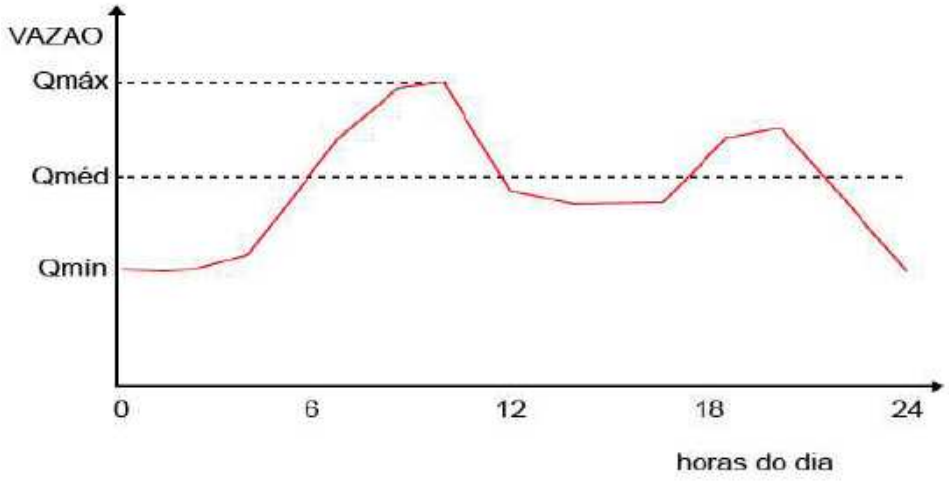


Figura 9 - Hidrograma típico da vazão afluente a uma ETE ao longo do dia.

Fonte: Adaptado Von Sperling, 2005.

3.2. Bombas

As bombas são os principais equipamentos presentes nas estações elevatórias. Assim estas máquinas hidráulicas são equipamentos que trabalham fornecendo, retirando ou modificando a energia do liquido em processo de escoamento. (MACINTYRE, 1997).

Segundo Macintyre (1997) as máquinas hidráulicas podem ser classificadas da seguinte maneira:

Máquinas operatrizes: fornecem ao liquido, em processo de escoamento, energia externa. Podem ser exemplificadas através de bombas com motores elétricos que transformam a energia mecânica em energia hidráulica;

Máquinas motrizes: transformam a energia do processo de escoamento e as transferem para o exterior. Podem ser exemplificadas através de turbinas que transformam energia hidráulica em outra forma de energia;

Mistas: modificam o estado de energia que o liquido possui. Podem ser exemplificados através de carneiros hidráulicos.

As bombas utilizadas em EEE se enquadram em máquinas operatrizes já que fornecem energia ao liquido com o objetivo de transporte entre pontos distintos. Estes tipos de equipamento possuem a finalidade de transformar a energia mecânica em energia de pressão e/ou cinética nos líquidos. Estas bombas podem ser classificadas em volumétricas e turbo bombas (também são chamadas de hidrodinâmicas), a primeira pode ser exemplificada pelas bombas de êmbolos e de diafragma, já a segunda por bombas com a presença de rotor. (MACINTYRE, 1997).

Segundo Macintyre (1997) as bombas utilizadas em EEE possuem carcaça, em geral, em ferro fundido com adição de 2% de níquel e os rotores são de ferro fundido, bronze fosforoso ou aço cromo de dureza Brinell 600. Estes tipos de bomba são de apenas um estágio e possuem rotores “abertos” ou “fechados”, suficientemente largos

para evitar a obstrução por sólidos ou materiais fibrosos. Em decorrência de tais características, os rotores são denominados como “non-clog”.

De acordo com Crespo (2001), para o sistema de esgotamento sanitário são utilizados os tipos de bombas especificados na Tabela 5 a seguir:

Tabela 5 - Tipos de bombas utilizadas nas EEE.

Tipo de bomba	**Modelo de bomba**
Bombas centrífugas	Bomba centrífuga convencional Bomba centrífuga de rotor recuado Bomba centrífuga submersível Bomba centrífuga autoescorvante
Bombas de deslocamento positivo	Bomba parafuso Bomba de cavidade progressiva Bomba de pistão

Fonte: Crespo, 2001.

Para Crespo (2001) as bombas parafusos, centrífugas convencionais e submersíveis são recomendadas para o transporte de esgoto bruto. Já para lodo primário são recomendadas as bombas centrífugas de rotor recuado, pistão e a de cavidade progressiva.

Macintyre (1997) complementa que as bombas de cavidade progressiva possuem vantagens como a manutenção simples, o bombeamento de materiais grossos ou fibrosos e o alto rendimento mesmo com carga parcial.

Kaya et al. (2008) afirmam que cerca de 30% da energia consumida por bombas hidráulicas poderiam ser evitado através de melhores concepções de projeto e/ou seleção adequada de equipamento. De acordo com os autores, o ponto de máxima eficiência de um conjunto moto bomba pode ser atingido através da correta análise da concepção do sistema e do regime de trabalho.

As bombas também são utilizadas para o sistema de abastecimento de água, mas possuem características particulares já que o fluido é diferente do sistema de coleta de esgoto sanitário. Conforme pesquisa realizada por Racoviceanu et. al. (2007) para a operação do sistema de abastecimento de água em Toronto, o consumo de

energia elétrica para o sistema de bombeamento representou 94,00% do total de energia consumido pela companhia. Outro exemplo seria o estado da Califórnia, de acordo com Mcmahon e Price (2011) o sistema de abastecimento de água em todo o estado utiliza cerca de 5,00% do consumo total de eletricidade no estado, já o sistema de bombeamento representou 95,00% do total de energia consumida pelo sistema de abastecimento de água.

Assim, conforme Deering e Lim (2012) a bomba é geralmente o componente mais ineficiente do sistema de bombeamento devido aos seus diferentes fatores dinâmicos.

3.2.1. Turbo bombas

De acordo com Tsutiya (1983) as turbo bombas, centrifugas, podem ser classificadas de diversas maneiras. A primeira maneira de classificação ocorre pela trajetória do fluido no rotor. Em situações de bomba com fluxo radial ocorre o escoamento do liquido no sentido centrífugo radial, este tipo de bombas são utilizadas onde são exigidas grandes alturas de elevação e vazão relativamente pequena. No caso de bombas com fluxo axial o rotor impõe um escoamento no sentido axial, e são empregadas para o recalque de grandes vazões e pequena altura de elevação. Por fim, as bombas com fluxo misto são aquelas que o rotor impõe um escoamento simultâneo nos sentidos axial e radial, e são empregadas em situações com altura de elevação relativamente baixa e vazões elevadas.

A segunda classificação da turbo bombas ocorre em função da rotação especifica (n_q), este tipo de classificação se caracteriza a rotação (rpm) de uma bomba, de uma dada geometria, que produz vazão unitária (1 m^3/s) contra uma altura unitária (1m) nas condições de máximo rendimento. A equação a seguir representa a rotação específica:

$$n_q = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \quad \text{.....Equação 01}$$

Onde:
n: rotação por minuto;
Q: Vazão, m^3/s;
H: Altura manométrica, m.

Dessa forma, com a rotação específica é possível determinar a classificação da bomba através da Figura 10 a seguir:

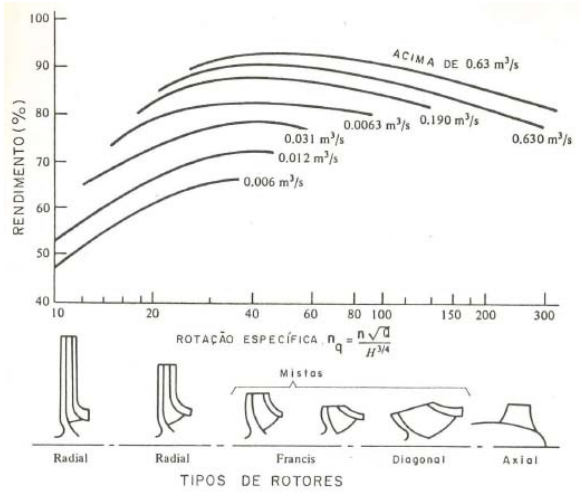


Figura 10 - Forma do rotor e rendimento da bomba em função da rotação especifica.
Fonte: Tsutiya, 1983.

A terceira classificação é devido à disposição do conjunto motor-bomba com relação ao sentido. Em situações com o conjunto de eixo horizontal se permite a facilidade de instalação, operação e manutenção já que o motor e a bomba se encontram no eixo horizontal. No caso de conjunto de eixo vertical pode-se dividir em bomba submersa ou não, na primeira situação a bomba se encontra mergulhada no liquido e o motor em local livre de inundação, já no segundo o motor e a bomba se localizam em locais livre de inundação. Por fim, em situações com o conjunto moto-bomba submerso o mesmo é montado em uma única carcaça estanque, e isso permite uma redução nas dimensões do conjunto motor-bomba.

As turbo bombas de pequena e média potência são geralmente acionadas por motores de indução com rotor em curto circuito (em gaiola), já as de grande potência

são através de motores síncronos ou através de motores de indução de rotor bobinado. (MACINTYRE, 1997).

De acordo com de La Torre (2008) o desempenho de uma bomba centrífuga tende a aumentar diretamente com o seu tamanho/capacidade, assim há maior vantagem do ponto de vista energético a seleção de bombas com maior capacidade quando comparado com a aplicação de diversas bombas de menor capacidade.

Outra observação relevante de La Torre (2008) é com relação aos parâmetros para a seleção da bomba, como a velocidade específica, a velocidade específica de sucção e o NPSH já que estes parâmetros não influenciam apenas na escolha de bombas centrífugas mais eficientes, estas características também resultam em menores quantidades de reparos e manutenções durante a vida útil do equipamento.

Segundo Macintyre (1997) as bombas com uso prolongado possuem rendimento inferior e consequentemente demandam uma potência maior para um mesmo valor de vazão, essa diferença ocorre devido aos fenômenos de desgaste dos anéis separadores, gaxetas e/ou mancais. O autor salienta que é preferível utilizar os dados do fabricante, caso estejam disponíveis.

De acordo com a Portaria n.º 455, de 01 de dezembro de 2010 do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) ficaram estabelecidos os critérios para o programa de avaliação da conformidade para as bombas e motobombas centrífugas. Esta portaria visa à eficiência energética através da comparabilidade entre todos os produtos comercializados de uma linha de produtos, anualmente, de forma a situar o consumidor sobre o desempenho dos produtos, nas diversas faixas de vazão e pressão (altura manométrica) disponíveis, com os seus respectivos consumos de energia.

Conforme consta nos Requisitos de Avaliação de Conformidade (RAC), anexo da Portaria n.º 455, a etiquetagem abrange as bombas de rotores fechados, semi-abertos e abertos, bombas centrifugas auto-aspirantes, bombas multi-estágio, com eixo horizontal ou vertical, até 25 CV, para as Bombas Centrifugas Trifásicas Monobloco e

Bombas Mancalizadas, e até 15 CV, para as Bombas Centrifugas Monofásicas Monobloco. As bombas denominadas injetoras e bombas com injetor interno estão excluídas deste escopo.

A Portaria n.º 455 atendendo aos requisitos do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e possui o objetivo de aplicação do mecanismo de etiquetas (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE). A Figura 11 a seguir apresenta modelo de etiqueta utilizada nas bombas.

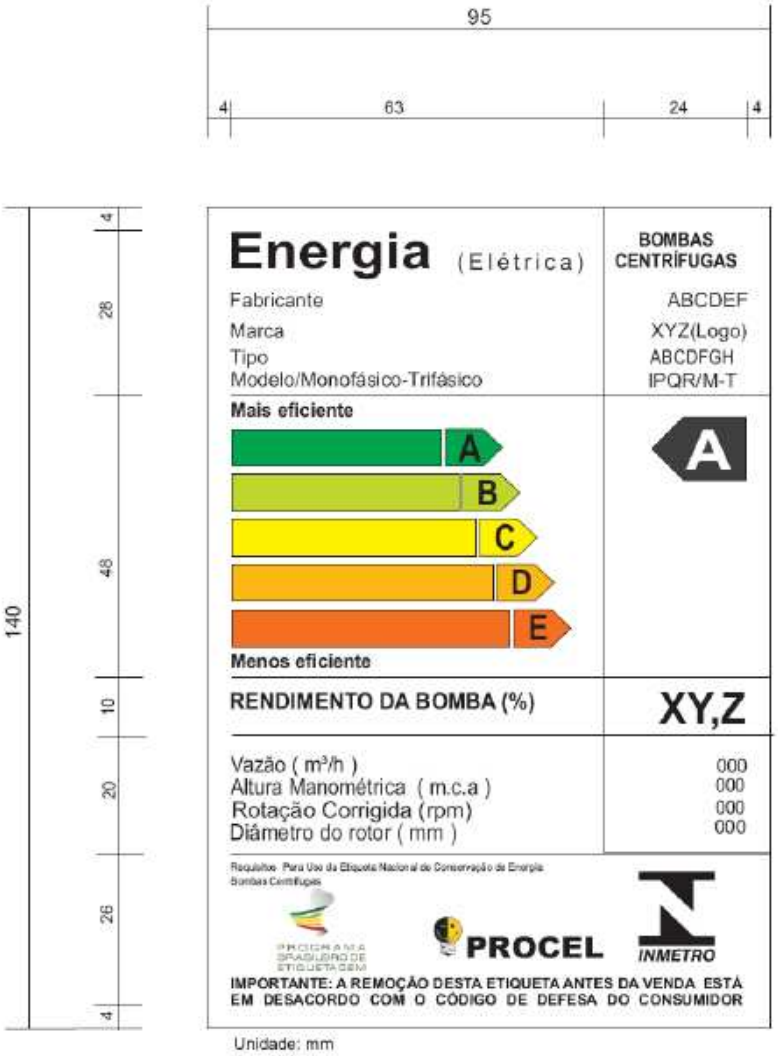


Figura 11 - Etiqueta de bomba centrifuga.

Fonte: Portaria n.º 455, 2010.

3.2.2. Bombas de cavidade progressiva

A Sabesp, unidade de negócio de Alto Paranapanema - RA, atualmente apresenta crescente utilização deste modelo de bomba para determinadas situações em EEE. Este tipo de bomba apresenta como aspecto positivo a facilidade de realização de manutenções preventivas e corretivas já que as mesmas não se encontram submersas no poço de sucção. Neste trabalho não será utilizado este tipo de bomba no modelo matemático proposto, mas citou-se já que apresenta crescente aplicação em novas EEE implantadas pela Sabesp na unidade de negocio de Alto Paranapanema.

A bomba de cavidade progressiva foi concebida no final da década de 1920 por Rene Moineau, e esta é composta de um motor metálico com a forma de um parafuso sem fim e de um estator. As folgas existentes entre o rotor e o estator formam os volumes das cavidades e a rotação do rotor gera o deslocamento dos fluidos no interior das cavidades. Assim a vazão de líquidos é diretamente proporcional à rotação, e existe a possibilidade aumentar e diminuir a vazão de uma bomba com o aumento ou redução da rotação.

Primeiramente este tipo de bomba foi aplicado para a transferência de liquido em geral, mas a partir de 1970 apresentou larga aplicação na indústria de petróleo, apresentando eficiência em fluidos com alta concentração de areias, com sólidos altamente fibrosos, com muito ar e elevada viscosidade. No Brasil, segundo Vidal (2005), a aplicação se iniciou em 1984 no campo petrolífero da Fazenda Belém no Ceará.

Atualmente, segundo Weatherford (2015), este tipo de bomba é testado em inúmeras aplicações e há muitos anos estão sendo utilizadas nas indústrias petrolífera, química e petroquímica, vinícola, de frutas e conservas, gelatinas, saboarias, curtumes, agricultura, pecuária, saneamento e etc.

Abaixo, a Figura 12 representa uma bomba de cavidade progressiva aplicada em uma estação elevatória de esgoto.



Figura 12 - Bomba de cavidade progressiva aplicada em EEE

Fonte: Sabesp-RA, 2015.

As turbo bombas possuem uma curva operacional em que a vazão depende da altura manométrica. Já as bombas de cavidade progressiva possuem uma curva com a mesma vazão para diferentes alturas manométrica.

3.3. Energia elétrica

Para o funcionamento dos conjuntos moto bombas existentes nas EEE é necessário a utilização da energia elétrica, com consumo variável conforme a demanda necessária para a operação do sistema.

A energia elétrica nos dias atuais esta presente na maioria das residências brasileiras, assim esta se tornou um importante indicador de desenvolvimento humano e social, uma vez que promove maior segurança, conforto, higiene e lazer.

A energia é a propriedade de um sistema que permite o mesmo realizar trabalho. Esta pode possuir varias formas como: potencial, mecânica, química, eletromagnética, elétrica, calorífica, entre outras. A energia elétrica, ou eletricidade, é

como se designam fenômenos em que estão envolvidas às cargas elétricas.(AES ELETROPAULO, 2015)

A energia elétrica pode ser gerada através de fontes renováveis (a força das águas e dos ventos, o sol ou biomassa) ou fontes não renováveis (combustíveis fosseis e nuclear). No caso do Brasil, devido a grande quantidade de rios, a opção hidráulica é a mais utilizada. (AES ELETROPAULO, 2015)

Segundo o EPE (2015) a geração de energia elétrica através da força das águas, hidráulica, representou 65,2%, no ano de 2014, de toda a energia elétrica gerada no país, conforme mostra o gráfico da matriz elétrica brasileira na Figura 13 a seguir.

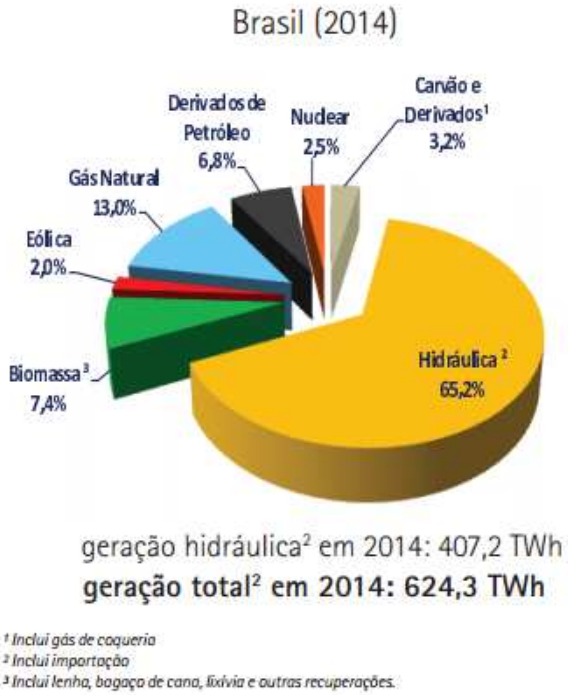


Figura 13 - Matriz elétrica Brasileira.

Fonte: EPE, 2015.

Através do EPE (2015) é possível observar que entre os anos de 2013 e 2014 houve um decréscimo de 4,5% da produção da energia elétrica pelas hidrelétricas. Segundo o relatório, a redução da hidroeletricidade foi em decorrência de condições

hidrológicas desfavoráveis. O gráfico a seguir, Figura 14, mostra todas as variações de matriz elétrica entre os anos de 2013 e 2014 na fonte de produção de energia elétrica.

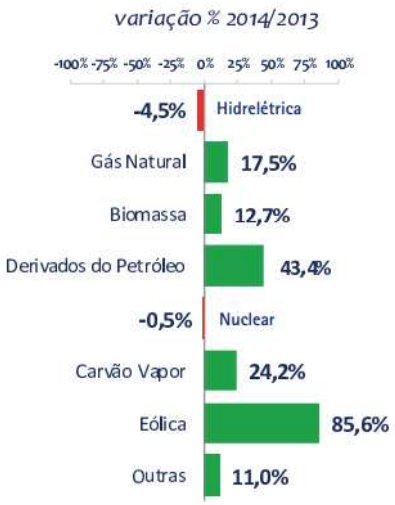


Figura 14 - Matriz elétrica brasileira.

Fonte: EPE, 2015.

Assim, como houve a redução da produção de energia elétrica através de fontes renováveis foi necessário aumentar a participação de fontes não renováveis na matriz elétrica brasileira. Em conjunto com a situação anterior, segundo EPE (2015) houve também o aumento no consumo de energia elétrica em 2,9% entre o ano de 2013 ao ano de 2014.

Conforme a Organização das Nações Unidas (2010), entre os anos de 2010 e 2020, prevê-se que 95% do crescimento da população mundial no período (766 milhões) serão em áreas urbanas (690 milhões). A maior parte do crescimento da população (632 milhões) será nas regiões urbanas dos países em desenvolvimento. Isto evidencia a necessidade de infraestrutura em energia adicional ou a utilização com eficiência nos próximos anos.

Para a Agência Internacional de Energia (2008), a perspectiva em 2030 para as áreas urbanas dos países em desenvolvimento demandarão mais de 80,00% da energia global anual em relação ao ano de 2006.

3.3.1. Tarifas de energia elétrica no brasil

A tarifa de energia consumida é o preço cobrado por unidade de energia (R$/kWh) pelas concessionárias de distribuição. Em essência, é de se esperar que o preço da energia elétrica seja formado pelos custos incorridos desde a geração até a sua disponibilização aos consumidores, na tomada elétrica. (http://www.abradee.com.br, acesso em 21/10/2015).

Para Carção (2011) as distribuidoras de energia elétrica contabilizam em suas cobranças periódicas um período de no mínimo 15 dias e no máximo 45 dias para os clientes. Assim as concessionárias planejam as leituras dos medidores de energia elétrica dos seus consumidores para um período de consumo médio de 30 dias.

Segundo Moreira (1998) tradicionalmente a regulação de tarifas de energia elétrica utilizadas no Brasil foi a custo do serviço, cost-of-service (COS), em que fica garantido um retorno sobre o investimento realizado na faixa entre 10% a 20% sobre esse valor. A composição do investimento leva-se em consideração diversos fatores como os ativos imobilizados em serviços (líquidos de depreciação), capital de giro e almoxarifado necessário.

Conforme consta na Resolução 414 (2010) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a tarifação de energia elétrica considera os fatores como o custo de geração de energia, a diferenciação em função do uso, os horários de utilização e as estações do ano.

A variação do custo de geração de energia é aplicada para os consumidores das distribuidoras nas faturas com a indicação das bandeiras tarifarias (verde, amarela e vermelha) no período produzido.

A variação das estações do ano é aplicada para os consumidores das distribuidoras nas faturas através do período seco e do período úmido. O período seco compreende o período de 7 (sete) ciclos de faturamento consecutivos, referente aos meses de maio a novembro. Já o período úmido compreende o período de 5 (cinco)

ciclos de faturamento consecutivos, referente aos meses de dezembro de um ano a abril do ano seguinte.

A variação dos horários de utilização no dia é aplicada para os consumidores das distribuidoras nas faturas através do período de horas do dia e definidos como posto tarifário de ponta, posto tarifário intermediário e posto tarifário de fora de ponta. O posto tarifário de ponta é composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão ou permissão, com exceção feita aos sábados e domingos. O posto tarifário intermediário compreende o período de horas conjugado ao posto tarifário ponta, sendo uma hora imediatamente anterior e outra imediatamente posterior, aplicado para o Grupo B, admitida sua flexibilização. Já o posto tarifário fora de ponta é composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares àquelas definidas nos postos ponta e, para o Grupo B, intermediário.

Na mesma resolução, os consumidores ficam estruturados em dois grandes grupos de consumidores que são classificados como Grupo “A” e Grupo “B”.

No grupamento “A” é composto de unidades consumidoras com fornecimento de tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendida a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundaria, caracterizado pela tarifa binômia. A Tabela 6 a seguir mostra a subdivisão do grupamento “A”, conforme consta na resolução 414 (2010) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Tabela 6 - Subdivisão do grupamento “A”.

Subgrupo	**Características**
A1	Tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV
A2	Tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV
A3	Tensão de fornecimento de 69 kV
A3a	Tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV
A4	Tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV
AS	Tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV a partir de sistema subterrâneo de distribuição

Fonte: ANEEL, 2010.

As tarifas do grupo “A” são classificadas em três modalidades de fornecimento que são: convencional, horaria verde e horaria azul. Conforme Carção (2011) as convenções por cores, azul e verde, são apenas para facilitar a referência. Assim as modalidades de tarifas são descritas a seguir conforme consta na resolução 414 (2010) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

- Modalidade tarifária convencional binômia: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica e demanda de potência, independentemente das horas de utilização do dia;
- Modalidade tarifária horária verde: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia, assim como de uma única tarifa de demanda de potência;
- Modalidade tarifária horária azul: aplicada às unidades consumidoras do grupo A, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia.

Este grupo de modalidade tarifaria compreende duas parcelas: demanda e consumo. A demanda medida pelas concessionarias é o máximo valor de potência utilizada, em qualquer intervalo de 15 minutos, ao longo de um período de faturamento (geralmente mensal) com unidade de medida em quilowatt (kW). Já o consumo foi definido anteriormente.

A seguir será apresentada a composição de faturamento através de equações dos três tipos de modalidades tarifarias de alta tensão:

Convencional:

$$F = C * T_c + D * T_d \quad \text{.....Equação 02}$$

Onde:
C: Consumo (kW);

T_c: Tarifa de consumo (R$/ kWh);
D: Demanda (kW);
T_d: Tarifa de demanda (R$/kW);
F: Faturamento (R$).

Modalidade tarifária horária verde:

$$F = C_f * T_{cf} + C_p * T_{cp} + D * T_d \quad \text{.....Equação 03}$$

Onde:
C_f: Consumo em horário fora de ponta (kW);
C_p: Consumo em horário de ponta (kW);
T_{cf}: Tarifa de consumo em horário fora de ponta (R$/ kWh);
T_{cp}: Tarifa de consumo em horário de ponta (R$/ kWh);
D: Demanda (kW);
T_d: Tarifa de demanda (R$/kW);
F: Faturamento (R$).

Modalidade tarifária horária Azul:

$$F = C_f * T_{cf} + C_p * T_{cp} + D_f * T_{df} + D_p * T_{dp} \quad \text{.....Equação 04}$$

Onde:
C_f: Consumo em horário fora de ponta (kW);
C_p: Consumo em horário de ponta (kW);
T_{cf}: Tarifa de consumo em horário fora de ponta (R$/ kWh);
T_{cp}: Tarifa de consumo em horário de ponta (R$/ kWh);
D_f: Demanda em horário fora de ponta (kW);
D_p: Demanda em horário de ponta (kW);
T_{df}: Tarifa de demanda em horário fora de ponta (R$/kW);
T_{dp}: Tarifa de demanda em horário de ponta (R$/kW);
F: Faturamento (R$).

As modalidades tarifárias, verde e azul, têm o objetivo de racionalizar o consumo de energia elétrica em determinadas horas do dia e estações do ano, e assim motivar o consumidor para a sua utilização no horário mais barato.

O grupamento “B” é composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômia. A Tabela 7 a seguir mostra a subdivisão do grupamento “B”, conforme consta na resolução 414 (2010) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Tabela 7 - Subdivisão do grupamento “B”.

Subgrupo	Características
B1	Residencial
B2	Rural
B3	Demais Classes
B4	Iluminação Pública (serviço público que tem por objetivo exclusivo prover de claridade os logradouros públicos, de forma periódica, contínua ou eventual.)

Fonte: ANEEL, 2010.

As tarifas do grupo “B” são classificadas em duas modalidades de fornecimento que se dividem em: convencional e horária branca. A modalidade de tarifa horária branca foi implementada em 2015 e considera as tarifas diferenciadas para o consumo de energia elétrica no decorrer do dia. Assim as modalidades serão descritas a seguir conforme consta na resolução 414 (2010) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

- Modalidade tarifária convencional monômia: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, caracterizada por tarifas de consumo de energia elétrica, independentemente das horas de utilização do dia;
- Modalidade tarifária horária branca: aplicada às unidades consumidoras do grupo B, exceto para o subgrupo B4 e para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1, caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia.

A tarifa convencional compreende apenas a parcela consumo, em reais por megawatt-hora, já que a parcela demanda de potência se encontra incorporado ao custo de fornecimento de energia em megawatt-hora. A seguir será apresentada a composição de faturamento através de equações da modalidade tarifaria branca:

Modalidade tarifária horária branca:

$$F = C_f * T_{cf} + C_i * T_{ci} + C_p * T_{cp} \quad \text{.....Equação 05}$$

Onde:

C_f: Consumo em horário fora de ponta (kW);

C_i: Consumo em horário intermediário (kW);
C_p: Consumo em horário de ponta (kW);
T_{cf}: Tarifa de consumo em horário fora de ponta (R$/ kWh);
T_{ci}: Tarifa de consumo em horário intermediário (R$/ kWh);
T_{cp}: Tarifa de consumo em horário de ponta (R$/ kWh);
F: Faturamento (R$).

Assim como as tarifas verde e azul para os grupos de alta tensão, a tarifa branca para os consumidores de baixa tensão visa motivar o consumidor a utiliza-la em horários mais barato. Segundo Limberguer (2014) mais de 50% dos consumidores residenciais, dependendo do perfil de utilização de energia elétrica, poderiam se beneficiar de tal modalidade tarifária.

Segundo o Decreto 7.891 de 2013, vigente atualmente, empresas de saneamento possuem desconto de 15% nas tarifas de energias elétricas para as unidades enquadradas no grupo “A” ou grupo “B”.

A Figura 15 a seguir apresenta o comportamento da porcentagem de descontos nas tarifas de energia elétrica da Eletropaulo e da Cesp entre os anos de 1968 e 1990 que foram concedidas ao setor de saneamento básico. Através do gráfico é possível verificar que na década de 70, período na qual foram realizados os principais investimentos de expansão no setor de saneamento básico por meio do PLANASA, a energia elétrica para o setor saneamento teve bastante desconto e chegou ao patamar de 80% de subsídio. Esse percentual diminuiu ao longo do tempo e se estabilizou em 15%, valor que vem sendo mantido. De acordo com Tsutiya (2001), esse fato histórico levou a uma cultura de despreocupação com as soluções técnicas envolvendo a eficiência energética ao nível de projeto para o setor de saneamento ao longo dos anos e constitui importante causa para o atual potencial técnico de conservação de energia elétrica existente no setor de água e esgoto. Assim, segundo Moreira (2006), o subsídio pode ser desfavorável à indústria de prestação de serviços de eficiência energética em termos do preço relativo da energia passível de conservação, visto que há transferência de recursos para a indústria do setor elétrico.

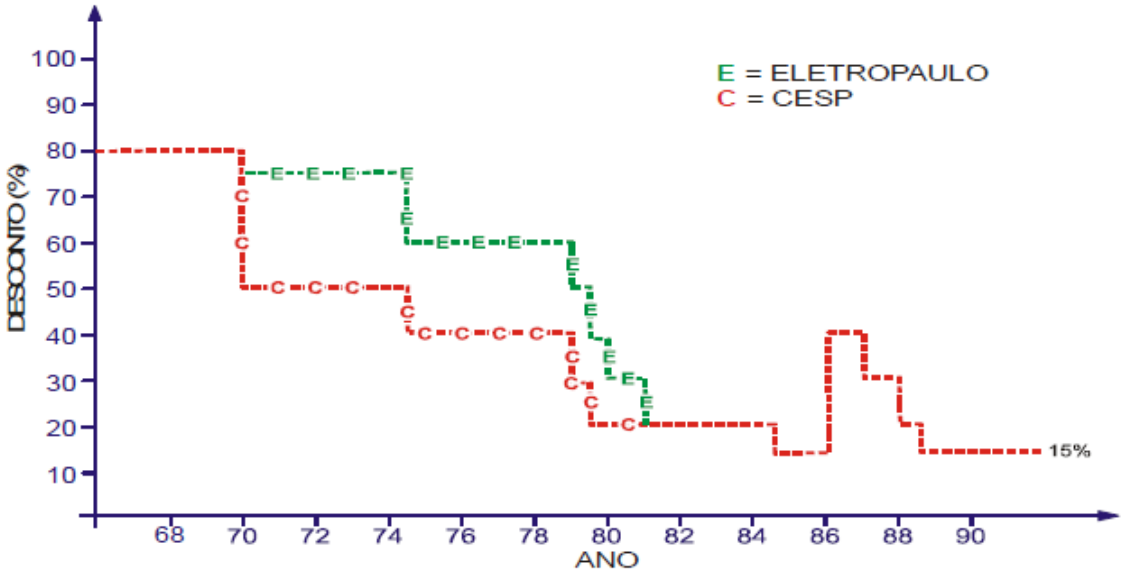


Figura 15 - Porcentagem de desconto nas tarifas às empresas de saneamento.

Fonte: Tsutiya, 2001.

3.3.2. Energia elétrica no saneamento

A energia elétrica é o principal insumo na operação das concessionárias de abastecimento de água e coleta de esgoto sanitário, assim é justificável o fato de tais companhias serem grandes consumidores de eletricidade.

De acordo com EWA (2012) o setor de saneamento e energia é interconectado, pois os consumos com a operação dos sistemas representam de 2,00% a 6,00% de toda a energia elétrica consumida no mundo.

De acordo com o Tokyo metropolitan government (2015), Tóquio possui a menor taxa de vazamento na rede de abastecimento de água no mundo, este valor está em torno de 2,00%. No mesmo relatório, a cidade japonesa consumiu 0,8 TWh de energia elétrica no ano de 2014, ou seja, o sistema de abastecimento de água utilizou cerca de 1,00% de toda a energia consumida na cidade.

Segundo dados do Balanço Energético Nacional (BEN, 2013) indicam que a energia elétrica total consumida no Brasil, no ano de 2013, foi de 570,02 TWh,

enquanto que no saneamento, segundo o SNIS (2013), o consumo de energia elétrica foi de 12,14 TWh, ou seja 2,13% de toda energia elétrica consumida no país para este ano foi utilizada no saneamento. Desta forma, o saneamento possui representatividade relevante na energia elétrica utilizada no país.

De acordo com o Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS), ligado a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, os gastos com energia elétrica, no ano de 2013, representaram 10,90% das despesas dos prestadores de serviço de sistemas de abastecimento de água e esgoto sanitário, podendo variar entre 9,23% e 14,39%, dependendo da região do país. Segundo o SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) para alguns prestadores de serviços de saneamento, a despesa com energia elétrica chega a ser a segunda maior, ficando atrás somente da folha de pagamento.

Massulo (2008) realizou uma análise do diagnóstico dos serviços de água e esgoto do ano base de 2008 para as despesas com energia elétrica e classificou os municípios por faixa de número de habitantes. Em sua análise foram suprimidas do tratamento numérico as cidades que não possuem acesso a rede coletora de esgoto, consumo de energia elétrica em esgoto, consumo de energia elétrica em água e as que não apresentaram despesas com energia elétrica, mesmo apresentando consumo. Assim restaram apenas 960 municípios que atenderam as suas condições de contorno. Através deste estudo, a mesma conclui que o consumo de energia elétrica e o número de habitantes possuem relação linear.

Utilizando-se dos mesmos parâmetros da análise realizada por Massulo, foi realizada a divisão das despesas de exploração conforme as informações do diagnóstico dos serviços de água e esgoto do ano base de 2013 para a concessionaria SABESP, no estado de São Paulo. A Figura 16 e a Tabela 8 abaixo representam a divisão das despesas:

Tabela 8 - Divisão das despesas da concessionária SABESP.

DESPESAS DE EXPLORACÃO (DEX)								
Total (DEX)	Pessoal próprio	Produtos químicos	Energia elétrica	Serviços de terceiros	Água importada (bruta ou tratada)	Esgoto bruto exportado	Fiscais ou tributárias computadas na DEX	Outras despesas de exploração
R$/ano	R$/ano	R$/ano	R$/ano	R$/ano	R$/ano	R$/ano	R$/ano	R$/ano
FN015	FN010	FN011	FN013	FN014	FN020	FN039	FN021	FN027
5.361.024.417,0	1.904.762.202,8	222.016.178,3	514.815.308,4	1.090.158.063,8	0,0	0,0	726.878.209,2	902.394.454,5
100,00%	35,53%	4,14%	9,60%	20,33%	0,00%	0,00%	13,56%	16,83%

Fonte: SNIS, 2013.

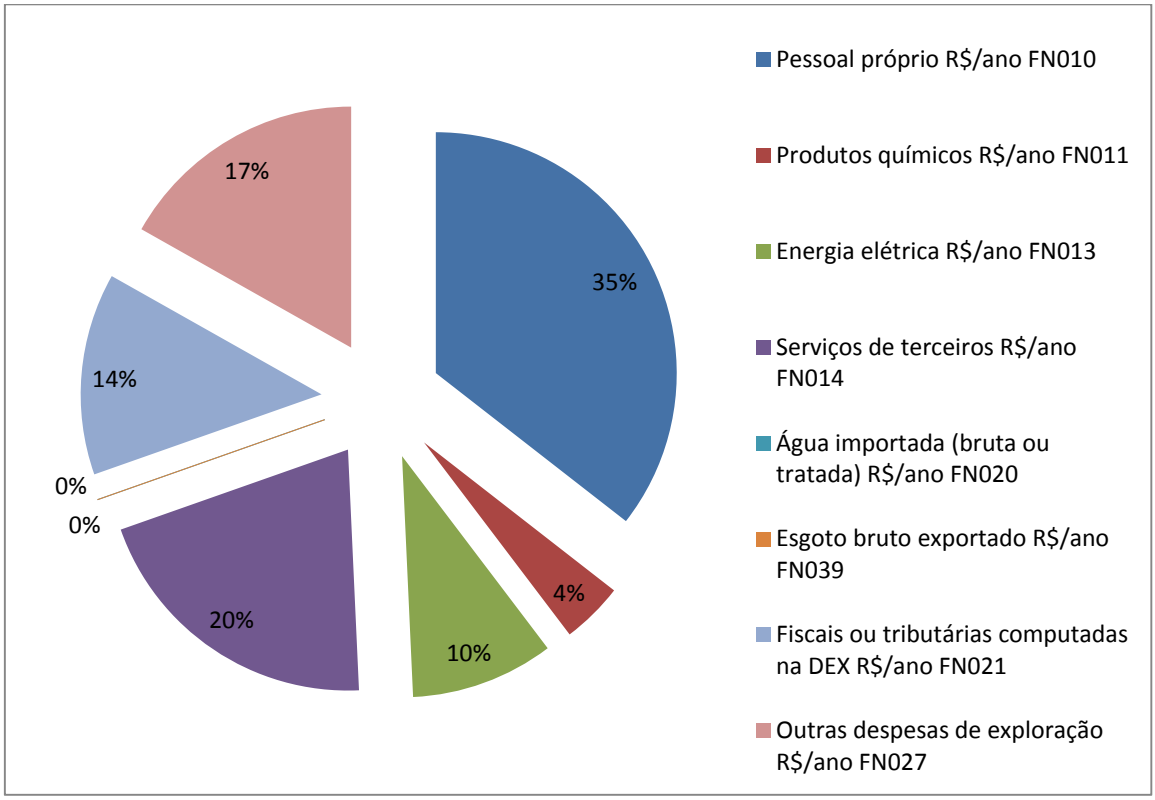


Figura 16 - Divisão das despesas da concessionária SABESP.

Fonte: SNIS, 2013.

Através da Figura 16 anterior é possível observar que as despesas com energia elétrica representam o 5º maior gasto da concessionária SABESP que opera, segundo o SNIS (2013), 363 municípios no estado de São Paulo. A empresa apresenta atualmente politicas de eficiência energética voltadas principalmente para o sistema de abastecimento de água.

Portanto, conforme consta no último diagnóstico dos serviços de água e esgoto do ano base de 2013 (SNIS, 2014) estima-se que 69,4% do esgoto gerado é coletados através de rede coletora de esgoto, assim a perspectiva de universalização do sistema de coleta e tratamento de esgoto demandará maior consumo de energia elétrica para o setor de saneamento.

3.4. Eficiência energética no saneamento

A definição de eficiência energética, segundo a resolução 414 (2010) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é:

> "Procedimento que tem por finalidade reduzir o consumo de energia elétrica necessário à realização de um determinado trabalho, excetuado o uso de energia proveniente de matéria-prima não utilizada, em escala industrial, na matriz energética" (ANEEL, 2010, p.4)

Para Geller (1994), a eficiência energética é maximizada em situações em que se consegue realizar um serviço ou trabalho e assim produzir um resultado com uma quantidade de energia inferior à que era normalmente utilizada, de maneira a não prejudicar a qualidade, o conforto e/ou eficiência. Assim a eficiência energética equivale a consumir menos energia para o mesmo propósito final, e com isso acarretar a redução dos custos com a eletricidade utilizada, custos com a manutenção dos equipamentos entre outros.

Em 2001 foi criada no Brasil uma lei visando à eficiência energética, a lei 10.295 – Politica nacional de conservação e uso racional de energia e dá outras providências – estimula a utilização racional da energia, o desenvolvimento tecnológico, a preservação ambiental e a introdução de produtos mais eficientes no mercado nacional.

A ELETROBRAS por intermédio do PROCEL instituiu, em 2003, o PROCEL SANEAR – Programa de Eficiência Energética em Saneamento Ambiental, que atua de

forma conjunta com o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA) e o Programa de Modernização do Setor de Saneamento – (PMSS), ambos coordenados pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA, vinculada ao Ministério das Cidades.

O PROCEL SANEAR, atualmente, possui ações quanto ao uso eficiente de energia elétrica nos conjuntos moto-bombas e conservação da água. Conforme consta no site da PROCEL SANEAR, o programa tem como principais objetivos:

- Promover ações que visem ao uso eficiente de energia elétrica e água em sistemas de saneamento ambiental, incluindo os consumidores finais;
- Incentivar o uso eficiente dos recursos hídricos, como estratégia de prevenção à escassez de água destinada à geração hidroelétrica;
- Contribuir para a universalização dos serviços de saneamento ambiental, com menores custos para a sociedade.

De acordo com Tsutiya (1997) e Gomes (2005) as medidas de eficiência energética podem ser divididas em redução de custo de energia elétrica sem investimento e redução de custo de energia elétrica com investimento.

As reduções de custo de energia elétrica sem investimento não demandam novas construções ou aquisição de equipamentos, necessitando apenas o contato com as concessionárias de distribuição de energia elétrica. A seguir são exemplos de tais medidas:

- Classificação: Verificar a classe em que se enquadra a instalação, pois as instalações classificadas como de água, esgoto e saneamento, possuem um desconto de 15% na tarifa conforme mencionado anteriormente.
- Regularização da Demanda Contratada: Adequação das demandas contratada e registrada, assim evitar o pagamento de uma demanda não utilizada, ou ainda, em situações de tarifação horo-sazonal, da demanda de ultrapassagem.

- Alteração da Estrutura Tarifária: O conhecimento detalhado das características do sistema tarifário existente e com isso visar a redução nos custos de energia elétrica.
- Desativação: Trata-se do corte de ligação em situações que não se utiliza a instalação ou permaneça desativada por período superior a seis meses. Em tais situações, apesar de não haver consumo de energia ativa, paga-se o consumo mínimo em baixa tensão e, no caso de alta tensão, a demanda contratada.
- Erro de Leitura: É detectado a partir da conferência dos dados da conta de energia elétrica com os dados de campo das instalações. Tais tipos de erros são comuns na leitura de demanda, da energia ativa, da energia reativa e da data de leitura. Em qualquer destes casos o erro poderá representar prejuízos irrecuperáveis.

As reduções de custo de energia elétrica com investimento demandam novas construções ou aquisição de equipamentos, necessitando de estudos para a implementação. A seguir são exemplos de tais medidas:

- Correção do Fator de Potência: O fator de potência não influi diretamente na energia elétrica paga nas contas mensais, isso porque os medidores de energia medem apenas a potência absorvida e não a potência aparente. Entretanto nos motores em que o fator de potência é baixo, as correntes são maiores, aumentando as perdas na instalação.
- Alteração da Tensão de Alimentação: Consiste na modificação do padrão de entrada de energia elétrica, de baixa para alta tensão. O consumo com tarifa em alta tensão na maioria das vezes é mais econômico que em baixa tensão. No entanto, essa alteração só é possível, se for construída uma nova entrada de energia elétrica para alimentação.
- Melhoria do Fator de Carga: Dentre os vários índices que podem ser utilizados como indicativos da racionalidade do uso da energia elétrica, destaca-se o fator de carga que, no caso de elevatórias, serve para verificar o nível de utilização dos conjuntos motor-bomba. O fator de carga é a relação

> entre a potência média solicitada pela instalação e a demanda de potência máxima ocorrida em um determinado período de tempo. A melhoria do fator de carga é uma das alternativas para a diminuição do custo de energia.

Conforme mencionado anteriormente é possível atingir a eficiência energética de diversas maneiras e com variados custos de implantação.

Tonn e Peretz (2007) evidenciaram no artigo o potencial para a conservação de energia nos sistemas de abastecimento de água do tipo convencional dos Estados Unidos, os mesmos concluíram que os programas de eficiência energética poderiam gerar reduções de 20% a 30% do consumo de energia em contextos residenciais e industriais.

Portanto é relevante nas empresas de saneamento básico que embora determinada unidade consumidora não tenha condições para alimentação a níveis de alta tensão, em algumas situações torna-se viável a instalação de transformadores para o enquadramento como unidade consumidora de alta tensão já que há maiores opções de modalidade tarifária. Caso se mantenha a alimentação em baixa tensão, a modalidade tarifária branca, implementada em 2015 no Brasil, possui custo da energia elétrica diferenciado conforme o período do dia, mas seus valores são superiores quando comparado ao custo de energia elétrica em alta tensão.

3.5. Pesquisa operacional

A Pesquisa Operacional é uma ciência aplicada destinada para a resolução de problemas reais. O seu principal objetivo é o auxilio na tomada de decisões com o propósito de aperfeiçoá-la, assim é possível utilizar esta ciência na proposta deste trabalho para o auxílio no planejamento operacional de uma EEE.

De acordo com Marins (2011) o nome Pesquisa Operacional (PO) é de origem militar, e foi utilizado pela primeira vez na Grã-Bretanha durante a Segunda Guerra Mundial. O principal objetivo da utilização foi para decidir sobre a utilização mais eficaz de recursos militares limitados. Têm-se diversas aplicações, por exemplo, estudos

relacionados com o desenvolvimento e uso do radar, problema de alocação eficiente de recursos escassos às várias operações militares, problema da dieta e outros mais.

Após a disseminação dos conceitos da Pesquisa Operacional, pós-guerra, houve aplicações nas indústrias e organizações de grande porte para a gerência de sistemas e recursos.

Conforme Arenales et al. (2007) a resolução dos problemas de PO pode ser subdividida na etapas a seguir:

1. Sistema ou problema existente;
2. Formulação/modelagem do problema;
3. Construção do Modelo Matemático;
4. Dedução/análise do modelo;
5. Conclusão do modelo;
6. Interpretação/inferência do modelo;
7. Conclusões reais ou decisões; e
8. Avaliação/julgamento.

A Figura 17 representa as subdivisões citadas anteriormente através de fluxos.

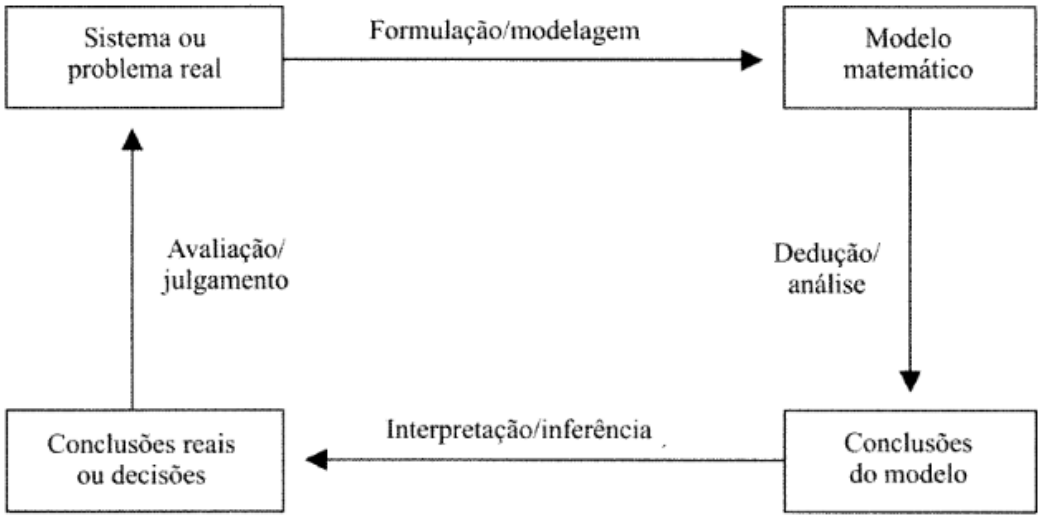


Figura 17 - Esquema das subdivisões para a resolução com a PO.

Fonte: ARENALES et al., 2007.

Para Loesche (1999) os problemas de PO consistem em modelar os sistemas reais existentes. Assim, esses modelos têm como finalidade analisar o comportamento dos sistemas elaborados com o objetivo principal de levá-lo a se comportar de forma ótima. Para a elaboração do modelo é necessário definir os principais elementos que o compõe:

- Variáveis de decisão: são as incógnitas que serão determinadas com a solução do modelo.
- Parâmetros: são os valores fixos do problema.
- Restrições: são as limitações do sistema, o modelo também deve possuir as restrições na qual limitam as variáveis de decisão a seus valores possíveis (viabilidade).
- Função objetivo: Uma função matemática que define a “qualidade” da solução em função das variáveis de decisão.

Uma vez construído o modelo matemático, parte-se para a obtenção de uma solução ótima. Diversos são os métodos matemáticos utilizados em PO, associados às várias áreas que compõe a PO. A Tabela 9 representa os métodos clássicos apontados por Massulo (2011) em sua dissertação:

Tabela 9 - Métodos de programação na pesquisa operacional.

Método	Descrição
Programação linear	Para analisar modelos na qual as restrições e a função objetivo mantém relações lineares entre parâmetros e variáveis
Programação inteira	Permite que os modelos possuam variáveis inteiras ou binárias, geralmente aplicadas a situações decisivas pontuais.
Programação dinâmica	Utilizado em modelos na qual o problema completo pode ser decomposto em subproblemas menores
Programação estocástica	Aplicado a uma classe especial de modelos na qual os parâmetros são descritos por funções de probabilidade
Programação não linear	Utilizado em modelos contendo funções não-lineares.

Fonte: MASSULO, 2011.

Conforme Iglesias-Rey et al. (2015) a ascensão de técnicas de otimização envolvem as metodologias baseadas em critérios de engenharia ou as melhores práticas de gestão. Uma das preocupações fundamentais são as experiências e o conhecimento dos engenheiros e/ou operadores do sistema. Dessa forma, a aplicação de técnicas de optimização pode ser utilizada como uma ferramenta de suporte à decisão em conjunto com a experiência prática.

Até o presente momento, foram desenvolvidos diversos softwares que disponibilizam alguns métodos importantes da Pesquisa Operacional, tornando viável e eficiente a solução de problemas complexos. Como exemplos de softwares, têm-se:

- Solver da Microsoft® Office Excel® (Frontline System – http://www.solver.com/);
- LINDO® – Linear Discrete Optimizer (http://www.lindo.com/);
- CPLEX® (http://www.ilog.com/);
- PROMODEL® (http://www.belge.com.br/produtos_promodel.html/);
- ARENA® (http://www.paragon.com.br/);
- GAMS® – General Algebraic Modeling System (http://www.gams.com/).

Para problemas de pequeno a médio porte é possível utilizar o Solver da Frontline System, que se encontra disponibilizado no Microsoft Office Excel. O Solver é uma ferramenta muito utilizada para análise de sensibilidade com mais de uma variável e com restrições de parâmetros. Para este trabalho foi utilizado o Solver da Microsoft Office Excel.

Como o Solver que já vem incluso no Microsoft Office Excel possui um limite de 200 células variáveis de decisão e 100 células de restrições segundo Frontline (2015), optou-se por instalar um programa da Frontline System, que permite a maior capacidade quanto ao número de varáveis de decisão e restrições. A plataforma escolhida foi o Risk Solver Platform na qual realiza modelos de análise de risco, simulações e otimizações. Em conjunto a essa plataforma foi adicionado um complemento denominado como Solver Engine, que permite maior velocidade na

solução dos modelos e expande o número de varáveis de decisão e restrições do método de otimização.

3.5.1. Tipos de otimização

Conforme citado anteriormente existem diversos métodos matemáticos da pesquisa operacional com finalidades específicas para melhorar ou otimizar a performance dos problemas do cotidiano.

Para a proposta deste trabalho foi utilizada a programação não linear inteira já que tais métodos permitem a modelagem do problema contemplando grande parte dos aspectos essenciais da realidade envolvidos no estudo da EEE. Contudo, nem todos os aspectos intervenientes podem ser controlados.

Atualmente as ferramentas matemáticas baseadas no conhecimento de mecanismos naturais vêm sendo utilizadas nas mais diversas áreas do conhecimento. De acordo com Reis e Akutsu (2002), o método de Algoritmos Genéticos são técnicas de busca estocásticas que imitam matematicamente os mecanismos de evolução natural, compreendendo os processos de seleção e genética das populações, em analogia com o processo biológico de sobrevivência e adaptação dos indivíduos mais capazes.

3.5.1.1. Programação não linear

A programação possui como objetivo a otimização das funções, ou seja, objetiva-se a maximização ou minimização da função objetivo. A principal peculiaridade da programação não linear é a existência de alguma função não linear na função objetivo ou nas restrições de igualdade e desigualdade.

A programação não linear é uma técnica de otimização:

> “Aplicável a problemas de otimização em que a função-objetivo e/ou pelo menos uma das restrições envolvidas não são funções

> lineares das variáveis de decisão são denominados Problemas de Programação Não-Linear (PNL ou NLP em inglês).” (LACHTERMACHER, 2004, p. 292).

De acordo com Brooke et al (1997), a resolução de problemas não-lineares é mais complexa que a de problemas lineares. Assim em problemas não-lineares é necessário muito maior atenção a detalhes aparentemente inconsequentes já que uma solução, quando encontrada, pode não ser única (um mínimo ou máximo local) e haver outra solução melhor (mínimo ou máximo global).

Existem diversos programas que implementam algoritmos para a otimização, assim segundo Frontline (2015) o Solver, proposta deste trabalho, utiliza um algoritmo que se denomina GRG (Generalized Reduced Gradient). De acordo com Corrar et al (2004), as iterações utilizadas pelo método GRG pode ser resumido da seguinte maneira:

1. Busca de uma solução, possível, inicial para o problema;
2. Tenta-se melhorar o resultado inicial, explorando a direção que produz melhorias significativas;
3. Ao término da exploração nessa direção (ao alcançar os limites da área de soluções possíveis ou obter melhorias insignificantes no resultado), busca-se aprimorar a solução explorando outras direções;
4. Por fim, continua o processo até que o resultado obtido não possa ser significativamente melhorado.

Contudo, o algoritmo GRG possui certas limitações. A principal ocorre em situações em que a área de soluções possíveis apresenta vários pontos de máximo ou de mínimo local.

3.5.1.2. Programação inteira e mista

De acordo com Loesch e Hein (2011) os problemas de programação inteira e mista são, a princípio, estudados da mesma forma que um problema de programação

linear, assim expande-se o alcance da programação linear. A principal característica é a presença de ao menos uma restrição de integridade. Entende-se por restrição de integridade aquela na qual é imposta a uma variável a exigência de que assuma um valor inteiro.

Dessa forma, se todas as variáveis do problema forem inteiras leva-se a um problema de programação inteira, já se algumas das variáveis do problema não forem inteiras, tem-se um problema de programação inteira mista.

Na proposta desta dissertação, a opção de acionamento ou não (liga/desliga) da bomba da estação elevatória de esgoto ocasiona uma decisão binaria, ou seja, o valor 0 representa que a bomba está desligada e o valor 1 representa que a bomba está ligada. Por fim, a otimização da operação da EEE representa uma programação não linear inteira.

3.6. Pesquisa operacional no saneamento

A redução do desperdício de energia elétrica no saneamento se tornou uma preocupação da sociedade e dos órgãos governamentais já que há a possibilidade de escassez dos recursos naturais. Assim a eficiência energética através da pesquisa operacional se torna uma alternativa para a redução de desperdícios.

Segundo Castro, Costa e Ramos (2007), com os avanços tecnológicos na área computacional e, consequentemente, o desenvolvimento de técnicas de otimização, surgiram inúmeros trabalhos visando à redução do custo energético de operação de sistema de abastecimento de água. Entretanto, a maioria dos modelos desenvolvidos foi aplicada para casos específicos. Assim pode-se citar diversos trabalhos para a aplicação otimizada do bombeamento de água e rede de distribuição de água.

Francato e Barbosa (1999) complementam que na literatura existente é possível encontrar diversas experiências bem sucedidas, com a aplicação de técnicas de pesquisa operacional, na tentativa de redução dos custos operacionais em sistemas de distribuição de água. Segundo Francato e Barbosa (1999), em Austin, Texas, foi testado

um modelo de otimização e simulação, e conseguiu com uma política otimizada de bombeamento ótimo uma redução de 17,3% no custo operacional vigente no período. Os mesmo autores citam em Washington um algoritmo de otimização que obteve resultados significativos, com a política fornecida pelo modelo, e uma redução de 6.9% nos custos com energia elétrica.

De acordo com Iglesias-Rey et al. (2015) as técnicas de otimização matemática são uma alternativa para as práticas de gestão de eficiência nas redes de distribuição de água.

Conforme Machado et al (2005) através de um algoritmo genético foi possível modelar a operação de uma adutora, através de um escalonamento para suas bombas de modo a reduzir os custos de energia elétrica referentes ao bombeamento. Os resultados mostraram que o algoritmo genético proposto encontrou soluções mais econômicas e operacionalmente melhores do que as soluções obtidas através da aplicação de regras definidas para operação do sistema. O algoritmo obteve uma redução no custo de 10,12 % em média.

Meguid e Ulanicki (2010) também utilizaram um algoritmo genético para otimizar o funcionamento de um sistema de distribuição de água de uma cidade de Londres, que contempla doze bombas, dez reservatórios de água, quatro estações de tratamento de água, quatrocentos e vinte uma válvulas e quarenta e cinco setores de distribuição de água. O modelo simulado através do EPANET®, com o objetivo de minimizar o custo energético, mostrou que a pesquisa operacional reduziu os custos operacionais.

Bouzon, Coelho e Rodriguez (2013) utilizaram a programação linear para otimizar o funcionamento de um sistema de distribuição de água de uma cidade no interior do Estado de São Paulo, que contempla duas bombas e três reservatórios de água. O software utilizado para solucionar o modelo matemático foi o LINDO (Linear, INteractive, and Discrete Optimizer), e o objetivo foi minimizar o custo energético. Os resultados obtidos mostraram que a utilização da pesquisa operacional foi muito satisfatória.

No artigo de Rudra Narsimba Rao et al. (2015) foi verificado a redução de eficiência operacional dos conjuntos moto bomba, para os sistemas de abastecimento de água de cidades africanas, que operam sob um cenário de escassez de água. As cidades discutidas no estudo de caso possuem déficit de instrumentação de medições no sistema. Os autores defendem a utilização de equações para auxiliar na tomada de decisões e com isso otimizar e implementar o desempenho dos conjuntos moto bombas do sistema de abastecimento de água. O estudo de caso foi realizado com conjuntos moto bombas de potência inferior a 500 kW.

De acordo com Fang, Zhang e Gao (2010) é possível obter significativas reduções de custos operacionais nos sistemas de abastecimento de água por meio da otimização da capacidade de armazenamento dos reservatórios em conjunto com o controle ótimo das estações de bombeamento de água que operam com taxas variáveis de consumo de eletricidade. Para a minimização do custo operacional das estações de bombeamento (bombas com rotações variáveis) foi utilizada o método de Algoritmo Genético. A redução do custo de operação diária foi de aproximadamente 11,0%, este modelo foi realizado em uma zona de pressão de S. Y. da rede de distribuição de água da China.

O artigo de Reis et al. (2006) formula um problema da operação ótima para 4 reservatórios do sistema de abastecimento de água de Roadford na região Sudoeste da Inglaterra. Foram utilizadas séries históricas de vazões para a operação otimizada e estes foram obtidos da Agência de Meio Ambiente do Reino Unido. O artigo aplicou um método híbrido de algoritmo genético (AG) e programação linear (PL) que foi desenvolvido pelos autores. O método definiu parte das variáveis de decisão como fatores de redução de custos (FRCs) no método AG e variáveis operacionais no método PL. Os resultados mostraram que os fatores foram parâmetros úteis, e podem ser empregados no planejamento com previsões futuras de vazões.

Porém, em se tratando de esgoto sanitário o emprego de técnicas de otimização ainda é muito restrito frente à demanda existente para energia elétrica e o dimensionamento dos sistemas.

Para rede coletora de esgoto sanitário Gameiro (2003), propôs a minimização dos custos no dimensionamento de projetos, por gravidade, através de um algoritmo genético. O modelo proposto busca a combinação de diâmetros e declividades de tubos que resulte a um custo mínimo para o projeto de uma rede qualquer. O modelo foi realizado em uma configuração hipotética de rede coletora de esgoto composta de 18 trechos e 19 poços de visita, como resultado, foi obtida uma redução nos custos em torno de 5.8% a 6.8%.

Gomes (2010) apresentou um estudo no qual avaliou a importância do volume útil do poço de sucção na redução de energia elétrica em estação elevatória de esgoto sanitário. Assim, foi simulado o funcionamento de três estações elevatórias de esgoto com capacidade de atendimento de cerca de 175.000 pessoas. As estações elevatórias de esgoto sanitários simuladas eram compostas por três conjuntos moto-bomba em paralelo (2+1), e foi considerada a variação diária de contribuição de esgoto (ciclo de 24h), e os tempos de detenção do esgoto sanitário no poço de sucção para 10, 20 e 30 minutos. A diferença do custo de energia elétrica entre a EEE com melhor desempenho (tempo de detenção de 30 minutos) e a de pior desempenho (tempo de detenção de 10 minutos) em foi de 1,0%.

Francato (2011) evidenciou um potencial estudo para a otimização da operação de estações elevatórias de esgoto baseado na eficiência energética. Através da programação linear inteira mista elaborou-se um modelo na qual se permitiu definir o acionamento ou o desligamento dos conjuntos moto-bombas da EEE principal do município de Jundiaí, no Estado de São Paulo, com o intuito de minimizar o custo total com energia elétrica. Com os resultados obtidos o autor verificou-se que há possibilidade de redução no consumo de energia elétrica na fase operacional.

Massulo (2011) utilizou metodologia semelhante ao estudo de Francato (2011) na qual utilizou a programação não linear, inteira e mista. Através de um estudo de caso feito com duas estações elevatórias de esgoto do município de Uberlândia, obteve-se uma economia média de energia elétrica nas duas estações elevatórias de esgotos de

vinte e dois por cento. No trabalho, a curva de geração de vazão afluente diária à EEE foi obtida através de adequações da curva de consumo de água diária.

A autora, Massulo (2011), conclui que a adoção de técnicas de otimização nos sistemas elevatórios de esgotos é um campo bastante fértil para pesquisa e certamente com grande potencial de economia. A autora observa que EEE que possuem maior vazão possuem maior potencial de redução no custo do bombeamento.

4. METODOLOGIA

Através das equações básicas da hidráulica de condutos forçados é possível realizar o planejamento operacional com a decisão de acionamento do conjunto moto bomba de uma Estação Elevatória de Esgoto. O campo de solução de tal problema está na decisão de acionar ou não o conjunto em um determinado intervalo de tempo discretizado.

Para a elaboração do modelo, o equacionamento foi inserido em colunas na tabela de maneira que a cada linha representa cada instante de tempo e o horizonte de tomada de decisão entre o acionamento ou não do conjunto moto bomba. Assim cada coluna, com exceção da variável de decisão, se torna dependente da decisão escolhida. As variáveis de decisão representam a coluna ACIONAMENTO da planilha, ou seja, a decisão de ligar e desligar da bomba no instante de tempo discretizado. Enfatiza-se que as variáveis de decisão possuem a restrição binária, em que o número 1 representa ligado e o número 0 representa desligado.

Tabela 10 - Disposição das equações do modelo.

Instante	Hora	Custo de Energia Elétrica (R$)	Energia Requerida (KWh)	Potencia(W)	Acionamento	Rendimento	Nível inicial	Nível Final	Q bombeado (m3/h)	Q bombeado (m3/s)	HMB (Altura manométrica da bomba) (m)	Q entrada (m3/h)	Q entrada (m3/s)	Comp. total (1) (m)	Comp. total (2) (m)	Perda de carga (1) (m)	Perda de carga (2) (m)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Os equacionamentos de cada coluna da Tabela 10, anterior, serão descritos nos subcapítulos a seguir.

4.1. Equações do problema

Para o modelo de otimização é necessárias a formulação de equações matemáticas que caracterizam a operação de uma estação elevatória de esgoto sanitário. Tais equações representam as restrições necessárias para o adequado funcionamento, conforme normas e referencias bibliográficas consagradas vigentes.

Os equacionamentos detalhados a seguir foram baseados no trabalho de pesquisa realizado por Francato (2010), o qual evidenciou a potencialidade de aplicação de otimização a sistemas de estações elevatórias.

4.1.1. Vazão Afluente a EEE

A vazão foi determinada através de medições sucessivas do nível do poço de sucção em relação ao fundo do mesmo. Para a medição utilizou-se transdutores de pressão que realizam a medida do nível a cada minuto. Através dos dados coletados é possível observar que as medições possuem regularidade de valores no mesmo período do dia para diferentes amostras.

Através das medidas do nível do poço de sucção foi possível determinar a vazão afluente a cada minuto já que há características do projeto do poço de sucção em operação. Como o modelo esta discretizado em intervalos de 5 minutos, realizou-se o mesmo procedimento com a vazão afluente e calculou-se a vazão média a cada 5 minutos para que haja padronização de valores do modelo.

$$Q_{e,t} = \sum_{i=1}^{5} \frac{Q_{miinuto,t}}{5} \quad \text{.....Equação 06}$$

Onde:
$Q_{e,t}$: Vazão média de entrada no intervalo de tempo t a cada 5 minutos(m^3/h);
Q_{minuto}: Vazão de entrada no intervalo de tempo t a cada 1 minuto (m^3/h);

4.1.2. Perda de Carga

A perda de carga utilizada para esse modelo é a de Hazen Willians, e conforme Netto (1998) é uma fórmula empírica com um amplo limite de aplicação, o diâmetro pode variar de 50 a 3.500 mm e a velocidade até 3 m/s.

$$J = 10{,}65 * Q_{b,t}^{1,85} * C^{-1,85} * D^{-4,87} \quad \text{.....Equação 07}$$

Onde:
J: Perda de carga unitária (m/m)
$Q_{b,t}$: Vazão bombeada no intervalo de tempo t(m^3/s);
C: Coeficiente de Hazen Willians;
D: Diâmetro da tubulação de linha de recalque (m);

4.1.3. Balanço hídrico no poço de sucção

Deve-se manter o balanço hídrico no poço de sucção em todos os intervalos, ou seja, a diferença entre as vazões de entrada e as vazões de saída do poço de sucção que multiplicado pelo intervalo de tempo t, deve ser numericamente igual a variação de nível no poço de sucção multiplicado pela área da base do poço de sucção. Tais considerações são para situações na qual a seção transversal do volume útil seja constante.

$$Q_{e,t} - (Q_{b,t} * n_{bin,t}) = (N_{f,t} - N_{i,t}) * (A / t) \quad \text{.....Equação 08}$$

Onde:
$n_{bin,t}$: Acionamento ou não do conjunto moto-bomba no intervalo t (binário) ;
$N_{f,t}$: Nível de esgoto no poço de sucção no final do intervalo t (m);
$N_{i,t}$: Nível de esgoto no poço de sucção no inicio do intervalo t (m);
A: Área da seção transversal do poço de sucção (m^2);
t: Duração do intervalo de tempo (1/12h);

4.1.4. Nível máximo e mínimo operacional do poço de sucção

Os níveis máximos e mínimos do poço de sucção são características do projeto, os quais interferem no modelo através de restrições. Alterações em tais características garantem a factibilidade operacional para a otimização do modelo.

$$N_{min} \leq N_{f,t} \leq N_{max} \quad \text{.....Equação 09}$$

Onde:
N_{min}: Nível mínimo operacional do poço de sucção (m);
N_{max}: Nível máximo operacional do poço de sucção (m);

4.1.5. Potência e energia

A potência do conjunto moto-bomba é uma relação entre a altura manométrica, o rendimento do conjunto moto-bomba e da vazão de recalque para cada instante. Como forma de simplificar o equacionamento foi admitida que a vazão de bombeamento se mantivesse com uma pequena variação da altura manométrica de recalque. Esta simplificação é bastante razoável uma vez que as vazões acima ou abaixo do valor preestabelecido se compensem ao longo do dia, além do fato de ocorrer pequena variação do nível do poço de sução já que o mesmo possui seção transversal grande quando comparado com a vazão afluente no decorrer do dia. Assim a energia necessária para a operação do conjunto moto-bomba é o produto da potência pelo tempo de operação.

$$E_t = P_t * n_{bin,t} * t \quad \text{.....Equação 10}$$

Onde:
E_t: Energia requerida no intervalo t (KWh);
P_t: Potência requerida no intervalo t (KW);

4.1.6. Custo de bombeamento

O custo da energia elétrica a cada intervalo de tempo é obtido através do produto da energia elétrica requerida pelo custo da energia elétrica no intervalo de tempo correspondente. Assim, com esta metodologia é possível obter custos diferenciados a cada intervalo de tempo, e dessa forma o modelo permite priorizar o bombeamento em períodos nas quais o custo de energia elétrica é menor.

$$C_{E,t} = E_t * P_{E,t} \quad \text{.....Equação 11}$$

Onde:
$C_{E,t}$: Custo com energia elétrica no intervalo t (R$);
P_{Et}: Custo unitário de energia elétrica no intervalo t (R$/KWh);

4.1.7. Função objetivo

O objetivo deste modelo é a minimização do custo com energia elétrica, e desta forma atender as todas as restrições para a operação adequada da estação elevatória de esgoto. Portanto, a função objetivo e pode ser definida por:

$$CE = MIN \sum_{i=1}^{288} C_{E,t} \quad \text{.....Equação 12}$$

Onde:
CE: Custo total ao longo de um dia com energia elétrica (R$);

5. ESTUDO DE CASO

O município de Itaí está localizado na região sudoeste do estado de São Paulo, ocupa uma área de 1.082,782 km², a 654 m de altitude, e está limitado pelos municípios de Pirajú, Cerqueira César, Arandú, Avaré, Itapeva, Itaberá, Paranapanema, Tejupá, Taquarituba e Coronel Macedo conforme mostra a Figura 18. O município está a cerca de 300 km da capital do estado de São Paulo.

O município apresenta 24.008 habitantes segundo o CENSO (2010). O sistema de abastecimento de água e o sistema de coleta de esgoto sanitário são operados pela concessionária SABESP.

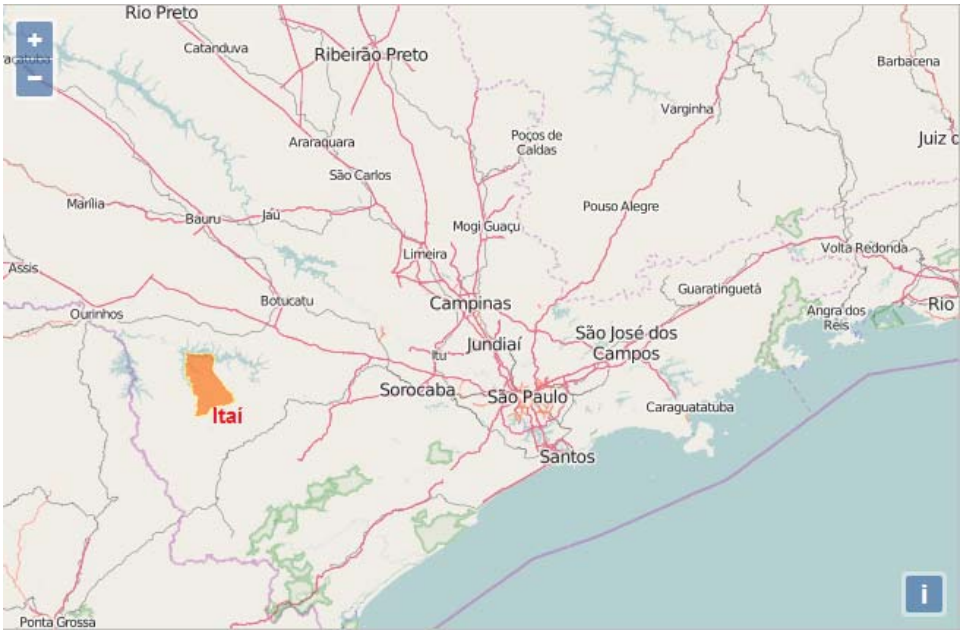


Figura 18 - Localização do município de Itaí.

Fonte: Adaptado de IBGE, sem fins cartográficos, 2016.

5.1. Descrição do sistema de esgoto sanitário de Itaí

O sistema de esgotos sanitários da Sede do município de Itaí é composto por 6.944 ligações de esgoto, redes coletoras, interceptores de esgoto, emissário de esgoto

tratado e 2 (duas) estações elevatórias de esgoto denominadas EEE Jardim Planalto e EEE Final (SABESP, 2015).

As duas EEEs existentes apresentam medidores de nível no interior do poço de sucção com a finalidade de monitoramento de possíveis extravazamentos ou problemas operacionais com o conjunto moto bomba.

A ETE, implantada em 1992, é composta por 1 (uma) lagoa aerada, precedida de tratamento preliminar composto de sistema de gradeamento e caixa de areia. O lançamento do efluente tratado ocorre no Ribeirão dos Carrapatos.

A Figura 19 a seguir apresenta croqui do sistema de esgotos da Sede do município.

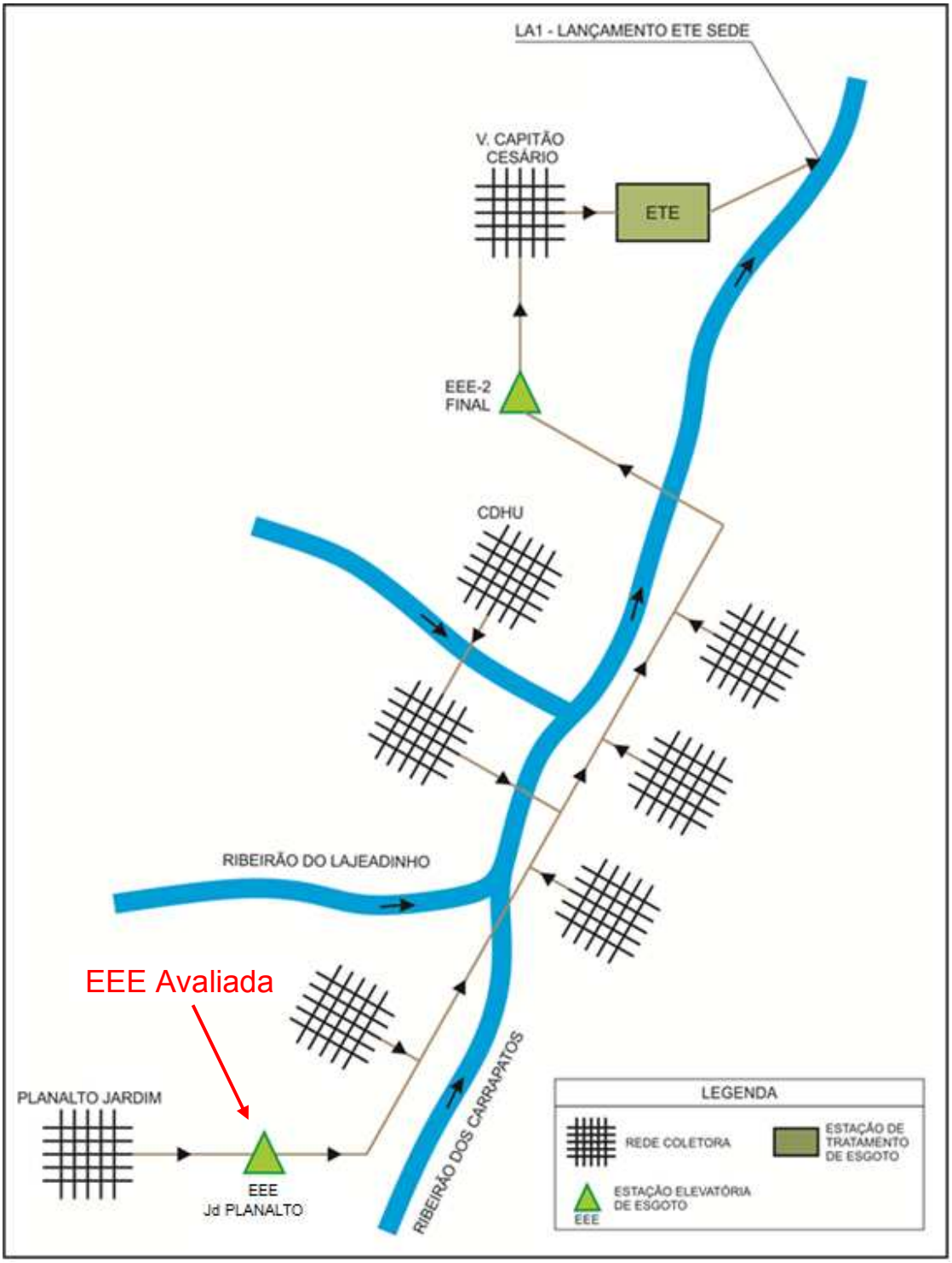


Figura 19 - Croqui do sistema de esgoto sanitário de Itaí.

Fonte: Adaptado SABESP, 2015.

A Figura 20 mostra a imagem de satélite atual do município de Itaí com a localização da EEE Jardim Planalto, EEE Final e a ETE.



Figura 20 - Imagem de satélite das EEEs e ETE no município de Itaí.

Fonte: Google Earth, sem fins cartográficos, 2014.

5.2. Consumo de energia elétrica do sistema de esgoto sanitário de Itaí

A divisão das despesas de exploração para o município de Itaí, conforme as informações do diagnóstico dos serviços de água e esgoto do ano base de 2013, são representadas através da Tabela 11 e da Figura 21 a seguir.

Tabela 11 - Divisão das despesas da SABESP - Itaí.

DESPESAS DE EXPLORACÃO (DEX)								
Total (DEX)	Pessoal próprio	Produtos químicos	Energia elétrica	Serviços de terceiros	Água importada (bruta ou tratada)	Esgoto bruto exportado	Fiscais ou tributárias computadas na DEX	Outras despesas de exploração
R$/ano	R$/ano	R$/ano	R$/ano	R$/ano	R$/ano	R$/ano	R$/ano	R$/ano
FN015	FN010	FN011	FN013	FN014	FN020	FN039	FN021	FN027
4.815.031,6	2.239.811,3	609.743,9	460.018,6	746.585,0	0,00	0,00	329.799,4	429.073,3
100,00%	46,52%	12,66%	9,55%	15,51%	0,00%	0,00%	6,85%	8,91%

Fonte: SNIS, 2013.

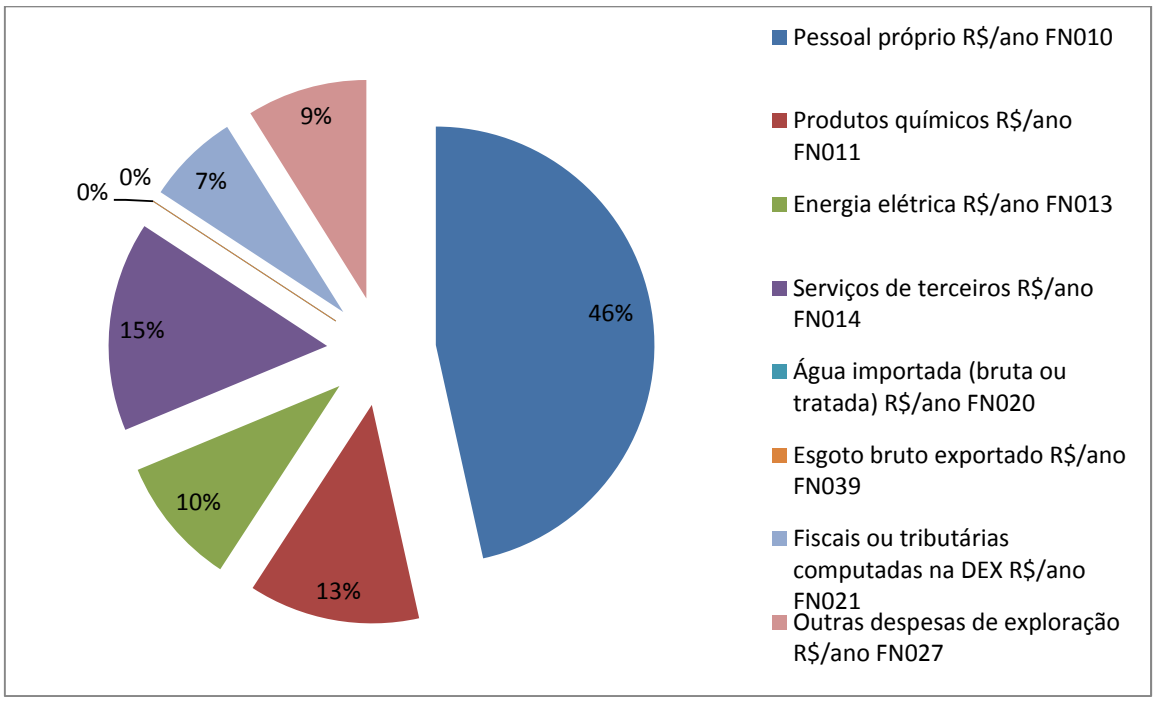


Figura 21 - Divisão das despesas na SABESP - Itaí.

Fonte: SNIS, 2013.

Através da Figura 21 anterior, é possível observar que as despesas com energia elétrica representam o 4º maior gasto da concessionária para a operação do sistema de distribuição de água e coleta e tratamento do esgoto sanitário.

A concessionária distribuidora de energia elétrica no município de Itaí é a CPFL Santa Cruz (Companhia Luz e Força de Santa Cruz).

Atualmente o sistema coletor de esgoto sanitário de Itaí é composto de duas estações elevatórias de esgoto e uma estação de tratamento de esgoto. As três unidades consumidoras de energia elétrica se localizam em diferentes regiões do município, dessa forma estas são caracterizadas de forma independente na composição do consumo de energia elétrica para o sistema coletor de esgoto sanitário.

As três unidades consumidoras são classificadas no fornecimento de energia elétrica como modalidade convencional e subgrupo B3 (outras classes). O custo de energia elétrica é composto pelo produto do KWh consumido pelo custo unitário de KWh.

Segundo SABESP (2015) o consumo de energia elétrica e os custos para a operação do sistema de abastecimento de água e sistema coletor de esgoto sanitário estão representados na Tabela 12.

Tabela 12 - Consumo de energia elétrica e os custos com o sistema de abastecimento de água e sistema coletor de esgoto sanitário.

P*	Ano	Consumo (KWh)	Custo (R$)
Úmido	jan/14	148.741,00	37.673,94
	fev/14	144.159,00	40.128,17
	mar/14	133.936,00	44.966,45
	abr/14	125.826,00	44.668,49
Seco	mai/14	137.065,00	47.159,52
	jun/14	123.280,00	43.531,48
	jul/14	119.959,00	41.372,68
	ago/14	116.187,00	40.024,12
	set/14	121.534,00	41.021,06
	out/14	116.570,00	38.363,82
	nov/14	115.088,00	38.344,67
Úmido	dez/14	117.021,00	38.964,86
	jan/15	124.812,00	42.419,85
	fev/15	114.758,00	52.257,04
	mar/15	103.995,00	56.225,58
	abr/15	111.132,00	61.068,52
	Média	**123.378,94**	**44.261,89**

*P - Período do ano

Fonte: SABESP, 2015.

Na Tabela 13, estão representados apenas o consumo de energia elétrica e os custos para a operação do sistema coletor de esgoto sanitário. A coluna porcentagem mostra a representatividade do sistema coletor de esgoto sanitário no desembolso da concessionária com energia elétrica para a operação do sistema de abastecimento de água e coleta de esgoto sanitário do município.

Tabela 13 - Consumo e custos com energia elétrica para o sistema coletor de esgoto sanitário.

P*	Ano	Consumo (KWh)	% Total	Custo (R$)	% Total
Úmido	jan/14	35.304,00	23,74%	10.506,89	27,89%
	fev/14	35.794,00	24,83%	11.548,54	28,78%
	mar/14	40.032,00	29,89%	15.181,42	33,76%
	abr/14	37.250,00	29,60%	14.967,76	33,51%
Seco	mai/14	36.492,00	26,62%	14.488,13	30,72%
	jun/14	41.499,00	33,66%	16.188,48	37,19%
	jul/14	34.461,00	28,73%	13.337,71	32,24%
	ago/14	34.547,00	29,73%	13.243,96	33,09%
	set/14	32.972,00	27,13%	12.505,80	30,49%
	out/14	31.652,00	27,15%	11.648,47	30,36%
	nov/14	31.160,00	27,07%	11.592,31	30,23%
Úmido	dez/14	36.387,00	31,09%	13.378,22	34,33%
	jan/15	33.857,00	27,13%	13.140,61	30,98%
	fev/15	33.521,00	29,21%	17.213,57	32,94%
	mar/15	30.758,00	29,58%	17.723,25	31,52%
	abr/15	31.920,00	28,72%	19.092,54	31,26%
	Média	**34.850,38**	**28,37%**	**14.109,85**	**31,83%**

*P - Período do ano

Fonte: SABESP, 2015.

Através da tabela anterior é possível observar que o sistema coletor de esgoto sanitário representa 31,83% de todo o custo para a operação dos sistemas no município. O sistema de esgotamento sanitário é concebido para o escoamento gravitacional, mas é possível observar que há a necessidade de utilização de energia elétrica para o recalque e tratamento do esgoto sanitário.

A Tabela 14 detalha a tabela anterior e mostra o consumo de energia elétrica para cada unidade consumidora do sistema coletor de esgoto sanitário.

Tabela 14 - Consumo de energia elétrica para cada unidade consumidora.

		ETE Itaí		EEE Jd Planalto		EEE Final	
P*	Ano	Consumo (KWh)	% Total	Consumo (KWh)	% Total	Consumo (KWh)	% Total
Úmido	jan/14	21.262,00	60,23%	4.304,00	12,19%	9.738,00	27,58%
	fev/14	22.182,00	61,97%	4.921,00	13,75%	8.691,00	24,28%
	mar/14	24.430,00	61,03%	5.601,00	13,99%	10.001,00	24,98%
	abr/14	22.788,00	61,18%	4.569,00	12,27%	9.893,00	26,56%
Seco	mai/14	21.716,00	59,51%	5.342,00	14,64%	9.434,00	25,85%
	jun/14	26.869,00	64,75%	4.739,00	11,42%	9.891,00	23,83%
	jul/14	20.574,00	59,70%	4.975,00	14,44%	8.912,00	25,86%
	ago/14	21.653,00	62,68%	5.307,00	15,36%	7.587,00	21,96%
	set/14	19.787,00	60,01%	5.139,00	15,59%	8.046,00	24,40%
	out/14	20.166,00	63,71%	3.403,00	10,75%	8.083,00	25,54%
	nov/14	19.929,00	63,96%	3.750,00	12,03%	7.481,00	24,01%
Úmido	dez/14	23.139,00	63,59%	3.858,00	10,60%	9.390,00	25,81%
	jan/15	18.639,00	55,05%	4.928,00	14,56%	10.290,00	30,39%
	fev/15	21.050,00	62,80%	3.048,00	9,09%	9.423,00	28,11%
	mar/15	20.705,00	67,32%	2.573,00	8,37%	7.480,00	24,32%
	abr/15	20.929,00	65,57%	2.809,00	8,80%	8.182,00	25,63%
	Média		**62,06%**		**12,37%**		**25,57%**

*P - Período do ano
Fonte: SABESP, 2015.

O estudo de caso foi realizado para a modelagem da EEE jardim Planalto que atende a uma bacia de esgotamento sanitário do município de Itaí. Esta apresenta dispositivo de poço pulmão, o que permite a proposta de operação otimizada. A EEE representa 12,37% de todo o consumo de energia elétrica para a operação do sistema coletor de esgoto sanitário do município.

A EEE Final apresenta maior vazão de contribuição e consumo de energia elétrica se comparado com a EEE jardim Planalto. A EEE Final não foi utilizada para o estudo de caso porque o volume existente poço de sucção não permitiu a otimização operacional e não há poço pulmão. O dispositivo utilizado para garantir a continuidade de escoamento e não ocasionar o extravasamento é um gerador de emergência.

Através do banco de dados do SNIS foi possível elaborar a Figura 22, esta representa o consumo de energia elétrica com a operação do sistema coletor de esgoto

sanitário entre os anos de 2010 a 2014 no município. Assim é possível notar que houve poucas medidas de eficiência energética no período já que há um comportamento constante de gasto com energia elétrica.

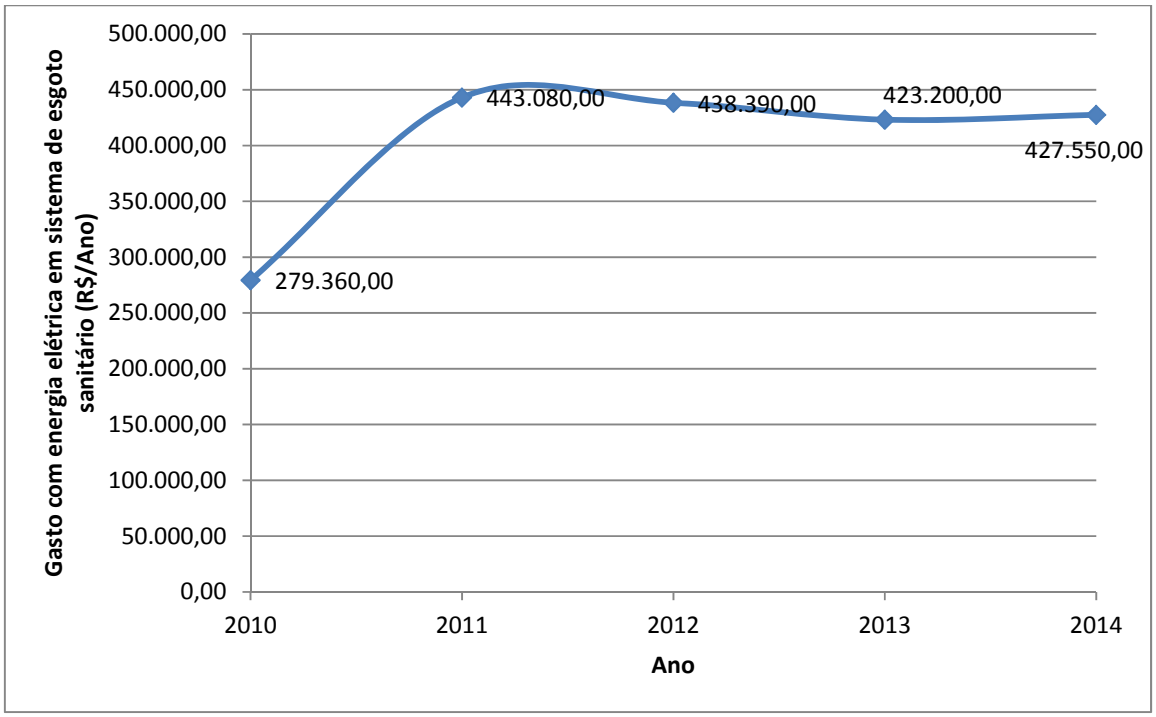


Figura 22 - Gasto com energia elétrica em sistema de esgoto sanitário em Itaí/SP.

Fonte: SNIS, 2010 a 2014.

A partir do ano de 2010 houve o aumento de consumo de energia elétrica no sistema coletor de esgoto sanitário já que foram instalados aeradores superficiais na lagoa facultativa da Estação de Tratamento de Esgoto do município. A Tabela 14 mostra a representatividade da ETE no consumo de energia elétrica para a operação de todo o sistema.

5.3. Descrição da EEE jardim planalto

A Estação Elevatória está localizada no final da Avenida Santo Antônio na confluência com o Rio dos Carrapatos, próximo a um antigo sistema de fossa séptica desativada. A Figura 23 a seguir apresenta a fachada e o acesso de entrada da EEE.



Figura 23 - Fachada e o acesso de entrada da EEE jardim Planalto.

Fonte: SABESP, 2015.

A estação elevatória de esgoto existente possui padrão de projeto utilizado pela SABESP-RA, e é classificada como projeto Tipo A0. Esta é compostas por dois conjuntos moto bomba submersíveis, sendo uma de reserva e a outra funcionando em esquema de rodízio, em um poço de sucção com diâmetro de 1,50 metros, conforme apresentada na Figura 24. Detalhes com as informações técnicas a respeito do projeto do poço de sucção são apresentados no Anexo 1 e Anexo 2.



Figura 24 - Interior do poço de sucção da EEE jardim Planalto.

Fonte: SABESP, 2015.

A operação da estação elevatória é automatizada, dispensando a permanência de operador exclusivo no local, dessa maneira preveem-se visitas periódicas de uma equipe de operação e manutenção.

De modo a garantir que uma eventual parada no fornecimento de energia elétrica não provoque o lançamento de esgoto “in natura” no corpo receptor (Rio dos Carrapatos), existe um tanque pulmão com capacidade de detenção de 3 horas para a vazão máxima horária adicionada da vazão de infiltração na rede coletora. Este tanque pulmão possui diâmetro de 6,10m e altura útil de 2,10m, conforme apresentado na Figura 25. Detalhes com as informações técnicas a respeito do projeto do poço pulmão são apresentados no Anexo 3.



Figura 25 - Poço pulmão da EEE jardim Planalto.

Fonte: SABESP, 2015.

A seguir será descrito o fluxo do esgoto sanitário na estação elevatória de esgoto jardim Planalto.

Todo o efluente da bacia de contribuição da EEE se concentra em um poço de visita à montante da EEE. Em seguida, o efluente atinge o poço de sucção, local em que se encontram os conjuntos moto-bomba e cestos removíveis para a remoção de sólidos grosseiros. A tubulação de recalque é toda em ferro fundido, com a presença de registros e válvulas de retenção na saída do conjunto moto-bomba. Por fim, o efluente é recalcado até um poço de visita existente. A Figura 26 mostra o croqui da área da EEE existente descrita anteriormente:

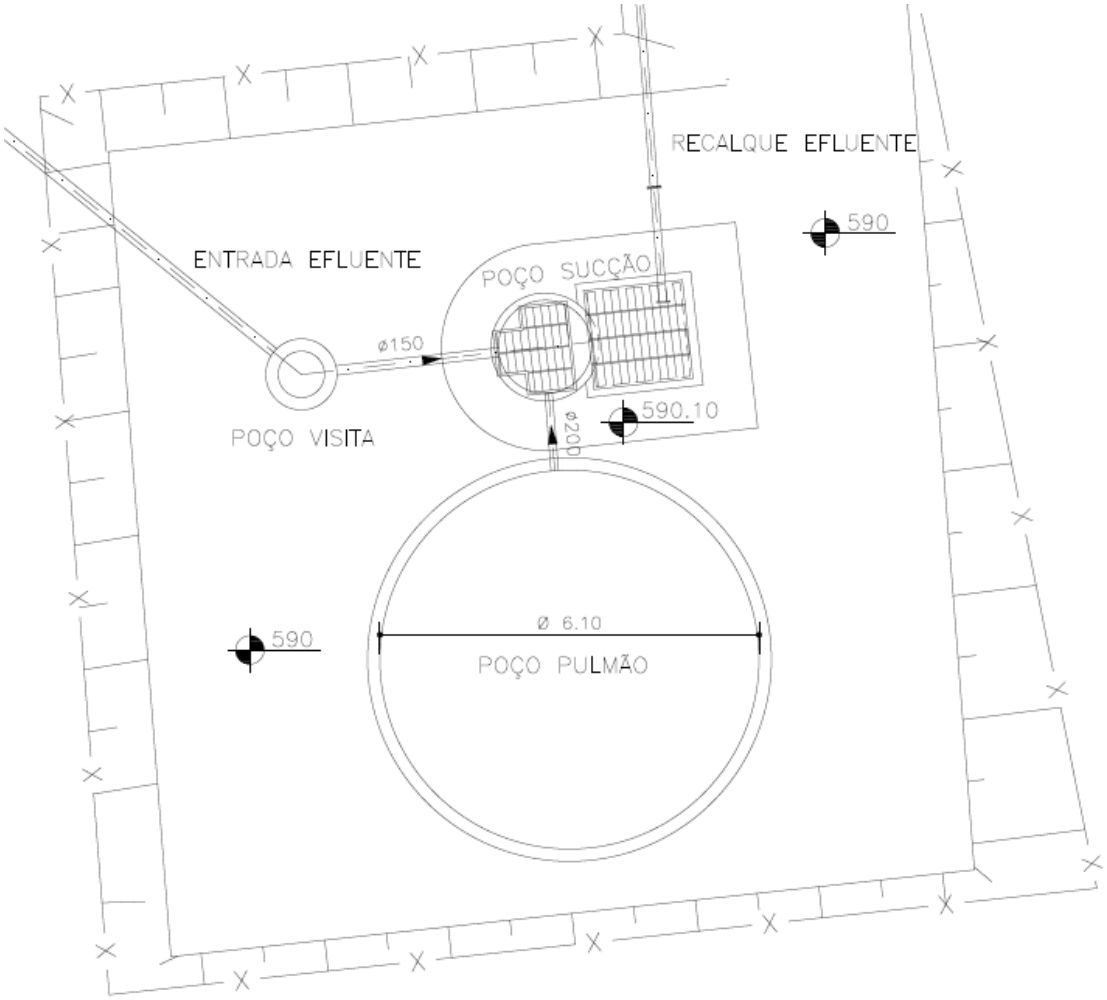


Figura 26 - Área de implantação da EEE jardim Planalto.

Fonte: SABESP, 2015.

A linha de recalque da EEE jardim Planalto foi implantada no canteiro central da Avenida Santo Antônio e o seu lançamento ocorre em um poço de visita (PV) existente, localizado também na Avenida Santo Antônio e esquina da Rua Avelino G. de Freitas. As cotas do lançamento no PV existente são: cota de tampa = 618,36 metros e cota de fundo = 617,56 metros. No Anexo 4 temos o projeto da linha de recalque com maiores informações técnicas e indicação das ruas e avenidas mencionado anteriormente.

A Tabela 15 apresenta um resumo com as principais características da EEE jardim Planalto e da linha de recalque que foram retirados dos projetos existentes que constam no Anexo 1, 2, 3 e 4.

Tabela 15 - Características básicas da EEE jardim Planalto.

Descrição	Característica
Tubulação afluente a EEE	
Diâmetro (mm)	150
Material	PVC
Cota de chegada (m)	588,15
Poço de sucção	
Diâmetro (m)	1,5
Cota de NA máxima (m)	587,35
Cota de NA mínima (m)	586,55
Cota de fundo (m)	585,90
Barrilete	
Diâmetro (mm)	80
Material	Ferro dúctil
Linha de recalque	
Extensão (m)	533,43
Diâmetro (mm)	100
Material	Ferro dúctil
Cota de descarga (m)	617,56
Conjunto moto bomba	
Número de conjuntos Moto bomba	1+1 (reserva)
Modelo	Piranha – PIR-M80-2D - ABS
Potência instalada (kW)	8

Fonte: SABESP, 2015.

5.3.1. Medição do nível do poço de sucção

No interior da EEE foram instalados transdutores de pressão, às vezes chamado de transmissor de pressão, para o monitoramento do nível no interior do poço de sucção. As medidas do nível coletadas são sempre consideradas em relação ao fundo do poço.

Um transdutor de pressão converte a coluna de fluido em um sinal elétrico analógico. A conversão de pressão em um sinal elétrico é alcançada pela deformação

física dos sensores de deformação/tensão ligados ao diafragma do transdutor de pressão e conectados em uma configuração de ponte de Wheatstone.

Na EEE jardim planalto foi instalado transdutores de pressão OEM (Fabricante Original do Equipamento) com chip de silício piezoresistivo e corpo em aço inox 316L, o modelo é a série 9S da marca Keller conforme representa a Figura 27. Segundo Keller (1996) os sensores piezoresistivo possuem precisão com variação em torno de 0,02%, para situações em que não houver a recalibração por anos ao longo de uma temperatura no intervalo entre -40 a 120 °C e, mesmo após circunstancias de sobrecarga, de até 10 vezes o intervalo de medição.



Figura 27 - Transdutor de pressão série 9S.

Fonte: Keller, 2015.

A Tabela 16 apresenta as principais características do transdutor de pressão série 9S que se encontra instalado na EEE jardim Planalto conforme as informações do catálogo do fabricante.

Tabela 16 - Características do transdutor de pressão.

Descrição	Característica
Série 9S	
Carcaça e diafragma	Aço inoxidável tipo 316 L
Material de soldagem	Níquel / cromo / paládio
Óleo de enchimento	Silicone
Peso (g)	6,5
Ponte de resistência a 25 °C (Ω)	3500 ± 20%
Alimentação constante (mA)	1 (nominal)
Isolação a 500 VCC (MΩ)	100
Variação do volume morto a 25 °C	< 0,1 mm3 / FS
Temperatura de operação (°C)	-30 < ideal < 100
Precisão (%FS)	0,5

Fonte: Keller, 2015.

Os dados coletados pelo monitoramento do nível do poço de sucção possuem recorrência de 1 minuto, ou seja, a cada um minuto é realizada a leitura do nível no interior do poço de sucção durante todas as horas do dia.

De acordo com as séries temporais existentes é possível notar que as medições de nível possuem regularidade de valores no mesmo período do dia para as diferentes amostras.

Com tais séries foi possível determinar a vazão afluente a cada minuto já que existem parâmetros como a diferença de nível, o intervalo de tempo entre medições e características físicas e volumétricas do poço de sucção.

5.4. Considerações sobre modelo proposto

O modelo proposto, assim como todos os modelos, é uma simplificação e aproximação da realidade do problema. O processo de elaborar modelos matemáticos

envolve as escolhas de quais fatores essenciais devem ser incluídos, e quais fatores podem ser ignorados ou excluídos com segurança do modelo.

Através de uma planilha no Excel foi possível estruturar o problema, o objetivo deste trabalho é otimizar a operação de bombeamento de esgoto sanitário e com isso resultar na minimização do custo de energia elétrica. A Tabela 17, a seguir, apresenta os parâmetros que foram inseridos em linhas na planilha:

Tabela 17 - Parâmetros do problema proposto.

Parâmetros de projeto
Cota do Fundo do poço de sucção
Cota de Tampa do poço de sucção
Cota de desague no PV (recalque)
Nível Mínimo Operacional (poço sucção)
Nível Máximo Operacional (poço sucção)
Nível Inicial (poço sucção)
Diâmetro do poço (poço sucção)
Área do poço (poço sucção)
Volume útil (poço sucção)
Diâmetro do recalque (1)
Seção do Tubo de recalque (1)
Comprimento real da tubulação (1)
Comprimento eq. da tubulação (1)
Comprimento total (1)
Diâmetro do recalque (2)
Seção do Tubo de recalque (2)
Comprimento real da tubulação (2)
Comprimento eq. da tubulação (2)
Comprimento total (2)
Rendimento
Preço da energia (fora de ponta)
Preço da energia (intermediário)
Preço da energia (ponta)
Peso especifico do esgoto
Vazão da Bomba
Coeficiente de Hazem-Willians (1)
Coeficiente de Hazem-Willians (2)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

As indicações (1) e (2) da Tabela 17 representam as tubulações de barrilete e a linha de recalque, respectivamente. Todos os parâmetros, com exceção do preço da energia, do coeficiente de Hazen Willians e do nível inicial, foram extraídos dos projetos disponíveis nos anexos.

O preço de energia foi obtido através da resolução homologatória nº 1.682 de 30 de Janeiro de 2014, a qual homologa as tarifas de energia elétrica. Tais valores coincidem com os valores obtidos através da conta de energia elétrica consumida da Sabesp.

Foi utilizada a fórmula de Hazen Willians, equação 07, para determinar a perda de carga, já que esta possui o coeficiente de atrito explícito. O coeficiente de Hazen Willians foi obtido através de referência bibliográfica, consolidada, de acordo com Netto *et al*, (1998) o valor foi definido em 130.

O nível inicial foi arbitrado de maneira que o modelo iniciasse de um poço de sucção cheio, já que o modelo proposto entregará níveis próximos ao limite nos intervalos finais da simulação.

Para a modelagem do problema foram necessárias certas simplificações: os intervalos de tempo foram discretizados de 5 em 5 minutos. Utilizou-se 5 minutos como intervalo de tempo na discretização, porque as recomendações bibliográficas sugerem tempo de ciclo mínimo de 10 minutos, ou seja, é composto por intervalo de funcionamento de 5 minutos e outro intervalo parado de 5 minutos. Assim, esse intervalo é um instante fixo sem variações ao longo dos 5 minutos. Também se levou em consideração a capacidade de bombeamento do conjunto moto bomba, já que esta não pode esgotar todo o volume útil, do poço de sucção, no intervalo de tempo considerado.

Bombas do tipo centrífugas possuem relação de altura manométrica pela vazão bombeada, ou seja, as vazões se alteram conforme ocorrem variações na altura manométrica. Para o modelo proposto o ponto de operação da bomba foi fixado em um único valor, esta simplificação é viável uma vez que a adequação do poço de sucção

acarretará pouca variação da altura geométrica, já que o novo poço de sucção terá o diâmetro em torno de quatro vezes maior que o diâmetro do poço de sucção existente.

As vazões afluentes nas elevatórias foram determinadas através das medições do nível do poço de sucção existente, ou seja, na elevatória há transdutores de pressão que medem o nível de esgoto em relação ao fundo em intervalos de tempo de 1 minuto. Dessa forma, através da variação do nível de esgoto, área de seção do poço de sucção e o intervalo de tempo são possíveis determinar as vazões afluentes a cada minuto.

Com relação ao tempo de detenção hidráulica do esgoto sanitário, não foi imposta restrição de acionamento do conjunto moto bomba em um período máximo de tempo, pois a estação elevatória de esgoto em estudo se encontra em local isolado e não há problemas de exalar odores no entorno.

O modelo tem como objetivo principal a minimização do custo com energia elétrica através da diferenciação da tarifa nos horários de ponta e fora de ponta, e a variação de efluente ao longo de um dia (24 horas). Dessa forma, foram utilizadas as tarifas vigentes para a modalidade de fornecimento horaria verde, e não foi levada em consideração a demanda de potência.

6. RESULTADOS

6.1. Determinação da vazão afluente na EEE Jd. Planalto para o modelo

A bacia de esgotamento da EEE Jd. Planalto possuiu predominância de ocupação do tipo residencial. Na Figura 28, apresentam-se os dados que foram coletados durante o mês de Fevereiro de 2015 referentes à distribuição dos níveis, no interior, do poço de sucção com a medição dos transdutores de pressão.

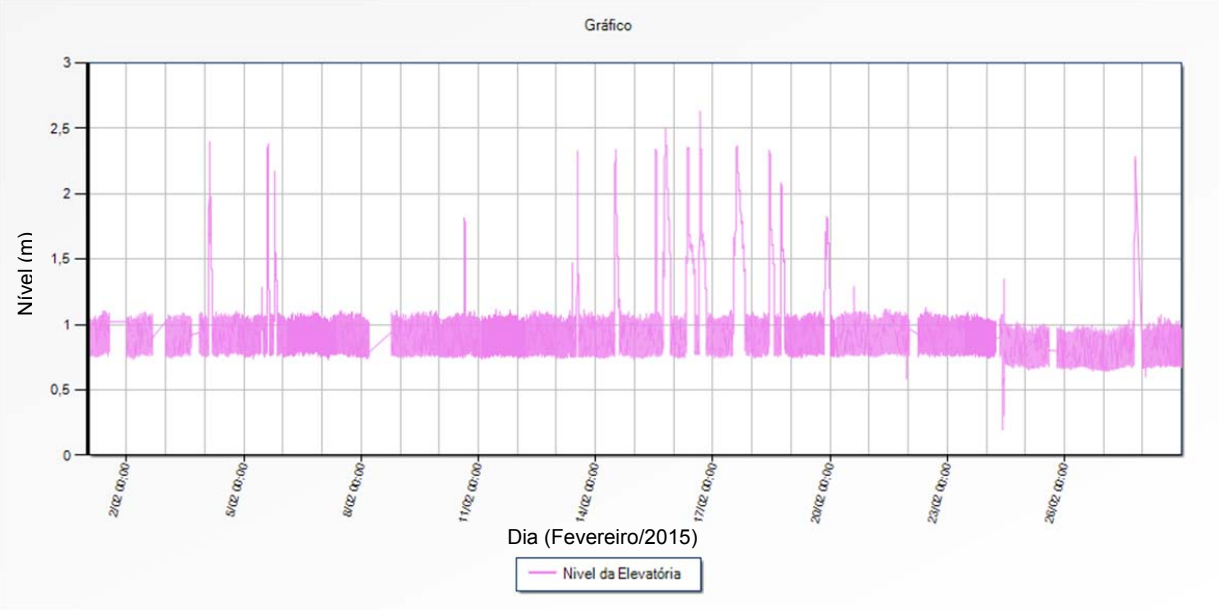


Figura 28 - Distribuição do nível no interior do poço de sucção da EEE Jd. Planalto.

Fonte: SABESP, 2015.

Através da Figura 28 é possível observar que existem variações pontuais na leitura de níveis. Tais ocorrências são devidas às contribuições pluviais e/ou problemas na operação do conjunto moto bomba submersíveis instalados. O sistema coletor de esgoto sanitário do município de Itaí foi concebido como separador absoluto, ou seja, existem sistemas pluvial e sanitário independentes. Portanto é possível verificar que há ligações pluviais interligadas ao sistema sanitário já que existem contribuições esporádicas ao sistema.

Com os dados do nível do poço de sucção foi possível determinar a vazão afluente à EEE Jd. Planalto no decorrer de um dia, uma vez que as características da bomba e as dimensões do poço de sucção são conhecidas. Para a determinação da vazão afluente foram utilizados os dias 09/02/2015, 11/02/2015 e 23/02/2015 já que estes não apresentaram contribuição esporádica pluvial e/ou problemas operacionais com os conjuntos moto bomba instalados.

Como o modelo proposto está discretizado em um período de 5 minutos, foi realizado o mesmo procedimento para as vazões afluentes que foram determinadas a cada minuto. A Figura 29 apresenta a distribuição de vazões média de efluentes para os 3 dias do mês de Fevereiro de 2015, citado anteriormente, que chegam na EEE Jd. Planalto. É possível observar que o principal período de geração de efluentes ocorre no período diurno.

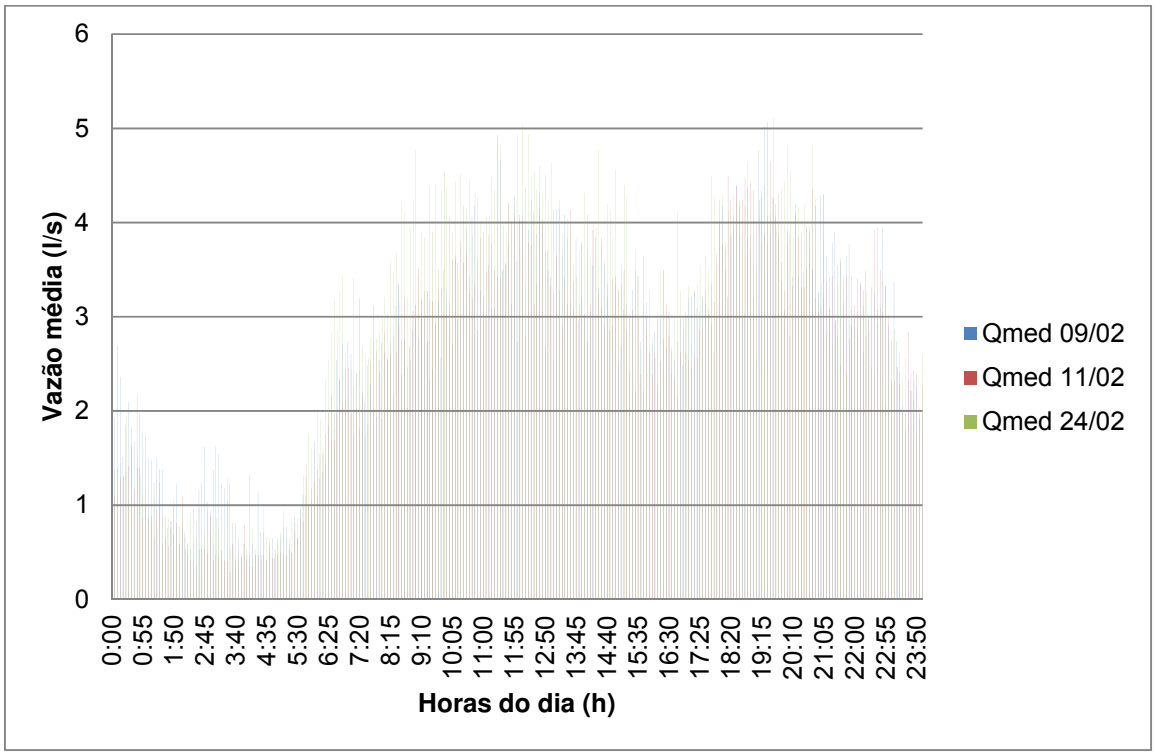


Figura 29 - Distribuição da vazão média afluente para os 3 dias na EEE Jd. Planalto.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

As vazões dos dias 09/02/2015, 11/02/2015 e 23/02/2015 apresentam comportamento de distribuição semelhante ao decorrer do dia, é possível observar na Figura 29 que há sobreposição de vazões para um mesmo instante do dia.

Para a composição dos dados de entrada do problema a ser estudado foi calculada a média de vazão afluente dos 3 dias selecionados. A Figura 30 apresenta a distribuição de vazões média afluente no decorrer do dia.

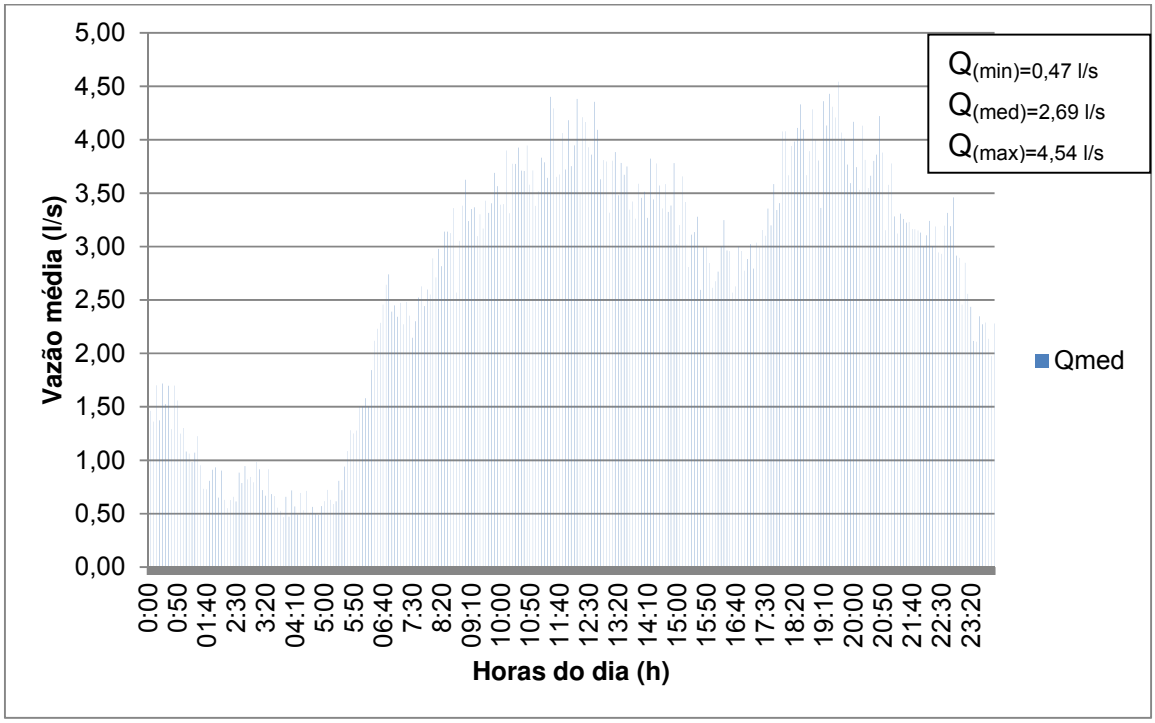


Figura 30 - Distribuição da vazão média afluente dos 3 dias na EEE Jd. Planalto.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Na Figura 30 é possível notar que as maiores vazões de efluente ocorrem no período próximo às 12:00hs e às 19:30hs, ou seja, no período das principais refeições do dia.

Portanto a vazão determinada pela medição de nível na EEE Jardim Planalto possui comportamento de distribuição ao longo do dia semelhante às referencias bibliográficas, Figura 8 (pequenas comunidades) e Figura 9.

6.2. Proposta de adequação da EEE Jd. Planalto

Primeiramente, realizou-se o estudo de modelagem e otimização com as características técnicas do poço de sucção existente em operação, ou seja, conforme o cadastro apresentado na Figura 26 e Tabela 15. As características do poço de sucção estão resumidas também na Tabela 18, a seguir.

Tabela 18 - Dados do poço de sucção da EEE jardim Planalto.

Variável	Valor	Unidade
Nível Mínimo Operacional	0,30	m
Nível Máximo Operacional	1,45	m
Diâmetro do poço	1,50	M
Área do poço	1,77	m²
Volume útil	2,21	m³
Diâmetro do recalque	100,00	Mm
Comprimento da tubulação de recalque	533,43	M

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Com os dados da Tabela 18 foi possível realizar a otimização da operação da EEE Jd. Planalto com o objetivo de minimização do custo diário de energia elétrica. O modelo proposto inicial apresentou solução factível, mas como o volume útil existente é pequeno para o armazenamento da vazão do efluente, principalmente no horário de ponta, obteve-se uma função objetivo com maior custo de energia elétrica diária na nova modalidade tarifária proposta. O custo superior de energia elétrica diária ocorreu quando se comparou a operação vigente, na modalidade convencional, com a proposta de operação otimizada em que preconiza a modalidade horo-sazonal do sistema tarifário.

A modalidade tarifária horo-sazonal tem o objetivo de racionalizar o consumo de energia elétrica em determinadas horas do dia e estações do ano, e assim motivar o consumidor para a sua utilização no horário mais barato.

Dessa forma, optou-se pela utilização do poço pulmão, dispositivo existente, como novo poço de sucção já que este possui maior capacidade volumétrica para a

nova proposta de operação. A Tabela 19 apresenta as características do novo poço de sucção, já a Figura 31 mostra uma proposta de nova interligação da tubulação de entrada na EEE Jd. Planalto.

Tabela 19 - Dados do novo poço de sucção da EEE jardim Planalto.

Variável	Valor	Unidade
Nível Mínimo Operacional	0,30	m
Nível Máximo Operacional	0,80	m
Diâmetro do poço	6,10	M
Área do poço	29,22	m²
Volume útil	14,61	m³
Diâmetro do recalque	100,00	Mm
Comprimento da tubulação de recalque	533,43	M

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

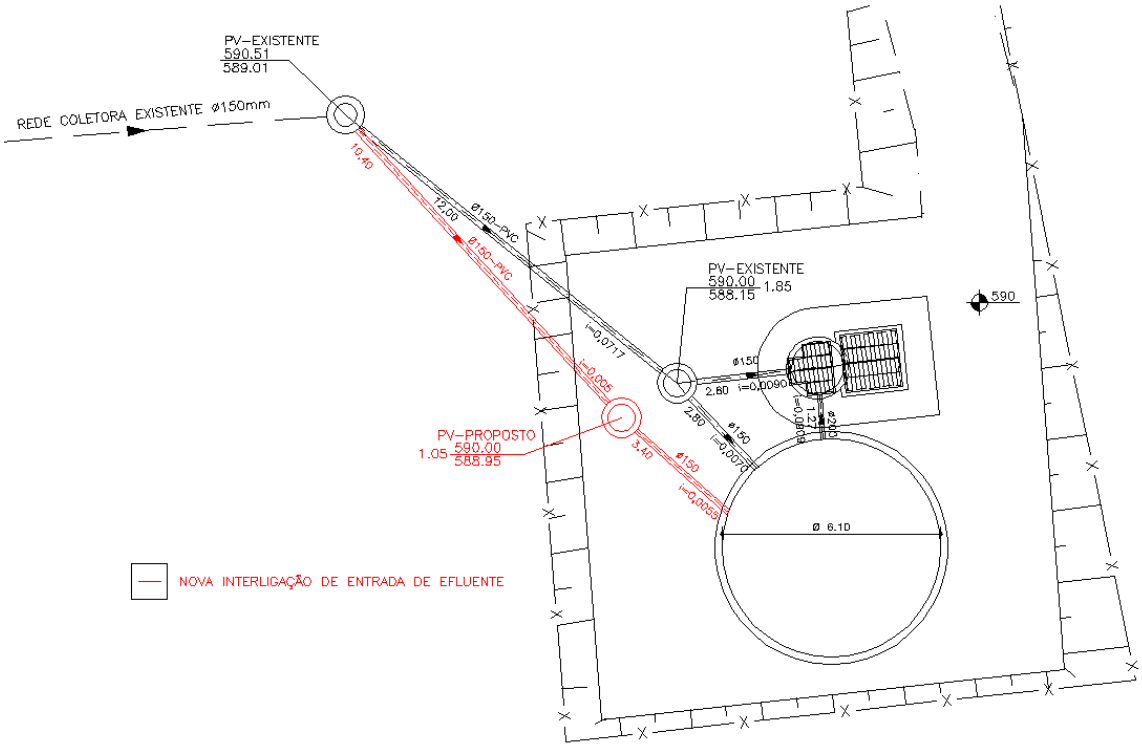


Figura 31 - Proposta de utilização de poço pulmão como poço de sucção.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Através do Anexo 03 é possível observar que a cota de fundo do poço de sucção existente é 585,90m e a cota de fundo do poço pulmão existente é de 587,40m. Para o modelo proposto foi considerado a cota de fundo do novo poço de sucção como 585,90m para não ocorrer alterações no desnível geométrico e permitir a comparação de eficiência energética com os mesmos parâmetros.

O nível máximo operacional determinado em 0,80m atende as condições operacionais do sistema existente. Este nível foi inferido para atender todas as considerações impostas ao problema através de diversas simulações na plataforma Risk Solver Platform.

Foram realizados testes anteriores para um nível máximo operacional diferente do proposto anterior com o Solver, licença livre, que já vem incluso no Microsoft Office Excel. A otimização foi elaborada em blocos com o limite das variáveis de decisão e restrições. Dessa forma, foram realizados 6 blocos cada um correspondendo a 4 horas de operação da EEE a serem otimizados com a interdependência entre o nível final da EEE do bloco precedente com o nível inicial do bloco subsequente. A utilização de blocos de otimização resultou em uma solução que não se obteve a melhor minimização da função objetivo já que o problema estava segmentado, conforme consta no artigo. (NITATORI, VATAVUK E FRANCATO, 2016)

Os conjuntos moto bomba submersíveis utilizados no novo poço de sucção foram o mesmo em que se encontram instaladas atualmente, ou seja, manteve-se o mesmo conjunto moto bomba para não alterar as característica como o rendimento, a potência, o ponto de trabalho entre outros parâmetros. A Tabela 20 e a Figura 32 apresentam as características dimensionais, operacionais e de instalação do conjunto moto bomba existente.

Tabela 20 - Características do conjunto moto bomba instalado na EEE Jd. Planalto.

Descrição	**Característica**	**Unidade**
Dados técnicos		
Modelo	PIR-M80-2D-ABS	-
Peso	77,0	Kg

Tipo de rotor	Triturador	-
Capacidade de vazão máxima	30,0	m³/h
Capacidade de altura máxima	75,0	m
Diâmetro de descarga	50,0	Mm
Diâmetro do rotor	177,0	Mm
Rotação	3.470,0	Rpm
Saída do Motor	8,0	kW
Tensão	460,0	V
Corrente de partida	80,9	A
Frequência	60,0	Hz
Ponto de operação		
Vazão	22,6	m³/h
Altura manométrica	37,5	M
Rendimento	31,1	%

Fonte: ABS - SULZER, 2015.

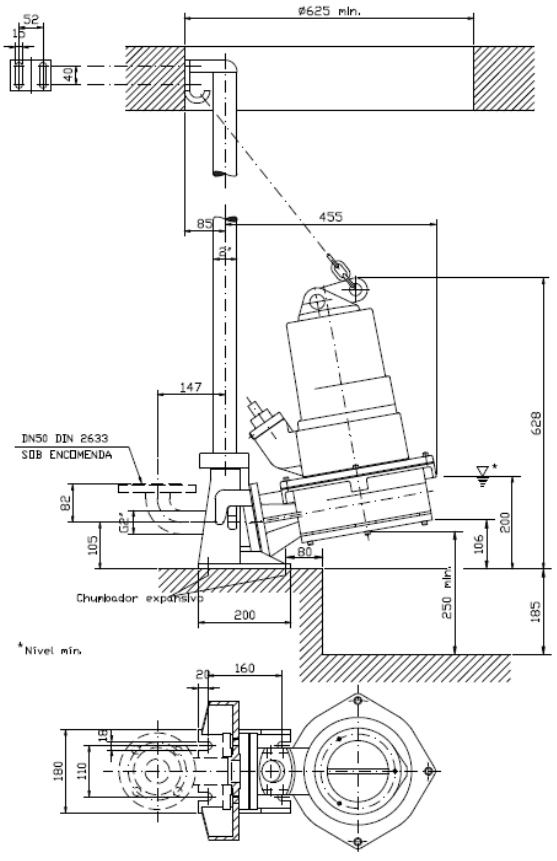


Figura 32 - Características dimensionais e operacionais da PIR-M80-2D.

Fonte: ABS - SULZER, 2015.

No Anexo 6 há o catálogo do fabricante com maiores características do conjunto moto bomba citado na tabela anterior. O ponto de operação do conjunto moto bomba instalado foi definido através da relação entre a curva do sistema e a curva da bomba, a Figura 33 mostra o ponto de intersecção das curvas.

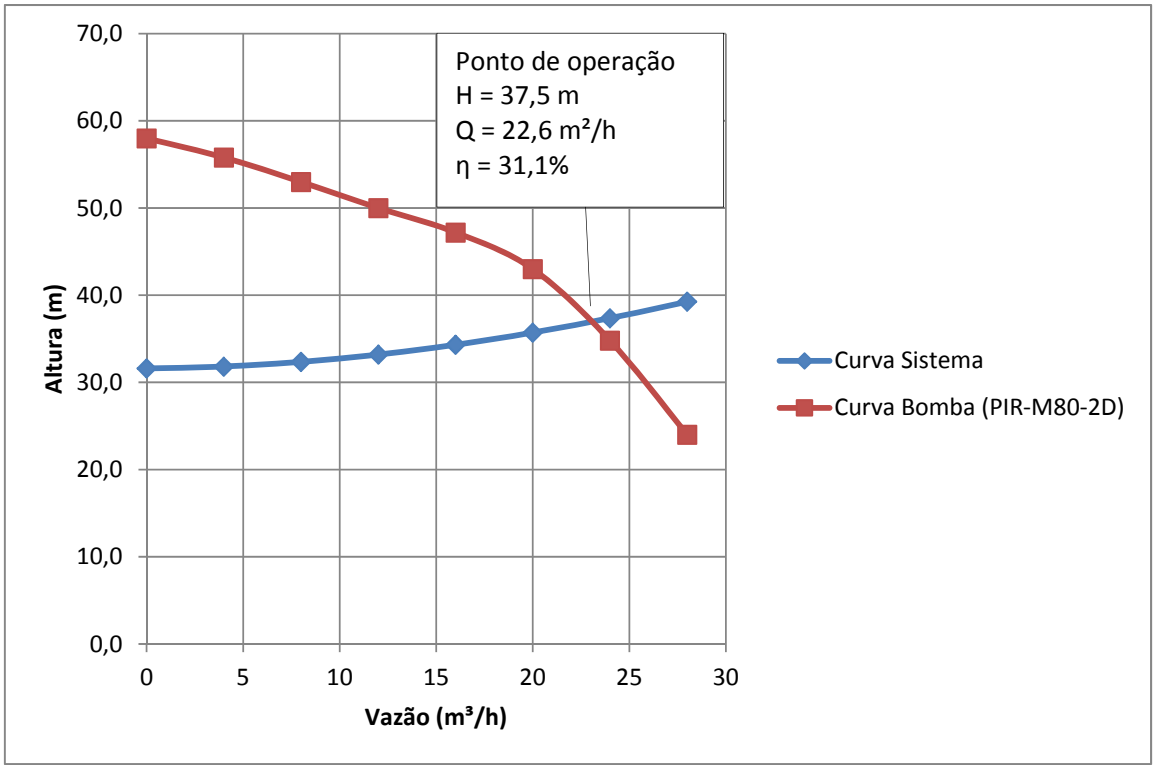


Figura 33 - Ponto de operação do conjunto moto bomba instalado.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Através da Figura 33 e da Figura 30 foi possível observar que a vazão máxima horária média foi de 16,20m³/h e a vazão de bombeamento é de 22,60m³/h. Assim foi possível concluir que a vazão de bombeamento é 1,39 vezes maior que a vazão máxima horária média.

Como será utilizado o poço pulmão como poço de sucção, serão necessárias novas adequações da EEE visando o licenciamento ambiental como a instalação de um gerador e novas interligações. O gerador terá a função de manter a operação do conjunto moto-bomba e não acarretar problemas de extravasamento de efluentes.

6.3. Situação hipotética para minimizar o custo diário

Foi realizada uma segunda simulação operacional, hipotética, para o modelo na qual preconiza o não acionamento do conjunto moto bomba em todo período de ponta do dia. Esta situação maximiza a redução do custo de energia elétrica na instalação já que não haverá cobrança em todo o período do dia que possui a maior tarifa elétrica. A Tabela 21 apresenta as características necessárias de um novo poço de sucção hipotético, mas é importante observar que os níveis operacionais necessários não atenderão as condições físicas existentes.

Tabela 21 - Dados do novo poço de sucção da EEE jardim Planalto.

Variável	Valor	Unidade
Nível Mínimo Operacional	0,30	m
Nível Máximo Operacional	1,80	m
Diâmetro do poço	6,10	m
Área do poço	29,22	m²
Volume útil	43,84	m³
Diâmetro do recalque	100,00	Mm
Comprimento da tubulação de recalque	533,43	M

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

O volume mínimo do poço de sucção necessário para atender todo o período de ponta sem acionamento do conjunto moto bomba foi determinado em função da vazão afluente a cada instante. Após inferir o volume necessário para suprir todo o período de ponta sem acionamento, foram realizadas diversas simulações no modelo, através de tentativas, com o objetivo de determinar o nível máximo operacional (tabela anterior).

No modelo proposto hipotético foram realizadas as mesmas considerações dos parâmetros mencionados anteriormente como a cota de fundo do poço de sucção, o nível mínimo operacional e o ponto de operação do conjunto moto bomba.

6.4. Resultados do modelo proposto

Através das técnicas de otimização e os equacionamentos descritos anteriormente foi possível elaborar um modelo que permitiu a operação ótima na EEE em análise. Utilizou-se a planilha Microsoft Excel, Solver, devido à facilidade de modelagem e flexibilidade dos dados de entrada.

Como o Solver que já vem incluso como complemento no Microsoft Office Excel possui um limite de 200 células variáveis de decisão e 100 células de restrições segundo Frontline (2015), optou-se por realizar a instalação da plataforma Risk Solver Platform e um complemento denominado Solver Engine. A Tabela 22 mostra a quantidade de variáveis de decisão e de restrições que o modelo proposto possui. O Anexo 05 apresenta a planilha completa, em Excel, com o modelo otimizado.

Tabela 22 - Parâmetros do Solver para o modelo proposto.

Parâmetros	Quantidade
Variáveis de decisão	288
Restrições	576
Inteiros	288

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Na Tabela 23 é apresentado o cronograma operacional otimizado da EEE, na qual as células com o número 1 indicam que a bomba está ligada e as células com o número 0 indicam que a bomba esta desligada. A tabela anterior foi elaborada com os dados da coluna Acionamento da planilha completa, em Excel, do Anexo 05. Assim para um horizonte de planejamento de 24 horas, 288 intervalos, a bomba da EEE permaneceu ligado, durante 124 intervalos, representando 43,05% do tempo.

Tabela 23 – Cronograma operacional otimizado da EEE jardim Planalto.

INTERVALO DA HORA DO DIA	00:00 - 05:00	05:00 - 10:00	10:00 - 15:00	15:00 - 20:00	20:00 - 25:00	25:00 - 30:00	30:00 - 35:00	35:00 - 40:00	40:00 - 45:00	45:00 - 50:00	50:00 - 55:00	55:00 - 00:00
00:00 - 01:00	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
01:00 - 02:00	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
02:00 - 03:00	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

03:00 - 04:00	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 - 05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
05:00 - 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
06:00 - 07:00	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
07:00 - 08:00	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
08:00 - 09:00	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0
09:00 - 10:00	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0
10:00 - 11:00	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1
11:00 - 12:00	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0
12:00 - 13:00	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0
13:00 - 14:00	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0
14:00 - 15:00	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0
15:00 - 16:00	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1
16:00 - 17:00	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1
17:00 - 18:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
18:00 - 19:00	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0
20:00 - 21:00	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0
21:00 - 22:00	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1
22:00 - 23:00	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1
23:00 - 00:00	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Na Tabela 23, o intervalo da hora do dia compreendido das 18:00hs até 21:00hs possuem hachura em vermelho pois indicam o horário de ponta do sistema tarifário horo-sazonal.

Para o período compreendido entre 17:00hs às 17:55hs, Tabela 23, notou-se a busca do esvaziamento do poço de sucção, ou seja, manter o nível do poço mais baixo para o próximo instante. Como a energia é mais cara no próximo intervalo, inicia-se o período de ponta, imagina-se que o nível do poço deveria ficar próximo do máximo e ocorrer menos acionamentos, contudo a vazão de entrada de efluentes neste período também é elevada e promoveu a necessidade do acionamento do conjunto moto bomba.

A Figura 34 apresenta o nível no interior do poço de sucção em função das restrições que foram estabelecidas no modelo proposto. A figura evidencia a busca do esvaziamento do poço no período anterior ao horário da ponta.

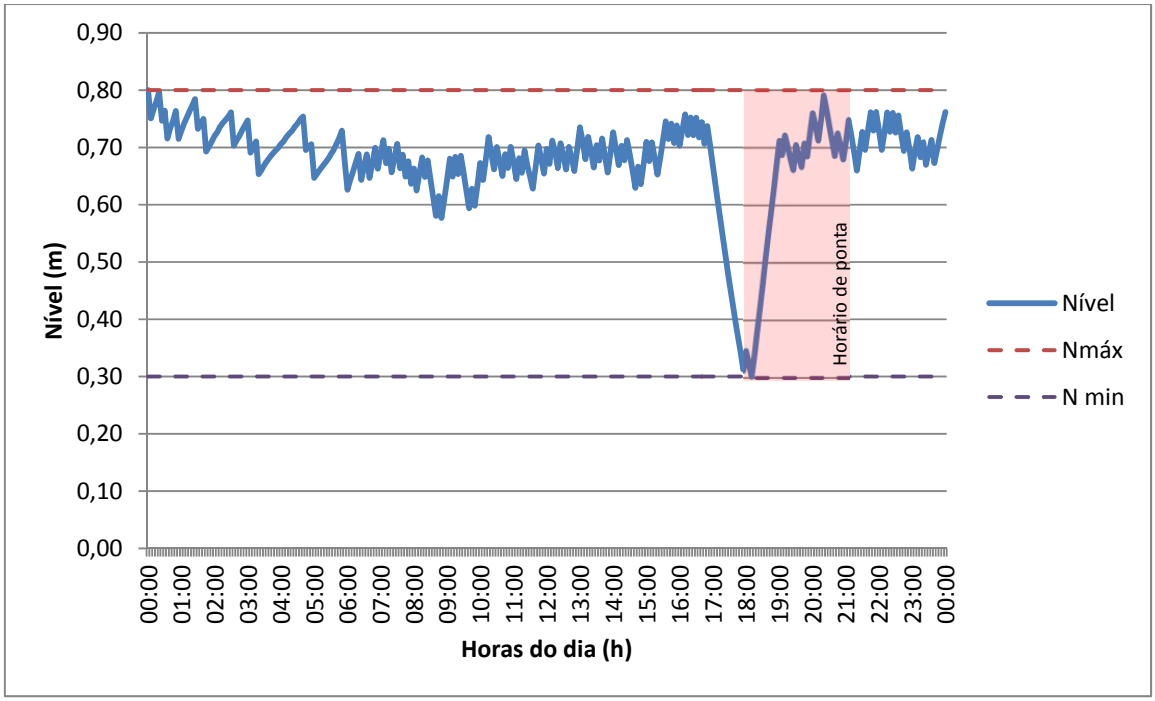


Figura 34 - Níveis operacionais para o modelo proposto.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Através da Figura 34 é possível observar que o nível de operação otimizada ocorreu, na maior parte do tempo, próximo ao limite máximo operacional já que neste intervalo ocorre menos consumo de energia elétrica para o conjunto moto bomba instalado em decorrência do desnível geométrico para o recalque. Tal fato se deve às restrições impostas e ao volume útil disponível para a busca da melhor solução visando a minimização do custo de energia elétrica.

Como mencionado no capítulo 5, o tempo de detenção hidráulica do esgoto sanitário não possui restrição de tempo no modelo. O modelo proposto apresentou o máximo de 16 instantes sem acionamento do conjunto moto bomba, ou seja, não houve o acionamento durante 80 minutos no intervalo compreendido entre 3:20hs a 4:40hs.

Outro resultado analisado foi a energia elétrica consumida, ou seja, o custo em reais do bombeamento para cada instante. A Tabela 24 representa o custo diário, em reais, do bombeamento da EEE. A tabela anterior foi elaborada com os dados da coluna Custo de Energia Elétrica (R$) da planilha completa, em Excel, do Anexo 05.

Tabela 24 - Mapa de custos de bombeamento da EEE jardim Planalto.

INTERVALO DA HORA DO DIA	00:00 - 05:00	05:00 - 10:00	10:00 - 15:00	15:00 - 20:00	20:00 - 25:00	25:00 - 30:00	30:00 - 35:00	35:00 - 40:00	40:00 - 45:00	45:00 - 50:00	50:00 - 55:00	55:00 - 00:00
00:00 - 01:00	0,1162	0,0000	0,0000	0,0000	0,1162	0,0000	0,1163	0,0000	0,0000	0,0000	0,1163	0,0000
01:00 - 02:00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1163	0,0000	0,0000	0,1164	0,0000	0,0000	0,0000
02:00 - 03:00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1164	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
03:00 - 04:00	0,1164	0,0000	0,0000	0,1165	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
04:00 - 05:00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1164	0,0000	0,0000	0,1165
05:00 - 06:00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1165	0,1166
06:00 - 07:00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1166	0,0000	0,0000	0,1166	0,0000	0,0000	0,1166	0,0000
07:00 - 08:00	0,0000	0,1165	0,0000	0,1166	0,0000	0,0000	0,1165	0,0000	0,1166	0,0000	0,1166	0,0000
08:00 - 09:00	0,1167	0,0000	0,0000	0,1166	0,0000	0,1166	0,1167	0,1168	0,0000	0,1168	0,0000	0,0000
09:00 - 10:00	0,0000	0,1166	0,0000	0,1166	0,0000	0,1166	0,1167	0,1168	0,0000	0,1168	0,0000	0,0000
10:00 - 11:00	0,1166	0,0000	0,0000	0,1165	0,1166	0,0000	0,1165	0,1166	0,0000	0,1166	0,0000	0,1165
11:00 - 12:00	0,1166	0,0000	0,1166	0,0000	0,1166	0,1167	0,1167	0,0000	0,0000	0,1165	0,1166	0,0000
12:00 - 13:00	0,1166	0,0000	0,1165	0,1166	0,0000	0,1165	0,1166	0,0000	0,1165	0,1166	0,0000	0,0000
13:00 - 14:00	0,1164	0,1165	0,0000	0,1165	0,1166	0,0000	0,1165	0,0000	0,1165	0,1166	0,0000	0,0000
14:00 - 15:00	0,1165	0,1166	0,0000	0,1165	0,0000	0,1165	0,1166	0,1167	0,0000	0,1167	0,0000	0,0000
15:00 - 16:00	0,1165	0,0000	0,1165	0,1166	0,0000	0,0000	0,0000	0,1164	0,0000	0,1164	0,0000	0,1164
16:00 - 17:00	0,0000	0,0000	0,1164	0,0000	0,1164	0,0000	0,1164	0,0000	0,1164	0,0000	0,1164	0,1165
17:00 - 18:00	0,1167	0,1168	0,1169	0,1170	0,1171	0,1172	0,1173	0,1174	0,1175	0,1176	0,1177	0,0000
18:00 - 19:00	0,5674	0,5677	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
19:00 - 20:00	0,5617	0,0000	0,5615	0,5618	0,5622	0,0000	0,5618	0,5621	0,0000	0,5617	0,0000	0,0000
20:00 - 21:00	0,5609	0,5613	0,0000	0,0000	0,5604	0,5608	0,5613	0,5617	0,0000	0,5615	0,5618	0,0000
21:00 - 22:00	0,0000	0,1164	0,1165	0,1166	0,0000	0,0000	0,1165	0,0000	0,0000	0,1164	0,0000	0,1164
22:00 - 23:00	0,1165	0,0000	0,0000	0,1164	0,0000	0,1164	0,0000	0,1164	0,1165	0,0000	0,1165	0,1166
23:00 - 00:00	0,0000	0,0000	0,1165	0,0000	0,1165	0,0000	0,0000	0,1165	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

R$ 0,1162 a R$ 0,1164 | R$ 0,1165 a R$ 0,5607 | maior R$ 0,5608

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Através da Tabela 24 obteve-se como resultado um custo diário de um bombeamento otimizado de R$22,03.

É possível notar que o custo com bombeamento sofre variações nos intervalos discretizados. Tal fato ocorreu devido à diferença de potência requerida pelo conjunto moto-bomba já que houve variação concomitante do nível do poço. No intervalo de 18:00hs até 21:00hs, horário de ponta, o custo de bombeamento é diferenciado devido ao fato da tarifação de energia elétrica cobrada ser em função do horário de consumo.

6.5. Resultados da situação hipotética para minimizar custo diário

A situação hipotética possui a mesma quantidade de variáveis de decisão, restrições e inteiros já que se alterou apenas o nível máximo operacional visando a maior capacidade volumétrica.

Na Tabela 25 é apresentado o cronograma operacional otimizado da situação hipotética, na qual as células com o número 1 indicam que a bomba está ligada e as células com o número 0 indicam que a bomba esta desligada. A tabela anterior foi elaborada com os dados da coluna Acionamento da planilha completa, em Excel, do Anexo 05. Assim para um horizonte de planejamento de 24 horas, 288 intervalos, a bomba da EEE ficou também no estado ligado durante 124 intervalos, representando 43,05% do tempo. Para a situação hipotética foi necessário a mesma quantidade de instantes, no estado ligado, que o modelo proposto do trabalho. A coincidência do estado ligado nos dois modelos, 124 intervalos, ocorreu devido à mesma vazão afluente de contribuição que será necessária para recalcar durante o horizonte do modelo, já que ambos modelos foram arbitrados de iniciar com o poço de sucção cheio.

Tabela 25 – Cronograma operacional otimizado da situação hipotética.

INTERVALO DA HORA DO DIA	00:00 - 05:00	05:00 - 10:00	10:00 - 15:00	15:00 - 20:00	20:00 - 25:00	25:00 - 30:00	30:00 - 35:00	35:00 - 40:00	40:00 - 45:00	45:00 - 50:00	50:00 - 55:00	55:00 - 00:00
00:00 - 01:00	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
01:00 - 02:00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
02:00 - 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
03:00 - 04:00	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 - 05:00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 - 06:00	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
06:00 - 07:00	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0
07:00 - 08:00	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1
08:00 - 09:00	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0
09:00 - 10:00	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1
10:00 - 11:00	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0
11:00 - 12:00	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0
12:00 - 13:00	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0
13:00 - 14:00	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0

14:00 - 15:00	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15:00 - 16:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16:00 - 17:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17:00 - 18:00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18:00 - 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 - 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00 - 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 - 22:00	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0
22:00 - 23:00	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
23:00 - 00:00	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Para o período compreendido entre 14:10hs às 18:00hs, Tabela 25, notou-se o mesmo comportamento da situação anterior, ou seja, a busca do esvaziamento do poço de sucção. Na tabela anterior não houve a necessidade de acionamento do conjunto moto bomba em todo o período de ponta uma vez que o volume é suficiente para atender todo o intervalo.

A Figura 35 apresenta o nível no interior do poço de sucção em função das restrições que foram estabelecidas no modelo hipotético. A figura também evidencia a busca do esvaziamento do poço no período anterior ao horário da ponta.

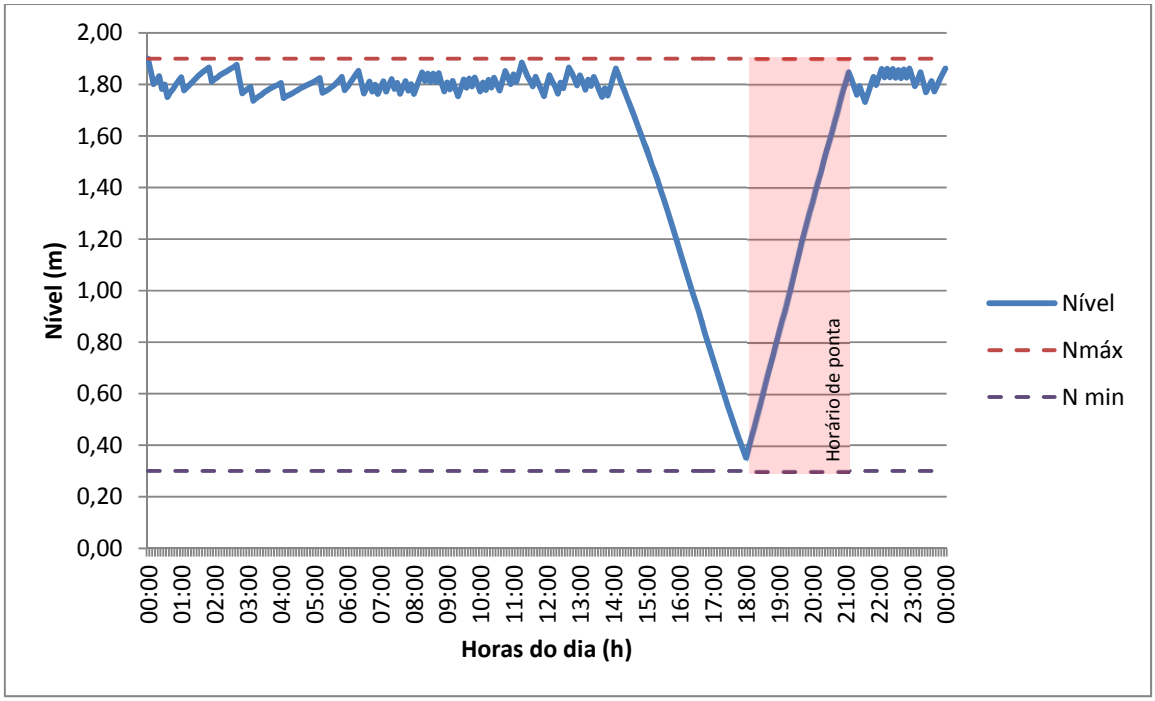


Figura 35 - Níveis operacionais para o modelo hipotético.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Ao comparar a Figura 34 com a Figura 35 é possível observar que a curva do modelo hipotético apresentou um comportamento regular e próximo ao nível máximo operacional no período classificado como horário fora de ponta, tal fato se deve ao maior volume existente no poço de sucção.

O modelo proposto hipotético apresentou o máximo de 36 instantes sem acionamento do conjunto moto bomba, ou seja, durante todo o período de ponta do sistema tarifário. Dessa forma não houve o acionamento durante 180 minutos no intervalo entre 19:00hs a 21:00hs.

Outro resultado analisado foi em função da energia elétrica consumida, ou seja, o custo em reais do bombeamento para cada instante. A Tabela 26 representa o custo diário, em reais, do bombeamento da EEE. A tabela anterior foi elaborada com os dados da coluna Custo de Energia Elétrica (R$) da planilha completa, em Excel, do Anexo 05.

Tabela 26 - Mapa de custos de bombeamento da situação hipotética.

INTERVALO DA HORA DO DIA	00:00 - 05:00	05:00 - 10:00	10:00 - 15:00	15:00 - 20:00	20:00 - 25:00	25:00 - 30:00	30:00 - 35:00	35:00 - 40:00	40:00 - 45:00	45:00 - 50:00	50:00 - 55:00	55:00 - 00:00
00:00 - 01:00	0,1127	0,1128	0,0000	0,0000	0,1129	0,0000	0,1130	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
01:00 - 02:00	0,1129	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1128	0,0000
02:00 - 03:00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1127	0,1129	0,0000	0,0000
03:00 - 04:00	0,0000	0,1130	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
04:00 - 05:00	0,1130	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
05:00 - 06:00	0,0000	0,0000	0,1129	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1129	0,0000
06:00 - 07:00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1128	0,1130	0,0000	0,0000	0,1130	0,0000	0,1130	0,0000
07:00 - 08:00	0,0000	0,1130	0,0000	0,0000	0,1129	0,0000	0,1130	0,0000	0,0000	0,1130	0,0000	0,1130
08:00 - 09:00	0,0000	0,0000	0,0000	0,1128	0,0000	0,1129	0,0000	0,1129	0,0000	0,1129	0,1130	0,0000
09:00 - 10:00	0,1130	0,0000	0,1130	0,1130	0,0000	0,0000	0,1129	0,0000	0,1129	0,0000	0,1129	0,1130
10:00 - 11:00	0,0000	0,1130	0,0000	0,1129	0,0000	0,1129	0,1130	0,0000	0,0000	0,1128	0,1129	0,0000
11:00 - 12:00	0,1129	0,0000	0,0000	0,1127	0,1128	0,1129	0,1130	0,0000	0,1129	0,1130	0,1131	0,0000
12:00 - 13:00	0,0000	0,1129	0,1130	0,1130	0,0000	0,1130	0,0000	0,0000	0,1128	0,1128	0,1129	0,0000
13:00 - 14:00	0,1129	0,1130	0,0000	0,1129	0,0000	0,1129	0,1130	0,1131	0,0000	0,1130	0,0000	0,0000
14:00 - 15:00	0,0000	0,1128	0,1129	0,1130	0,1131	0,1132	0,1132	0,1133	0,1134	0,1135	0,1136	0,1137
15:00 - 16:00	0,1138	0,1139	0,1140	0,1141	0,1142	0,1143	0,1144	0,1145	0,1146	0,1147	0,1148	0,1150
16:00 - 17:00	0,1151	0,1152	0,1153	0,1154	0,1155	0,1156	0,1157	0,1159	0,1160	0,1161	0,1162	0,1163
17:00 - 18:00	0,1164	0,1165	0,1167	0,1168	0,1169	0,1170	0,1171	0,1172	0,1173	0,1174	0,1175	0,1176
18:00 - 19:00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
19:00 - 20:00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
20:00 - 21:00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
21:00 - 22:00	0,0000	0,1128	0,1129	0,1130	0,0000	0,1130	0,1131	0,0000	0,0000	0,0000	0,1129	0,0000
22:00 - 23:00	0,0000	0,1128	0,0000	0,1128	0,0000	0,1128	0,0000	0,1128	0,0000	0,1128	0,0000	0,1128
23:00 - 00:00	0,1129	0,0000	0,0000	0,1128	0,1130	0,0000	0,0000	0,1130	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

R$ 0,1127 a R$ 0,1134 maior R$ 0,1135

Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Através da Tabela 26 obteve-se como resultado um custo diário de um bombeamento otimizado de R$14,10. Esta situação potencializa a minimização de custo de bombeamento já que não houve o acionamento em todo o período de ponta.

É possível notar que o custo de bombeamento sofreu variações nos intervalos discretizados, tal fato também ocorreu devido à diferença de potência requerida pelo conjunto moto-bomba.

7. CONCLUSÃO E SUGESTÕES DE TRABALHOS

7.1. Considerações Finais

A partir das operações otimizadas obtidas através do modelo proposto e da situação hipotética, são apresentadas neste item considerações relevantes ao planejamento operacional utilizando eficiência energética.

O objetivo deste trabalho foi analisar e propor adequações operacionais da EEE jardim Planalto, visando à redução do consumo de energia elétrica no horizonte de 24 horas.

Através dos resultados, capitulo 6, foi possível observar que no período de ponta o poço de sucção foi utilizado para o acúmulo de efluente, e assim foi possível obter a redução de custo de energia elétrica no horizonte do modelo.

Os resultados obtidos nesta pesquisa foram a favor da segurança já que foram utilizadas simplificações como o instante fixo, o ponto fixo de operação da bomba e a utilização da fórmula de Hazen Williams para obtenção de perda de carga.

A EEE jardim Planalto possuía em Fevereiro de 2015 um custo operacional diário médio com energia elétrica de R$ 23,79. Com o modelo de bombeamento otimizado o custo diário ficou em R$22,03. Assim, pode-se observar que houve um decréscimo no custo de energia elétrica de 7,40%.

Para a situação hipotética, que visa à máxima redução do custo de energia elétrica diária, o modelo de bombeamento otimizado resultou em um custo diário de R$14,10. Assim, pode-se observar que houve um decréscimo no custo de energia elétrica de 40,73%. O resultado anterior demonstra o máximo potencial de redução de custo de energia elétrica para o modelo elaborado para a EEE em estudo.

O trabalho que foi desenvolvido é um passo preliminar para a implementação dos conceitos de otimização em projetos de estações elevatórias de esgoto. Dessa forma, espera-se que as técnicas desenvolvidas nesta pesquisa sejam aplicadas em

uma próxima fase do estudo para promover reduções futuras com as despesas operacionais e/ou concepções de novos projetos.

Nos últimos tempos, segundo a ANEEL, o pico de consumo de energia elétrica no país têm-se antecipado para o período da tarde devido, principalmente, ao uso do ar-condicionado. Dessa forma, o modelo proposto neste trabalho poderá se flexibilizar às novas politicas tarifárias, em discussão, e com isso permitir a sua operação otimizada.

Salienta-se que foi utilizado o poço pulmão como poço de sucção, assim serão necessárias adequações na EEE como a instalação de um grupo gerador, transformador e novas interligações. Portanto, seria necessário contabilizar o custo de implantação e aquisição de tais equipamentos para viabilizar as modificações e o licenciamento ambiental.

7.2. Sugestões para trabalhos futuros

Neste subcapítulo são apresentadas algumas sugestões para o desenvolvimento e aprimoramento dos conhecimentos de alguns pontos discutidos nesta pesquisa.

- Utilização de EEE com maior quantidade de conjunto moto bombas instalada;
- Possibilidade de utilização combinada de conjuntos moto bombas com características de vazões de recalque diferentes; e/ou
- Viabilidade de utilização de conjunto moto bomba com inversor de frequência, já que permitiria diversos pontos de operação do conjunto moto bomba.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRADEE-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DISTRIBUIDORES ENERGIA ELÉTRICA (Brasília) (Org.). **Tarifas de energia.** 2015. Disponível em: <http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/tarifas-de-energia/tarifas-de-energia>. Acesso em: 21 out. 2015.

ABS – SULZER (São Paulo) (Org.). **ABSEL:** versão BRA 1.7.6b. São Paulo: Sulzer, 2015.

Agência Internacional de Energia. (Org.). **World energy outlook 2008.** Paris: International Energy Agency, 2008. 578 f. Disponível em: <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebsite/2008-1994/weo2008.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2016.

AES ELETROPAULO (São Paulo) (Org.). **Conceito de energia elétrica.** 2015. Disponível em: <https://www.aeseletropaulo.com.br/educacao-legislacao-seguranca/informacoes/conteudo/conceitos-de-energia-eletrica>. Acesso em: 15 out. 2015.

ALEM SOBRINHO, Pedro; TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Coleta e transporte de esgoto sanitário.** São Paulo: Winner Graph, 1999. 548 p.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (New York) (Org.). **Design and construction of sanitary and storm:** ASCE Manual of Engineering Practice nº 37. New York: Asce, 1960. 286 p.

ARENALES, Marcos et al. **Pesquisa Operacional**: Para cursos de engenharia. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 524 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8.160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução. Rio de Janeiro: Abnt, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9.649**: Projeto de Redes de Esgoto. Rio de Janeiro: Abnt, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR12.208**: Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: Abnt, 1992.

BARTLETT, Ronaldo E.. **Pumping stations for water and sewage.** Londres: Applied Science Publisher Ltd, 1974. 150 p.

BOUZON, Marina; COELHO, Antônio Sérgio; RODRIGUEZ, Carlos M. Taboada. Determinação do padrão de operação ótimo para o custo energético de um sistema de distribuição de água. **Revista produção online: Revista científica eletrônica de engenharia de produção,** Florianópolis, v. 13, n. 2, p.500-519, abr. 2013. Disponível em: <http://www.producaoonline.org.br/rpo/article/viewFile/1108/1013>. Acesso em: 01 dez. 2015.

BRASIL (Estado). Decreto nº 7891, de 23 de janeiro de 2013. **Dispõe sobre as concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sobre a redução dos encargos setoriais e sobre a modicidade tarifária**. Brasília, DF, 23 jan. 2013. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/Decreto/D7891.htm>. Acesso em: 23 out. 2015.

BRASIL (Estado). Lei nº 10295, de 17 de Outubro de 2001**. Politica nacional de conservação e uso racional de energia e dá outras providencias**. Brasília, DF, 18 out. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm >. Acesso em: 28 out. 2015.

BRASIL (Estado). Portaria nº 455, de 01 de Dezembro de 2010. **Estabelece os requisitos de avaliação da conformidade para bombas e motobombas centrífugas**. Brasília, DF, 03 dez. 2010. Disponível em: < http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001633.pdf >. Acesso em: 01 ago. 2016.

BRASIL (Estado). Resolução Normativa nº 414, de 09 de setembro de 2010. **Estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada e consolidada**. Brasília, DF, 15 set. 2010. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>. Acesso em: 23 out. 2015.

BROOKE, Anthony; KENDRIK, David; Meeraus, Alexander. **GAMS – Sistema Geral de Modelagem Algébrica.** São Paulo, Edgard Blucher Ltda, 1997.

CARÇÃO, João Francisco de Castro. **Tarifas de energia elétrica no Brasil.** 2011. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Energia e Automação Elétrica, Universidade São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-31102011-121410/publico/Dissertacao_Joao_Francisco_de_C_Carcao.pdf>. Acesso em: 21 out. 2015.

CASTRO, Marco Aurélio Holanda de; COSTA, Luís Henrique Magalhães; RAMOS, Helena. Utilização de um algoritmo genético híbrido para operação ótima de sistemas de abastecimento de água. **Engenharia sanitária e ambiental,** São Paulo, v. 15, n. 2, p.187-196, abr. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v15n2/a11v15n2.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2015.

CETESB - Centro Tecnológico de Saneamento Básico. Secretaria dos Serviços e Obras Públicas (Org.).**Estações elevatórias de esgoto.** São Paulo: Cetesb, 1970. 71 p.

CORRAR, Luiz João; THEÓFILO, Carlos Renato et. all; **Pesquisa Operacional para Decisão em Contabilidade e Administração**. São Paulo, Atlas, 2004.

CRESPO, Patricio Gallegos. **Elevatórias nos sistemas de esgotos.** Belo Horizonte: Ufmg, 2001. 290 p. (Aprender).

DEERING, Derrick; LIM, Howe. Efficient Energy Use in Pump Water Supply Systems in Cold Regions. In: WORLD ENVIRONMENTAL AND WATER RESOURCES CONGRESS 2012, 2012, Novo México. **Proceeding.** Novo México: EWRIi, 2012. v. 5, p. 3044 - 3053. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784412312.306>. Acesso em: 05 jul. 2016.

DE LA TORRE, Antonio . Efficiency optimization in SWRO plant: high efficiency & low maintenance pumps. **Desalination**, Grécia, v. 221, n. 1, p.151-157, 19 jan. 2008. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916407006881>. Acesso em: 05 jul. 2016.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia (Org.). **Balanço energético nacional:** Relatório Síntese Ano Base 2014. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética, 2015. 61 p. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Síntese do Relatório Final_2015_Web.pdf>. Acesso em: 15 out. 2015.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia (Org.). **Balanço energético nacional:** Relatório Final Ano Base 2013. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética, 2014. 288 p. Disponível em: < https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf>. Acesso em: 28 out. 2015.

EWA-EUROPEAN WATER ASSOCIATION (Alemanha) (Org.). **Yearbook 2012/2013.** Alemanha: European Water Association, 2012. 59 f. Disponível em: <http://www.ewa-online.eu/yearbooks.html>. Acesso em: 05 jul. 2016.

EWA-EUROPEAN WATER ASSOCIATION (Alemanha) (Org.). **Yearbook 2016/2017.** Alemanha: European Water Association, 2016. 60 f. Disponível em: <http://www.ewa-online.eu/yearbooks.html>. Acesso em: 05 jul. 2016.

FANG, Hai-en; ZHANG, Jie; GAO, Jin-liang. Optimal operation of multi-storage tank multi-source system based on storage policy. **Journal of Zhejiang University Science** A, Zhejiang, v. 8, n. 8, p.571-579, 31 jul. 2010. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1631/jzus.A0900784>. Acesso em: 01 jul. 2016.

FRANCATO, Alberto Luiz, BARBOSA, Paulo Sérgio Franco. **Operação ótima de sistemas urbanos de abastecimento de água**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA (COBEM), 15. 1999, Águas de Lindóia. Águas de Lindóia, 1999.

FRANCATO, Alberto Luiz. et al. **A eficiência energética na operação ótima de estações elevatórias de esgoto**. Revista DAE, ed. 185, p. 29-34, 2011.

FRONTLINE, (Org.). **Excel solver - GRG nonlinear solving method stopping conditions.** 2015. Disponível em: <http://www.solver.com/excel-solver-grg-nonlinear-solving-method-stopping-conditions>. Acesso em: 18 nov. 2015.

GAMEIRO, Luís Fernando de Souza. **Dimensionamento otimizado de redes de esgotos sanitários com a utilização de algoritmos genéticos.** 2003. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Ambiental, Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2003. Disponível em: <https://sistemas.ufms.br/sigpos/portal/trabalhos/download/28/cursoId:33>. Acesso em: 03 dez. 2015.

GELLER, Howard Steven. **O uso eficiente da eletricidade: Uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil.** Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Eficiência Energética, 1994. 226 p.

GOMES, Daniel Mescoito. **Importância do volume útil do poço de sucção na redução do consumo de energia elétrica em Estação Elevatória de Esgoto.** 2010. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010. Disponível em: <http://www.ufpa.br/ppgec/data/producaocientifica/Daniel Mescoito.pdf>. Acesso em: 15 out. 2015.

GOMES, Heber Pimentel. **Eficiência hidráulica e energética em saneamento:** Análise econômica de projetos. Rio de Janeiro: ABES, 2005. 114 p.

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (Org.). **Censo 2010.** 2010. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=352180&idtema=97&search=sao-paulo|itai|censo-demografico-2010:-resultados-da-amostra-migracao-->. Acesso em: 25 nov. 2010.

IGLESIAS-REY, Pedro Luis et al. Combining Engineering Judgment and an Optimization Model to Increase Hydraulic and Energy Efficiency in Water Distribution Networks. **ASCE - Journal of Water Resources Planning And Management.** Michigan, p. 1-4. 14 out. 2015. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000605>. Acesso em: 07 jul. 2016.

KAYA, Durmus et al. Energy efficiency in pumps. **Energy Conversion And Management**. Países Baixo, p. 1662-1673. 14 jan. 2008. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890407003998>. Acesso em: 21 jul. 2016.

KELLER, Hannes W.. **Thinfilm or Piezoresistive / Technologies by comparison.** Winterthur: Keller, 1996. Disponível em: <http://www.keller druck.pt/pt/info/film_fino_ou_piezoresistivo>. Acesso em: 17 fev. 2016.

LACHTERMACHER, Gerson. **Pesquisa operacional na tomada de decisões**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004. 384 p.

LIMBERGER, Marcos Alexandre. **Estudos da tarifa branca para a classe residencial pela medição de consumo de energia e de pesquisa de posses e hábitos.** 2014. 162 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Metrologia, Metrologia Para A Qualidade e Inovação, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.dbd.puc-rio.br/pergamum/biblioteca/php/mostrateses.php?open=1&arqtese=1121833_2014_Indice.html>. Acesso em: 23 out. 2015.

LOESCH, Claudio; HEIN, Nelson. **Pesquisa operacional:** Fundamentos e Modelos. São Paulo: Saraiva, 2011. 248 p.

MACHADO, Érica Cristina, M. N., et al. Otimização da operação de redes de adução de água utilizando algoritmos genéticos. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 16., 2005, João Pessoa. 19 p. Disponível em: <http://www.hidro.ufcg.edu.br/twiki/pub/EricaCristine0/Publicacoes/PAP0650.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2015.

MARINS, Fernando Augusto Silva. **Introdução à pesquisa operacional.** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011. 176 p. Disponível em: <http://www.feg.unesp.br/~fmarins/>. Acesso em: 17 nov. 2015.

MASSULO, Adélia Mara. **Eficiência energética em estações elevatórias de esgotos: estudo de caso na cidade de uberlândia-MG.** 2011. 170 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000827305&opt=1>. Acesso em: 13 ago. 2014.

MCMAHON, James E.; PRICE, Sarah K.. Water and Energy Interactions. **Annual Review Of Environment And Resources**, Palo Alto, v. 36, n. 1, p.163-191, 24 ago. 2011. Disponível em: <http://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-environ-061110-103827>. Acesso em: 06 jun. 2016.

MEGUID, Hossam Abdel; ULANICKI, Bogumil. Feedback rules for operation of pumps in a water supply system considering electricity tariffs. In: **WATER DISTRIBUTION SYSTEM ANALYSIS**, 2010., 2010, Tucson. Proceedings... . 2010: Wdsa, 2010. p. 1188 - 1205. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41203(425)108>. Acesso em: 03 dez. 2015.

METACALF & EDDY, INC – **Wastewater engineering: Collection and pumping of wastewater**. New York, McGraw-Hill, 1981

METCALF, Leonard; EDDY, Harrison P.. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos.** 5. ed. Porto Alegre: Mcgraw-Hill, 2016. 2008 p.

MOREIRA, Marco Aurélio Ribeiro Gonçalves. **Potencial de Mercado de Eficiência. Energética no Setor de Água e Esgoto no. Brasil – Avaliação de Estratégias segundo o. Modelo de Porter.** 2006. 280 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, O Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/mamoreira.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2016.

MOREIRA, Juarez Nazareho Muniz. **Custos e preços como estratégia gerencial em uma empresa de saneamento.** 1998.. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

NETTO, Azevedo et al. **Manual de Hidráulica.** 8. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1998. 670 p.

NITATORI, Diogo Hiroshi; VATAVUK, Paulo; FRANCATO, Alberto Luiz. Proposta de adequação de uma estação elevatória de esgoto utilizando eficiência energética: estudo de caso na cidade de itaí/sp. In: CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, 27., 2016, São Paulo. **Anais... .** São Paulo: AESABESP, 2016. p. 1 - 12. Disponível em: <http://evolvedoc.com.br/aesabesp/detalhes-2029_proposta-de-adequacao-de-uma-estacao-elevatoria-de-esgoto-utilizando-efeciencia-energetica-estudo-de-caso-na-cidade-de-itaisp>. Acesso em: 24 out. 2016.

NOGAMI, Paulo S.. **Bombas e sistema de recalque.** São Paulo: Cetesb, 1974. 261 p.

OLIVEIRA, Gesner; SCAZUFCA, Pedro. **A economia do saneamento.** São Paulo: Singular, 2009. 224 p.

Organização das Nações Unidas. Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais (Org.). **World urbanization prospects: The 2009 revision.** Nova Iorque: Organização das Nações Unidas, 2010. 56 f. Disponível em: <ipcc-wg2.gov/njlite_download2.php?id=10148>. Acesso em: 08 jul. 2016.

PEREIRA. José Almir Rodrigues, SOARES, Jaqueline Maria. Rede Coletora de esgoto Sanitário: **Projeto construção e operação**. NUMA, 2006. 296p.

PORTO, Rodrigo Melo. Hidráulica Básica. 4ed. São Paulo. EDUSP, 2004.

RACOVICEANU, Alina I. et al. Life-Cycle Energy Use and Greenhouse Gas Emissions Inventory for Water Treatment Systems. **Journal Of Infrastructure Systems**, Canada, v. 13, n. 4, p.261-270, 01 dez. 2007. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/(ASCE)1076-0342(2007)13:4(261)>. Acesso em: 10 jun. 2016.

REIS, Luisa Fernanda Ribeiro; AKUTSU, Jorge. Estratégias Operacionais para Sistemas de Reservatórios via Algoritmos Genéticos (AGs). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos,** [s.l.], v. 7, n. 3, p.5-17, jul. 2002. Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH. http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v7n3.p5-17. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=100&SUMARIO=1589>. Acesso em: 02 out. 2016.

REIS, L. F. R. et al. Water Supply Reservoir Operation by Combined Genetic Algorithm – Linear Programming (GA-LP) Approach. **Water Resources Management,** [s.l.], v. 20, n. 2, p.227-255, abr. 2006. Springer Nature. http://dx.doi.org/10.1007/s11269-006-8049-z. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007/s11269-006-8049-z>. Acesso em: 02 out. 2016.

RUDRA NARSIMHA RAO, G. et al. A decision-making approach for energy efficiency improvement in municipal water pumps during water scarcity scenario. **Energy Efficiency**, Países Baixo, v. 9, n. 1, p.141-151, 14 maio 2015. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007/s12053-015-9354-2>. Acesso em: 28 jun. 2016.

SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Carlos Lloret Ramos. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (Org.). **Estudo de estações elevatórias de esgoto:** Poço de Sucção Circular Interior. São Paulo: Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 1999. 75 f.

SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Caderno técnico para elaboração de projetos dos sistemas de água e esgotos em empreendimentos imobiliários**: Requisitos básicos para elaboração de projetos dos sistemas de água e esgotos em empreendimentos imobiliários. 1 ed. São Paulo: Sabesp, 2012. 50 p.

SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (São Paulo). Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos (Org.). **G.E.L.:** Sistema de Gerenciamento de Energia Elétrica. São Paulo: Sabesp, 2015.

SANKS, Robert L.; TCHOBANOGLOUS, George (Ed.). **Pumping station design:** Second Edition. 2. ed. United States Of America: Butterworth-heinemann, 1998. 1050 p.

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org.). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2007.** Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2008. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2010>. Acesso em: 17 maio 2016.

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org.). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2010.** Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2011. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2010>. Acesso em: 17 maio 2016.

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org.). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2011.** Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2012. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2011>. Acesso em: 17 maio 2016.

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org.). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2012.** Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2013. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2012>. Acesso em: 17 maio 2016.

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org.). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2013.** Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2014. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2013>. Acesso em: 17 maio 2016.

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org.). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2014.** Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2016. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2014>. Acesso em: 17 maio 2016.

TOKYO METROPOLITAN GOVERNMENT. Bureau Of Waterworks. **Tokyo Waterworks 10 Year Plan for Energy Efficiency.** Tóquio, 2015. 49 f. Disponível em: <https://www.waterprofessionals.metro.tokyo.jp/pdf/energy-1_01.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2016.

TONN, Bruce; PERETZ, Jean H.. State-level benefits of energy efficiency. **Energy Policy**, Países Baixo, v. 35, n. 7, p.3665-3674, 06 mar. 2007. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421507000225>. Acesso em: 29 jun. 2016.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de água**. 3° Ed. São Paulo, Departamento da Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água**. 1° Ed. ABES. São Paulo, 2001

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Redução do custo de energia elétrica em estações elevatórias de água e esgoto**. ABES. São Paulo, 1997

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Estações elevatórias de esgotos : principais aspectos de projeto.** 1983. 201 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Universidade São Paulo, São Paulo, 1983.

US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **EPA 832-F-00-073**: Collection Systems Technology Fact Sheet Sewers, Lift Station. Washington: Us Environmental Protection Agency, 2000. 8 p. Disponível em: <http://water.epa.gov/scitech/wastetech/upload/2002_06_28_mtb_sewers-lift_station.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2014.

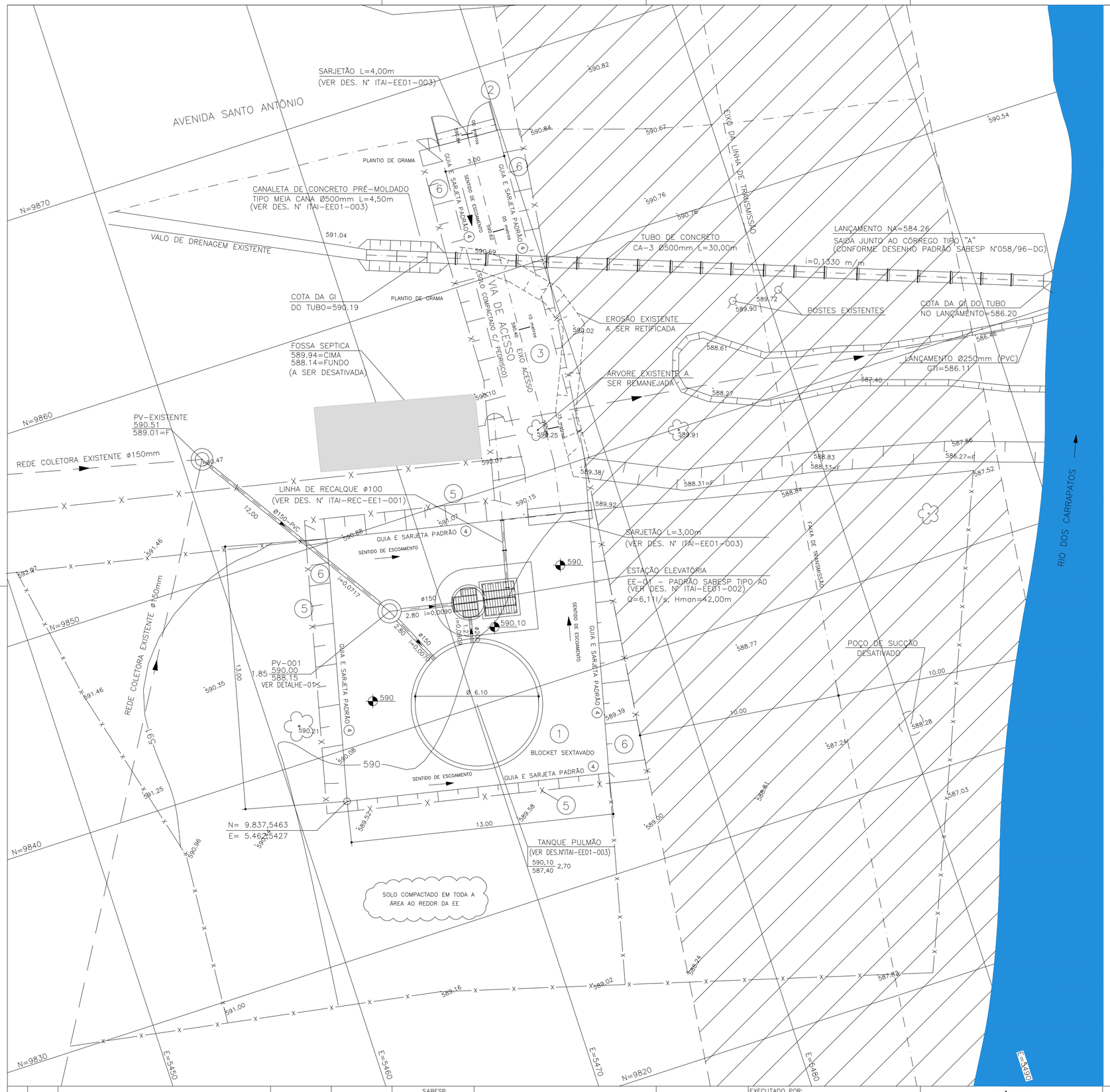
VIDAL, Francisco José Targino. **Desenvolvimento de um simulador de bombeio por cavidades progressivas.** 2005. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Automação e Sistemas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005. Disponível em: <http://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15400/1/FranciscoJTV.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2015.

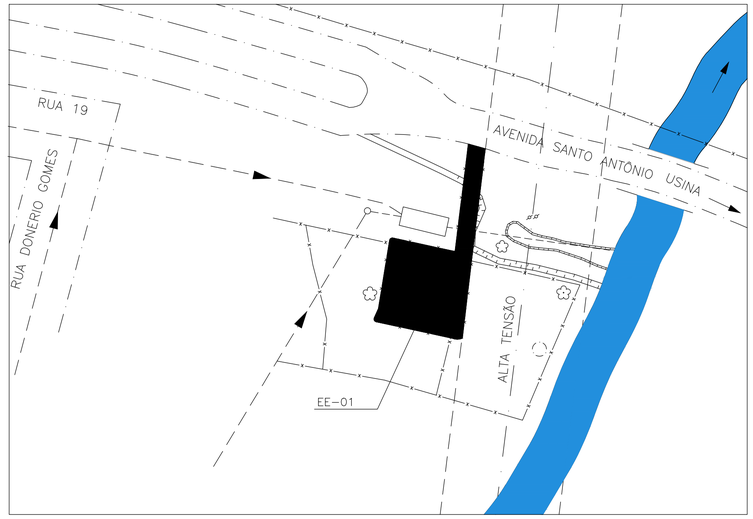
VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e tratamento de esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452 p.

WEATHERFORD (Rio Grande do Sul) (Org.). **Manual de Instalação e Manutenção.** São Leopoldo: Weatherford, 2015. 19 p.

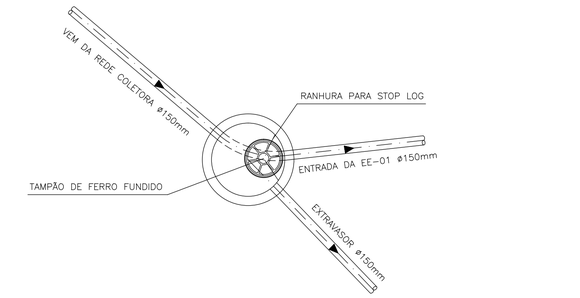
9. ANEXOS

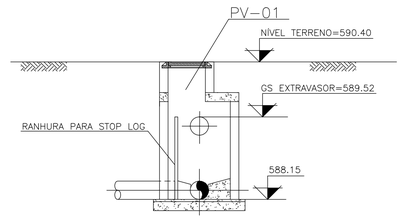
9.1. ANEXO 01 – Projeto de implantação da EEE jardim Planalto

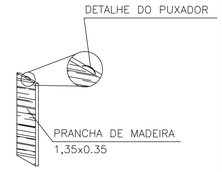




PLANTA DE LOCALIZAÇÃO
ESCALA 1:2.000







DETALHE-01 PV-01 COM STOP LOG E EXTRAVASOR
ESCALA 1:50

ACABAMENTOS				
1	BLOCKET SEXTAVADO	M2	121.00	APLICADO NA RUA INTERNA
2	PORTÃO DE FERRO GRADIL DE FERRO	UN	01	CONF. DES. PADRÃO SABESP N°755-1984-SAT
3	SOLO COMPACTADO C/ PEDRISCO	M2	58.00	
4	GUIA E SARJETA	M	90.00	CONCRETO DESEMPENADO JUNTA A CADA 1.50mX1.50m PADRÃO SABESP
5	ALAMBRADO	M	91.00	CONF. DES. PADRÃO SABESP N°755-1984-SAT
6	PLANTIO DE GRAMA	M2	76.00	A SER PLANTADA EM TODOS OS TALUDES

Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	SABESP ACEITO	SABESP DATA	DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMERO
1	10/2002	DE ACORDO COM COMENTÁRIOS SABESP	E. BERRETTINI				ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTOS TIPO "A"	191/91-SAT
2	01/2003	DE ACORDO COM COMENTÁRIOS SABESP	E. BERRETTINI					

EXECUTADO POR:

NOTAS
1- O MATERIAL DAS TUBULAÇÕES SERÁ PVC, EXCETO ONDE INDICADO
2- O VALO DE DRENAGEM EXISTENTE DEVERÁ SER LIMPO E RETIFICADO A ÁREA DEVERÁ SER LIMPA, LIVRE DE MATERIAL SOLTO, ALÉM DE SER PLANTADO GRAMA A FIM DE SE EVITAR NOVAS EROSÕES
3- EM TODOS OS TALUDES DEVERÃO SER PLANTADOS GRAMA

sabesp
VISTO E ACEITO
ESTA ACEITAÇÃO NÃO ISENTA A CONTRATADA DAS RESPONSABILIDADES E OBRIGAÇÕES ESTABELECIDAS NO CONTRATO

ANALISADO:	/ /	
ACEITO:	/ /	
VISTO:	/ /	

JHE Consultores Associados S/C Ltda

DES.: FERNANDO RAMOS		JUN/2002
PROJ.: ENG° EDUARDO BERRETTINI		JUN/2002
APROVADO POR: ENG° JOÃO ALBERTO VIOL		
ASS.:	CREA: 53.225/D	JUN/2002

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO
VICE-PRESIDÊNCIA INTERIOR - I
UNIDADE DE NEGÓCIO ALTO PARANAPANEMA - IA

SISTEMA DE AFASTAMENTO DE ESGOTOS DO MUN. DE ITAÍ

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA - EE-01 - IMPLANTAÇÃO

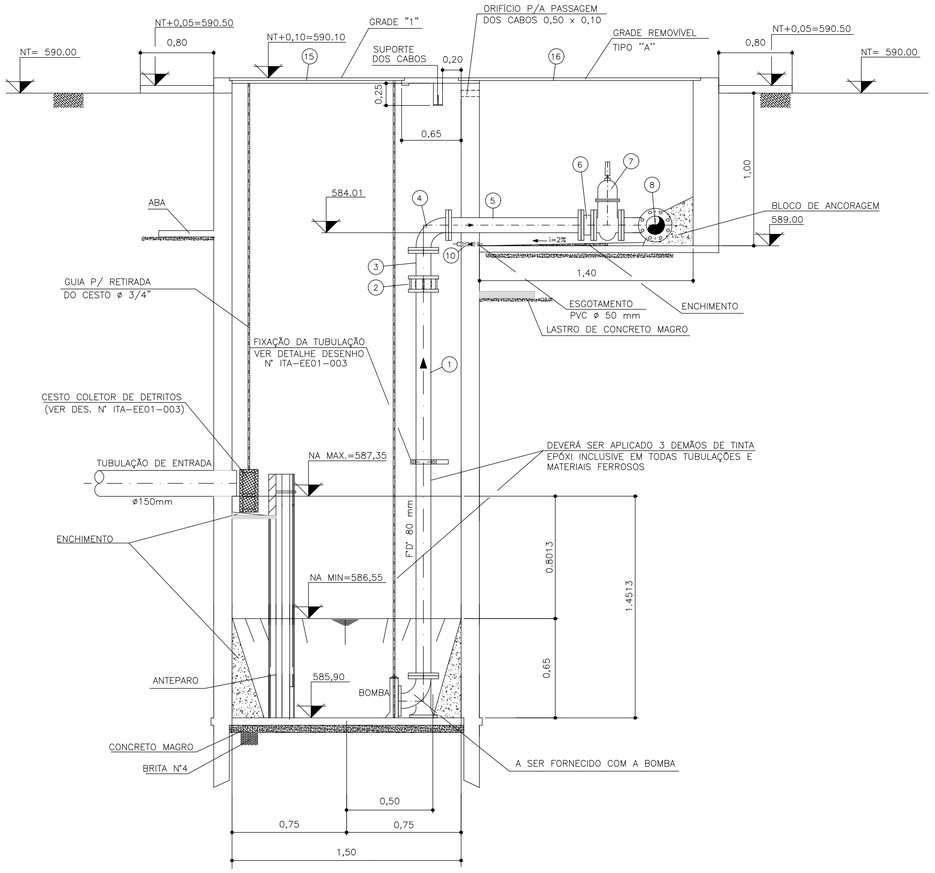
ÁREA PROJ.: PROJETO EXECUTIVO DO INTERCEPTOR

SUB-ÁREA PROJ.: MUNICÍPIO DE ITAÍ

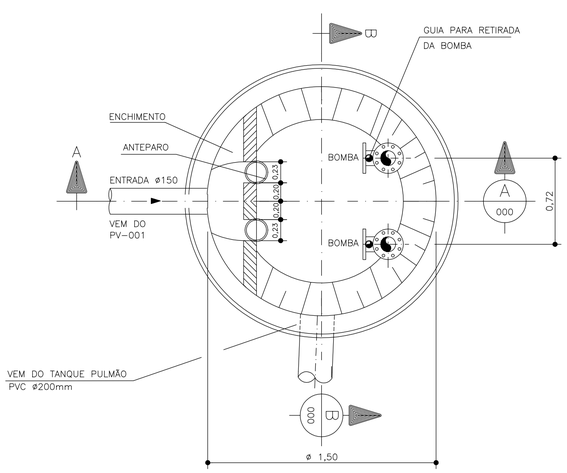
sabesp

Nº	
REV. 2	FL. 01/01
Nº CONTRATADA	ITA-EE01-001
ESCALA	1:100

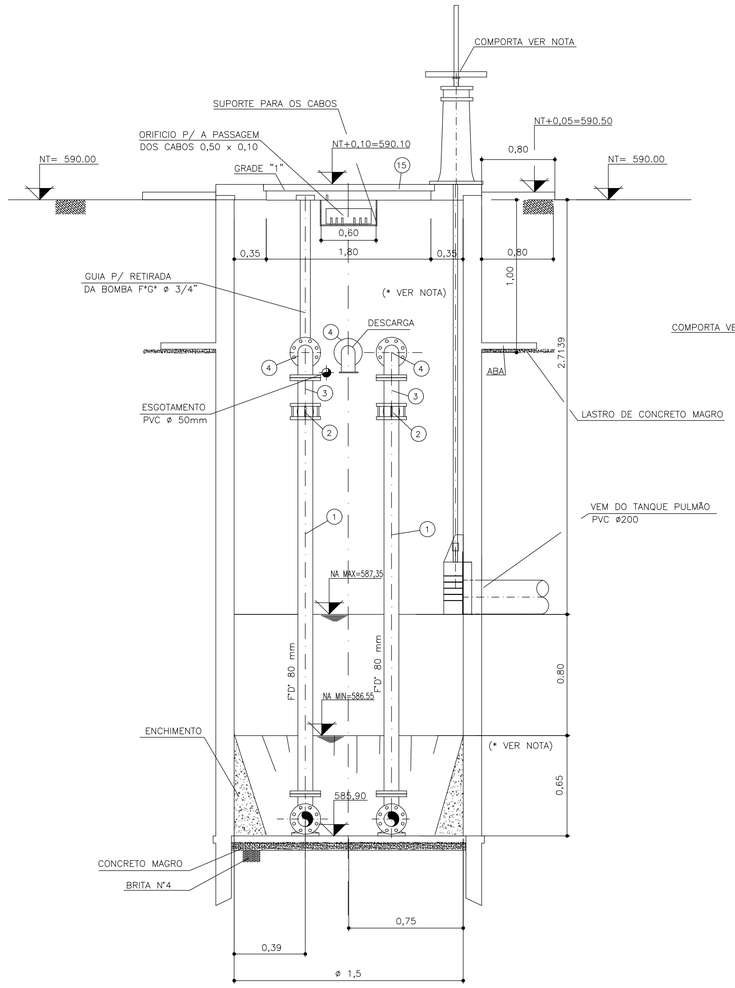
9.2. ANEXO 02 – Projeto hidráulico do poço de sucção da EEE jardim Planalto



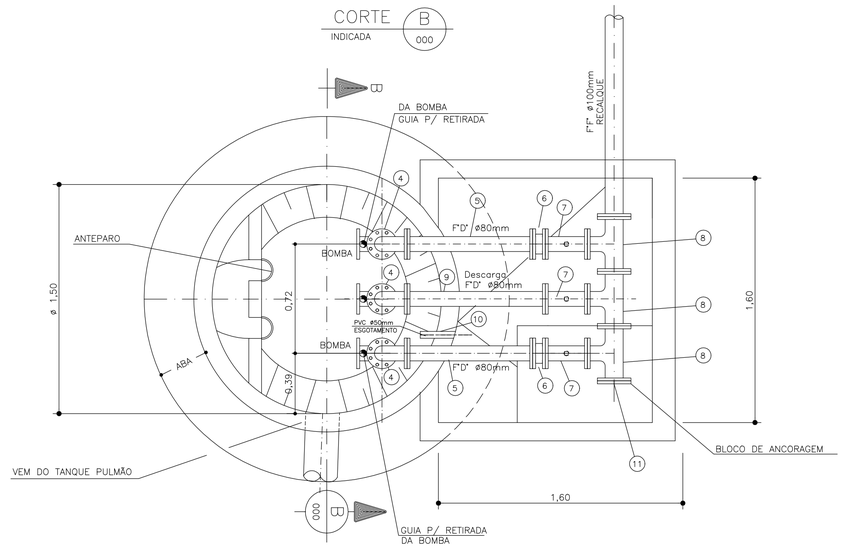
CORTE A INDICADA 000



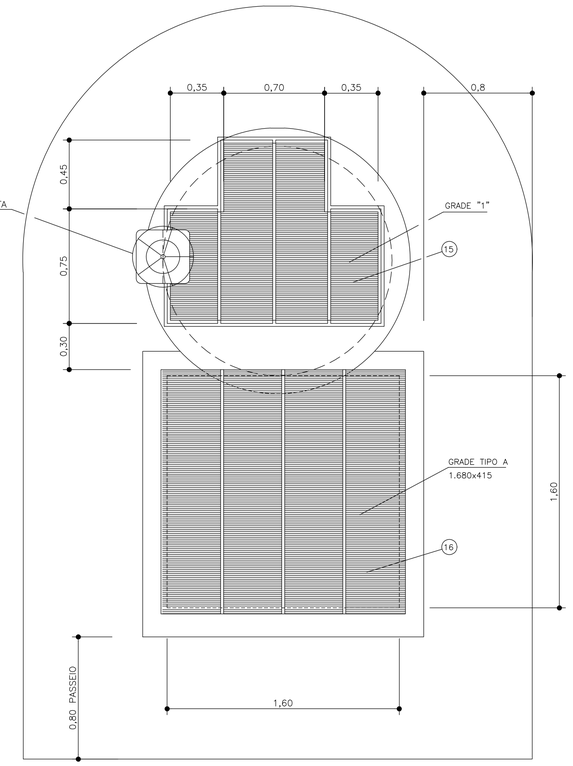
PLANTA NA COTA INFERIOR



CORTE B INDICADA 000



PLANTA NA COTA SUPERIOR



PLANTA DE COBERTURA EE-1

ESCALA 1:20

Nº	DISCRIMINAÇÃO				OBSERVAÇÃO
16	GRADE REMOVÍVEL TIPO A – 1,68x0,41 CONFORME DES. PADRÃO SABESP Nº 192-1991-IT		CJ.	04	-
15	GRADE TIPO 1 CONFORME DES. PADRÃO SABESP Nº 192-1991-IT	-	CJ.	02	-
14	BOMBA SUBMERSÍVEL, Q=5.71 l/s, H=37.26 mca		CJ.	02	VER ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA
13	ACESSÓRIOS PARA FLANGE ø100mm	F°D°	CJ.	04	
12	ACESSÓRIOS PARA FLANGE ø80mm	F°D°	CJ.	17	
11	FLANGE CEGO ø100mm	F°D°	PÇ.	01	FLANGE CONFORME
10	TUBO DE PVC PONTA-PONTA ø50mm	PVC	PÇ.	01	
9	TUBO COM FLANGES ø80mm L=0,91m	F°D°	PÇ.	01	FLANGE CONFORME
8	TÊ COM FLANGES 100x80	F°D°	PÇ.	03	FLANGE CONFORME
7	VÁLVULA GAVETA TIPO CHATO,COM FLANGES E VOLANTE ø80mm	F°D°	PÇ.	02	FLANGE CONFORME
6	VÁLVULA DE RETENÇÃO - PORTINHOLA ÚNICA PARA ESGOTO ø75mm	F°D°	PÇ.	03	FLANGE CONFORME
5	TUBO COM FLANGES ø80mm L=0,82m	F°D°	PÇ.	02	FLANGE CONFORME
4	CURVA 90° ø80mm COM FLANGES	F°D°	PÇ.	03	FLANGE CONFORME
3	TUBO FLANGE-PONTA ø80mm L=0,25m	F°D°	PÇ.	02	FLANGE CONFORME
2	JUNTA GIBAULT ø80mm	F°D°	PÇ.	02	FLANGE CONFORME
1	TUBO FLANGE-PONTA ø80mm L=2.50m	F°D°	PÇ.	02	FLANGE CONFORME

LISTA DE MATERIAL – EE-01

Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	SABESP ACEITO	SABESP DATA	DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMERO
1	10/2002	DE ACORDO COM COMENTÁRIOS SABESP		E. BERRETTINI			ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTOS TIPO "A" – HIDRÁULICA	191/91-IT
2	01/2003	DE ACORDO COM COMENTÁRIOS SABESP		E. BERRETTINI			ESTAÇÃO ELEVATÓRIA-ADUELAS SUCESSIVAS-TIPO AO-FORMAS	334/1997
							ESTAÇÃO ELEVATÓRIA-ADUELAS SUCESSIVAS-TIPO AO-ARMAÇÃO	335/1997

NOTAS

1-) PARA LISTA DE MATERIAIS DA COMPORTA, HASTE E ADUFA VER DES. NºITA-EE01-003

sabesp
VISTO E ACEITO
ESTA ACEITAÇÃO NÃO ISENTA A CONTRATADA DAS RESPONSABILIDADES E OBRIGAÇÕES ESTABELECIDAS NO CONTRATO

ANALISADO:	/ /	
ACEITO:	/ /	
VISTO:	/ /	

EXECUTADO POR: JHE Consultores Associados S/C Ltda

DES.: FERNANDO RAMOS		FEV/2002
PROJ.: ENGº EDUARDO BERRETTINI		FEV/2002
APROVADO POR: ENGº JOÃO ALBERTO VIOL		
ASS.:	CREA: 53.225/D	FEV/2002

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO
VICE-PRESIDÊNCIA INTERIOR - I
UNIDADE DE NEGÓCIO ALTO PARANAPANEMA - IA

SISTEMA DE AFASTAMENTO DE ESGOTOS DO MUN. DE ITAÍ

PROJETO HIDRÁULICO ESTAÇÃO ELEVATÓRIA – EE-01

ÁREA PROJ.: PROJETO EXECUTIVO DO INTERCEPTOR

SUB-ÁREA PROJ.: MUNICÍPIO DE ITAÍ

sabesp

Nº

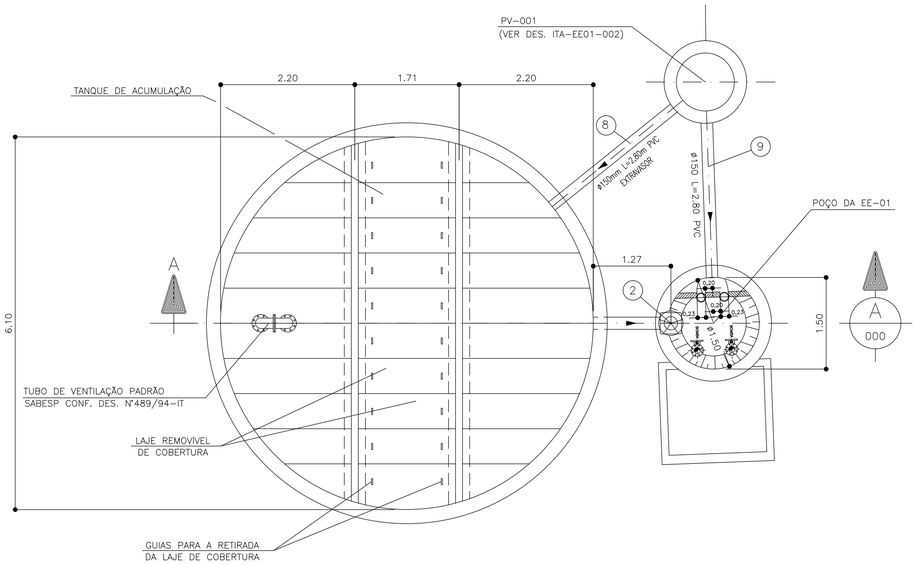
REV.	FL.
2	01/01

Nº CONTRATADA ITA-EE01-002

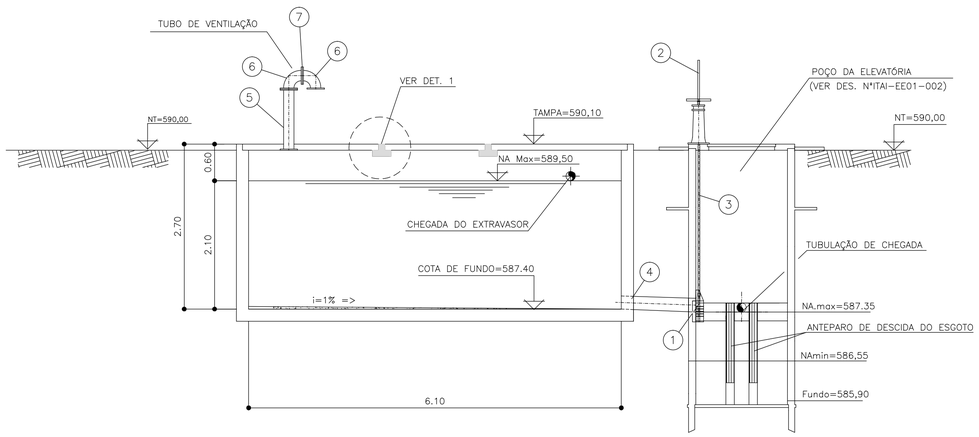
ESCALA 1:20

9.3. ANEXO 03 – Projeto hidráulico do poço pulmão e cestos da EEE jardim Planalto

TANQUE PULMÃO



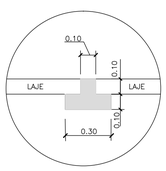
PLANTA
ESC. 1:50



CORTE A
ESC.1:50 000

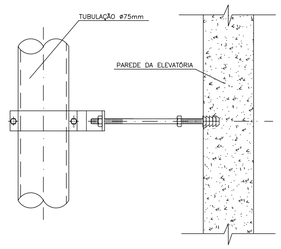
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	MATERIAL	UNID.	QTD.	OBSERVAÇÃO
10	ACESSÓRIOS PARA FLANGES ø150mm	–	CJ	02	
9	TUBO DE PVC Ø150mm L=2,80m	PVC	PÇ	01	
8	TUBO DE PVC Ø150mm L=2,80m	PVC	PÇ	01	
7	TELA FIO N°16 – D.E. 285mm	F. GALV.	PÇ	01	
6	CURVA DE 90° C/ FLANGES	F°D°	PÇ	02	
5	TUBO COM FLANGES ø150 L=1,00m	F°D°	PÇ	01	
4	TUBO DE PVC ø200mm L=1,30m	PVC	PÇ.	01	
3	HASTE DE PROLONGAMENTO COM ROSCA L=3,00m	F°D°	PÇ.	01	
2	PEDESTAL DE SUSPENSÃO SIMPLES COM INDICADOR DN200mm	F°D°	PÇ.	01	
1	ADUFA DE PAREDE COM PONTA DN 200mm	F°D°	PÇ.	01	

LISTA DE MATERIAL – TANQUE PULMÃO

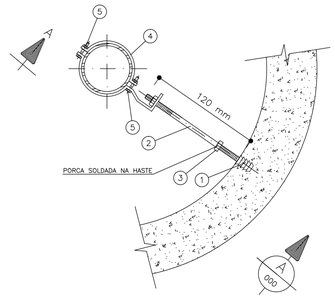


DETALHE – 1
ESC. 1:20

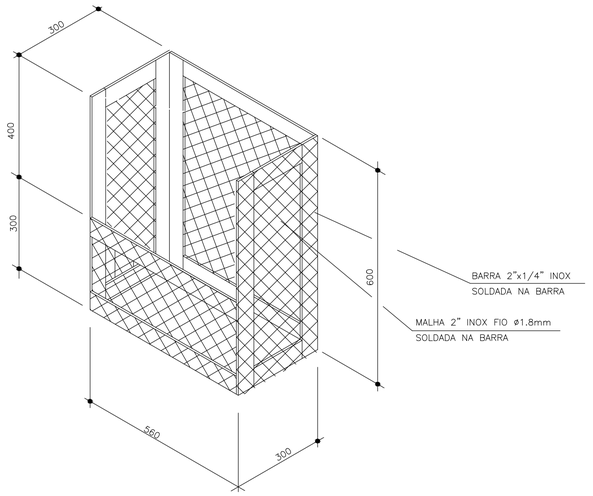
DETALHES



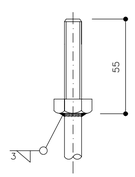
CORTE A
S/ESC. 000
(MEDIDAS EM mm)



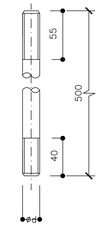
DETALHE DE FIXAÇÃO DA TUBULAÇÃO DE SUCÇÃO–PLANTA
S\ ESC.
(MEDIDAS EM mm)

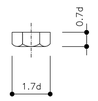


DETALHE DO CESTO
ESC. 1:10 (MEDIDAS EM mm)

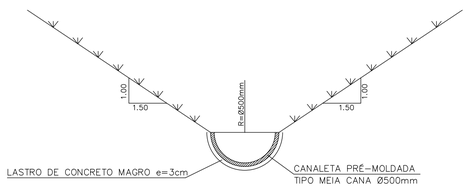


DETALHE "2"
S\ ESC.

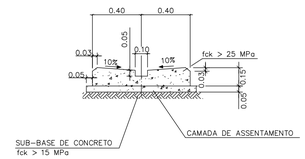




DETALHE "1"
S\ ESC.



DETALHE
CANALETA MEIA CANA DE CONCRETO
ESC. 1:25



DETALHE DO SARJETÃO
ESC. 1:25

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	MATERIAL	UNID.	QTD.	OBSERVAÇÃO
6	CESTO PARA GRADEAMENTO COMPLETO COM BARRA E MALHA CONFORME DESENHO PADRÃO 192/91-IT	–	PÇ.	01	
5	PARAFUSO TIPO MÁQUINA , GALVANIZADO COM CABEÇA E PORCA HEXAGONAIS ø7/8 x 2 1/2	AÇO INOX	PÇ.	04	
4	ABRAÇADEIRA DE UNIÃO VERTICAL E ø90mm, BARRAS DE 1/2 x 2 1/4	AÇO INOX	PÇ.	02	
3	PORCA SEXTAVADA ø3/4"	AÇO INOX	PÇ.	04	ROSCA (W)
2	HASTE, COMPRIMENTO 120mm E ø3/4"	AÇO INOX	PÇ.	02	EXTREMIDADES ROSCADAS (W) VER DETALHE-1e2
1	CHUMBADOR ø3/4"	AÇO INOX	PÇ.	02	

LISTA DE MATERIAL

N°	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	SABESP ACEITO	SABESP DATA
1	10/2002	DE ACORDO COM COMENTÁRIOS SABESP	E. BERRETTINI			

DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMERO
ESTAÇÃO ELEVATÓRIA – EE01 – IMPLANTAÇÃO	ITAI-EE01-001
PROJETO HIDRÁULICO – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA – EE01	ITAI-EE01-002
ESTAÇÃO ELEVATÓRIA-ADUELAS SUCESSIVAS-DETALHES	192/91-IT

NOTAS
01-NAS MEDIDAS DEVERÃO SER ADEQUADAS QUANDO DA EXECUÇÃO DA OBRA.

sabesp
VISTO E ACEITO
ESTA ACEITAÇÃO NÃO ISENTA A CONTRATADA DAS RESPONSABILIDADES E OBRIGAÇÕES ESTABELECIDAS NO CONTRATO

ANALISADO:	/ /	
ACEITO:	/ /	
VISTO:	/ /	

EXECUTADO POR:
JHE Consultores Associados S/C Ltda

DES.:	FERNANDO RAMOS	FEV/2002
PROJ.:	ENG° EDUARDO BERRETTINI	FEV/2002
APROVADO POR:	ENG° JOÃO ALBERTO VIOL	
ASS.:	53.225/D	FEV/2002

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO
VICE-PRESIDÊNCIA INTERIOR – I
UNIDADE DE NEGÓCIO ALTO PARANAPANEMA – IA
SISTEMA DE AFASTAMENTO DE ESGOTOS DO MUN. DE ITAÍ
TANQUE PULMÃO: PLANTA E CORTE, DETALHES DO CESTO E DAS FIXAÇÕES–ESTAÇÃO ELEVATÓRIA – EE–01
ÁREA PROJ.: PROJETO EXECUTIVO DO INTERCEPTOR
SUB–ÁREA PROJ.: MUNICÍPIO DE ITAÍ

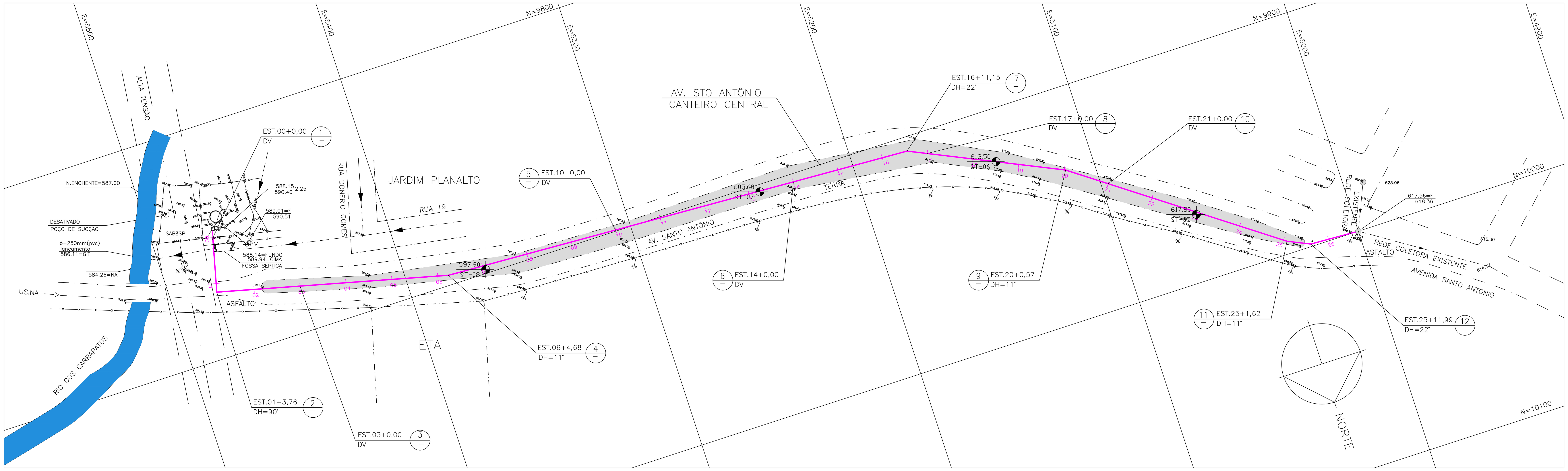
sabesp

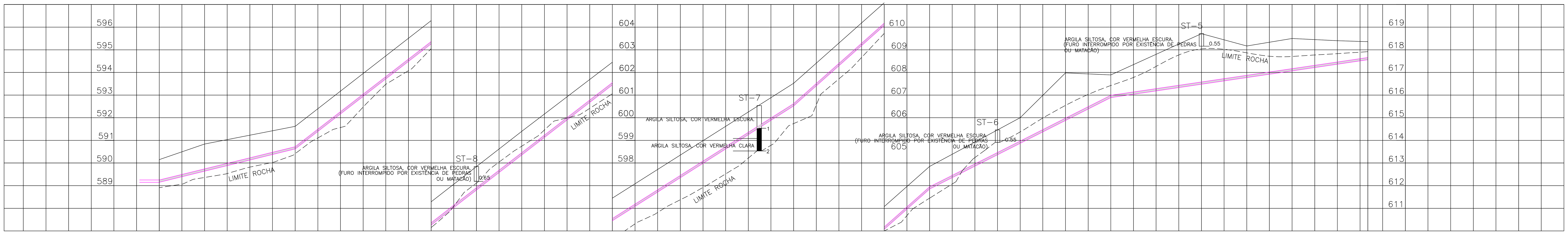
N°	
REV. 1	FL. 01/01
N° CONTRATADA	ITA-EE01-003
ESCALA	INDICADA

9.4. ANEXO 04 – Projeto da linha de recalque da EEE jardim Planalto

TABELA DE CURVAS

Nº	ESTACAS	PROJEÇÃO DE ÂNGULOS D.H.	D.V.	D.R.
1	00+0,00	–	1,40°	–
2	01+3,76	90°	–	–
3	03+0,00	–	3,02°	–
4	06+4,68	11°	–	–
5	10+0,00	–	0,80°	–
6	14+0,00	–	1,45°	–
7	16+11,15	22°	–	–
8	17+0,00	–	2,18°	–
9	20+0,57	11°	–	–
10	21+0,00	–	2,05°	–
11	25+1,62	11°	–	–
12	25+11,99	22°	–	–



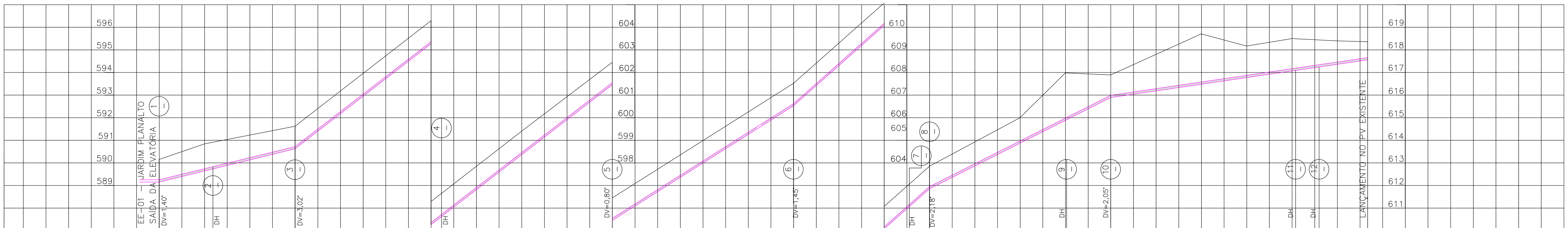


ESTACAS	CURVA HORIZONTAL	ANCORAGEM TIPO
01+3,76	90°	PONTALETE
06+4,68	11°	PONTALETE
16+11,15	22°	PONTALETE
20+0,57	11°	PONTALETE
25+1,62	11°	PONTALETE
25+11,99	22°	PONTALETE

LEGENDA

LINHA RECALQUE PROJETADA

REDE COLETORA EXISTENTE



NOME DA RUA: CANTEIRO CENTRAL – AVENIDA SANTO ANTÔNIO

ESTACA	COTA DO TERRENO (m)	COTA DA GERATRIZ INFERIOR EXTERNA (m)	PROFUNDIDADE (m)
00	590.150	589.150	1.00
01	590.840		
01+3.76	590.913		
02	591.230		
03	591.620	590,620	1.00
04	593.176		
05	594.732		
06	596.288		
06+4,68	596,650		
07	597.844		
08	599.400		
09	600.925		
10	602.450	601,450	1,00
11	603.718		
12	605.000		
13	606.253		
14	607.520	606.520	1,00
15	609,297		
16	611.000		
16+11,15	612,064		
17	612.850	611.850	1,00
18	613.925		
19	615.000		
20	616.980		
20+0,57	616,977		
21	616.890	615.890	1.00
22	617.800		
23	618.710		
24	618.170		
25	618.500		
25+1,62	618,490		
25+11,99	618,440		
26	618.400		
26+13.43	618.360	617.560	0,86

Trecho	DECLIVIDADE m/m	COMPRIMENTO (m)
00 – 03	0,0245	60,00
03 – 10	0,0774	140,00
10 – 14	0,0634	80,00
14 – 17	0,0888	60,00
17 – 21	0,0505	80,00
21 – 26+13.43	0,0147	113,43

DIÂMETRO/CLASSE: ø100 / FERRO DÚCTIL PARA ESGOTO REVESTIDO INTERNAMENTE COM CIMENTO ALUMINOSO

PAVIMENTAÇÃO: ASFALTO / TERRA / ASFALTO

CARACTERISTICAS SUB-SOLO: ARGILA SILTOSA

TIPO DE ESCORAMENTO: SEM ESCORAMENTO / CONTÍNUO / SEM ESCORAMENTO

MÉTODO CONSTRUTIVO/EMBASAMENTO: VALA ABERTA/LASTRO

Nº	DATA	REVISÃO	EXECUTADO POR	APROVADO POR	SABESP ACEITO	SABESP DATA	DESENHOS DE REFERÊNCIA	NÚMERO	NOTAS
1	10/2002	CONFORME COMENTÁRIOS SABESP	E. BERRETTINI						
2	01/2003	CONFORME COMENTÁRIOS SABESP	E. BERRETTINI						

sabesp
VISTO E ACEITO
ESTA ACEITAÇÃO NÃO ISENTA A CONTRATADA DAS RESPONSABILIDADES E OBRIGAÇÕES ESTABELECIDAS NO CONTRATO

ANALISADO: / /
ACEITO: / /
VISTO: / /

EXECUTADO POR: JHE Consultores Associados S/C Ltda

DES.: MICHEL VITALI — FEV/2002
PROJ.: ENGº EDUARDO BERRETTINI — FEV/2002
APROVADO POR: ENGº JOÃO ALBERTO VIOL
ASS.: — CREA: 53.225/D — FEV/2002

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO
VICE-PRESIDÊNCIA INTERIOR – I
UNIDADE DE NEGÓCIO ALTO PARANAPANEMA – IA

SISTEMA DE AFASTAMENTO DE ESGOTOS DO MUN. DE ITAÍ
LINHA DE RECALQUE – PLANTA E PERFIL – EE-01

ÁREA PROJ.: PROJ. EXECUTIVO DO INTERCEPTOR – ITAÍ
SUB-ÁREA PROJ.: MUNICÍPIO DE ITAÍ

sabesp

Nº
REV. 2
FL. 1/1
Nº CONTRATADA ITA-REC-EE01
ESCALA H=1:1000 V=1:100

9.5. ANEXO 05 – Planilha em Excel otimizada

Parâmetros de projeto

Cota do Fundo do poço de sucção	585,90	m	-	m
Cota de Tampa do poço de sucção	590,10	m	-	m
Cota de desague do recalque	617,50	m	-	m
Nível Minimo Operacional	0,3	m	-	m
Nível Máximo Operacional	0,8	m	-	m
Nível Inicial	0,8	m	-	m
Diâmetro do poço	6,1	m		
Área do poço	29,22466566	m2	29,22466566	m2
Volume útil	14,61233283	m3		
Diâmetro do recalque (1)	75	mm	0,075	m
Seção do Tubo de recalque (1)	4417,864669	mm2	0,004417865	m2
Comprimento real da tubulação (1)	4,64	m		m
Comprimento eq da tubulação (1)	15,2	m		m
Comprimento total (1)	19,84	m		m
Diâmetro do recalque (2)	100	mm	0,1	m
Seção do Tubo de recalque (2)	7853,981634	mm2	0,007853982	m2
Comprimento real da tubulação (2)	533,43	m		m
Comprimento eq da tubulação (2)	16,2	m		m
Comprimento total (2)	549,63	m		m
Rendimento	0,311		-	
Preço da energia (fora de ponta)	0,000196325	R$/Wh	0,196325	R$/KWh
Preço da energia (intermediario)	0,000196325	R$/Wh	0,196325	R$/KWh
Preço da energia (ponta)	0,000946433	R$/Wh	0,946433	R$/KWh
Peso especifico do esgoto	998,23	Kgf/m3		Kgf/m3
Vazão da Bomba	22,6	m3/h	0,006277778	m3/s
Número máxmio de bombas	1	unitario	-	unitario
Número mínimo de bombas	0	unitario	-	unitario
Coeficiente de Hazem-Willians (1)	130		-	
Coeficiente de Hazem-Willians (2)	130			

RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 1.682, DE 30 DE JANEIRO DE 2014

		TUSD		TE/BAND VERM.
		R$/KW	R$/MWh	R$/MWh
BRANCA (B3)	P	-	393,58	331,91
	INT	-	247,68	211,62
	FP	-	101,79	211,62
CONV. (B3)	-	-	148,43	221,64
VERDE A4	NA	10,28	-	-
	P	-	781,54	331,91
	FP	-	19,35	211,62

MODELO PROPOSTO

Modelo_otim_Jd_Planalto-REV05c-Pco Pulmao-0_8

SANEAMENTO 15% DESCONTO

		TUSD		TE/BAND VERM.	TUSD+TE
		R$/KW	R$/KWh	R$/KWh	R$/KWh
BRANCA (B3)	P	-	0,334543	0,2821235	0,616667
	INT	-	0,210528	0,179877	0,390405
	FP	-	0,0865215	0,179877	0,266399
CONV. (B3)	-	-	0,1261655	0,188394	0,314560
VERDE A4	NA	8,738	-	-	-
	P	-	0,664309	0,2821235	0,946433
	FP	-	0,0164475	0,179877	0,196325

Instante	Hora	Custo de E. Elétrica (R$)	Energia Req (KWh)	Potencia(W)	Acionamento	Rendimento	Nivel inicial	Nivel Final	Q bombeado (m3/h)	Q bombeado (m3/s)	HMB (m)	Q entrada (m3/h)	Q entrada (m3/s)	Comp. total (1) (m)	Comp. total (2) (m)	Perda de carga (1) (m)	Perda de carga (2) (m)
1	00:00	0,116	0,59201824	7104,21888	1	0,311	0,8	0,750575425	22,6	0,006277778	35,9517	5,267	0,001463056	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
2	00:05	0,000	0	7113,985399	0	0,311	0,750575425	0,765594132	22,6	0,006277778	36,0011	5,267	0,001463056	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
3	00:10	0,000	0	7111,017635	0	0,311	0,765594132	0,779577753	22,6	0,006277778	35,9861	4,904	0,001362222	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
4	00:15	0,000	0	7108,254408	0	0,311	0,779577753	0,797044734	22,6	0,006277778	35,9721	6,126	0,001701556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
5	00:20	0,116	0,592066904	7104,802854	1	0,311	0,797044734	0,746703411	22,6	0,006277778	35,9547	4,946	0,00137375	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
6	00:25	0,000	0	7114,750527	0	0,311	0,746703411	0,764329218	22,6	0,006277778	36,0050	6,181	0,001717028	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
7	00:30	0,116	0,592605632	7111,267587	1	0,311	0,764329218	0,715537956	22,6	0,006277778	35,9874	5,489	0,00152475	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
8	00:35	0,000	0	7120,908961	0	0,311	0,715537956	0,732955891	22,6	0,006277778	36,0362	6,108	0,001696778	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
9	00:40	0,000	0	7117,467099	0	0,311	0,732955891	0,746206684	22,6	0,006277778	36,0187	4,647	0,001290833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
10	00:45	0,000	0	7114,848682	0	0,311	0,746206684	0,76364572	22,6	0,006277778	36,0055	6,116	0,001698833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
11	00:50	0,116	0,592616887	7111,40265	1	0,311	0,76364572	0,715200056	22,6	0,006277778	35,9881	5,610	0,001558417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
12	00:55	0,000	0	7120,975732	0	0,311	0,715200056	0,728012008	22,6	0,006277778	36,0365	4,493	0,001248083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
13	01:00	0,000	0	7118,444032	0	0,311	0,728012008	0,741368591	22,6	0,006277778	36,0237	4,684	0,001301139	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
14	01:05	0,000	0	7115,804711	0	0,311	0,741368591	0,752460819	22,6	0,006277778	36,0103	3,890	0,001080556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
15	01:10	0,000	0	7113,612837	0	0,311	0,752460819	0,763362569	22,6	0,006277778	35,9992	3,823	0,001062	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
16	01:15	0,000	0	7111,458602	0	0,311	0,763362569	0,773442525	22,6	0,006277778	35,9883	3,535	0,000981944	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
17	01:20	0,000	0	7109,466757	0	0,311	0,773442525	0,784429819	22,6	0,006277778	35,9783	3,853	0,001070333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
18	01:25	0,116	0,592274635	7107,295618	1	0,311	0,784429819	0,732559251	22,6	0,006277778	35,9673	4,409	0,001224778	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
19	01:30	0,000	0	7117,545476	0	0,311	0,732559251	0,74233524	22,6	0,006277778	36,0191	3,428	0,000952333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
20	01:35	0,000	0	7115,613697	0	0,311	0,74233524	0,749855429	22,6	0,006277778	36,0094	2,637	0,000732583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
21	01:40	0,116	0,592843973	7114,127674	1	0,311	0,749855429	0,692884432	22,6	0,006277778	36,0018	2,621	0,000727917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
22	01:45	0,000	0	7125,3854	0	0,311	0,692884432	0,701161686	22,6	0,006277778	36,0588	2,903	0,000806333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
23	01:50	0,000	0	7123,749777	0	0,311	0,701161686	0,710504251	22,6	0,006277778	36,0505	3,276	0,000910111	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
24	01:55	0,000	0	7121,903644	0	0,311	0,710504251	0,720086055	22,6	0,006277778	36,0412	3,360	0,000933417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
25	02:00	0,000	0	7120,010236	0	0,311	0,720086055	0,726748235	22,6	0,006277778	36,0316	2,336	0,000649	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
26	02:05	0,000	0	7118,693759	0	0,311	0,726748235	0,736018088	22,6	0,006277778	36,0250	3,251	0,000903028	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
27	02:10	0,000	0	7116,861995	0	0,311	0,736018088	0,742478384	22,6	0,006277778	36,0157	2,266	0,000629333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
28	02:15	0,000	0	7115,585411	0	0,311	0,742478384	0,748131143	22,6	0,006277778	36,0092	1,982	0,000550667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
29	02:20	0,000	0	7114,4684	0	0,311	0,748131143	0,754569198	22,6	0,006277778	36,0036	2,258	0,000627167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
30	02:25	0,000	0	7113,196212	0	0,311	0,754569198	0,761316923	22,6	0,006277778	35,9971	2,366	0,000657333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
31	02:30	0,116	0,592655236	7111,862831	1	0,311	0,761316923	0,703169693	22,6	0,006277778	35,9904	2,208	0,000613333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
32	02:35	0,000	0	7123,352986	0	0,311	0,703169693	0,712243079	22,6	0,006277778	36,0485	3,182	0,000883889	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
33	02:40	0,000	0	7121,560044	0	0,311	0,712243079	0,72031845	22,6	0,006277778	36,0395	2,832	0,000786667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
34	02:45	0,000	0	7119,964314	0	0,311	0,72031845	0,730027144	22,6	0,006277778	36,0314	3,405	0,000945778	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
35	02:50	0,000	0	7118,045832	0	0,311	0,730027144	0,738450394	22,6	0,006277778	36,0217	2,954	0,000820556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
36	02:55	0,000	0	7116,38136	0	0,311	0,738450394	0,747109175	22,6	0,006277778	36,0133	3,037	0,0008435	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
37	03:00	0,116	0,592889195	7114,670346	1	0,311	0,747109175	0,690819966	22,6	0,006277778	36,0046	2,860	0,000794333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
38	03:05	0,000	0	7125,793348	0	0,311	0,690819966	0,700918171	22,6	0,006277778	36,0609	3,541	0,000983722	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
39	03:10	0,000	0	7123,797897	0	0,311	0,700918171	0,710313773	22,6	0,006277778	36,0508	3,295	0,000915278	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
40	03:15	0,117	0,593495107	7121,941284	1	0,311	0,710313773	0,653267497	22,6	0,006277778	36,0414	2,594	0,000720583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
41	03:20	0,000	0	7133,213885	0	0,311	0,653267497	0,660131562	22,6	0,006277778	36,0984	2,407	0,000668667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
42	03:25	0,000	0	7131,857515	0	0,311	0,660131562	0,669517469	22,6	0,006277778	36,0916	3,292	0,000914333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
43	03:30	0,000	0	7130,002817	0	0,311	0,669517469	0,676525248	22,6	0,006277778	36,0822	2,458	0,000682667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
44	03:35	0,000	0	7128,618049	0	0,311	0,676525248	0,683338842	22,6	0,006277778	36,0752	2,390	0,00066375	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
45	03:40	0,000	0	7127,271652	0	0,311	0,683338842	0,689034374	22,6	0,006277778	36,0684	1,997	0,000554833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
46	03:45	0,000	0	7126,146189	0	0,311	0,689034374	0,694434777	22,6	0,006277778	36,0627	1,894	0,000526083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
47	03:50	0,000	0	7125,079045	0	0,311	0,694434777	0,699228103	22,6	0,006277778	36,0573	1,681	0,000466944	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
48	03:55	0,000	0	7124,131862	0	0,311	0,699228103	0,705975828	22,6	0,006277778	36,0525	2,366	0,000657333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
49	04:00	0,000	0	7122,798481	0	0,311	0,705975828	0,71082105	22,6	0,006277778	36,0457	1,699	0,000472	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
50	04:05	0,000	0	7121,841043	0	0,311	0,71082105	0,718174427	22,6	0,006277778	36,0409	2,579	0,000716333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
51	04:10	0,000	0	7120,387983	0	0,311	0,718174427	0,723999416	22,6	0,006277778	36,0335	2,043	0,000567444	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
52	04:15	0,000	0	7119,236939	0	0,311	0,723999416	0,729046522	22,6	0,006277778	36,0277	1,770	0,000491667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
53	04:20	0,000	0	7118,239608	0	0,311	0,729046522	0,73616836	22,6	0,006277778	36,0227	2,498	0,000693778	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
54	04:25	0,000	0	7116,8323	0	0,311	0,73616836	0,741619235	22,6	0,006277778	36,0155	1,912	0,000531	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
55	04:30	0,000	0	7115,755183	0	0,311	0,741619235	0,748924708	22,6	0,006277778	36,0101	2,562	0,000711667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
56	04:35	0,000	0	7114,311588	0	0,311	0,748924708	0,754050515	22,6	0,006277778	36,0028	1,798	0,000499333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
57	04:40	0,116	0,592774892	7113,298706	1	0,311	0,754050515	0,695389165	22,6	0,006277778	35,9977	2,028	0,00056325	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
58	04:45	0,000	0	7124,890453	0	0,311	0,695389165	0,700537214	22,6	0,006277778	36,0563	1,805	0,0005015	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
59	04:50	0,000	0	7123,873176	0	0,311	0,700537214	0,705550673	22,6	0,006277778	36,0512	1,758	0,000488389	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
60	04:55	0,117	0,593573541	7122,882494	1	0,311	0,705550673	0,646962036	22,6	0,006277778	36,0462	2,053	0,000570333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
61	05:00	0,000	0	7134,459873	0	0,311	0,646962036	0,653299149	22,6	0,006277778	36,1047	2,222	0,000617333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
62	05:05	0,000	0	7133,207631	0	0,311	0,653299149	0,660716969	22,6	0,006277778	36,0984	2,601	0,000722611	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
63	05:10	0,000	0	7131,741836	0	0,311	0,660716969	0,667177266	22,6	0,006277778	36,0910	2,266	0,000629333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
64	05:15	0,000	0	7130,465252	0	0,311	0,667177266	0,673233794	22,6	0,006277778	36,0845	2,124	0,00059	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
65	05:20	0,000	0	7129,268455	0	0,311	0,673233794	0,679552657	22,6	0,006277778	36,0785	2,216	0,000615556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
66	05:25	0,000	0	7128,019819	0	0,311	0,679552657	0,687829912	22,6	0,006277778	36,0721	2,903	0,000806333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
67	05:30	0,000	0	7126,384196	0	0,311	0,687829912	0,695226917	22,6	0,006277778	36,0639	2,594	0,000720583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
68	05:35	0,000	0	7124,922514	0	0,311	0,695226917	0,704882288	22,6	0,006277778	36,0565	3,386	0,000940583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
69	05:40	0,000	0	7123,014569	0	0,311	0,704882288	0,716020995	22,6	0,006277778	36,0468	3,906	0,001085083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
70	05:45	0,000	0	7120,813511	0	0,311	0,716020995	0,729170846	22,6	0,006277778	36,0357	4,612	0,001281	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
71	05:50	0,116	0,593184587	7118,215041	1	0,311	0,729170846	0,677579438	22,6	0,006277778	36,0225	4,507	0,001251972	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
72	05:55	0,117	0,594034145	7128,409736	1	0,311	0,677579438	0,626257208	22,6	0,006277778	36,0741	4,602	0,001278194	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
73	06:00	0,000	0	7138,551241	0	0,311	0,626257208	0,641685956	22,6	0,006277778	36,1254	5,411	0,001503	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
74	06:05	0,000	0	7135,50245	0	0,311	0,641685956	0,657112993	22,6	0,006277778	36,1100	5,410	0,001502833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
75	06:10	0,000	0	7132,453998	0	0,311	0,657112993	0,673341579	22,6	0,006277778	36,0946	5,691	0,001580917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
76	06:15	0,000	0	7129,247156	0	0,311	0,673341579	0,688806541	22,6	0,006277778	36,0784	5,424	0,001506528	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
77	06:20	0,117	0,593849267	7126,19121	1	0,311	0,688806541	0,64329989	22,6	0,006277778	36,0629	6,641	0,001844722	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
78	06:25	0,000	0	7135,18353	0	0,311	0,64329989	0,665043509	22,6	0,006277778	36,1084	7,625	0,002118167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
79	06:30	0,000	0	7130,886892	0	0,311	0,665043509	0,687947962	22,6	0,006277778	36,0867	8,033	0,00223125	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
80	06:35	0,117	0,593863406	7126,360869	1	0,311	0,687947962	0,646971161	22,6	0,006277778	36,0638	8,230	0,002286	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
81	06:40	0,000	0	7134,45807	0	0,311	0,646971161	0,672181885	22,6	0,006277778	36,1047	8,841	0,002455917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
82	06:45	0,000	0	7129,476317	0	0,311	0,672181885	0,699308514	22,6	0,006277778	36,0795	9,513	0,002642556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
83	06:50	0,117	0,593676331	7124,115972	1	0,311	0,699308514	0,662996437	22,6	0,006277778	36,0524	9,866	0,002740417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
84	06:55	0,000	0	7131,291403	0	0,311	0,662996437	0,687544194	22,6	0,006277778	36,0887	8,609	0,002391333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
85	07:00	0,000	0	7126,440655	0	0,311	0,687544194	0,712681636	22,6	0,006277778	36,0642	8,816	0,002448778	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
86	07:05	0,117	0,593456115	7121,473383	1	0,311	0,712681636	0,672288245	22,6	0,006277778	36,0390	8,434	0,002342833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
87	07:10	0,000	0	7129,4553	0	0,311	0,672288245	0,697684601	22,6	0,006277778	36,0794	8,906	0,002474	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
88	07:15	0,117	0,593703072	7124,436865	1	0,311	0,697684601	0,656577772	22,6	0,006277778	36,0540	8,184	0,002273333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
89	07:20	0,000	0	7132,55976	0	0,311	0,656577772	0,682069937	22,6	0,006277778	36,0951	8,940	0,002483333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
90	07:25	0,000	0	7127,522393	0	0,311	0,682069937	0,706228468	22,6	0,006277778	36,0696	8,472	0,002353417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
91	07:30	0,117	0,59356238	7122,748558	1	0,311	0,706228468	0,663816235	22,6	0,006277778	36,0455	7,726	0,002146167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
92	07:35	0,000	0	7131,129407	0	0,311	0,663816235	0,687427284	22,6	0,006277778	36,0879	8,280	0,002300083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
93	07:40	0,117	0,59387198	7126,463757	1	0,311	0,687427284	0,648888491	22,6	0,006277778	36,0643	9,085	0,0025235	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
94	07:45	0,000	0	7134,079197	0	0,311	0,648888491	0,675851445	22,6	0,006277778	36,1028	9,456	0,002626611	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
95	07:50	0,117	0,5940626	7128,751195	1	0,311	0,675851445	0,636496846	22,6	0,006277778	36,0759	8,799	0,002444028	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
96	07:55	0,000	0	7136,527842	0	0,311	0,636496846	0,663135303	22,6	0,006277778	36,1152	9,342	0,002595	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
97	08:00	0,117	0,594271997	7131,263962	1	0,311	0,663135303	0,62488565	22,6	0,006277778	36,0886	9,186	0,002551667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
98	08:05	0,000	0	7138,822267	0	0,311	0,62488565	0,654537828	22,6	0,006277778	36,1268	10,399	0,002888583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
99	08:10	0,000	0	7132,962862	0	0,311	0,654537828	0,682366205	22,6	0,006277778	36,0972	9,759	0,002710917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
100	08:15	0,117	0,593955321	7127,463849	1	0,311	0,682366205	0,64849014	22,6	0,006277778	36,0693	10,720	0,002977722	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
101	08:20	0,000	0	7134,157913	0	0,311	0,64849014	0,677394948	22,6	0,006277778	36,1032	10,137	0,002815778	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
102	08:25	0,117	0,594037183	7128,446192	1	0,311	0,677394948	0,645182432	22,6	0,006277778	36,0743	11,303	0,003139778	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
103	08:30	0,117	0,594567628	7134,811531	1	0,311	0,645182432	0,612965354	22,6	0,006277778	36,1065	11,302	0,003139333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
104	08:35	0,117	0,595098148	7141,177771	1	0,311	0,612965354	0,580618249	22,6	0,006277778	36,1387	11,256	0,003126667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
105	08:40	0,000	0	7147,569705	0	0,311	0,580618249	0,615113938	22,6	0,006277778	36,1711	12,098	0,003360417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
106	08:45	0,117	0,595062767	7140,753201	1	0,311	0,615113938	0,577042217	22,6	0,006277778	36,1366	9,248	0,002569	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
107	08:50	0,000	0	7148,276345	0	0,311	0,577042217	0,608381327	22,6	0,006277778	36,1747	10,991	0,003052917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
108	08:55	0,000	0	7142,083596	0	0,311	0,608381327	0,643108841	22,6	0,006277778	36,1433	12,179	0,003383	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
109	09:00	0,000	0	7135,221282	0	0,311	0,643108841	0,680316281	22,6	0,006277778	36,1086	13,049	0,003624583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
110	09:05	0,117	0,593989077	7127,868923	1	0,311	0,680316281	0,649128015	22,6	0,006277778	36,0714	11,662	0,003239556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
111	09:10	0,000	0	7134,031866	0	0,311	0,649128015	0,683532457	22,6	0,006277778	36,1026	12,066	0,003351528	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
112	09:15	0,117	0,593936116	7127,233393	1	0,311	0,683532457	0,653657579	22,6	0,006277778	36,0682	12,123	0,0033675	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
113	09:20	0,000	0	7133,136804	0	0,311	0,653657579	0,685450928	22,6	0,006277778	36,0980	11,150	0,003097167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
114	09:25	0,117	0,593904525	7126,854294	1	0,311	0,685450928	0,654891696	22,6	0,006277778	36,0663	11,883	0,003300833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
115	09:30	0,117	0,594407745	7132,892936	1	0,311	0,654891696	0,622975734	22,6	0,006277778	36,0968	11,407	0,003168667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
116	09:35	0,117	0,594933306	7139,199675	1	0,311	0,622975734	0,593734738	22,6	0,006277778	36,1287	12,345	0,00342925	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
117	09:40	0,000	0	7144,977828	0	0,311	0,593734738	0,627763071	22,6	0,006277778	36,1580	11,934	0,003314889	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
118	09:45	0,117	0,594854473	7138,253675	1	0,311	0,627763071	0,59826972	22,6	0,006277778	36,1239	12,257	0,003404667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
119	09:50	0,000	0	7144,081695	0	0,311	0,59826972	0,636133284	22,6	0,006277778	36,1534	13,279	0,0036885	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
120	09:55	0,000	0	7136,599683	0	0,311	0,636133284	0,672727942	22,6	0,006277778	36,1156	12,834	0,003564889	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
121	10:00	0,117	0,594114034	7129,368413	1	0,311	0,672727942	0,643105419	22,6	0,006277778	36,0790	12,212	0,003392083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
122	10:05	0,000	0	7135,221958	0	0,311	0,643105419	0,677990335	22,6	0,006277778	36,1086	12,234	0,003398333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
123	10:10	0,000	0	7128,328541	0	0,311	0,677990335	0,718006761	22,6	0,006277778	36,0737	14,034	0,003898222	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
124	10:15	0,116	0,593368426	7120,421114	1	0,311	0,718006761	0,68755617	22,6	0,006277778	36,0337	11,921	0,003311417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
125	10:20	0,117	0,593869857	7126,438289	1	0,311	0,68755617	0,661869535	22,6	0,006277778	36,0641	13,592	0,0037755	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
126	10:25	0,000	0	7131,514084	0	0,311	0,661869535	0,700612493	22,6	0,006277778	36,0898	13,587	0,003774167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
127	10:30	0,117	0,593654858	7123,8583	1	0,311	0,700612493	0,676481906	22,6	0,006277778	36,0511	14,138	0,003927083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
128	10:35	0,117	0,594052218	7128,626613	1	0,311	0,676481906	0,650139147	22,6	0,006277778	36,0752	13,362	0,003711583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
129	10:40	0,000	0	7133,832062	0	0,311	0,650139147	0,688196896	22,6	0,006277778	36,1016	13,347	0,003707417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
130	10:45	0,117	0,593859307	7126,311678	1	0,311	0,688196896	0,664263061	22,6	0,006277778	36,0635	14,207	0,00394625	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
131	10:50	0,000	0	7131,041112	0	0,311	0,664263061	0,700989743	22,6	0,006277778	36,0874	12,880	0,00357775	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
132	10:55	0,117	0,593648646	7123,783754	1	0,311	0,700989743	0,674662381	22,6	0,006277778	36,0507	13,367	0,003713083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
133	11:00	0,117	0,59408218	7128,98616	1	0,311	0,674662381	0,644939772	22,6	0,006277778	36,0770	12,176	0,003382333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
134	11:05	0,000	0	7134,859482	0	0,311	0,644939772	0,681042836	22,6	0,006277778	36,1068	12,661	0,003517	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
135	11:10	0,117	0,593977113	7127,725353	1	0,311	0,681042836	0,655933624	22,6	0,006277778	36,0707	13,794	0,00383175	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
136	11:15	0,000	0	7132,687047	0	0,311	0,655933624	0,694816305	22,6	0,006277778	36,0958	13,636	0,003787778	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
137	11:20	0,117	0,593750304	7125,003653	1	0,311	0,694816305	0,667774649	22,6	0,006277778	36,0569	13,117	0,0036435	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
138	11:25	0,117	0,594195601	7130,347207	1	0,311	0,667774649	0,648519225	22,6	0,006277778	36,0839	15,847	0,004402	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
139	11:30	0,117	0,59451268	7134,152165	1	0,311	0,648519225	0,628160281	22,6	0,006277778	36,1032	15,460	0,0042945	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
140	11:35	0,000	0	7138,175185	0	0,311	0,628160281	0,665649162	22,6	0,006277778	36,1235	13,147	0,003652	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
141	11:40	0,000	0	7130,767213	0	0,311	0,665649162	0,703368156	22,6	0,006277778	36,0861	13,228	0,003674417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
142	11:45	0,117	0,593609481	7123,313769	1	0,311	0,703368156	0,680637072	22,6	0,006277778	36,0483	14,628	0,004063417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
143	11:50	0,117	0,593983794	7127,805534	1	0,311	0,680637072	0,654389267	22,6	0,006277778	36,0711	13,395	0,003720833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
144	11:55	0,000	0	7132,992219	0	0,311	0,654389267	0,69733501	22,6	0,006277778	36,0973	15,061	0,004183583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
145	12:00	0,117	0,593708829	7124,505946	1	0,311	0,69733501	0,671417406	22,6	0,006277778	36,0544	13,511	0,003753	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
146	12:05	0,000	0	7129,627381	0	0,311	0,671417406	0,71193455	22,6	0,006277778	36,0803	14,209	0,003947	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
147	12:10	0,117	0,593468418	7121,621011	1	0,311	0,71193455	0,692477242	22,6	0,006277778	36,0398	15,776	0,004382333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
148	12:15	0,117	0,593788822	7125,465863	1	0,311	0,692477242	0,663946547	22,6	0,006277778	36,0592	12,594	0,003498444	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
149	12:20	0,000	0	7131,103657	0	0,311	0,663946547	0,707172876	22,6	0,006277778	36,0878	15,159	0,004210917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
150	12:25	0,117	0,593546828	7122,561939	1	0,311	0,707172876	0,685494841	22,6	0,006277778	36,0445	14,998	0,004166	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
151	12:30	0,117	0,593903801	7126,845617	1	0,311	0,685494841	0,661394194	22,6	0,006277778	36,0662	14,148	0,00393	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
152	12:35	0,000	0	7131,608013	0	0,311	0,661394194	0,701030804	22,6	0,006277778	36,0903	13,900	0,003861222	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
153	12:40	0,117	0,59364797	7123,77564	1	0,311	0,701030804	0,681286067	22,6	0,006277778	36,0507	15,676	0,004354333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
154	12:45	0,117	0,593973107	7127,677289	1	0,311	0,681286067	0,658858665	22,6	0,006277778	36,0704	14,735	0,004093	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
155	12:50	0,000	0	7132,109045	0	0,311	0,658858665	0,696108877	22,6	0,006277778	36,0928	13,064	0,00362875	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
156	12:55	0,000	0	7124,748235	0	0,311	0,696108877	0,735226519	22,6	0,006277778	36,0556	13,718	0,003810667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
157	13:00	0,116	0,593084868	7117,018412	1	0,311	0,735226519	0,709748611	22,6	0,006277778	36,0165	13,665	0,003795833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309

Instante	Hora	Custo de E. Elétrica (R$)	Energia Req (KWh)	Potencia(W)	Acionamento	Rendimento	Nivel inicial	Nivel Final	Q bombeado (m3/h)	Q bombeado (m3/s)	HMB (m)	Q entrada (m3/h)	Q entrada (m3/s)	Comp. total (1) (m)	Comp. total (2) (m)	Perda de carga (1) (m)	Perda de carga (2) (m)
158	13:05	0,117	0,593504414	7122,052962	1	0,311	0,709748611	0,679340792	22,6	0,006277778	36,0420	11,936	0,003315583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
159	13:10	0,000	0	7128,061684	0	0,311	0,679340792	0,718386577	22,6	0,006277778	36,0724	13,693	0,003803667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
160	13:15	0,116	0,593362172	7120,346061	1	0,311	0,718386577	0,693824847	22,6	0,006277778	36,0333	13,986	0,003885083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
161	13:20	0,117	0,593766631	7125,19957	1	0,311	0,693824847	0,665110518	22,6	0,006277778	36,0579	12,530	0,003480556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
162	13:25	0,000	0	7130,873651	0	0,311	0,665110518	0,703933033	22,6	0,006277778	36,0866	13,615	0,003781917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
163	13:30	0,117	0,593600179	7123,202147	1	0,311	0,703933033	0,677186505	22,6	0,006277778	36,0478	13,220	0,00367225	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
164	13:35	0,000	0	7128,487381	0	0,311	0,677186505	0,71569165	22,6	0,006277778	36,0745	13,504	0,003751	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
165	13:40	0,117	0,593406549	7120,878591	1	0,311	0,71569165	0,685586658	22,6	0,006277778	36,0360	12,042	0,003345083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
166	13:45	0,117	0,593902289	7126,827473	1	0,311	0,685586658	0,656258407	22,6	0,006277778	36,0661	12,315	0,00342075	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
167	13:50	0,000	0	7132,622868	0	0,311	0,656258407	0,689737832	22,6	0,006277778	36,0954	11,741	0,003261417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
168	13:55	0,000	0	7126,007182	0	0,311	0,689737832	0,726577432	22,6	0,006277778	36,0620	12,920	0,00358875	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
169	14:00	0,116	0,593227293	7118,727511	1	0,311	0,726577432	0,697614455	22,6	0,006277778	36,0251	12,443	0,003456333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
170	14:05	0,117	0,593704227	7124,450726	1	0,311	0,697614455	0,669225479	22,6	0,006277778	36,0541	12,644	0,00351225	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
171	14:10	0,000	0	7130,060516	0	0,311	0,669225479	0,70278446	22,6	0,006277778	36,0825	11,769	0,003269167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
172	14:15	0,117	0,593619092	7123,42911	1	0,311	0,70278446	0,677587992	22,6	0,006277778	36,0489	13,764	0,00382325	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
173	14:20	0,000	0	7128,408046	0	0,311	0,677587992	0,712913461	22,6	0,006277778	36,0741	12,389	0,00344125	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
174	14:25	0,117	0,593452298	7121,427573	1	0,311	0,712913461	0,68725591	22,6	0,006277778	36,0388	13,602	0,003778333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
175	14:30	0,117	0,593874802	7126,497621	1	0,311	0,68725591	0,659457189	22,6	0,006277778	36,0644	12,851	0,00356975	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
176	14:35	0,117	0,594332565	7131,990774	1	0,311	0,659457189	0,629474525	22,6	0,006277778	36,0922	12,085	0,003357	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
177	14:40	0,000	0	7137,915484	0	0,311	0,629474525	0,666285895	22,6	0,006277778	36,1222	12,910	0,003586	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
178	14:45	0,117	0,594220116	7130,641391	1	0,311	0,666285895	0,635979019	22,6	0,006277778	36,0854	11,972	0,003325417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
179	14:50	0,000	0	7136,630167	0	0,311	0,635979019	0,67072022	22,6	0,006277778	36,1157	12,184	0,003384333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
180	14:55	0,000	0	7129,765148	0	0,311	0,67072022	0,709527337	22,6	0,006277778	36,0810	13,610	0,003780417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
181	15:00	0,117	0,593508057	7122,096687	1	0,311	0,709527337	0,676084126	22,6	0,006277778	36,0422	10,872	0,003019889	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
182	15:05	0,000	0	7128,705217	0	0,311	0,676084126	0,708937367	22,6	0,006277778	36,0756	11,522	0,003200417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
183	15:10	0,117	0,593517772	7122,213268	1	0,311	0,708937367	0,682039426	22,6	0,006277778	36,0428	13,167	0,0036575	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
184	15:15	0,117	0,593960702	7127,528422	1	0,311	0,682039426	0,652662415	22,6	0,006277778	36,0697	12,298	0,003416	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
185	15:20	0,000	0	7133,333452	0	0,311	0,652662415	0,681500213	22,6	0,006277778	36,0990	10,113	0,00280925	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
186	15:25	0,000	0	7127,634973	0	0,311	0,681500213	0,713451533	22,6	0,006277778	36,0702	11,205	0,003112556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
187	15:30	0,000	0	7121,321248	0	0,311	0,713451533	0,745633253	22,6	0,006277778	36,0383	11,286	0,003135	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
188	15:35	0,116	0,5929135	7114,961995	1	0,311	0,745633253	0,714864438	22,6	0,006277778	36,0061	11,810	0,003280417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
189	15:40	0,000	0	7121,042052	0	0,311	0,714864438	0,741503751	22,6	0,006277778	36,0368	9,342	0,002595083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
190	15:45	0,116	0,5929815	7115,778003	1	0,311	0,741503751	0,707793927	22,6	0,006277778	36,0102	10,778	0,002993917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
191	15:50	0,000	0	7122,439217	0	0,311	0,707793927	0,738549625	22,6	0,006277778	36,0439	10,786	0,002996083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
192	15:55	0,116	0,593030146	7116,361752	1	0,311	0,738549625	0,703333083	22,6	0,006277778	36,0132	10,250	0,002847139	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
193	16:00	0,000	0	7123,320699	0	0,311	0,703333083	0,73016544	22,6	0,006277778	36,0484	9,410	0,002613889	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
194	16:05	0,000	0	7118,018504	0	0,311	0,73016544	0,757630824	22,6	0,006277778	36,0215	9,632	0,002675556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
195	16:10	0,116	0,592715935	7112,59122	1	0,311	0,757630824	0,721577945	22,6	0,006277778	35,9941	9,956	0,002765667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
196	16:15	0,000	0	7119,715432	0	0,311	0,721577945	0,752376701	22,6	0,006277778	36,0301	10,801	0,003000278	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
197	16:20	0,116	0,592802455	7113,629459	1	0,311	0,752376701	0,721264283	22,6	0,006277778	35,9993	11,689	0,003246944	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
198	16:25	0,000	0	7119,777413	0	0,311	0,721264283	0,751687215	22,6	0,006277778	36,0304	10,669	0,002963667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
199	16:30	0,116	0,592813809	7113,765704	1	0,311	0,751687215	0,717605274	22,6	0,006277778	36,0000	10,648	0,002957667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
200	16:35	0,000	0	7120,50045	0	0,311	0,717605274	0,743969989	22,6	0,006277778	36,0341	9,246	0,002568333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
201	16:40	0,116	0,592940889	7115,290663	1	0,311	0,743969989	0,706490233	22,6	0,006277778	36,0077	9,456	0,002626667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
202	16:45	0,000	0	7122,696832	0	0,311	0,706490233	0,737309234	22,6	0,006277778	36,0452	10,808	0,00300225	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
203	16:50	0,116	0,593050572	7116,606858	1	0,311	0,737309234	0,703244117	22,6	0,006277778	36,0144	10,654	0,002959306	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
204	16:55	0,117	0,593611523	7123,338279	1	0,311	0,703244117	0,667278493	22,6	0,006277778	36,0485	9,987	0,002774167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
205	17:00	0,117	0,594203771	7130,445249	1	0,311	0,667278493	0,632429221	22,6	0,006277778	36,0844	10,379	0,002882917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
206	17:05	0,117	0,594777635	7137,331623	1	0,311	0,632429221	0,599021368	22,6	0,006277778	36,1193	10,884	0,003023333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
207	17:10	0,117	0,595327764	7143,933166	1	0,311	0,599021368	0,563264472	22,6	0,006277778	36,1527	10,060	0,0027945	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
208	17:15	0,117	0,595916574	7150,99889	1	0,311	0,563264472	0,529987501	22,6	0,006277778	36,1884	10,930	0,003036083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
209	17:20	0,117	0,596464547	7157,57457	1	0,311	0,529987501	0,496267412	22,6	0,006277778	36,2217	10,775	0,002992917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
210	17:25	0,117	0,597019818	7164,237812	1	0,311	0,496267412	0,464200892	22,6	0,006277778	36,2554	11,354	0,003154	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
211	17:30	0,117	0,597547858	7170,574301	1	0,311	0,464200892	0,43157919	22,6	0,006277778	36,2875	11,160	0,003099917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
212	17:35	0,117	0,598085041	7177,020497	1	0,311	0,43157919	0,401581698	22,6	0,006277778	36,3201	12,080	0,003355556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
213	17:40	0,118	0,598579011	7182,948137	1	0,311	0,401581698	0,36996514	22,6	0,006277778	36,3501	11,512	0,003197833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
214	17:45	0,118	0,599099643	7189,195711	1	0,311	0,36996514	0,342317832	22,6	0,006277778	36,3817	12,904	0,0035845	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
215	17:50	0,118	0,599554912	7194,658944	1	0,311	0,342317832	0,312191454	22,6	0,006277778	36,4094	12,035	0,003343	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
216	17:55	0,000	0	7200,612053	0	0,311	0,312191454	0,347156781	22,6	0,006277778	36,4395	12,262	0,003406167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
217	18:00	0,567	0,599475229	7193,702746	1	0,311	0,347156781	0,32457711	22,6	0,006277778	36,4045	14,681	0,004078167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
218	18:05	0,568	0,599847049	7198,164591	1	0,311	0,32457711	0,302011982	22,6	0,006277778	36,4271	14,687	0,004079583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
219	18:10	0,000	0	7202,623563	0	0,311	0,302011982	0,339652276	22,6	0,006277778	36,4497	13,200	0,00366675	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
220	18:15	0,000	0	7195,18567	0	0,311	0,339652276	0,38011125	22,6	0,006277778	36,4121	14,189	0,003941333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
221	18:20	0,000	0	7187,190794	0	0,311	0,38011125	0,421002222	22,6	0,006277778	36,3716	14,340	0,003983417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
222	18:25	0,000	0	7179,110553	0	0,311	0,421002222	0,463198599	22,6	0,006277778	36,3307	14,798	0,004110583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
223	18:30	0,000	0	7170,772359	0	0,311	0,463198599	0,507665318	22,6	0,006277778	36,2885	15,594	0,00433175	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
224	18:35	0,000	0	7161,985534	0	0,311	0,507665318	0,549696024	22,6	0,006277778	36,2440	14,740	0,004094444	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
225	18:40	0,000	0	7153,680076	0	0,311	0,549696024	0,587357704	22,6	0,006277778	36,2020	13,208	0,003668833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
226	18:45	0,000	0	7146,237958	0	0,311	0,587357704	0,627326225	22,6	0,006277778	36,1643	14,017	0,003893556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
227	18:50	0,000	0	7138,339998	0	0,311	0,627326225	0,67130962	22,6	0,006277778	36,1244	15,425	0,004284667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
228	18:55	0,000	0	7129,64868	0	0,311	0,67130962	0,712395633	22,6	0,006277778	36,0804	14,409	0,004002417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
229	19:00	0,562	0,593460825	7121,529899	1	0,311	0,712395633	0,687019523	22,6	0,006277778	36,0393	13,701	0,00380575	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
230	19:05	0,000	0	7126,544333	0	0,311	0,687019523	0,721522912	22,6	0,006277778	36,0647	12,100	0,003361167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
231	19:10	0,562	0,593310526	7119,726307	1	0,311	0,721522912	0,701850032	22,6	0,006277778	36,0302	15,701	0,004361333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
232	19:15	0,562	0,59363448	7123,613757	1	0,311	0,701850032	0,679832386	22,6	0,006277778	36,0499	14,879	0,004132917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
233	19:20	0,562	0,593997045	7127,964543	1	0,311	0,679832386	0,660858402	22,6	0,006277778	36,0719	15,946	0,004429417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
234	19:25	0,000	0	7131,713888	0	0,311	0,660858402	0,705080465	22,6	0,006277778	36,0908	15,509	0,004307917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
235	19:30	0,562	0,593581284	7122,975409	1	0,311	0,705080465	0,683835284	22,6	0,006277778	36,0466	15,149	0,004208167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
236	19:35	0,562	0,593931129	7127,173553	1	0,311	0,683835284	0,666040954	22,6	0,006277778	36,0679	16,360	0,004544333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
237	19:40	0,000	0	7130,689793	0	0,311	0,666040954	0,707797634	22,6	0,006277778	36,0857	14,644	0,00406775	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
238	19:45	0,562	0,59353654	7122,438484	1	0,311	0,707797634	0,684504524	22,6	0,006277778	36,0439	14,431	0,004008667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
239	19:50	0,000	0	7127,041308	0	0,311	0,684504524	0,723182469	22,6	0,006277778	36,0672	13,564	0,003767833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
240	19:55	0,000	0	7119,398371	0	0,311	0,723182469	0,760087083	22,6	0,006277778	36,0285	12,942	0,003595083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
241	20:00	0,561	0,592675488	7112,105853	1	0,311	0,760087083	0,738422734	22,6	0,006277778	35,9916	15,002	0,004167333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
242	20:05	0,561	0,593032235	7116,386826	1	0,311	0,738422734	0,712419585	22,6	0,006277778	36,0133	13,481	0,003744667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
243	20:10	0,000	0	7121,525165	0	0,311	0,712419585	0,748675774	22,6	0,006277778	36,0393	12,715	0,003531917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
244	20:15	0,000	0	7114,360779	0	0,311	0,748675774	0,791087722	22,6	0,006277778	36,0030	14,874	0,004131583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
245	20:20	0,560	0,592164999	7105,979986	1	0,311	0,791087722	0,765769782	22,6	0,006277778	35,9606	13,721	0,003811417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
246	20:25	0,561	0,59258191	7110,982925	1	0,311	0,765769782	0,737747791	22,6	0,006277778	35,9859	12,773	0,003548	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
247	20:30	0,561	0,59304335	7116,520198	1	0,311	0,737747791	0,710902317	22,6	0,006277778	36,0140	13,185	0,003662611	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
248	20:35	0,562	0,593485415	7121,824985	1	0,311	0,710902317	0,685491134	22,6	0,006277778	36,0408	13,688	0,003802333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
249	20:40	0,000	0	7126,846349	0	0,311	0,685491134	0,725121185	22,6	0,006277778	36,0662	13,898	0,003860583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
250	20:45	0,561	0,593251273	7119,015272	1	0,311	0,725121185	0,704019717	22,6	0,006277778	36,0266	15,200	0,004222167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
251	20:50	0,562	0,593598751	7123,185017	1	0,311	0,704019717	0,679400673	22,6	0,006277778	36,0477	13,966	0,0038795	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
252	20:55	0,000	0	7128,049852	0	0,311	0,679400673	0,71177059	22,6	0,006277778	36,0723	11,352	0,003153333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
253	21:00	0,000	0	7121,65341	0	0,311	0,71177059	0,748487862	22,6	0,006277778	36,0399	12,877	0,003576833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
254	21:05	0,116	0,592866493	7114,397911	1	0,311	0,748487862	0,722830312	22,6	0,006277778	36,0032	13,602	0,003778333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
255	21:10	0,116	0,593288997	7119,467959	1	0,311	0,722830312	0,692090582	22,6	0,006277778	36,0289	11,820	0,00328325	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
256	21:15	0,117	0,593795189	7125,542268	1	0,311	0,692090582	0,659704982	22,6	0,006277778	36,0596	11,243	0,003122917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
257	21:20	0,000	0	7131,941809	0	0,311	0,659704982	0,693654044	22,6	0,006277778	36,0920	11,906	0,003307167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
258	21:25	0,000	0	7125,233321	0	0,311	0,693654044	0,727089842	22,6	0,006277778	36,0580	11,726	0,003257167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
259	21:30	0,116	0,593218855	7118,626257	1	0,311	0,727089842	0,695751302	22,6	0,006277778	36,0246	11,610	0,003224917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
260	21:35	0,000	0	7124,818893	0	0,311	0,695751302	0,728913929	22,6	0,006277778	36,0560	11,630	0,003230556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
261	21:40	0,000	0	7118,265809	0	0,311	0,728913929	0,761400471	22,6	0,006277778	36,0228	11,393	0,003164694	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
262	21:45	0,116	0,59265386	7111,846321	1	0,311	0,761400471	0,729421206	22,6	0,006277778	35,9903	11,385	0,0031625	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
263	21:50	0,000	0	7118,165568	0	0,311	0,729421206	0,761752343	22,6	0,006277778	36,0223	11,338	0,003149556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
264	21:55	0,116	0,592648066	7111,77679	1	0,311	0,761752343	0,729450006	22,6	0,006277778	35,9900	11,272	0,003131028	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
265	22:00	0,116	0,59317999	7118,159877	1	0,311	0,729450006	0,695792649	22,6	0,006277778	36,0223	10,797	0,002999028	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
266	22:05	0,000	0	7124,810723	0	0,311	0,695792649	0,727664699	22,6	0,006277778	36,0559	11,177	0,003104833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
267	22:10	0,000	0	7118,512662	0	0,311	0,727664699	0,760924275	22,6	0,006277778	36,0240	11,664	0,00324	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
268	22:15	0,116	0,592661702	7111,94042	1	0,311	0,760924275	0,727330221	22,6	0,006277778	35,9908	10,819	0,003005194	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
269	22:20	0,000	0	7118,578757	0	0,311	0,727330221	0,760053435	22,6	0,006277778	36,0244	11,476	0,00318775	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
270	22:25	0,116	0,592676042	7112,112501	1	0,311	0,760053435	0,725831202	22,6	0,006277778	35,9916	10,598	0,002944	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
271	22:30	0,000	0	7118,874969	0	0,311	0,725831202	0,755922222	22,6	0,006277778	36,0259	10,553	0,002931333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
272	22:35	0,116	0,592744071	7112,928848	1	0,311	0,755922222	0,724274012	22,6	0,006277778	35,9958	11,501	0,00319475	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
273	22:40	0,116	0,593265223	7119,182677	1	0,311	0,724274012	0,69385935	22,6	0,006277778	36,0274	11,934	0,003314917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
274	22:45	0,000	0	7125,192752	0	0,311	0,69385935	0,72661165	22,6	0,006277778	36,0578	11,486	0,003190583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
275	22:50	0,116	0,593226729	7118,720749	1	0,311	0,72661165	0,697686312	22,6	0,006277778	36,0251	12,456	0,00346	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
276	22:55	0,117	0,593703044	7124,436527	1	0,311	0,697686312	0,663175794	22,6	0,006277778	36,0540	10,497	0,002915917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
277	23:00	0,000	0	7131,255961	0	0,311	0,663175794	0,692892131	22,6	0,006277778	36,0885	10,421	0,002894833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
278	23:05	0,000	0	7125,383879	0	0,311	0,692892131	0,718110554	22,6	0,006277778	36,0588	8,844	0,002456667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
279	23:10	0,116	0,593366717	7120,400604	1	0,311	0,718110554	0,682907985	22,6	0,006277778	36,0336	10,255	0,0028485	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
280	23:15	0,000	0	7127,356791	0	0,311	0,682907985	0,709149517	22,6	0,006277778	36,0688	9,203	0,002556333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
281	23:20	0,117	0,593514279	7122,171346	1	0,311	0,709149517	0,669715932	22,6	0,006277778	36,0426	8,771	0,002436333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
282	23:25	0,000	0	7129,9636	0	0,311	0,669715932	0,691443012	22,6	0,006277778	36,0820	7,620	0,002116556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
283	23:30	0,000	0	7125,670231	0	0,311	0,691443012	0,713099377	22,6	0,006277778	36,0603	7,595	0,002109667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
284	23:35	0,117	0,593449236	7121,390836	1	0,311	0,713099377	0,672745336	22,6	0,006277778	36,0386	8,448	0,002346667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
285	23:40	0,000	0	7129,364976	0	0,311	0,672745336	0,696074945	22,6	0,006277778	36,0790	8,182	0,002272667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
286	23:45	0,000	0	7124,75494	0	0,311	0,696074945	0,719565376	22,6	0,006277778	36,0556	8,238	0,002288333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
287	23:50	0,000	0	7120,113125	0	0,311	0,719565376	0,741488638	22,6	0,006277778	36,0321	7,688	0,002135667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
288	23:55	0,000	0	7115,780989	0	0,311	0,741488638	0,761790837	22,6	0,006277778	36,0102	7,120	0,00197775	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
289	00:00	0,000	0	7111,769183	0	0,311	0,761790837	0,785199146	22,6	0,006277778	35,9899	8,209	0,002280333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
Custo diário otimizado (R$)		**22,033**															

Parâmetros de projeto

Cota do Fundo do poço de sucção	585,90	m	-	m
Cota de Tampa do poço de sucção	590,10	m	-	m
Cota de desague do recalque	617,50	m	-	m
Nível Minimo Operacional	0,3	m	-	m
Nível Máximo Operacional	1,9	m	-	m
Nível Inicial	1,9	m	-	m
Diâmetro do poço	6,1	m		
Área do poço	29,22466566	m2	29,22466566	m2
Volume útil	46,75946506	m3		
Diâmetro do recalque (1)	75	mm	0,075	m
Seção do Tubo de recalque (1)	4417,864669	mm2	0,004417865	m2
Comprimento real da tubulação (1)	4,64	m		m
Comprimento eq da tubulação (1)	15,2	m		m
Comprimento total (1)	19,84	m		m
Diâmetro do recalque (2)	100	mm	0,1	m
Seção do Tubo de recalque (2)	7853,981634	mm2	0,007853982	m2
Comprimento real da tubulação (2)	533,43	m		m
Comprimento eq da tubulação (2)	16,2	m		m
Comprimento total (2)	549,63	m		m
Rendimento	0,311		-	
Preço da energia (fora de ponta)	0,000196325	R$/Wh	0,196325	R$/KWh
Preço da energia (intermediario)	0,000196325	R$/Wh	0,196325	R$/KWh
Preço da energia (ponta)	0,000946433	R$/Wh	0,946433	R$/KWh
Peso especifico do esgoto	998,23	Kgf/m3		Kgf/m3
Vazão da Bomba	22,6	m3/h	0,006277778	m3/s
Número máxmio de bombas	1	unitario	-	unitario
Número mínimo de bombas	0	unitario	-	unitario
Coeficiente de Hazem-Willians (1)	130		-	
Coeficiente de Hazem-Willians (2)	130			

RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 1.682, DE 30 DE JANEIRO DE 2014

		TUSD		TE/BAND VERM.
		R$/KW	R$/MWh	R$/MWh
BRANCA (B3)	P	-	393,58	331,91
	INT	-	247,68	211,62
	FP	-	101,79	211,62
CONV. (B3)	-	-	148,43	221,64
VERDE A4	NA	10,28	-	-
	P	-	781,54	331,91
	FP	-	19,35	211,62

SITUAÇÃO HIPOTÉTICA

Modelo_otim_Jd_Planalto-REV05d-Pco Pulmao-nao ligar-1_9

SANEAMENTO 15% DESCONTO

		TUSD		TE/BAND VERM.	TUSD+TE
		R$/KW	R$/KWh	R$/KWh	R$/KWh
BRANCA (B3)	P	-	0,334543	0,2821235	0,616667
	INT	-	0,210528	0,179877	0,390405
	FP	-	0,0865215	0,179877	0,266399
CONV. (B3)	-	-	0,1261655	0,188394	0,314560
VERDE A4	NA	8,738	-	-	-
	P	-	0,664309	0,2821235	0,946433
	FP	-	0,0164475	0,179877	0,196325

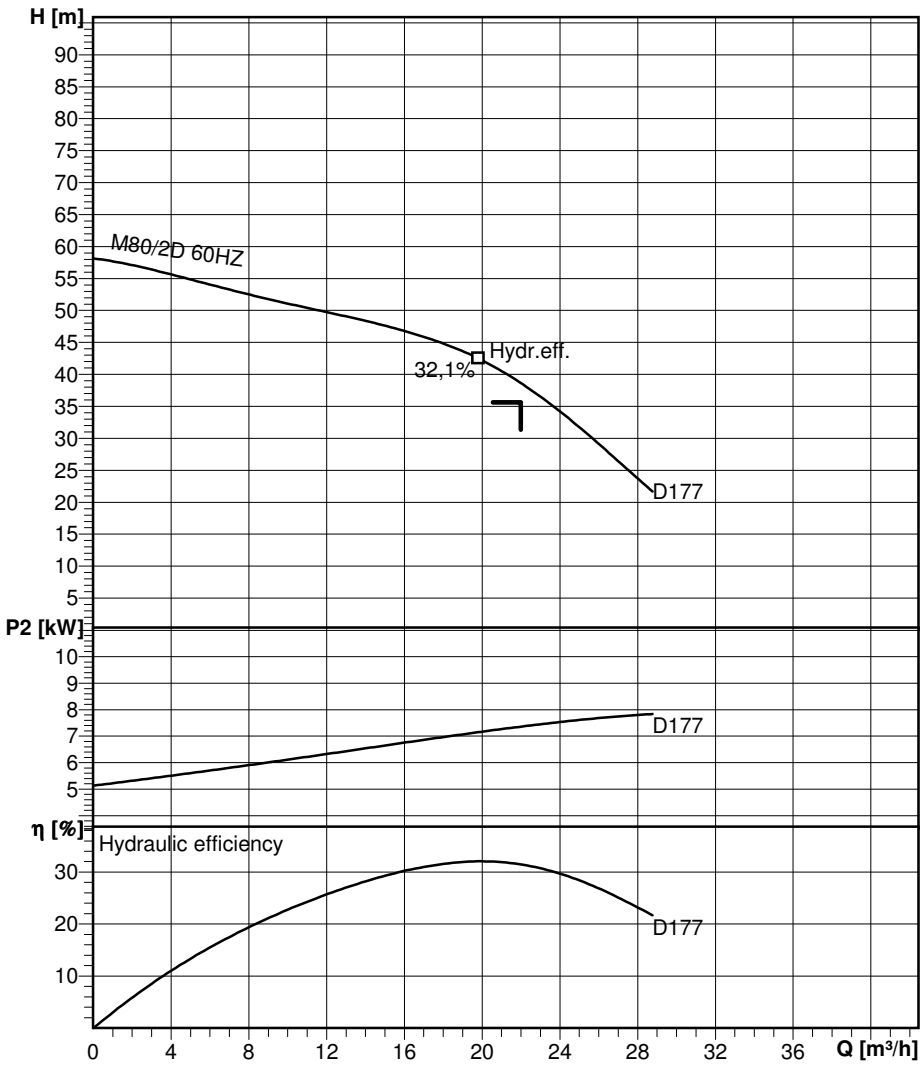
Instante	Hora	Custo de E. Elétrica (R$)	Energia Req (KWh)	Potencia(W)	Acionamento	Rendimento	Nivel inicial	Nivel Final	Q bombeado (m3/h)	Q bombeado (m3/s)	HMB (m)	Q entrada (m3/h)	Q entrada (m3/s)	Comp. total (1) (m)	Comp. total (2) (m)	Perda de carga (1) (m)	Perda de carga (2) (m)
1	00:00	0,113	0,573904492	6886,853909	1	0,311	1,9	1,850575425	22,6	0,006277778	34,8517	5,267	0,001463056	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
2	00:05	0,113	0,574718369	6896,620428	1	0,311	1,850575425	1,801150851	22,6	0,006277778	34,9011	5,267	0,001463056	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
3	00:10	0,000	0	6906,386947	0	0,311	1,801150851	1,815134473	22,6	0,006277778	34,9506	4,904	0,001362222	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
4	00:15	0,000	0	6903,623721	0	0,311	1,815134473	1,832601453	22,6	0,006277778	34,9366	6,126	0,001701556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
5	00:20	0,113	0,575014347	6900,172166	1	0,311	1,832601453	1,78226013	22,6	0,006277778	34,9191	4,946	0,00137375	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
6	00:25	0,000	0	6910,119839	0	0,311	1,78226013	1,799885938	22,6	0,006277778	34,9694	6,181	0,001717028	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
7	00:30	0,113	0,575553075	6906,6369	1	0,311	1,799885938	1,751094675	22,6	0,006277778	34,9518	5,489	0,00152475	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
8	00:35	0,000	0	6916,278274	0	0,311	1,751094675	1,76851261	22,6	0,006277778	35,0006	6,108	0,001696778	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
9	00:40	0,000	0	6912,836411	0	0,311	1,76851261	1,781763404	22,6	0,006277778	34,9832	4,647	0,001290833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
10	00:45	0,000	0	6910,217995	0	0,311	1,781763404	1,79920244	22,6	0,006277778	34,9699	6,116	0,001698833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
11	00:50	0,000	0	6906,771962	0	0,311	1,79920244	1,815200056	22,6	0,006277778	34,9525	5,610	0,001558417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
12	00:55	0,000	0	6903,610761	0	0,311	1,815200056	1,828012008	22,6	0,006277778	34,9365	4,493	0,001248083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
13	01:00	0,113	0,575089922	6901,079061	1	0,311	1,828012008	1,77692531	22,6	0,006277778	34,9237	4,684	0,001301139	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
14	01:05	0,000	0	6911,174024	0	0,311	1,77692531	1,788017538	22,6	0,006277778	34,9748	3,890	0,001080556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
15	01:10	0,000	0	6908,982149	0	0,311	1,788017538	1,798919288	22,6	0,006277778	34,9637	3,823	0,001062	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
16	01:15	0,000	0	6906,827914	0	0,311	1,798919288	1,808999244	22,6	0,006277778	34,9528	3,535	0,000981944	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
17	01:20	0,000	0	6904,836069	0	0,311	1,808999244	1,819986538	22,6	0,006277778	34,9427	3,853	0,001070333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
18	01:25	0,000	0	6902,664931	0	0,311	1,819986538	1,832559251	22,6	0,006277778	34,9317	4,409	0,001224778	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
19	01:30	0,000	0	6900,180506	0	0,311	1,832559251	1,84233524	22,6	0,006277778	34,9191	3,428	0,000952333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
20	01:35	0,000	0	6898,248726	0	0,311	1,84233524	1,849855429	22,6	0,006277778	34,9094	2,637	0,000732583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
21	01:40	0,000	0	6896,762703	0	0,311	1,849855429	1,857327713	22,6	0,006277778	34,9018	2,621	0,000727917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
22	01:45	0,000	0	6895,286146	0	0,311	1,857327713	1,865604967	22,6	0,006277778	34,8944	2,903	0,000806333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
23	01:50	0,113	0,574470877	6893,650523	1	0,311	1,865604967	1,810504251	22,6	0,006277778	34,8861	3,276	0,000910111	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
24	01:55	0,000	0	6904,538673	0	0,311	1,810504251	1,820086055	22,6	0,006277778	34,9412	3,360	0,000933417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
25	02:00	0,000	0	6902,645266	0	0,311	1,820086055	1,826748235	22,6	0,006277778	34,9316	2,336	0,000649	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
26	02:05	0,000	0	6901,328789	0	0,311	1,826748235	1,836018088	22,6	0,006277778	34,9250	3,251	0,000903028	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
27	02:10	0,000	0	6899,497024	0	0,311	1,836018088	1,842478384	22,6	0,006277778	34,9157	2,266	0,000629333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
28	02:15	0,000	0	6898,22044	0	0,311	1,842478384	1,848131143	22,6	0,006277778	34,9092	1,982	0,000550667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
29	02:20	0,000	0	6897,103429	0	0,311	1,848131143	1,854569198	22,6	0,006277778	34,9036	2,258	0,000627167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
30	02:25	0,000	0	6895,831241	0	0,311	1,854569198	1,861316923	22,6	0,006277778	34,8971	2,366	0,000657333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
31	02:30	0,000	0	6894,49786	0	0,311	1,861316923	1,867612974	22,6	0,006277778	34,8904	2,208	0,000613333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
32	02:35	0,000	0	6893,253732	0	0,311	1,867612974	1,87668636	22,6	0,006277778	34,8841	3,182	0,000883889	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
33	02:40	0,113	0,574288399	6891,46079	1	0,311	1,87668636	1,82031845	22,6	0,006277778	34,8750	2,832	0,000786667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
34	02:45	0,113	0,575216612	6902,599343	1	0,311	1,82031845	1,765583863	22,6	0,006277778	34,9314	3,405	0,000945778	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
35	02:50	0,000	0	6913,415145	0	0,311	1,765583863	1,774007113	22,6	0,006277778	34,9861	2,954	0,000820556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
36	02:55	0,000	0	6911,750673	0	0,311	1,774007113	1,782665895	22,6	0,006277778	34,9777	3,037	0,0008435	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
37	03:00	0,000	0	6910,039658	0	0,311	1,782665895	1,790819966	22,6	0,006277778	34,9690	2,860	0,000794333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
38	03:05	0,113	0,575702365	6908,428377	1	0,311	1,790819966	1,73647489	22,6	0,006277778	34,9609	3,541	0,000983722	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
39	03:10	0,000	0	6919,16721	0	0,311	1,73647489	1,745870492	22,6	0,006277778	35,0152	3,295	0,000915278	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
40	03:15	0,000	0	6917,310596	0	0,311	1,745870492	1,753267497	22,6	0,006277778	35,0058	2,594	0,000720583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
41	03:20	0,000	0	6915,848915	0	0,311	1,753267497	1,760131562	22,6	0,006277778	34,9984	2,407	0,000668667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
42	03:25	0,000	0	6914,492544	0	0,311	1,760131562	1,769517469	22,6	0,006277778	34,9916	3,292	0,000914333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
43	03:30	0,000	0	6912,637847	0	0,311	1,769517469	1,776525248	22,6	0,006277778	34,9822	2,458	0,000682667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
44	03:35	0,000	0	6911,253078	0	0,311	1,776525248	1,783338842	22,6	0,006277778	34,9752	2,390	0,00066375	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
45	03:40	0,000	0	6909,906681	0	0,311	1,783338842	1,789034374	22,6	0,006277778	34,9684	1,997	0,000554833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
46	03:45	0,000	0	6908,781218	0	0,311	1,789034374	1,794434777	22,6	0,006277778	34,9627	1,894	0,000526083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
47	03:50	0,000	0	6907,714074	0	0,311	1,794434777	1,799228103	22,6	0,006277778	34,9573	1,681	0,000466944	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
48	03:55	0,000	0	6906,766891	0	0,311	1,799228103	1,805975828	22,6	0,006277778	34,9525	2,366	0,000657333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
49	04:00	0,113	0,575452793	6905,43351	1	0,311	1,805975828	1,746377769	22,6	0,006277778	34,9457	1,699	0,000472	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
50	04:05	0,000	0	6917,210356	0	0,311	1,746377769	1,753731147	22,6	0,006277778	35,0053	2,579	0,000716333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
51	04:10	0,000	0	6915,757295	0	0,311	1,753731147	1,759556135	22,6	0,006277778	34,9980	2,043	0,000567444	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
52	04:15	0,000	0	6914,606251	0	0,311	1,759556135	1,764603241	22,6	0,006277778	34,9921	1,770	0,000491667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
53	04:20	0,000	0	6913,60892	0	0,311	1,764603241	1,771725079	22,6	0,006277778	34,9871	2,498	0,000693778	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
54	04:25	0,000	0	6912,201613	0	0,311	1,771725079	1,777175954	22,6	0,006277778	34,9800	1,912	0,000531	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
55	04:30	0,000	0	6911,124495	0	0,311	1,777175954	1,784481427	22,6	0,006277778	34,9745	2,562	0,000711667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
56	04:35	0,000	0	6909,680901	0	0,311	1,784481427	1,789607234	22,6	0,006277778	34,9672	1,798	0,000499333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
57	04:40	0,000	0	6908,668018	0	0,311	1,789607234	1,795389165	22,6	0,006277778	34,9621	2,028	0,00056325	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
58	04:45	0,000	0	6907,525483	0	0,311	1,795389165	1,800537214	22,6	0,006277778	34,9563	1,805	0,0005015	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
59	04:50	0,000	0	6906,508205	0	0,311	1,800537214	1,805550673	22,6	0,006277778	34,9512	1,758	0,000488389	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
60	04:55	0,000	0	6905,517523	0	0,311	1,805550673	1,811405317	22,6	0,006277778	34,9462	2,053	0,000570333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
61	05:00	0,000	0	6904,360619	0	0,311	1,811405317	1,817742429	22,6	0,006277778	34,9403	2,222	0,000617333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
62	05:05	0,000	0	6903,108377	0	0,311	1,817742429	1,82516025	22,6	0,006277778	34,9340	2,601	0,000722611	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
63	05:10	0,113	0,575136882	6901,642582	1	0,311	1,82516025	1,767177266	22,6	0,006277778	34,9265	2,266	0,000629333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
64	05:15	0,000	0	6913,100281	0	0,311	1,767177266	1,773233794	22,6	0,006277778	34,9845	2,124	0,00059	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
65	05:20	0,000	0	6911,903484	0	0,311	1,773233794	1,779552657	22,6	0,006277778	34,9785	2,216	0,000615556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
66	05:25	0,000	0	6910,654848	0	0,311	1,779552657	1,787829912	22,6	0,006277778	34,9721	2,903	0,000806333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
67	05:30	0,000	0	6909,019225	0	0,311	1,787829912	1,795226917	22,6	0,006277778	34,9639	2,594	0,000720583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
68	05:35	0,000	0	6907,557544	0	0,311	1,795226917	1,804882288	22,6	0,006277778	34,9565	3,386	0,000940583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
69	05:40	0,000	0	6905,649599	0	0,311	1,804882288	1,816020995	22,6	0,006277778	34,9468	3,906	0,001085083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
70	05:45	0,000	0	6903,44854	0	0,311	1,816020995	1,829170846	22,6	0,006277778	34,9357	4,612	0,001281	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
71	05:50	0,113	0,575070839	6900,85007	1	0,311	1,829170846	1,777579438	22,6	0,006277778	34,9225	4,507	0,001251972	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
72	05:55	0,000	0	6911,044765	0	0,311	1,777579438	1,790700489	22,6	0,006277778	34,9741	4,602	0,001278194	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
73	06:00	0,000	0	6908,451986	0	0,311	1,790700489	1,806129237	22,6	0,006277778	34,9610	5,411	0,001503	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
74	06:05	0,000	0	6905,403196	0	0,311	1,806129237	1,821556274	22,6	0,006277778	34,9456	5,410	0,001502833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
75	06:10	0,000	0	6902,354744	0	0,311	1,821556274	1,83778486	22,6	0,006277778	34,9301	5,691	0,001580917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
76	06:15	0,000	0	6899,147902	0	0,311	1,83778486	1,853249822	22,6	0,006277778	34,9139	5,424	0,001506528	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
77	06:20	0,113	0,57467433	6896,091955	1	0,311	1,853249822	1,80774317	22,6	0,006277778	34,8985	6,641	0,001844722	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
78	06:25	0,113	0,57542369	6905,084275	1	0,311	1,80774317	1,765043509	22,6	0,006277778	34,9440	7,625	0,002118167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
79	06:30	0,000	0	6913,521921	0	0,311	1,765043509	1,787947962	22,6	0,006277778	34,9867	8,033	0,00223125	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
80	06:35	0,000	0	6908,995898	0	0,311	1,787947962	1,811414441	22,6	0,006277778	34,9638	8,230	0,002286	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
81	06:40	0,113	0,575363235	6904,358816	1	0,311	1,811414441	1,772181885	22,6	0,006277778	34,9403	8,841	0,002455917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
82	06:45	0,000	0	6912,111346	0	0,311	1,772181885	1,799308514	22,6	0,006277778	34,9795	9,513	0,002642556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
83	06:50	0,113	0,575562583	6906,751001	1	0,311	1,799308514	1,762996437	22,6	0,006277778	34,9524	9,866	0,002740417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
84	06:55	0,000	0	6913,926432	0	0,311	1,762996437	1,787544194	22,6	0,006277778	34,9887	8,609	0,002391333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
85	07:00	0,000	0	6909,075684	0	0,311	1,787544194	1,812681636	22,6	0,006277778	34,9642	8,816	0,002448778	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
86	07:05	0,113	0,575342368	6904,108412	1	0,311	1,812681636	1,772288245	22,6	0,006277778	34,9390	8,434	0,002342833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
87	07:10	0,000	0	6912,090329	0	0,311	1,772288245	1,797684601	22,6	0,006277778	34,9794	8,906	0,002474	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
88	07:15	0,000	0	6907,071894	0	0,311	1,797684601	1,821021053	22,6	0,006277778	34,9540	8,184	0,002273333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
89	07:20	0,113	0,575205042	6902,460506	1	0,311	1,821021053	1,782069937	22,6	0,006277778	34,9307	8,940	0,002483333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
90	07:25	0,000	0	6910,157422	0	0,311	1,782069937	1,806228468	22,6	0,006277778	34,9696	8,472	0,002353417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
91	07:30	0,113	0,575448632	6905,383587	1	0,311	1,806228468	1,763816235	22,6	0,006277778	34,9455	7,726	0,002146167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
92	07:35	0,000	0	6913,764436	0	0,311	1,763816235	1,787427284	22,6	0,006277778	34,9879	8,280	0,002300083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
93	07:40	0,000	0	6909,098786	0	0,311	1,787427284	1,813331772	22,6	0,006277778	34,9643	9,085	0,0025235	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
94	07:45	0,113	0,575331662	6903,979942	1	0,311	1,813331772	1,775851445	22,6	0,006277778	34,9384	9,456	0,002626611	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
95	07:50	0,000	0	6911,386224	0	0,311	1,775851445	1,800940127	22,6	0,006277778	34,9759	8,799	0,002444028	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
96	07:55	0,113	0,575535716	6906,428587	1	0,311	1,800940127	1,763135303	22,6	0,006277778	34,9508	9,342	0,002595	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
97	08:00	0,000	0	6913,898991	0	0,311	1,763135303	1,789328931	22,6	0,006277778	34,9886	9,186	0,002551667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
98	08:05	0,000	0	6908,723012	0	0,311	1,789328931	1,818981109	22,6	0,006277778	34,9624	10,399	0,002888583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
99	08:10	0,000	0	6902,863608	0	0,311	1,818981109	1,846809486	22,6	0,006277778	34,9327	9,759	0,002710917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
100	08:15	0,113	0,574780383	6897,364595	1	0,311	1,846809486	1,812933421	22,6	0,006277778	34,9049	10,720	0,002977722	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
101	08:20	0,000	0	6904,058658	0	0,311	1,812933421	1,841838228	22,6	0,006277778	34,9388	10,137	0,002815778	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
102	08:25	0,113	0,574862245	6898,346938	1	0,311	1,841838228	1,809625713	22,6	0,006277778	34,9099	11,303	0,003139778	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
103	08:30	0,000	0	6904,712276	0	0,311	1,809625713	1,841851915	22,6	0,006277778	34,9421	11,302	0,003139333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
104	08:35	0,113	0,574862019	6898,344233	1	0,311	1,841851915	1,80950481	22,6	0,006277778	34,9099	11,256	0,003126667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
105	08:40	0,000	0	6904,736167	0	0,311	1,80950481	1,8440005	22,6	0,006277778	34,9422	12,098	0,003360417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
106	08:45	0,113	0,574826639	6897,919663	1	0,311	1,8440005	1,805928778	22,6	0,006277778	34,9077	9,248	0,002569	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
107	08:50	0,113	0,575453567	6905,442807	1	0,311	1,805928778	1,772824607	22,6	0,006277778	34,9458	10,991	0,003052917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
108	08:55	0,000	0	6911,984341	0	0,311	1,772824607	1,807552122	22,6	0,006277778	34,9789	12,179	0,003383	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
109	09:00	0,113	0,575426836	6905,122027	1	0,311	1,807552122	1,780316281	22,6	0,006277778	34,9442	13,049	0,003624583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
110	09:05	0,000	0	6910,503953	0	0,311	1,780316281	1,813571295	22,6	0,006277778	34,9714	11,662	0,003239556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
111	09:10	0,113	0,575327718	6903,932612	1	0,311	1,813571295	1,783532457	22,6	0,006277778	34,9381	12,066	0,003351528	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
112	09:15	0,113	0,575822368	6909,868422	1	0,311	1,783532457	1,753657579	22,6	0,006277778	34,9682	12,123	0,0033675	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
113	09:20	0,000	0	6915,771833	0	0,311	1,753657579	1,785450928	22,6	0,006277778	34,9980	11,150	0,003097167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
114	09:25	0,000	0	6909,489323	0	0,311	1,785450928	1,819334977	22,6	0,006277778	34,9663	11,883	0,003300833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
115	09:30	0,113	0,575232807	6902,793682	1	0,311	1,819334977	1,787419014	22,6	0,006277778	34,9324	11,407	0,003168667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
116	09:35	0,000	0	6909,10042	0	0,311	1,787419014	1,822621299	22,6	0,006277778	34,9643	12,345	0,00342925	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
117	09:40	0,113	0,575178691	6902,14429	1	0,311	1,822621299	1,792206352	22,6	0,006277778	34,9291	11,934	0,003314889	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
118	09:45	0,000	0	6908,154421	0	0,311	1,792206352	1,827156281	22,6	0,006277778	34,9595	12,257	0,003404667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
119	09:50	0,113	0,575104013	6901,248157	1	0,311	1,827156281	1,800576564	22,6	0,006277778	34,9245	13,279	0,0036885	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
120	09:55	0,113	0,575541702	6906,500429	1	0,311	1,800576564	1,772727942	22,6	0,006277778	34,9511	12,834	0,003564889	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
121	10:00	0,000	0	6912,003443	0	0,311	1,772727942	1,8075487	22,6	0,006277778	34,9790	12,212	0,003392083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
122	10:05	0,113	0,575426892	6905,122704	1	0,311	1,8075487	1,777990335	22,6	0,006277778	34,9442	12,234	0,003398333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
123	10:10	0,000	0	6910,96357	0	0,311	1,777990335	1,818006761	22,6	0,006277778	34,9737	14,034	0,003898222	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
124	10:15	0,113	0,575254679	6903,056143	1	0,311	1,818006761	1,78755617	22,6	0,006277778	34,9337	11,921	0,003311417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
125	10:20	0,000	0	6909,073318	0	0,311	1,78755617	1,826312815	22,6	0,006277778	34,9641	13,592	0,0037755	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
126	10:25	0,113	0,575117902	6901,41483	1	0,311	1,826312815	1,800612493	22,6	0,006277778	34,9254	13,587	0,003774167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
127	10:30	0,113	0,575541111	6906,493329	1	0,311	1,800612493	1,776481906	22,6	0,006277778	34,9511	14,138	0,003927083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
128	10:35	0,000	0	6911,261642	0	0,311	1,776481906	1,814582427	22,6	0,006277778	34,9752	13,362	0,003711583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
129	10:40	0,000	0	6903,732807	0	0,311	1,814582427	1,852640177	22,6	0,006277778	34,9371	13,347	0,003707417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
130	10:45	0,113	0,574684369	6896,212424	1	0,311	1,852640177	1,828706342	22,6	0,006277778	34,8991	14,207	0,00394625	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
131	10:50	0,113	0,575078488	6900,941858	1	0,311	1,828706342	1,800989743	22,6	0,006277778	34,9230	12,880	0,00357775	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
132	10:55	0,000	0	6906,418783	0	0,311	1,800989743	1,839105662	22,6	0,006277778	34,9507	13,367	0,003713083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
133	11:00	0,113	0,574907242	6898,886905	1	0,311	1,839105662	1,809383052	22,6	0,006277778	34,9126	12,176	0,003382333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
134	11:05	0,000	0	6904,760227	0	0,311	1,809383052	1,845486117	22,6	0,006277778	34,9423	12,661	0,003517	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
135	11:10	0,000	0	6897,626098	0	0,311	1,845486117	1,884820186	22,6	0,006277778	34,9062	13,794	0,00383175	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
136	11:15	0,113	0,574154459	6889,853509	1	0,311	1,884820186	1,859259585	22,6	0,006277778	34,8669	13,636	0,003787778	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
137	11:20	0,113	0,574575367	6894,904399	1	0,311	1,859259585	1,83221793	22,6	0,006277778	34,8924	13,117	0,0036435	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
138	11:25	0,113	0,575020663	6900,247952	1	0,311	1,83221793	1,812962506	22,6	0,006277778	34,9195	15,847	0,004402	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
139	11:30	0,113	0,575337743	6904,052911	1	0,311	1,812962506	1,792603562	22,6	0,006277778	34,9387	15,460	0,0042945	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
140	11:35	0,000	0	6908,07593	0	0,311	1,792603562	1,830092442	22,6	0,006277778	34,9591	13,147	0,003652	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
141	11:40	0,113	0,575055663	6900,667958	1	0,311	1,830092442	1,803368156	22,6	0,006277778	34,9216	13,228	0,003674417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
142	11:45	0,113	0,575495733	6905,948798	1	0,311	1,803368156	1,780637072	22,6	0,006277778	34,9483	14,628	0,004063417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
143	11:50	0,113	0,575870047	6910,440563	1	0,311	1,780637072	1,754389267	22,6	0,006277778	34,9711	13,395	0,003720833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
144	11:55	0,000	0	6915,627248	0	0,311	1,754389267	1,79733501	22,6	0,006277778	34,9973	15,061	0,004183583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
145	12:00	0,000	0	6907,140975	0	0,311	1,79733501	1,835860686	22,6	0,006277778	34,9544	13,511	0,003753	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
146	12:05	0,113	0,574960677	6899,528127	1	0,311	1,835860686	1,81193455	22,6	0,006277778	34,9158	14,209	0,003947	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
147	12:10	0,113	0,57535467	6904,25604	1	0,311	1,81193455	1,792477242	22,6	0,006277778	34,9398	15,776	0,004382333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
148	12:15	0,113	0,575675074	6908,100892	1	0,311	1,792477242	1,763946547	22,6	0,006277778	34,9592	12,594	0,003498444	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
149	12:20	0,000	0	6913,738686	0	0,311	1,763946547	1,807172876	22,6	0,006277778	34,9878	15,159	0,004210917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
150	12:25	0,113	0,575433081	6905,196968	1	0,311	1,807172876	1,785494841	22,6	0,006277778	34,9445	14,998	0,004166	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
151	12:30	0,000	0	6909,480646	0	0,311	1,785494841	1,825837475	22,6	0,006277778	34,9662	14,148	0,00393	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
152	12:35	0,000	0	6901,508759	0	0,311	1,825837475	1,865474085	22,6	0,006277778	34,9259	13,900	0,003861222	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
153	12:40	0,113	0,574473032	6893,676386	1	0,311	1,865474085	1,845729348	22,6	0,006277778	34,8862	15,676	0,004354333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
154	12:45	0,113	0,57479817	6897,578035	1	0,311	1,845729348	1,823301945	22,6	0,006277778	34,9060	14,735	0,004093	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
155	12:50	0,113	0,575167483	6902,009791	1	0,311	1,823301945	1,796108877	22,6	0,006277778	34,9284	13,064	0,00362875	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
156	12:55	0,000	0	6907,383264	0	0,311	1,796108877	1,835226519	22,6	0,006277778	34,9556	13,718	0,003810667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
157	13:00	0,113	0,57497112	6899,653441	1	0,311	1,835226519	1,809748611	22,6	0,006277778	34,9165	13,665	0,003795833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
158	13:05	0,113	0,575390666	6904,687991	1	0,311	1,809748611	1,779340792	22,6	0,006277778	34,9420	11,936	0,003315583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
159	13:10	0,000	0	6910,696714	0	0,311	1,779340792	1,818386577	22,6	0,006277778	34,9724	13,693	0,003803667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
160	13:15	0,113	0,575248424	6902,98109	1	0,311	1,818386577	1,793824847	22,6	0,006277778	34,9333	13,986	0,003885083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
161	13:20	0,000	0	6907,834599	0	0,311	1,793824847	1,829553799	22,6	0,006277778	34,9579	12,530	0,003480556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
162	13:25	0,113	0,575064533	6900,774397	1	0,311	1,829553799	1,803933033	22,6	0,006277778	34,9221	13,615	0,003781917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
163	13:30	0,113	0,575486431	6905,837176	1	0,311	1,803933033	1,777186505	22,6	0,006277778	34,9478	13,220	0,00367225	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
164	13:35	0,113	0,575926868	6911,122411	1	0,311	1,777186505	1,75124837	22,6	0,006277778	34,9745	13,504	0,003751	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
165	13:40	0,000	0	6916,247903	0	0,311	1,75124837	1,785586658	22,6	0,006277778	35,0005	12,042	0,003345083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309

Instante	Hora	Custo de E. Elétrica (R$)	Energia Req (KWh)	Potencia(W)	Acionamento	Rendimento	Nivel inicial	Nivel Final	Q bombeado (m3/h)	Q bombeado (m3/s)	HMB (m)	Q entrada (m3/h)	Q entrada (m3/s)	Comp. total (1) (m)	Comp. total (2) (m)	Perda de carga (1) (m)	Perda de carga (2) (m)
166	13:45	0,113	0,575788542	6909,462502	1	0,311	1,785586658	1,756258407	22,6	0,006277778	34,9661	12,315	0,00342075	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
167	13:50	0,000	0	6915,257897	0	0,311	1,756258407	1,789737832	22,6	0,006277778	34,9954	11,741	0,003261417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
168	13:55	0,000	0	6908,642212	0	0,311	1,789737832	1,826577432	22,6	0,006277778	34,9620	12,920	0,00358875	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
169	14:00	0,000	0	6901,36254	0	0,311	1,826577432	1,862057735	22,6	0,006277778	34,9251	12,443	0,003456333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
170	14:05	0,113	0,574529289	6894,351472	1	0,311	1,862057735	1,833668759	22,6	0,006277778	34,8896	12,644	0,00351225	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
171	14:10	0,113	0,574996772	6899,961262	1	0,311	1,833668759	1,80278446	22,6	0,006277778	34,9180	11,769	0,003269167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
172	14:15	0,113	0,575505345	6906,064139	1	0,311	1,80278446	1,777587992	22,6	0,006277778	34,9489	13,764	0,00382325	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
173	14:20	0,113	0,575920256	6911,043075	1	0,311	1,777587992	1,74847018	22,6	0,006277778	34,9741	12,389	0,00344125	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
174	14:25	0,113	0,576399741	6916,796886	1	0,311	1,74847018	1,722812629	22,6	0,006277778	35,0032	13,602	0,003778333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
175	14:30	0,113	0,576822245	6921,866934	1	0,311	1,722812629	1,695013908	22,6	0,006277778	35,0289	12,851	0,00356975	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
176	14:35	0,113	0,577280007	6927,360087	1	0,311	1,695013908	1,665031244	22,6	0,006277778	35,0567	12,085	0,003357	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
177	14:40	0,113	0,577773733	6933,284797	1	0,311	1,665031244	1,637399334	22,6	0,006277778	35,0867	12,910	0,003586	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
178	14:45	0,114	0,578228749	6938,744987	1	0,311	1,637399334	1,607092457	22,6	0,006277778	35,1143	11,972	0,003325417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
179	14:50	0,114	0,578727814	6944,733763	1	0,311	1,607092457	1,577390378	22,6	0,006277778	35,1446	12,184	0,003384333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
180	14:55	0,114	0,579216919	6950,603028	1	0,311	1,577390378	1,551754214	22,6	0,006277778	35,1743	13,610	0,003780417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
181	15:00	0,114	0,579639071	6955,66885	1	0,311	1,551754214	1,518311003	22,6	0,006277778	35,1999	10,872	0,003019889	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
182	15:05	0,114	0,580189782	6962,27738	1	0,311	1,518311003	1,486720963	22,6	0,006277778	35,2334	11,522	0,003200417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
183	15:10	0,114	0,580709976	6968,519714	1	0,311	1,486720963	1,459823022	22,6	0,006277778	35,2650	13,167	0,0036575	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
184	15:15	0,114	0,581152906	6973,834869	1	0,311	1,459823022	1,430446011	22,6	0,006277778	35,2919	12,298	0,003416	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
185	15:20	0,114	0,581636658	6979,639899	1	0,311	1,430446011	1,394840528	22,6	0,006277778	35,3213	10,113	0,00280925	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
186	15:25	0,114	0,582222975	6986,675703	1	0,311	1,394840528	1,362348568	22,6	0,006277778	35,3569	11,205	0,003112556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
187	15:30	0,114	0,582758022	6993,096261	1	0,311	1,362348568	1,330087007	22,6	0,006277778	35,3894	11,286	0,003135	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
188	15:35	0,115	0,583289274	6999,471292	1	0,311	1,330087007	1,299318192	22,6	0,006277778	35,4216	11,810	0,003280417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
189	15:40	0,115	0,583795946	7005,551349	1	0,311	1,299318192	1,261514224	22,6	0,006277778	35,4524	9,342	0,002595083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
190	15:45	0,115	0,584418465	7013,021584	1	0,311	1,261514224	1,2278044	22,6	0,006277778	35,4902	10,778	0,002993917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
191	15:50	0,115	0,584973566	7019,682797	1	0,311	1,2278044	1,194116818	22,6	0,006277778	35,5239	10,786	0,002996083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
192	15:55	0,115	0,585528301	7026,339616	1	0,311	1,194116818	1,158900276	22,6	0,006277778	35,5576	10,250	0,002847139	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
193	16:00	0,115	0,586108214	7033,298563	1	0,311	1,158900276	1,121289352	22,6	0,006277778	35,5928	9,410	0,002613889	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
194	16:05	0,115	0,586727554	7040,730652	1	0,311	1,121289352	1,084311455	22,6	0,006277778	35,6304	9,632	0,002675556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
195	16:10	0,115	0,587336471	7048,037651	1	0,311	1,084311455	1,048258576	22,6	0,006277778	35,6674	9,956	0,002765667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
196	16:15	0,115	0,587930155	7055,161863	1	0,311	1,048258576	1,014614051	22,6	0,006277778	35,7034	10,801	0,003000278	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
197	16:20	0,116	0,588484181	7061,810173	1	0,311	1,014614051	0,983501634	22,6	0,006277778	35,7371	11,689	0,003246944	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
198	16:25	0,116	0,588996511	7067,958128	1	0,311	0,983501634	0,949481284	22,6	0,006277778	35,7682	10,669	0,002963667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
199	16:30	0,116	0,589556725	7074,680702	1	0,311	0,949481284	0,915399343	22,6	0,006277778	35,8022	10,648	0,002957667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
200	16:35	0,116	0,590117954	7081,415448	1	0,311	0,915399343	0,877320778	22,6	0,006277778	35,8363	9,246	0,002568333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
201	16:40	0,116	0,590744995	7088,939945	1	0,311	0,877320778	0,839841022	22,6	0,006277778	35,8744	9,456	0,002626667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
202	16:45	0,116	0,591362176	7096,346114	1	0,311	0,839841022	0,806216743	22,6	0,006277778	35,9119	10,808	0,00300225	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
203	16:50	0,116	0,591915869	7102,990423	1	0,311	0,806216743	0,772151625	22,6	0,006277778	35,9455	10,654	0,002959306	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
204	16:55	0,116	0,59247682	7109,721844	1	0,311	0,772151625	0,736186001	22,6	0,006277778	35,9796	9,987	0,002774167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
205	17:00	0,116	0,593069068	7116,828814	1	0,311	0,736186001	0,701336729	22,6	0,006277778	36,0155	10,379	0,002882917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
206	17:05	0,117	0,593642932	7123,715188	1	0,311	0,701336729	0,667928876	22,6	0,006277778	36,0504	10,884	0,003023333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
207	17:10	0,117	0,594193061	7130,316731	1	0,311	0,667928876	0,63217198	22,6	0,006277778	36,0838	10,060	0,0027945	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
208	17:15	0,117	0,594781871	7137,382455	1	0,311	0,63217198	0,59889501	22,6	0,006277778	36,1195	10,930	0,003036083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
209	17:20	0,117	0,595329845	7143,958135	1	0,311	0,59889501	0,56517492	22,6	0,006277778	36,1528	10,775	0,002992917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
210	17:25	0,117	0,595885115	7150,621377	1	0,311	0,56517492	0,5331084	22,6	0,006277778	36,1865	11,354	0,003154	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
211	17:30	0,117	0,596413155	7156,957866	1	0,311	0,5331084	0,500486698	22,6	0,006277778	36,2186	11,160	0,003099917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
212	17:35	0,117	0,596950338	7163,404062	1	0,311	0,500486698	0,470489206	22,6	0,006277778	36,2512	12,080	0,003355556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
213	17:40	0,117	0,597444308	7169,331702	1	0,311	0,470489206	0,438872649	22,6	0,006277778	36,2812	11,512	0,003197833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
214	17:45	0,117	0,59796494	7175,579276	1	0,311	0,438872649	0,411225341	22,6	0,006277778	36,3128	12,904	0,0035845	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
215	17:50	0,117	0,598420209	7181,042509	1	0,311	0,411225341	0,381098962	22,6	0,006277778	36,3405	12,035	0,003343	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
216	17:55	0,118	0,598916301	7186,995618	1	0,311	0,381098962	0,351621009	22,6	0,006277778	36,3706	12,262	0,003406167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
217	18:00	0,000	0	7192,820595	0	0,311	0,351621009	0,393484619	22,6	0,006277778	36,4001	14,681	0,004078167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
218	18:05	0,000	0	7184,548156	0	0,311	0,393484619	0,435362771	22,6	0,006277778	36,3582	14,687	0,004079583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
219	18:10	0,000	0	7176,272844	0	0,311	0,435362771	0,473003065	22,6	0,006277778	36,3163	13,200	0,00366675	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
220	18:15	0,000	0	7168,834952	0	0,311	0,473003065	0,513462039	22,6	0,006277778	36,2787	14,189	0,003941333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
221	18:20	0,000	0	7160,840076	0	0,311	0,513462039	0,554353012	22,6	0,006277778	36,2382	14,340	0,003983417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
222	18:25	0,000	0	7152,759835	0	0,311	0,554353012	0,596549388	22,6	0,006277778	36,1973	14,798	0,004110583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
223	18:30	0,000	0	7144,42164	0	0,311	0,596549388	0,641016107	22,6	0,006277778	36,1552	15,594	0,00433175	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
224	18:35	0,000	0	7135,634815	0	0,311	0,641016107	0,683046813	22,6	0,006277778	36,1107	14,740	0,004094444	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
225	18:40	0,000	0	7127,329358	0	0,311	0,683046813	0,720708493	22,6	0,006277778	36,0687	13,208	0,003668833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
226	18:45	0,000	0	7119,88724	0	0,311	0,720708493	0,760677014	22,6	0,006277778	36,0310	14,017	0,003893556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
227	18:50	0,000	0	7111,989279	0	0,311	0,760677014	0,804660409	22,6	0,006277778	35,9910	15,425	0,004284667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
228	18:55	0,000	0	7103,297962	0	0,311	0,804660409	0,845746422	22,6	0,006277778	35,9470	14,409	0,004002417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
229	19:00	0,000	0	7095,17918	0	0,311	0,845746422	0,884813593	22,6	0,006277778	35,9060	13,701	0,00380575	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
230	19:05	0,000	0	7087,459331	0	0,311	0,884813593	0,919316982	22,6	0,006277778	35,8669	12,100	0,003361167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
231	19:10	0,000	0	7080,641305	0	0,311	0,919316982	0,964087383	22,6	0,006277778	35,8324	15,701	0,004361333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
232	19:15	0,000	0	7071,794471	0	0,311	0,964087383	1,006513018	22,6	0,006277778	35,7876	14,879	0,004132917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
233	19:20	0,000	0	7063,410974	0	0,311	1,006513018	1,051982314	22,6	0,006277778	35,7452	15,946	0,004429417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
234	19:25	0,000	0	7054,426036	0	0,311	1,051982314	1,096204377	22,6	0,006277778	35,6997	15,509	0,004307917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
235	19:30	0,000	0	7045,687556	0	0,311	1,096204377	1,139402476	22,6	0,006277778	35,6555	15,149	0,004208167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
236	19:35	0,000	0	7037,151417	0	0,311	1,139402476	1,186051427	22,6	0,006277778	35,6123	16,360	0,004544333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
237	19:40	0,000	0	7027,933373	0	0,311	1,186051427	1,227808107	22,6	0,006277778	35,5657	14,644	0,00406775	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
238	19:45	0,000	0	7019,682065	0	0,311	1,227808107	1,268958278	22,6	0,006277778	35,5239	14,431	0,004008667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
239	19:50	0,000	0	7011,550605	0	0,311	1,268958278	1,307636223	22,6	0,006277778	35,4827	13,564	0,003767833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
240	19:55	0,000	0	7003,907668	0	0,311	1,307636223	1,344540837	22,6	0,006277778	35,4441	12,942	0,003595083	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
241	20:00	0,000	0	6996,61515	0	0,311	1,344540837	1,387319769	22,6	0,006277778	35,4072	15,002	0,004167333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
242	20:05	0,000	0	6988,161839	0	0,311	1,387319769	1,425759901	22,6	0,006277778	35,3644	13,481	0,003744667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
243	20:10	0,000	0	6980,565896	0	0,311	1,425759901	1,46201609	22,6	0,006277778	35,3259	12,715	0,003531917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
244	20:15	0,000	0	6973,401509	0	0,311	1,46201609	1,504428038	22,6	0,006277778	35,2897	14,874	0,004131583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
245	20:20	0,000	0	6965,020716	0	0,311	1,504428038	1,543553379	22,6	0,006277778	35,2473	13,721	0,003811417	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
246	20:25	0,000	0	6957,289372	0	0,311	1,543553379	1,579974668	22,6	0,006277778	35,2081	12,773	0,003548	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
247	20:30	0,000	0	6950,092361	0	0,311	1,579974668	1,617572475	22,6	0,006277778	35,1717	13,185	0,003662611	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
248	20:35	0,000	0	6942,662864	0	0,311	1,617572475	1,656604572	22,6	0,006277778	35,1341	13,688	0,003802333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
249	20:40	0,000	0	6934,949945	0	0,311	1,656604572	1,696234624	22,6	0,006277778	35,0951	13,898	0,003860583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
250	20:45	0,000	0	6927,118868	0	0,311	1,696234624	1,739576437	22,6	0,006277778	35,0555	15,200	0,004222167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
251	20:50	0,000	0	6918,55433	0	0,311	1,739576437	1,779400673	22,6	0,006277778	35,0121	13,966	0,0038795	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
252	20:55	0,000	0	6910,684881	0	0,311	1,779400673	1,81177059	22,6	0,006277778	34,9723	11,352	0,003153333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
253	21:00	0,000	0	6904,288439	0	0,311	1,81177059	1,848487862	22,6	0,006277778	34,9399	12,877	0,003576833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
254	21:05	0,113	0,574752745	6897,03294	1	0,311	1,848487862	1,822830312	22,6	0,006277778	34,9032	13,602	0,003778333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
255	21:10	0,113	0,575175249	6902,102988	1	0,311	1,822830312	1,792090582	22,6	0,006277778	34,9289	11,820	0,00328325	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
256	21:15	0,113	0,575681441	6908,177298	1	0,311	1,792090582	1,759704982	22,6	0,006277778	34,9596	11,243	0,003122917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
257	21:20	0,000	0	6914,576838	0	0,311	1,759704982	1,793654044	22,6	0,006277778	34,9920	11,906	0,003307167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
258	21:25	0,113	0,575655696	6907,86835	1	0,311	1,793654044	1,762646561	22,6	0,006277778	34,9580	11,726	0,003257167	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
259	21:30	0,113	0,576166297	6913,995569	1	0,311	1,762646561	1,731308022	22,6	0,006277778	34,9891	11,610	0,003224917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
260	21:35	0,000	0	6920,188206	0	0,311	1,731308022	1,764470648	22,6	0,006277778	35,0204	11,630	0,003230556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
261	21:40	0,000	0	6913,635121	0	0,311	1,764470648	1,79695719	22,6	0,006277778	34,9872	11,393	0,003164694	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
262	21:45	0,000	0	6907,215634	0	0,311	1,79695719	1,829421206	22,6	0,006277778	34,9547	11,385	0,0031625	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
263	21:50	0,113	0,575066716	6900,800598	1	0,311	1,829421206	1,797309062	22,6	0,006277778	34,9223	11,338	0,003149556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
264	21:55	0,000	0	6907,146102	0	0,311	1,797309062	1,829450006	22,6	0,006277778	34,9544	11,272	0,003131028	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
265	22:00	0,000	0	6900,794907	0	0,311	1,829450006	1,860235929	22,6	0,006277778	34,9223	10,797	0,002999028	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
266	22:05	0,113	0,574559289	6894,711469	1	0,311	1,860235929	1,827664699	22,6	0,006277778	34,8915	11,177	0,003104833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
267	22:10	0,000	0	6901,147691	0	0,311	1,827664699	1,860924275	22,6	0,006277778	34,9240	11,664	0,00324	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
268	22:15	0,113	0,574547954	6894,575449	1	0,311	1,860924275	1,827330221	22,6	0,006277778	34,8908	10,819	0,003005194	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
269	22:20	0,000	0	6901,213786	0	0,311	1,827330221	1,860053435	22,6	0,006277778	34,9244	11,476	0,00318775	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
270	22:25	0,113	0,574562294	6894,747531	1	0,311	1,860053435	1,825831202	22,6	0,006277778	34,8916	10,598	0,002944	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
271	22:30	0,000	0	6901,509999	0	0,311	1,825831202	1,855922222	22,6	0,006277778	34,9259	10,553	0,002931333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
272	22:35	0,113	0,574630323	6895,563877	1	0,311	1,855922222	1,824274012	22,6	0,006277778	34,8958	11,501	0,00319475	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
273	22:40	0,000	0	6901,817706	0	0,311	1,824274012	1,858302631	22,6	0,006277778	34,9274	11,934	0,003314917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
274	22:45	0,113	0,574591125	6895,093497	1	0,311	1,858302631	1,82661165	22,6	0,006277778	34,8934	11,486	0,003190583	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
275	22:50	0,000	0	6901,355779	0	0,311	1,82661165	1,862129592	22,6	0,006277778	34,9251	12,456	0,00346	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
276	22:55	0,113	0,574528106	6894,337273	1	0,311	1,862129592	1,827619075	22,6	0,006277778	34,8896	10,497	0,002915917	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
277	23:00	0,113	0,575096392	6901,156707	1	0,311	1,827619075	1,792892131	22,6	0,006277778	34,9241	10,421	0,002894833	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
278	23:05	0,000	0	6908,018908	0	0,311	1,792892131	1,818110554	22,6	0,006277778	34,9588	8,844	0,002456667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
279	23:10	0,000	0	6903,035633	0	0,311	1,818110554	1,847351265	22,6	0,006277778	34,9336	10,255	0,0028485	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
280	23:15	0,113	0,574771461	6897,257537	1	0,311	1,847351265	1,809149517	22,6	0,006277778	34,9044	9,203	0,002556333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
281	23:20	0,113	0,575400531	6904,806375	1	0,311	1,809149517	1,769715932	22,6	0,006277778	34,9426	8,771	0,002436333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
282	23:25	0,000	0	6912,59863	0	0,311	1,769715932	1,791443012	22,6	0,006277778	34,9820	7,620	0,002116556	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
283	23:30	0,000	0	6908,30526	0	0,311	1,791443012	1,813099377	22,6	0,006277778	34,9603	7,595	0,002109667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
284	23:35	0,113	0,575335489	6904,025865	1	0,311	1,813099377	1,772745336	22,6	0,006277778	34,9386	8,448	0,002346667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
285	23:40	0,000	0	6912,000005	0	0,311	1,772745336	1,796074945	22,6	0,006277778	34,9790	8,182	0,002272667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
286	23:45	0,000	0	6907,389969	0	0,311	1,796074945	1,819565376	22,6	0,006277778	34,9556	8,238	0,002288333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
287	23:50	0,000	0	6902,748154	0	0,311	1,819565376	1,841488638	22,6	0,006277778	34,9321	7,688	0,002135667	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
288	23:55	0,000	0	6898,416018	0	0,311	1,841488638	1,861790837	22,6	0,006277778	34,9102	7,120	0,00197775	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
289	00:00	0,000	0	6894,404212	0	0,311	1,861790837	1,885199146	22,6	0,006277778	34,8899	8,209	0,002280333	549,63	19,84	4,493304198	0,658398309
Custo diário otimizado (R$)		**14,105**															

9.6. ANEXO 06 – Catálogo da bomba PIR-M80-2D

PIR M80/2D 60HZ

Testnorm
ISO 9906 Gr 2 Annex A1/A2



2010-07-15

Operating data specification			
Flow	22,6 m³/h	Head	37,5 m
Efficiency	31,1 %	Shaft power	7,41 kW
Fluid	Wastewater without faeces	Temperature	4 °C
Nature of system	Single head pump	No. of pumps	1
Pump data			
Type	PIR M80/2D 60HZ	Make	ABS
Series	PIRANHA	Impeller	Macerator
N° of vanes	5	Impeller size	177 mm
Suction port	--	Discharge port	DN50
Motor data			
Rated voltage	460 V	Frequency	60 Hz
Rated power P2	8 kW	Nominal speed	3470 rpm
Number of poles	2	Efficiency	85,2 %
Power factor	0,897	Rated current	13,1 A
Starting current	80,9 A	Rated torque	22 Nm
Degree of protection	IP68	Insulation class	F

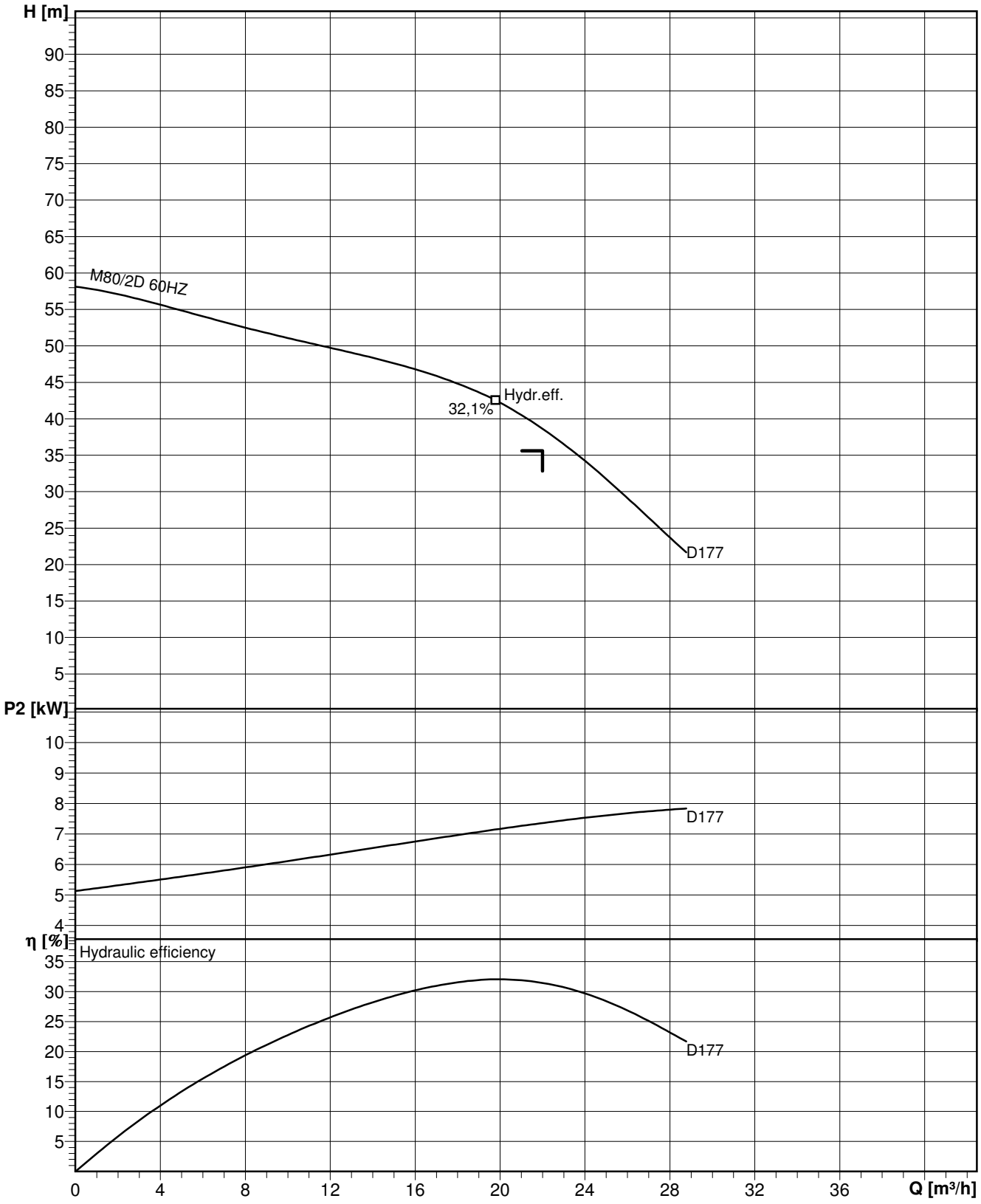
ABS reserves the right to change any data and dimensions without prior notice and can not be held responsible for the use of information contained in this software.

Pump performance curves
PIR M70/2-M125/2 60 HZ

			Discharge DN50	Frequency 60 Hz
Density 0,99996 kg/dm³	Viscosity 1,5731 mm²/s	Testnorm ISO 9906 Gr 2 Annex A1/A2	Rated speed 3470 rpm	Date 2016-03-31
Flow 22,6 m³/h	Head 37,5 m	Rated power 7,41 kW	Hydraulic efficiency 31,1 %	NPSH

Curve number

Reference curve
PIRM70-2/M120-2



Impeller size 177 mm	N° of vanes 5	Impeller Macerator	Solid size	Revision 2010-07-15

ABS reserves the right to change any data and dimensions without prior notice and can not be held responsible for the use of information contained in this software.

PIR M80/2D 60HZ

Piranha

Sewage pumps with shredding action used for reliable and economical discharge of effluent under pressure, using small diameter discharge lines in communal schemes. For effluent removal from houses in rural areas where high ground must be overcome, or where only small diameter pipework can be laid, and for example removal from motorway service stations and camp sites, large construction sites, urban renewal and renovation of buildings. Pumped medium: sewage and other heavily polluted waste water.

Capacity up to	30 m3/h
Head, max.	75 m

Type: PIR M80/2D 60HZ
Technical data

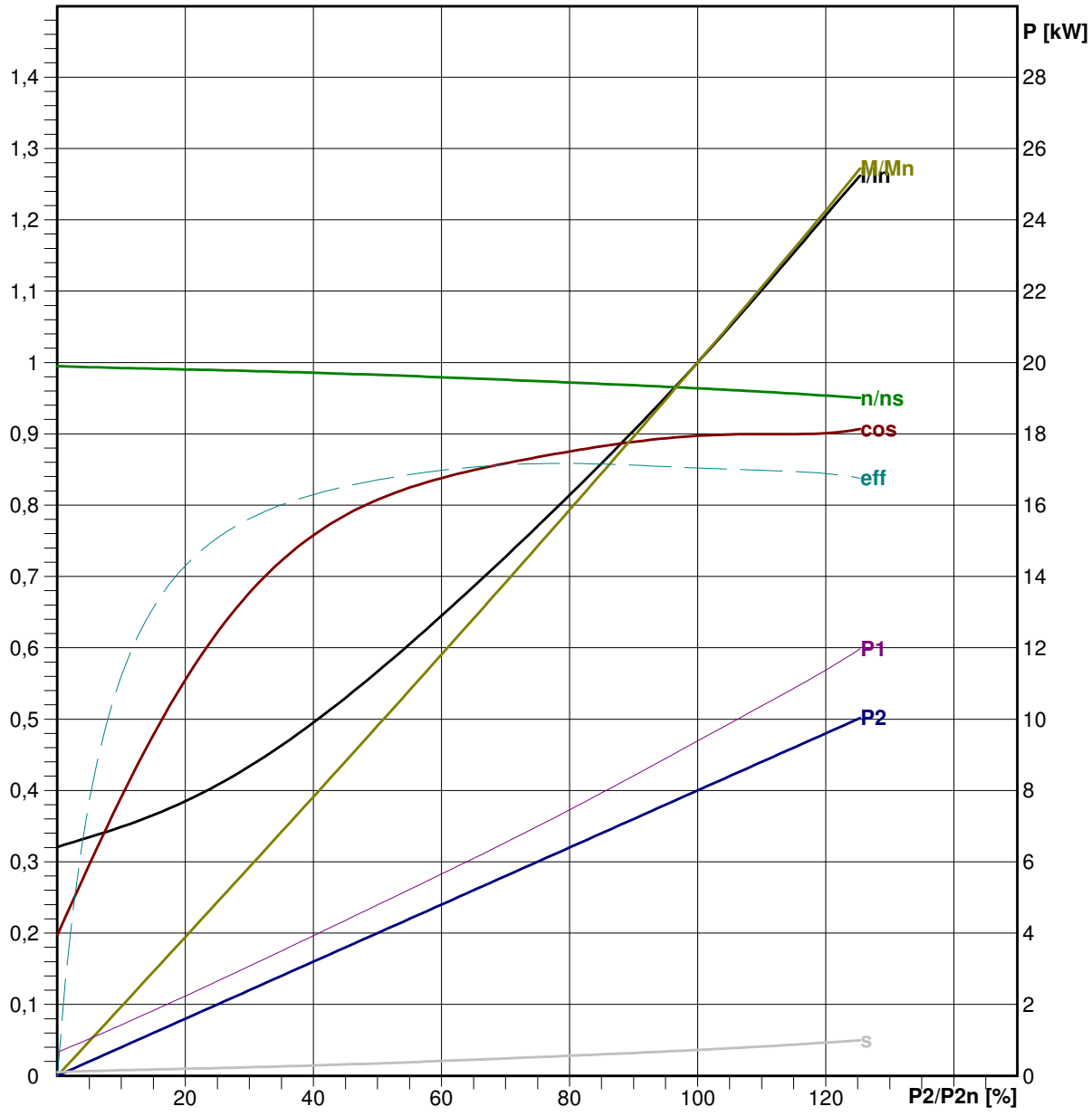
Delivery rate	: 22,6 m³/h
Delivery head	: 37,5 m
Hydr. efficiency	: 31,1 %
Shaft power	: 7,41 kW
Speed	: 3470 rpm
Impeller type	: Macerator
Motor output	: 8 kW
Voltage	: 460 V
Frequency	: 60 Hz
Discharge outlet	: DN50

ABS reserves the right to change any data and dimensions without prior notice and can not be held responsible for the use of information contained in this software.

Motor performance curve
M80/2D 60HZ

Frequency
60 Hz

Rated power	Service factor	Nominal speed	Number of poles	Rated voltage	Date
8 kW		3470 rpm	2	460 V	2016-03-31



Loading	No load	25 %	50 %	75 %	100 %	125 %
P1 [kW]	0,6638	2,652	4,789	6,992	9,389	11,93
P2 [kW]	0	2	4	6	8	10
I [A]	4,214	5,355	7,443	10,12	13,14	16,52
eff [%]	0	75,41	83,53	85,81	85,21	83,84
cos	0,1977	0,6216	0,8076	0,8673	0,8971	0,906
n [rpm]	3581	3561	3537	3506	3470	3421
M [Nm]	0	5,363	10,8	16,34	22,02	27,91
s [%]	0,5165	1,078	1,739	2,615	3,621	4,959

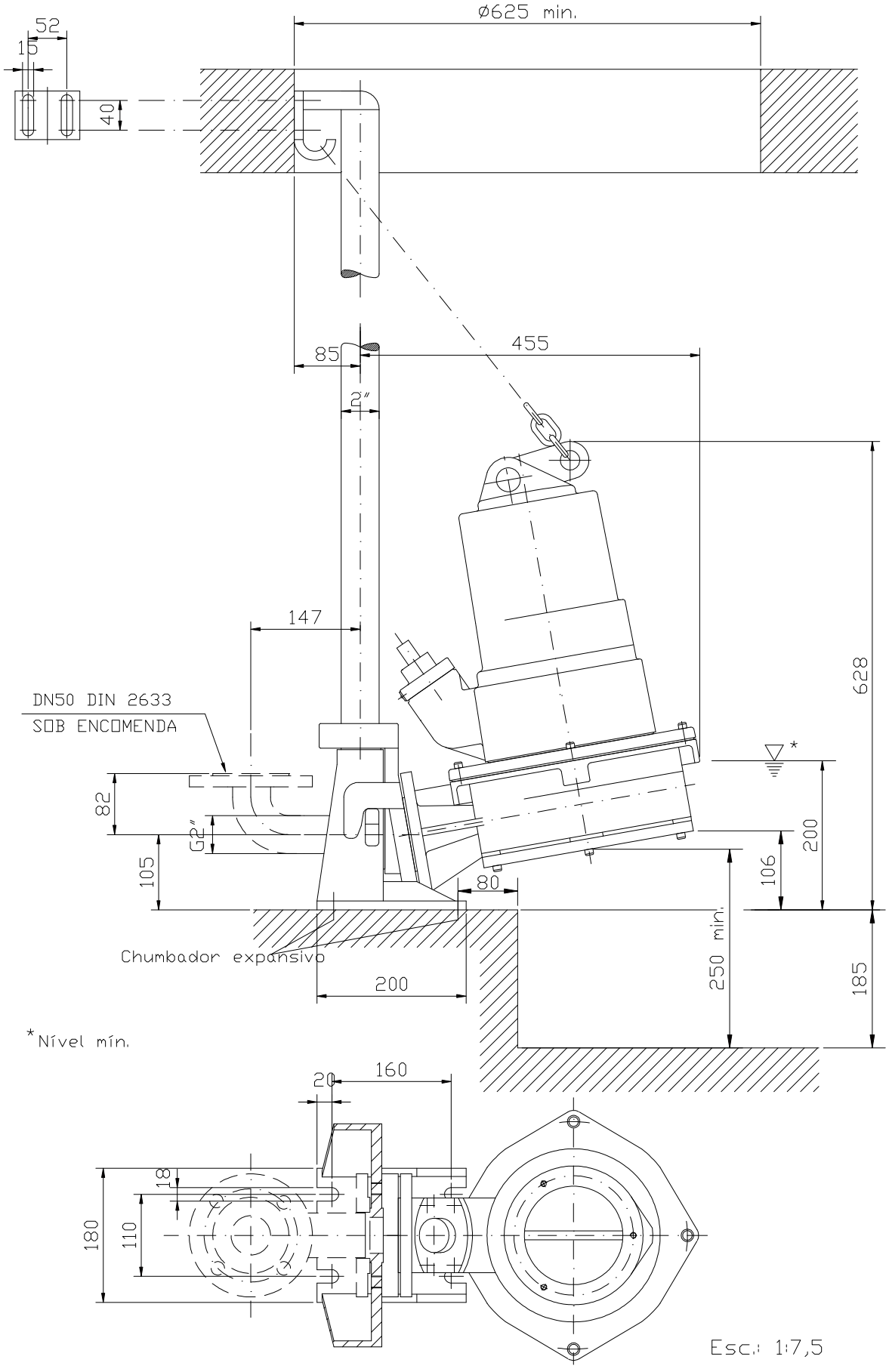
Tolerance according to VDE 0530 T1 12.84 for rated power

Starting current	Starting torque	Moment of inertia
80,9 A		0,0081 kg m²

ABS reserves the right to change any data and dimensions without prior notice and can not be held responsible for the use of information contained in this software.

abs	PIRANHA	G45–0001
	Dimensional de Instalação com Pedestal	Replace: Substitui: 19/02/04
		09/08/04 — Rev. 0

Piranha M70/2D – M80/2D – M100/2D – M125/2D



Esc.: 1:7,5

G45–001

9.7. ANEXO 07 – Autorização da SABESP-RA para utilização dos dados na dissertação

Itapetininga, 22 de Fevereiro de 2016.

Ao Senhor

Diogo Hiroshi Nitatori

Aluno de mestrado da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Ofício RA 031/2016

Prezado Senhor,

Informamos que autorizamos o desenvolvimento de trabalho de pesquisa de mestrado, publicação de artigo em periódico indexado e publicação de artigo em congresso junto às Estações Elevatórias de Esgoto (EEE) do município de Itaí, tendo como objetivos principais:

- Estudar características físicas e volumétricas dos projetos implantados referente às 2(duas) das Estações Elevatórias de Esgoto no município;
- Levantar as características e manuais dos conjuntos moto bomba instalados nas 2(duas) Estações Elevatórias de Esgoto no município;
- Levantar as características de medição de nível, através de transdutores de pressão instalados, dos poços de sucção das Estações Elevatórias de Esgoto no município;
- Levantar as características de consumo de energia elétrica na empresa;
- Aplicar métodos de otimização visando a redução de consumo de energia elétrica na operação da(s) Estação(ões) Elevatória(s) de Esgoto.

Atenciosamente,

Ullisses Cruz Andrade

Gerente de Departamento da Unidade de Negócio Alto Paranapanema

Matrícula: 745409

Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp
Unidade de Negócio Alto Paranapanema - RA
Av. Padre Antônio Brunetti, 1234 – Vila Alves – CEP 18208-080 – Itapetininga – SP
Tel. 55 (15) 3275-9110
www.sabesp.com.br