

Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Instituto de Pesquisas Hidráulicas  
Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Thais Braga Frota

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA-FINANCEIRA DE ALTERNATIVAS DE  
PROCESSOS PARA DESIDRATAÇÃO DE LODOS DE ESTAÇÕES DE  
TRATAMENTO DE ÁGUA**

Porto Alegre

2020

Thais Braga Frota

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA-FINANCEIRA DE ALTERNATIVAS DE  
PROCESSOS PARA DESIDRATAÇÃO DE LODOS DE ESTAÇÕES DE  
TRATAMENTO DE ÁGUA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de mestra em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Dr. Gino Roberto Gehling

Coorientador: Dr. Salatiel Wohlmuth da Silva

Porto Alegre

2020

#### CIP - Catalogação na Publicação

Frota, Thais Braga

Análise da viabilidade técnica-financeira de alternativas de processos para desidratação de lodos de estações de tratamento de água / Thais Braga Frota. -- 2020.

190 f.

Orientador: Gino Roberto Gehling.

Coorientador: Salatiel Wohlmuth da Silva.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Desidratação de lodo de ETA. 2. Tratamento mecanizado de lodo. 3. Tratamento natural de lodo. 4. Modelagem de custos. I. Gehling, Gino Roberto, orient. II. da Silva, Salatiel Wohlmuth, coorient. III. Título.

Thais Braga Frota

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA-FINANCEIRA DE ALTERNATIVAS DE  
PROCESSOS PARA DESIDRATAÇÃO DE LODOS DE ESTAÇÕES DE  
TRATAMENTO DE ÁGUA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de mestra em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Dr. Gino Roberto Gehling

Coorientador: Dr. Salatiel Wohlmuth da Silva

**Aprovada em:** Porto Alegre, 29 de maio de 2020

BANCA EXAMINADORA:

---

Dr. Fernando Setembrino Cruz Meirelles  
Instituto de Pesquisas Hidráulicas / UFRGS

---

Dra. Maria Cristina de Almeida Silva  
Instituto de Pesquisas Hidráulicas / UFRGS

---

Dr. Tiago Luis Gomes  
Sul Magna / Agesan-RS

Dedico este trabalho a minha avó Denise, minha  
mãe Karina e minha tia Carla, que sempre me  
apoiaram, acreditaram nos meus sonhos e  
estiveram ao meu lado durante toda a minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Dr. Gino Gehling, orientador deste trabalho, por dividir comigo seu conhecimento e por toda paciência, empenho e atenção dedicados à realização do meu trabalho.

Ao professor Dr. Antônio Benetti por haver em momento ainda oportuno, ter sugerido no início de fevereiro de 2020 ao meu orientador, que eu renunciasse a aguardar os dados solicitados à CORSAN, e que buscasse com meu orientador estabelecer uma alteração nos objetivos declarados no Plano de Dissertação.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa concedida.

A empresa Sul Magna que me aportou, em março de 2020, projetos de métodos alternativos para remoção de umidade de lodos de ETA, que possibilitaram levar a termo a pesquisa.

Agradeço ao Núcleo de Assessoria de Estatística – NAE da UFRGS que me auxiliou em toda parte estatística utilizada nesse trabalho.

Agradeço o professor Dr. Fernando Setembrino Cruz Meirelles pela disponibilidade e gentileza em me auxiliar no início deste trabalho, e agora por fim, aceitando o convite para compor a banca avaliadora.

Agradeço a professora Dra. Maria Cristina Almeida Silva pelo companheirismo durante todo o tempo do mestrado, pela disponibilidade em ajudar e por todo conhecimento compartilhado. E por aceitar fazer parte da banca final.

Agradeço o Dr. Tiago Luis Gomes que sempre foi extremamente solícito, e fez parte da banca avaliadora do plano de dissertação fazendo sugestões e dando dicas essenciais para aprimorar a pesquisa e aceitou também participar da banca de avaliação final.

Agradeço à minha bisavó Iolanda (*in memoriam*), minha avó Denise, minha mãe Karina, minha tia Carla, meu dindo Alexandre e a Marta por todo o apoio e amor que sempre me deram, por acreditarem em mim e por estarem sempre presente, ainda que não fisicamente, nas horas boas e ruins. Agradeço ao meu Pai Gilberto por todo carinho e incentivo.

Agradeço a minha irmã Eduarda por me proporcionar momentos ímpares, ela tem todo o meu amor, a minha irmã Nathalia e ao meu primo Diego por serem companheiros maravilhosos desde a infância.

Agradeço às minhas amigas Graziela, Juliana e Karina pela amizade sincera, por todo apoio e compreensão, às amigas que a engenharia me deu, Bárbara, Jéssica, Fernanda e Priscila, por acreditarem sempre em mim e se fazerem presentes na minha vida.

Aos amigos que o IPH me presenteou nesse período louco da pós-graduação e que fizeram desse período um dos melhores da minha vida; Ana, Daniela, Ian, Júnior, Lígia e Rafael.

Agradeço ao meu amigo Bruno Barbosa por me incentivar a fazer a pós-graduação e me ajudar durante todo esse caminho. Ao meu amigo Ricardo Pergher por me apoiar sempre.

Agradeço a todos que passaram pelo meu caminho e que de alguma maneira contribuíram para a finalização desta importante etapa da minha vida.

A maioria das pessoas não planeja fracassar,  
fracassa por não planejar.

*John L. Beckley*

## RESUMO

Durante o processo de tratamento da água são gerados resíduos, também denominados de lodos. Ainda que, a legislação vigente exija o adequado tratamento desse lodo antes da sua disposição final, essa não é a realidade observada em grande parte dos sistemas de tratamento de água implantados antes das legislações, que em sua maioria encaminha seus resíduos diretamente para o curso d'água mais próximo. O objetivo principal desse trabalho foi então fornecer um roteiro metodológico para avaliação da viabilidade técnica e financeira de processos para tratamento de lodos de Estações de Tratamento de Água (ETA). A metodologia de trabalho seguiu duas etapas: a primeira, para subsidiar a análise técnica, foi identificar, selecionar e caracterizar, os fatores, variáveis e/ou indicadores que impactam diretamente na exequibilidade do tratamento. A segunda, para a análise financeira, foi modelar os custos com investimento e operação/manutenção desses processos. Os fatores considerados decisivos na análise técnica foram: a área necessária para implantação do sistema, as condições climáticas da região, a necessidade de condicionamento do lodo, o destino final pretendido e as condições de operação ao longo da vida útil do sistema. Para a análise financeira foram desenvolvidas funções de estimativas de custos que permitirão prever, para as fases de investimentos iniciais e operação/manutenção, os custos fundamentais dos sistemas. Com esse desenvolvimento, uma série de conclusões foram obtidas, como: os sistemas mecânicos demonstraram custos de investimento parecidos entre si, contudo, sistemas com decanters centrífugos, apesar de apresentar o menor custo com a implantação, foi o oposto para os custos com operação; apesar de ainda pouco utilizada para lodo de ETA, a prensa parafuso evidenciou diversas qualidades em sua aplicação; os sistemas mecânicos possuem custos maiores, tanto de implantação como de operação/manutenção, que sistemas não-mecânicos; os critérios para a seleção do tratamento mais adequado devem levar em conta não apenas aspectos técnicos, requisitos de qualidade do lodo tratado e custos de investimento, mas também custos de operação e manutenção ao longo da vida útil do sistema.

**Palavras-chave:** Desidratação de lodo de ETA; Tratamento de lodo mecanizado; Tratamento de lodo natural; Modelagem de custos.

## ABSTRACT

During the water treatment process, wastes, also called sludge, are generated. Even though the current legislation requires appropriate treatment of this sludge before its final disposal, this is not what occurs in a most of the water treatment systems, implemented before the laws which to a large extent send their wastes directly to the nearest watercourse. Thus, the main objective of this study was to supply a methodological guide to evaluate the technical and financial feasibility of processes to treat Water Treatment Plant (WTP) sludges. The work method comprised two stages: the first, to provide information for the technical analysis, was to identify, select and characterize the factors, variables and/or indicators that have a direct impact on the feasibility of the treatment. The second, for financial analysis, was to model the costs of investment and operation/maintenance of these processes. The factors considered crucial for technical analysis were the area required to implement the system, the climatic conditions in the region, the need to condition the sludge, the final disposal intended and the operating conditions throughout the work life of the system. For the financial analysis, cost estimation equations were developed that will enable to predict the fundamental costs of the systems for the phases of initial investments and operation/maintenance. With this development, a number of conclusions were made, such as: the mechanical systems showed investment costs that were similar to each other. however, although systems with centrifugal decanters present the lowest cost for implementation, the opposite occurred for operational costs; although it is not yet much used for WTP sludge, the screw press evidenced several qualities in its application; the mechanical systems have higher costs, both for implementation and for operation/ maintenance, than non-mechanical systems; the criteria to select the most appropriate treatment must take into account not only technical aspects, quality requirements for the treated sludge and investment costs, but also costs for operation and maintenance during the work life of the system.

**Key-words:** WTP sludge dewatering; Mechanized sludge treatment; natural sludge treatment; Cost modeling.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sistema integrado de tratamento de água e dos resíduos gerados.....	26
Figura 2 – Armazenamento de lodo de ETE em silos. ....	36
Figura 3 – Esquema de lagoas de lodo. ....	39
Figura 4 – Esquema de leitos de secagem. ....	41
Figura 5 – Esquema de leitos de drenagem. ....	42
Figura 6 – Esquema de ETA utilizando <i>bags</i> para desidratação. ....	44
Figura 7 – Aplicação de <i>bags</i> horizontais na desidratação de lodo de ETA. ....	45
Figura 8 – Decanter centrífugo. ....	46
Figura 9 – Filtro prensa de placas. ....	47
Figura 10 – Prensa parafuso. ....	49
Figura 11 – Cálculo da taxa de juros. ....	71
Figura 12 – Gráficos da variável custo_implant x vazão ....	102
Figura 13 – Gráficos da variável custo_manut x vazão.....	103
Figura 14 – Histograma de resíduos da variável custo_implant.....	119
Figura 15 – Histograma de resíduos da variável custo_manut.....	120
Figura 16 – Gráficos dos resíduos padronizados em função do valor ajustado para a variável custo_implant .....	121
Figura 17 – Gráficos dos resíduos padronizados em função do valor ajustado para a variável custo_manut.....	122
Figura 18 – Fluxograma da metodologia desenvolvida.....	127

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de $k_2$ .....	28
Tabela 2 – Municípios, total e por existência de geração de lodo no processo de tratamento da água, por destino do lodo gerado, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação - 2008 .....	31
Tabela 3 – Composição química de lodos de ETA analisados em pesquisas.....	33
Tabela 4 – Características dos equipamentos para transporte do lodo.....	35
Tabela 5 – Algumas vantagens e desvantagens do uso de lagoas de lodo no tratamento dos resíduos de ETA. ....	40
Tabela 6 – Algumas vantagens e desvantagens do uso de leitos de secagem no tratamento de resíduos de ETA. ....	42
Tabela 7 – Algumas vantagens e desvantagens do uso de leitos de drenagem no tratamento de resíduos de ETA. ....	43
Tabela 8 – Algumas vantagens e desvantagens do uso de decanters centrífugos no tratamento de resíduos de ETA. ....	46
Tabela 9 – Algumas vantagens e desvantagens do uso de filtro prensa no tratamento de resíduos de ETA. ....	49
Tabela 10 – Algumas vantagens e desvantagens do uso de prensa parafuso no tratamento de resíduos de ETA. ....	50
Tabela 11 – Funções de custo e para cada tecnologia de tratamento de águas residuais. ....	58
Tabela 12 – Custos médios estimados por sistema de abastecimento de água, em €/m <sup>3</sup> .....	59
Tabela 13 – Cenários analisados para as vazões de lodo .....	62
Tabela 14 – Roteiro de dimensionamento dos sistemas mecânicos .....	64
Tabela 15 – Roteiro de dimensionamento dos sistemas não mecânicos .....	65
Tabela 16 – Custos considerados na modelagem da estimativa de custos dos métodos mecânicos .....	66
Tabela 17 – Custos considerados na modelagem da estimativa de custos dos métodos não-mecânicos .....	67
Tabela 18 – Obtenção dos dados para estimativa de custos .....	68
Tabela 19 – Cálculo dos custos finais .....	69
Tabela 20 – Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período.....	75
Tabela 21 – Dados operacionais considerados para prensa parafuso .....	79

Tabela 22 – Resultados obtidos no dimensionamento de sistema de tratamento com prensa parafuso para os cenários considerados.....	81
Tabela 23 – Levantamento de custos para sistema com prensa parafuso.....	83
Tabela 24 – Estimativas de custos totais de investimentos iniciais para sistema com prensa parafuso .....	84
Tabela 25 – Estimativas de custos anuais totais de operação e manutenção para sistema com prensa parafuso .....	84
Tabela 26 – Dados operacionais considerados para decanter centrífugo .....	85
Tabela 27 – Resultados obtidos no dimensionamento de sistema de tratamento com decanter centrífugo para os cenários considerados .....	86
Tabela 28 – Levantamento de custos para sistema com decanter centrífugo com vazão específica de 7m <sup>3</sup> /h.....	88
Tabela 29 – Estimativas de custos totais de investimentos iniciais para sistema com decanter centrífugo sem isolamento acústico.....	89
Tabela 30 – Estimativas de custos anuais totais de operação e manutenção para sistema com decanter centrífugo sem isolamento acústico .....	89
Tabela 31 – Estimativas de custos totais de investimentos iniciais para sistema com decanter centrífugo com isolamento acústico .....	90
Tabela 32 – Estimativas de custos anuais totais de operação e manutenção para sistema com decanter centrífugo com isolamento acústico.....	90
Tabela 33 – Dados operacionais considerados para leito de drenagem .....	91
Tabela 34 – Dados operacionais considerados para leito de secagem .....	91
Tabela 35 – Resultados obtidos no dimensionamento de sistema de tratamento com leito de drenagem para os cenários considerados.....	93
Tabela 36 – Resultados obtidos no dimensionamento de sistema de tratamento com leito de secagem para os cenários considerados.....	93
Tabela 37 – Levantamento de custos para sistema com leitos de drenagem ou secagem.....	94
Tabela 38 – Estimativas de custos totais de investimentos iniciais para sistema com leito de drenagem .....	95
Tabela 39 – Estimativas de custos anuais totais de operação e manutenção para sistema com leito de drenagem.....	95
Tabela 40 – Estimativas de custos totais de investimentos iniciais para sistema com leito de secagem .....	96

Tabela 41 – Estimativas de custos anuais totais de operação e manutenção para sistema com leito de secagem.....	96
Tabela 42 – Dados operacionais considerados para leito com <i>bags</i> .....	97
Tabela 43 – Resultados obtidos no dimensionamento de sistema de tratamento com leito com <i>bags</i> para os cenários considerados .....	99
Tabela 44 – Levantamento de custos para sistema com leitos com <i>bags</i> .....	100
Tabela 45 – Estimativas de custos totais de investimentos iniciais para sistema com leito com <i>bags</i> .....	100
Tabela 46 – Estimativas de custos anuais totais de operação e manutenção para sistema com leito com <i>bags</i> .....	101
Tabela 47 – Estatísticas da regressão linear da variável custo_implant da prensa parafuso ..	104
Tabela 48 – Estatísticas da regressão linear da variável custo_manut da prensa parafuso ....	105
Tabela 49 – Estatísticas da regressão linear da variável custo_implant do decanter centrífugo .....	106
Tabela 50 – Estatísticas da regressão linear da variável custo_manut do decanter centrífugo .....	107
Tabela 51 – Estatísticas da regressão linear da variável custo_implant do decanter centrífugo com isolamento acústico.....	108
Tabela 52 – Estatísticas da regressão linear da variável custo_manut do decanter centrífugo com isolamento acústico.....	109
Tabela 53 – Estatísticas da regressão linear da variável custo_implant do leito de drenagem .....	110
Tabela 54 – Estatísticas da regressão linear da variável custo_manut do leito de drenagem.	111
Tabela 55 – Estatísticas da regressão linear da variável custo_implant do leito de secagem	111
Tabela 56 – Estatísticas da regressão linear da variável custo_manut do leito de secagem...	112
Tabela 57 – Estatísticas da regressão linear da variável custo_implant do leito com <i>bags</i> ...	113
Tabela 58 – Estatísticas da regressão linear da variável custo_manut do leito com <i>bags</i> .....	113
Tabela 59 – Comparação da variável custo_implant para o sistema com prensa parafuso....	123
Tabela 60 – Comparação da variável custo_implant para o sistema com decanter centrífugo .....	123
Tabela 61 – Comparação da variável custo_implant para o sistema com leito de drenagem	124
Tabela 62 – Comparação da variável custo_implant para o sistema com leito com <i>bags</i> .....	125
Tabela 63 – VPL calculados .....	126

Tabela 64 – Funções de estimativa de custos de sistema de tratamento de lodo ..... 128

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FGV – Fundação Getúlio Vargas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGP-M – Índice Geral de Preços do Mercado

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SIT – Sistema Integrado de Tratamento da Água e dos Resíduos Gerados

SST – Sólidos Suspensos Totais

ST – Sólidos Totais

TAR – Tanque de Água Recuperada

TCALF – Tanques de Clarificação de Água de Lavagem dos Filtros

TIR – Taxa Interna de Retorno

TLP – Taxa de Longo Prazo

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

TRDD/SALF – Tanque de Recepção das Descargas dos Decantadores e Sedimento da Água de Lavagem dos Filtros

VPL – Valor Presente Líquido

## LISTAS DE SÍMBOLOS

C – cor da água bruta (°H)

C' – porcentagem de sólidos no lodo de saída do processo ( – )

C<sub>energia</sub> – custo da energia em um determinado intervalo de tempo (R\$)

custo\_implant – custos com investimentos iniciais (R\$)

custo\_manut – custos anuais com operação e manutenção (R\$/ano)

D – dosagem de coagulante (mg/L)

d – diâmetro da tubulação (m)

i – taxa de desconto do projeto

j – período de tempo

K<sub>p</sub> – índice de consistência (N.s<sup>n</sup>/m<sup>2</sup>)

k1 – relação entre sólidos suspensos totais e a turbidez ( – )

k2 – relação estequiométrica na formação do precipitado de hidróxido ( – )

M<sub>L</sub> – massa de lodo precipitada por unidade de tempo (kg/s)

M<sub>S</sub> – massa de sólidos removida na unidade de processo por unidade de tempo (kg/s)

N – número de horas de funcionamento do sistema (h)

n – índice de comportamento do fluido ( – )

P – potência total requerida pelo sistema (kW)

p – custo unitário da energia (R\$/kWh)

Q – vazão água bruta (m<sup>3</sup>/s)

Q<sub>L</sub> – vazão de lodo úmido (m<sup>3</sup>/dia)

Q<sub>oper</sub> – vazão de operação do equipamento (m<sup>3</sup>/h)

Re – número de Reynolds ( – )

RLAeq – Limites de níveis de pressão sonora (dB)

S – massa de sólidos secos precipitada por volume de água tratada (kg SS/m<sup>3</sup> de água tratada)

T – turbidez da água bruta (UNT)

V – velocidade de escoamento (m/s)

V<sub>L</sub> – volume de lodo produzido por unidade de tempo (m<sup>3</sup>/s)

X<sub>j</sub> – valores de entrada ou saída do caixa em cada período (R\$)

X<sub>0</sub> – valor do investimento inicial (R\$)

η – rendimento da unidade de processo ( – )

ρ<sub>L</sub> – massa específica do lodo (kg/m<sup>3</sup>)

δ<sub>L</sub> – densidade do lodo (kg/m<sup>3</sup>)

$\delta_s$  – densidade dos sólidos secos (kg/m<sup>3</sup>)

$\delta$  – densidade da água (kg/m<sup>3</sup>)

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>23</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	23
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
2.3 RELEVÂNCIA DA PESQUISA PARA O PAÍS .....	23
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>25</b>
3.1 ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA E OS RESÍDUOS GERADOS .....	25
<b>3.1.1 Unidades da ETA com geração de resíduos .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1.2 Qualidade e quantidade de resíduo gerado.....</b>	<b>27</b>
<b>3.1.3 Legislação .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1.4 Classificação .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.5 Composição Química.....</b>	<b>33</b>
3.2 TRANSPORTE E ACONDICIONAMENTO DO LODO NA ETA .....	33
<b>3.2.1 Tubulações.....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.2 Equipamentos para transporte do lodo .....</b>	<b>34</b>
<b>3.2.3 Acondicionamento do lodo em caçamba/contêiner .....</b>	<b>35</b>
<b>3.2.4 Acondicionamento do lodo em silos .....</b>	<b>35</b>
3.3 TRATAMENTO DO LODO.....	36
<b>3.3.1 Métodos não-mecânicos .....</b>	<b>37</b>
3.3.1.1 Lagoas de lodo.....	37
3.3.1.2 Leitões de secagem e leitões de drenagem.....	40
3.3.1.3 Filtração em geotêxtil .....	43
<b>3.3.2 Métodos mecânicos .....</b>	<b>45</b>
3.3.2.1 Decanter Centrífugo .....	45
3.3.2.2 Filtro prensa de placas .....	47
3.3.2.3 Prensa parafuso.....	49
3.4 DIPOSIÇÃO FINAL DO LODO .....	50
<b>3.4.1 Aterros .....</b>	<b>50</b>
<b>3.4.2 Aproveitamento na construção civil .....</b>	<b>51</b>
<b>3.4.3 Recuperação de solo degradado .....</b>	<b>52</b>
<b>3.4.4 Disposição em estações de tratamento de esgoto .....</b>	<b>54</b>
<b>3.4.5 Regeneração de coagulante.....</b>	<b>54</b>

3.5 ANÁLISE DA VIABILIDADE DE PROJETOS.....	54
<b>3.5.1 Viabilidade técnica .....</b>	<b>55</b>
<b>3.5.2 Viabilidade financeira .....</b>	<b>56</b>
<b>3.5.3 Estimativa de custos .....</b>	<b>58</b>
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>60</b>
4.1 PROCESSOS ALTERNATIVOS DE TRATAMENTO DOS RESÍDUOS.....	60
4.2 ANÁLISE TÉCNICA.....	60
4.3 ANÁLISE FINANCEIRA .....	61
<b>4.3.1 Modelagem das estimativas de custos.....</b>	<b>61</b>
4.3.1.1 Intervalo de validade dos modelos .....	62
4.3.1.2 Dimensionamento dos sistemas.....	63
4.3.1.2.1 <i>Métodos mecânicos</i> .....	63
4.3.1.2.2 <i>Métodos não mecânicos</i> .....	65
4.3.1.3 Grupos de custos considerados.....	66
4.3.1.4 Obtenção de dados.....	67
4.3.1.5 Cálculo das estimativas de custos totais .....	68
4.3.1.6 Validação .....	70
4.3.1.7 Comparação dos projetos.....	70
4.3.2.1.1 <i>Valor Presente Líquido</i> .....	71
4.3.2.1.2 <i>Taxa interna de retorno</i> .....	72
4.3.2.1.3 <i>Período de análise</i> .....	72
4.4 LIMITAÇÕES.....	72
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>73</b>
5.1 ANÁLISE TÉCNICA.....	73
<b>5.1.1 Implantação.....</b>	<b>73</b>
5.1.1.1 Área para implantação .....	74
5.1.1.2 Condições climáticas .....	74
5.1.1.3 Condicionamento do lodo.....	74
5.1.1.4 Impactos ambientais sonoros.....	75
5.1.1.5 Destinação final .....	76
<b>5.1.2 Operação e manutenção.....</b>	<b>76</b>
5.1.2.1 Tempo de operação.....	77
5.1.2.2 Energia elétrica .....	77

5.1.2.3	Recursos humanos .....	78
5.1.2.4	Frequência de manutenções .....	78
5.2	ANÁLISE FINANCEIRA .....	78
<b>5.2.1</b>	<b>Dimensionamento dos sistemas e levantamento de custos .....</b>	<b>79</b>
5.2.1.1	Prensa parafuso .....	79
5.2.1.2	Decanter Centrífugo .....	84
5.2.1.3	Leito de drenagem e de secagem .....	91
5.2.1.4	Leito com bags .....	97
<b>5.2.2</b>	<b>Ajuste dos modelos .....</b>	<b>101</b>
5.2.2.1	Prensa parafuso .....	103
5.2.2.2	Decanter Centrífugo .....	106
5.2.2.3	Decanter Centrífugo com isolamento acústico .....	108
5.2.2.4	Leito de drenagem .....	110
5.2.2.5	Leito de secagem .....	111
5.2.2.6	Leito com bags .....	113
<b>5.2.3</b>	<b>Discussões dos resultados .....</b>	<b>114</b>
<b>5.2.4</b>	<b>Validação dos modelos .....</b>	<b>118</b>
<b>5.2.5</b>	<b>Comparação dos projetos .....</b>	<b>126</b>
5.3	RESUMO DA METODOLOGIA DESENVOLVIDA .....	127
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>129</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>132</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>133</b>
	<b>APÊNDICE A – LEVANTAMENTO DE DADOS DA ETA .....</b>	<b>138</b>
	<b>ANEXO A – ORÇAMENTO DA PRENSA PARAFUSO .....</b>	<b>139</b>
	<b>ANEXO B – PROJETO PADRÃO SISTEMA MECÂNICO .....</b>	<b>150</b>
	<b>ANEXO C – ORÇAMENTO PARA TRANSPORTE E DESTINAÇÃO DO LODO ...</b>	<b>151</b>
	<b>ANEXO D – ORÇAMENTO PARA POLÍMERO .....</b>	<b>152</b>
	<b>ANEXO E – ORÇAMENTO CASA DA CENTRÍFUGA DE ALVORADA .....</b>	<b>153</b>
	<b>ANEXO F – ORÇAMENTO CASA DA CENTRÍFUGA DE LAGOA VERMELHA ..</b>	<b>157</b>
	<b>ANEXO G – CONTATO COM FORNECEDOR PRENSA PARAFUSO .....</b>	<b>159</b>
	<b>ANEXO H – DADOS DO DECANter CENTRÍFUGO MODELO ANDRITZ D3L ..</b>	<b>161</b>
	<b>ANEXO I – ORÇAMENTO DECANter CENTRÍFUGO MODELO ANDRITZ D3L</b>	
	<b>.....</b>	<b>162</b>

<b>ANEXO J – ORÇAMENTO DO FABRICANTE DO DECANTER CENTRÍFUGO</b>	
<b>MODELO ANDRITZ D3L .....</b>	<b>163</b>
<b>ANEXO K – VALOR DA MANUTENÇÃO DOS DECANTERS CENTRÍFUGOS.....</b>	<b>164</b>
<b>ANEXO L – ORÇAMENTO MANUTENÇÕES PREVENTIVAS DO DECANTER</b>	
<b>CENTRÍFUGO .....</b>	<b>165</b>
<b>ANEXO M – CATÁLOGO DAS BOMBAS .....</b>	<b>166</b>
<b>ANEXO N – ORÇAMENTO LEITO DE DRENAGEM E RESERVATÓRIO DE</b>	
<b>ACUMULAÇÃO DE PALMITINHO .....</b>	<b>167</b>
<b>ANEXO O – RECOMENDAÇÃO DE ALTURA ÚTIL DE PREENCHIMENTO DO</b>	
<b>BAG.....</b>	<b>172</b>
<b>ANEXO P – ORÇAMENTO PRENSA PARAFUSO – SEMASA .....</b>	<b>173</b>
<b>ANEXO Q – ORÇAMENTO CASA DA CENTRÍFUGA DE CANELA.....</b>	<b>177</b>
<b>ANEXO R – ORÇAMENTO CASA DA CENTRÍFUGA DE PANAMBI.....</b>	<b>180</b>
<b>ANEXO S – ORÇAMENTO LEITO DE DRENAGEM DE ENCRUZILHADA DO SUL</b>	
<b>.....</b>	<b>184</b>
<b>ANEXO T – ORÇAMENTO LEITO COM BAGS DE GARIBALDI.....</b>	<b>187</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em julho de 2010, a Assembleia Geral das Nações Unidas aprovou a Resolução A/64/292 (UNITED NATIONS, 2010), intitulada O Direito Humano à Água e ao Saneamento, reconhecendo que o acesso à água potável e ao saneamento é um direito implícito no direito humano a um nível de vida adequado. Reforçando a importância dos serviços públicos, de abastecimento de água e de saneamento, como instrumento de realização de tais direitos. Dessa forma surgiu uma nova perspectiva sobre o acesso universal a estes serviços, criando novas oportunidades e desafios para governantes e profissionais da água e do saneamento em todo o mundo (BOS, 2016).

No Brasil, segundo o Plano Nacional de Saneamento Básico (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2013), apenas 59,4% da população possui atendimento adequado quanto ao abastecimento de água potável. E somente 6% dos municípios têm índice de cobertura maior que 90% para abastecimento de água e maior que 60% para coleta e tratamento de esgoto (RITTNER, 2019). Em 2008, do total de 5.564 municípios brasileiros, 5.166 deles tratam a água de abastecimento da população, operando um total de 6.040 estações de tratamento de água no país (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010).

Durante o processo de tratamento de água são gerados resíduos habitualmente chamados de lodos. De maneira geral, considera-se o lodo de uma Estação de Tratamento de Água - ETA como um resíduo constituído de água e sólidos suspensos, originalmente contidos na fonte de água bruta, acrescidos dos produtos resultantes dos reagentes aplicados nos processos de tratamento. As principais fontes de resíduos em ETA convencionais são os lodos decantados e a água de lavagem dos filtros (RICHTER, 2001).

Ainda que a legislação vigente exija o tratamento adequado do lodo antes da sua disposição final, essa não é a realidade observada em grande parte dos sistemas de tratamento, que em grande maioria encaminha seus resíduos diretamente para o curso d'água mais próximo, frequentemente a própria fonte da água que a estação processa. Diante desta problemática, há a crescente preocupação e regulamentação para que práticas nocivas ao meio ambiente, como esta, sejam restritas e até mesmo proibidas, impondo a procura por métodos que não, ou pouco, interfiram na qualidade ambiental dos ecossistemas (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012; RICHTER, 2001).

Com isso, métodos alternativos de disposição do lodo de ETA estão sendo desenvolvidos e estudados, como por exemplo aproveitamento como subprodutos, disposição

em aterros sanitários, aplicação no solo. Porém, em todos eles, é necessária uma desidratação do lodo a um nível que permita facilitar seu manuseio e diminuir seus custos com transporte, por meio da redução do seu volume (RICHTER, 2001).

Diante deste cenário, a pesquisa concentra-se em analisar a viabilidade do tratamento do lodo de ETA municipais, pelos métodos de desidratação, permitindo, posteriormente, sua correta disposição final. Espera-se identificar os requisitos técnicos e financeiros indispensáveis para a tomada de decisão do gestor quanto ao mais adequado método de tratamento para o resíduo gerado.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um roteiro de avaliação da viabilidade técnica e financeira de alternativas de processos para desidratação de lodos de Estações de Tratamento de Água (ETA).

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos da pesquisa foram:

- a) Reconhecer processos alternativos de desidratação de lodos de ETA;
- b) identificar procedimentos adequados à legislação para a disposição final de lodos de ETA;
- c) identificar aspectos técnicos decisivos para uma escolha racional do método de tratamento;
- d) estabelecer critérios de comparação financeira de processos de desidratação de lodos de ETA;
- e) identificar fatores que afetam diretamente os custos de investimento e operação desses processos;
- f) modelar os custos estimados para implantação e para operação/manutenção dos processos de desidratação de lodos de ETA.

### 2.3 RELEVÂNCIA DA PESQUISA PARA O PAÍS

Pesquisas dessa natureza visam incentivar a adoção de um tratamento para o lodo de ETA, de modo que seja viável sua destinação adequada, impedindo que ele seja lançado *in natura* no meio ambiente.

A motivação dessa pesquisa surgiu, justamente, da dificuldade das ETA do país em aplicar um tratamento e uma destinação adequada para os resíduos gerados. Destaca-se que, grande parte dos sistemas de tratamento de água implantados nos municípios brasileiros antecedem as legislações sobre resíduos sólidos, que estão cada vez mais rígidas.

Aliás, em algumas situações o tratamento aplicado nem sempre é o mais adequado para a realidade da ETA, fato demonstrado pelo conhecimento de problemas enfrentados na

operação desses sistemas. E um dos motivos que pode ser apontado, é a falta de uma análise de viabilidade que antecederesse a implantação do projeto.

Desta forma, busca-se apresentar alternativas para o tratamento desses resíduos, para sua posterior destinação final, de forma legalmente aceitável e que seja viável, dentro da realidade da ETA. Além disso, organizar uma metodologia de análise de viabilidade que permita embasar, técnica e financeiramente, a escolha do método mais apropriado para implantação. Pretende-se assim auxiliar os projetistas e gestores nos anteprojetos e nas tomadas de decisão.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA E OS RESÍDUOS GERADOS

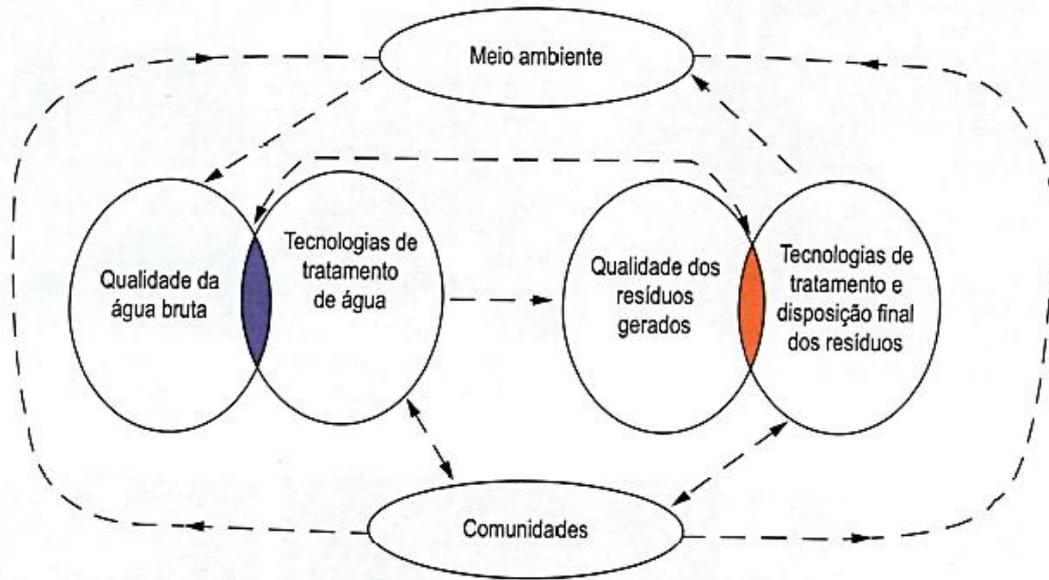
O abastecimento de água potável, estabelecido pela Lei 11.455 (BRASIL, 2007) como um dos elementos constituintes do saneamento básico, foi definido, segundo Azevedo Netto e Fernández (2015, p. 407) como:

[...] o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável a um determinado consumidor (por exemplo, uma comunidade urbana) para fins de consumo doméstico, serviços públicos, industriais e outros usos. A água fornecida pelo sistema deverá ser em quantidade, qualidade (físico-químico-microbiológica) e confiabilidade (continuidade) do abastecimento, adequada aos requisitos necessários e suficientes ao fim a que se destina.

Em um sistema de abastecimento de água de um município, um elemento importante são as instalações denominadas estações de tratamento de água - ETA. Nelas ocorrem etapas sucessivas que objetivam a remoção de partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, microrganismos e outras substâncias presentes nas águas naturais captadas. As tecnologias disponíveis, aplicadas nos projetos de ETA, visam agregar baixos custos de implantação, operação e manutenção com o menor impacto ao meio ambiente e às áreas circunvizinhas (LIBÂNIO, 2016).

É nas unidades de tratamento de água que são gerados os resíduos provenientes do processo de potabilidade das águas brutas, o denominado lodo. Conforme fatores como a qualidade da água bruta, capacidade da ETA, tipo de tecnologia empregada e produtos químicos utilizados, serão gerados resíduos com características diversas. É sob esse aspecto que surge a necessidade da busca por tecnologias de tratamento viáveis do ponto de vista técnico-econômico, não apenas para água, mas também para os resíduos, entendendo e projetando um Sistema Integrado de Tratamento da água e dos resíduos gerados – SIT (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012). A figura 1 apresenta um esquema do que os autores nomeiam de SIT, considerando os elementos principais: o meio ambiente e a comunidade envolvida.

Figura 1 – Sistema integrado de tratamento de água e dos resíduos gerados



Fonte: Di Bernardo *et al.* (2011)

### 3.1.1 Unidades da ETA com geração de resíduos

Em geral, as tecnologias de tratamento de água podem ser resumidas em dois grupos, aquelas que utilizam o processo de coagulação e aquelas que não. Isso porque, do ponto de vista da geração de resíduos, esse é um processo de grande importância, sendo responsável pela formação de 60 a 95% do lodo das ETA, sendo o restante é formado nos filtros (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012; RICHTER, 2001).

As unidades das ETA em que ocorre a formação de lodo dependem da tecnologia de tratamento de água que é aplicada, assim:

- a) Em uma ETA de ciclo completo, os resíduos são originados, principalmente, nas limpezas e descargas dos decantadores ou flotores e nas lavagens dos filtros, e oportunamente também há geração quando é executada a limpeza das demais unidades da estação.
- b) Nas ETA de filtração direta, os resíduos são produzidos nas descargas de fundo e lavagem dos filtros. Se utilizada coagulação e/ou floculação, de modo combinado, também se gera resíduo na lavagem dessas unidades.
- c) Em ETA que utilizam a filtração lenta os resíduos são provenientes da lavagem do material removido nas raspagens da superfície do meio filtrante. Já nas ETA em múltiplas camadas, os resíduos vêm das descargas de fundo e lavagens superficiais dos filtros.

- d) Os resíduos gerados em uma ETA com sistema de separação por membranas são constituídos pelo concentrado, lavagens das membranas e lavagens durante as limpezas químicas, que devem acontecer quando as membranas não recuperam sua capacidade de fluxo após a lavagem (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012).

### 3.1.2 Qualidade e quantidade de resíduo gerado

A qualidade e a quantidade de resíduo produzido em uma ETA dependem (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012); (RICHTER, 2001):

- a) da qualidade da água bruta, em aspectos como cor e turbidez;
- b) da tecnologia de tratamento;
- c) das características da coagulação: tipo e dosagem de coagulante e de alcalinizante ou de acidificante;
- d) do uso, característica e dosagem do auxiliar de coagulação (floculação ou filtração);
- e) do uso de oxidante;
- f) do uso de carvão ativado pulverizado;
- g) do método de limpeza dos decantadores ou flotadores;
- h) do método de lavagem dos filtros;
- i) da habilidade dos operadores;
- j) da automação de processos e operações na ETA;
- k) do reuso da água recuperada no sistema de tratamento.

A quantidade de resíduo produzido em uma ETA depende proporcionalmente da eficácia da limpeza, descarga ou remoção mecanizada dos decantadores/flotadores e do volume de água necessário para retrolavagem dos filtros, que varia entre 0,5 e 6% do volume tratado diariamente na ETA e o tempo de retrolavagem, que fica na faixa de 6 a 10 minutos, dependendo da ETA. Modelos matemáticos fornecem uma indicação da massa seca de resíduos gerados em uma ETA, porém devem ser usados com cuidado. Recomenda-se que sempre sejam feitos levantamentos qualitativos e quantitativos nas estações existentes e, no caso de projetos novos, ensaios em laboratório (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012).

Buscando prever a massa e/ou o volume de lodo gerado, diversas equações são propostas na literatura, porém o processo mais prático e utilizado é o descrito a seguir, a partir

da equação 1 (RICHTER, 2001). Na equação 1 será conhecido a massa de sólidos secos precipitada, a partir de dados da água bruta e do coagulante utilizado.

$$S = \frac{(0,2 C + k_1 T + k_2 D)}{1000} \quad (1)$$

Onde:

S = massa de sólidos secos precipitada [kg SS/m<sup>3</sup> de água tratada];

C = cor da água bruta [°H];

T = turbidez da água bruta [UNT];

D = dosagem de coagulante [mg/L].

O coeficiente  $k_1$  é a relação entre sólidos suspensos totais e a turbidez, que varia entre 0,5 e 2,0, utilizando-se na maior parte dos casos  $k_1 = 1,3$ .

O coeficiente  $k_2$  corresponde à relação estequiométrica na formação do precipitado de hidróxido e depende do coagulante usado. Os valores de  $k_2$  são encontrados na tabela 1.

Tabela 1 – Valores de  $k_2$

Coagulante	$k_2$
Sulfato de alumínio	0,26
Cloreto férrico	0,40
Sulfato férrico	0,54

Fonte: (RICHTER, 2001)

A massa de sólidos por unidade de tempo removida na unidade de processo pode ser calculada pela equação 2.

$$M_s = \eta S Q \quad (2)$$

Onde:

$M_s$  = massa de sólidos [kg/s];

$\eta$  = rendimento da unidade de processo [-];

S = massa de sólidos secos precipitada [kg SS/m<sup>3</sup> de água tratada];

Q = vazão água bruta [m<sup>3</sup>/s].

A massa de lodo precipitada é expressa pela equação 3.

$$M_L = \frac{M_S}{C'} \quad (3)$$

Onde:

$M_L$  = massa de lodo precipitada [kg/s];

$M_S$  = massa de sólidos [kg/s];

$C'$  = porcentagem de sólidos no lodo de saída do processo [-].

Conhecendo a densidade do lodo (equação 4) é possível então definir, com a equação 5, o volume de lodo produzido na unidade da estação.

$$\delta_L = \frac{1}{\frac{C'}{\delta_S} + \frac{1-C'}{\delta}} \quad (4)$$

Onde:

$\delta_L$  = densidade do lodo [kg/m<sup>3</sup>];

$C'$  = porcentagem de sólidos no lodo de saída do processo [-];

$\delta_S$  = densidade dos sólidos secos [kg/m<sup>3</sup>];

$\delta$  = densidade da água [kg/m<sup>3</sup>].

$$V_L = \frac{M_L}{\delta_L} \quad (5)$$

Onde:

$V_L$  = volume de lodo produzido [m<sup>3</sup>/s];

$M_L$  = massa de lodo precipitada [kg/s];

$\delta_L$  = densidade do lodo [kg/m<sup>3</sup>].

### 3.1.3 Legislação

O termo resíduo sólido é definido pela NBR 10.004 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2004a) como:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os **lodos provenientes de sistemas de tratamento de água**, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso

soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

Sendo assim, os resíduos gerados durante o tratamento de água, são considerados semissólidos e, portanto, sujeitos à Lei 12.305 (BRASIL, 2010) que institui a política nacional de resíduos sólidos. Nela, em seu artigo 47, que trata das proibições, fica explícito:

Art. 47. São proibidas as seguintes formas de destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos:

I - **lançamento em praias, no mar ou em quaisquer corpos hídricos;**

II - lançamento in natura a céu aberto, excetuados os resíduos de mineração;

III - queima a céu aberto ou em recipientes, instalações e equipamentos não licenciados para essa finalidade;

IV - outras formas vedadas pelo poder público.

Isso posto, todo resíduo gerado em ETA deve ser tratado e disposto sem provocar danos ao meio ambiente. O lançamento irregular destes resíduos é passível de punição civil, administrativa e penal, de acordo com a Lei 9.605 (BRASIL, 1998).

Segundo a última Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010), dos 2.098 municípios que geram lodo em seus processos de tratamento de água, mais de 67% deles destina-os diretamente em recursos hídricos, provavelmente sem qualquer tratamento. A tabela 2 mostra dados sobre disposição dos resíduos de tratamento de água por regiões brasileiras.

A disposição irregular e sem tratamento deste resíduo afeta diretamente o ecossistema em que o recurso hídrico está inserido, aumentando a concentração de metais tóxicos, limitando a concentração de carbono disponível para alimentação de seres vivos, e as altas concentrações de sólidos suspensos consequentes, reduzem significativamente a luminosidade do meio líquido, influenciando na produtividade de fitoplâncton nos locais próximos às descargas (ENGINEERS; ASSOCIATION, 1996). Além disso, há riscos também à saúde humana devido a possível presença de agentes patogênicos e metais pesados.

Outra consideração a se fazer é que na maior parte dos casos o recurso hídrico receptor do lodo é o mesmo onde ocorre a captação de água bruta. Isso pode encarecer o processo de tratamento ou torná-lo ineficiente, à medida que as características da água bruta são agravadas. O que remete a importância do tratamento e disposição adequada destes resíduos produzidos (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

Tabela 2 – Municípios, total e por existência de geração de lodo no processo de tratamento da água, por destino do lodo gerado, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação - 2008

Grandes Regiões e Unidades da Federação	Municípios									Não há geração de lodo
	Total	Com geração de lodo no processo de tratamento da água								
		Total	Destino do lodo gerado							
			Rio	Mar	Terreno	Aterro sanitário	Incineração	Rea-proveitamento	Outro	
<b>Brasil</b>	<b>5 564</b>	<b>2 098</b>	<b>1 415</b>	<b>7</b>	<b>463</b>	<b>83</b>	<b>1</b>	<b>50</b>	<b>247</b>	<b>1 264</b>
<b>Norte</b>	<b>449</b>	<b>84</b>	<b>46</b>	<b>-</b>	<b>14</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>3</b>	<b>23</b>	<b>123</b>
Rondônia	52	28	25	-	1	-	-	-	2	13
Acre	22	8	3	-	4	-	-	-	1	10
Amazonas	62	10	7	-	2	-	-	-	2	9
Roraima	15	1	1	-	-	-	-	-	-	8
Pará	143	14	4	-	3	1	-	2	5	21
Amapá	16	2	1	-	-	-	-	-	1	12
Tocantins	139	21	5	-	4	1	-	1	12	50
<b>Nordeste</b>	<b>1 793</b>	<b>537</b>	<b>231</b>	<b>5</b>	<b>261</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>61</b>	<b>462</b>
Maranhão	217	27	13	-	12	-	-	-	2	35
Piauí	223	11	4	-	7	-	-	-	1	26
Ceará	184	62	17	-	38	2	1	2	12	95
Rio Grande do Norte	167	19	6	-	10	-	-	1	2	50
Paraíba	223	96	35	-	57	1	-	1	10	22
Pernambuco	185	59	30	-	18	1	-	3	13	90
Alagoas	102	14	6	-	4	-	-	-	4	38
Sergipe	75	22	15	-	9	-	-	-	1	18
Bahia	417	227	105	5	106	10	-	17	16	88
<b>Sudeste</b>	<b>1 668</b>	<b>896</b>	<b>703</b>	<b>-</b>	<b>105</b>	<b>53</b>	<b>-</b>	<b>10</b>	<b>94</b>	<b>297</b>
Minas Gerais	853	514	428	-	75	8	-	2	26	206
Espírito Santo	78	73	70	-	10	3	-	-	5	3
Rio de Janeiro	92	60	52	-	7	-	-	-	9	11
São Paulo	645	249	153	-	13	42	-	8	54	77
<b>Sul</b>	<b>1 188</b>	<b>442</b>	<b>330</b>	<b>2</b>	<b>59</b>	<b>11</b>	<b>-</b>	<b>11</b>	<b>54</b>	<b>220</b>
Paraná	399	138	122	-	-	5	-	5	11	93
Santa Catarina	293	153	108	-	29	4	-	1	16	86
Rio Grande do Sul	496	151	100	2	30	2	-	5	27	41
<b>Centro-Oeste</b>	<b>466</b>	<b>139</b>	<b>105</b>	<b>-</b>	<b>24</b>	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>162</b>
Mato Grosso do Sul	78	13	10	-	1	-	-	-	3	7
Mato Grosso	141	42	26	-	8	3	-	1	6	44
Goiás	246	83	68	-	14	-	-	1	6	111
Distrito Federal	1	1	1	-	1	-	-	-	-	-

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010)

### 3.1.4 Classificação

Para a avaliação dos riscos potenciais, relacionados à disposição de resíduos sólidos no meio ambiente, a Associação Brasileira de Normas Técnicas elaborou um conjunto de normas técnicas, que devem ser apreciadas antes da decisão do destino que será dado ao resíduo em questão, são elas: a ABNT NBR 10.004 (2004a), ABNT NBR 10.005 (2004b), ABNT NBR 10.006 (2004c) e ABNT NBR 10.007 (2004d).

Assim, para o adequado manejo dos resíduos das ETA é preciso avaliar suas características físico-químicas e microbiológicas, objetivando conhecer seu impacto e as particularidades da sua disposição no meio ambiente.

Segundo a ABNT NBR 10.004 (2004a) os resíduos são classificados em:

- a) Resíduo classe I – Perigosos: possuem características de periculosidade, como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade;
- b) resíduo classe IIA – Não inertes: são aqueles que não se enquadram como classe I ou classe IIB nos termos da norma. Podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
- c) resíduo classe IIB – Inertes: são aqueles que quando amostrados segundo a NBR 10.007 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2004d) não tiver nenhum dos seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, sabor e odor, conforme o anexo G.

Como a composição dos resíduos de tratamento de água varia, principalmente, com as características da água bruta, é necessária a realização dos ensaios de lixiviação e solubilização dentro das normas correspondentes, para só então classificá-lo dentro de um grau de periculosidade e assim, definir sua destinação final adequada.

Diversas pesquisas brasileiras abordaram, nos últimos anos, a classificação de resíduos originados em ETA, em diversas regiões do Brasil, segundo a ABNT NBR 10.004 (2004a). Observa-se, como por exemplo, nos trabalhos realizados por Acquolini (2017), Guerra e Angelis (2005) e Silva *et al.* (2012), que, após a realização dos ensaios, o lodo das ETA pode ser considerado resíduos Classe IIA – Não Inertes, ou seja, apresentam propriedades como a biodegradabilidade, a combustão e/ou solubilidade em água, porém não possuem grau de periculosidade.

É muito comum que o lodo de ETA apresente teor elevado de alumínio, porém, segundo a ABNT NBR 10.004 (2004a), este não atribui ao resíduo as características necessárias para considerá-lo perigoso, como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.

### 3.1.5 Composição Química

Considera-se que o lodo seja constituído de água e sólidos suspensos originalmente contidos na água bruta, além dos produtos químicos empregados no processo (RICHTER, 2001).

Pesquisas focadas na caracterização de lodos de ETA identificaram as principais substâncias químicas presentes. Na tabela 3 estão agrupados dados de três destes estudos, onde se identifica que, apesar das diferentes localizações das ETA, o resíduo gerado é constituído basicamente por  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , que correspondem à cerca de 70% ou mais do peso total do lodo.

Tabela 3 – Composição química de lodos de ETA analisados em pesquisas

Localização da ETA	Composição [%]									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Gaziabade, Índia <sup>1</sup>	52,78	14,38	5,20	0,61	0,08	3,08	4,39	3,62	0,97	0,17
Campos dos Goytacazes, Brasil <sup>2</sup>	35,92	37,71	12,79	1,10	0,09	0,37	0,10	0,58	0,06	0,35
Paraná, Brasil <sup>3</sup>	24,10	31,60	18,60	2,20	-	-	-	0,30	-	-

Fonte: baseado em (AHMAD; AHMAD; ALAM, 2016; OLIVEIRA; MACHADO; HOLANDA, 2004; TARTARI *et al.*, 2011)

### 3.2 TRANSPORTE E ACONDICIONAMENTO DO LODO NA ETA

Esta seção aborda as tubulações e equipamentos adequados para o transporte do lodo até o sistema de tratamento, bem como as formas de acondicionamento do mesmo em caçambas ou silos.

<sup>1</sup> (AHMAD; AHMAD; ALAM, 2016)

<sup>2</sup> (OLIVEIRA; MACHADO; HOLANDA, 2004)

<sup>3</sup> (TARTARI *et al.*, 2011)

### 3.2.1 Tubulações

O transporte do resíduo gerado nas unidades das ETA, até o local onde acontecerá a remoção de água, geralmente, ocorre através de tubulações. O dimensionamento delas deverá levar em conta diversos fatores, como por exemplo: concentração de sólidos no lodo, velocidade de escoamento, viscosidade, distância de transporte e perdas de carga na tubulação (PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO; ANDREOLI, 2001).

Devido à escassez de pesquisas desenvolvidas com o intuito de observar o comportamento de lodos de ETA transportado por tubulações, nos projetos podem ser adotadas especificações relatadas na literatura baseada em resíduos de ETE, atentando para que comparações entre eles sejam feitas sob o ponto de vista da concentração de SST.

Metcalf & Eddy (2014) citam alguns itens que devem ser considerados em um projeto:

- a) o diâmetro mínimo da tubulação deve ser 150mm;
- b) não é preciso adotar diâmetros maiores que 200mm, a não ser que a velocidade de escoamento seja superior a 1,5 m/s;
- c) as conexões com bombas devem ter diâmetro superior a 100mm;
- d) prever ação de cargas externas;
- e) especificar pontos para limpeza da linha.

### 3.2.2 Equipamentos para transporte do lodo

Comumente, três categorias de equipamentos são empregadas para o transporte de lodo (RICHTER, 2001):

- a) bombas centrífugas;
- b) bombas de deslocamento positivo;
- c) sistemas de transporte de sólidos, como correias transportadoras ou transportadores tipo parafuso.

A escolha do tipo de equipamento é função, principalmente, da concentração de SST no lodo. É verificado que, para concentrações menores que 0,5% (5.000 mg/L) o escoamento do resíduo aproxima-se ao da água; valores maiores necessitam de avaliação por parte do projetista (RICHTER, 2001).

Qualquer escolha de equipamento requer que os fabricantes sejam consultados, a fim de evitar que sejam especificados equipamentos inadequados para a finalidade pretendida (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012).

A tabela 4 compila as características dos equipamentos para transporte do lodo e a melhor situação para o seu emprego.

Tabela 4 – Características dos equipamentos para transporte do lodo.

Equipamento	Características para o Transporte do Lodo até Unidades de Desidratação			
	Teor de Umidade	Utilização	Vantagens	Desvantagens
Bomba Centrífuga	Lodo diluído	Normalmente apenas para barreira dos filtros	Menor custo para transporte de lodo diluído	Desempenho prejudicado para lodos com teor de SST > 3%
Bombas de Deslocamento Positivo	Lodo diluído até lodo desidratado	Transporte de lodo precipitado no fundo do decantador, concentração de sólidos < 3%	Autoescorvante, compactas, capacidade de transportar líquidos com alta viscosidade	Desgaste rápido das engrenagens, alto custo
Correias Transportadoras ou Transportadores Tipo Parafuso	Lodo desidratado e torta final	Transporte de lodo desidratado, concentração de sólidos ~25%	Dimensões adaptáveis à situação	Inclinação máxima de transporte de 25°; Aplicáveis a curtas distâncias

Fonte: Baseada em Richter (2001)

### 3.2.3 Acondicionamento do lodo em caçamba/contêiner

Após o tratamento, o resíduo deve ser armazenado até ser encaminhado para o destino. Normalmente, este acondicionamento se dá por meio de caçambas, com volume entre 5 e 10m<sup>3</sup>, que após seu preenchimento são transportados por caminhões até o local de disposição.

Nas ETA de grande porte, é comum que este processo de transporte aconteça com uma frequência diária, elevando o custo desta etapa. (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

### 3.2.4 Acondicionamento do lodo em silos

Alternativamente ao armazenamento em caçambas ou contêineres, algumas ETE, como por exemplo, a ETE de Ribeirão Preto, vem adotando o acúmulo do lodo em silos verticais. O coordenador da planta elenca alguns aspectos que detectou como vantagens na aplicação deste tipo de armazenagem: “o armazenamento em silo é mais seguro, elimina odores, o risco de contaminação na equipe de operação, e ainda permite que o transporte seja feito de uma forma mais otimizada e econômica.” (LOPES, 2016). A figura 2 apresenta a aplicação deste tipo de sistema.

Figura 2 – Armazenamento de lodo de ETE em silos.



Fonte: Silva e Achon (2018)

### 3.3 TRATAMENTO DO LODO

Tratar o lodo de uma ETA tem como objetivo obter condições adequadas para sua disposição final, ou seja, obter um resíduo sólido ou semissólido que possa ser transportado até seu destino final. Portanto, o tratamento do lodo envolve a separação sólido-líquido, isto é, a aplicação de um método de desidratação.

A desidratação do lodo é uma operação que tem como objetivo reduzir o volume de lodo a ser disposto, aumentando o teor de SST e diminuindo a fração de água (RICHTER, 2001). Pode ser efetuado por meio de sistemas mecanizados ou naturais, sendo que cada técnica tem suas peculiaridades, vantagens e desvantagens e são apresentadas nos tópicos subsequentes.

Independentemente da técnica adotada é desejável que com a desidratação obtenha-se uma torta de lodo com teor de SST superior a 20% (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012).

### 3.3.1 Métodos não-mecânicos

Nos métodos de desidratação naturais, ou não mecânicos, são utilizados agentes naturais no processo, como a gravidade e a evaporação. Os dispositivos mais comuns são as lagoas de lodo, os leitos de secagem, os leitos de drenagem e o emprego de geotêxtil para filtração. São métodos que possuem como limitante para o uso em estações maiores, a grande área requerida para instalação (RICHTER, 2001).

#### 3.3.1.1 Lagoas de lodo

Nas lagoas, a desidratação acontece em três fases: drenagem, evaporação e transpiração. Em regiões onde a taxa de evaporação é superior à taxa de precipitação ela torna-se uma alternativa interessante, condição para que não permaneça efluente líquido até que o lodo tenha sido retirado. Quando usado em condições opostas a essa, o efluente deve ser coletado e conduzido para um tanque de água recuperada (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

A pequena capacidade da ETA, a disponibilidade de área no terreno da estação e o baixo desenvolvimento econômico da comunidade são indicadores da possibilidade de adoção deste método de desidratação do lodo (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012).

Di Bernardo *et al.* (2012) apontam diferentes situações e concepções em que lagoas de lodo são adotadas no Brasil:

- a) lagoas que recebem as descargas dos decantadores e a água de lavagem dos filtros das ETA sem qualquer tratamento prévio;
- b) lagoas que recebem as descargas dos decantadores e a água de lavagem dos filtros após tanque de regularização de vazão e aplicação de polímero;
- c) lagoas que recebem lodo adensado das descargas de decantadores e da água de lavagem de filtros com ou sem aplicação de polímeros.

Para grandes volumes de lodo, é recomendável o uso de lagoas em paralelo, com largura e profundidade relativamente pequenas e comprimento longo, com uma relação comprimento/largura maior que 5 e uma altura da lâmina líquida de no máximo 2m. Os taludes devem ser construídos de forma que permitam a entrada de um trator com caçamba para a retirada dos sólidos secos (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012; DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008). A figura 3 apresenta um esquema típico de lagoas de lodo.

Conhecendo-se a concentração de SST nos resíduos gerados na ETA, o número de lagoas que será adotado é possível calcular o volume das lagoas. Dependendo das características dos resíduos, da adição de polímeros e da existência de pré-tratamento, o lodo retirado da lagoa pode apresentar teor médio de SST entre 5% e 30% (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012).

Richter (2001) apresenta a equação 6 que pode ser aplicada para o dimensionamento de lagoas:

$$A = \frac{V}{n \times h} \quad (6)$$

Onde:

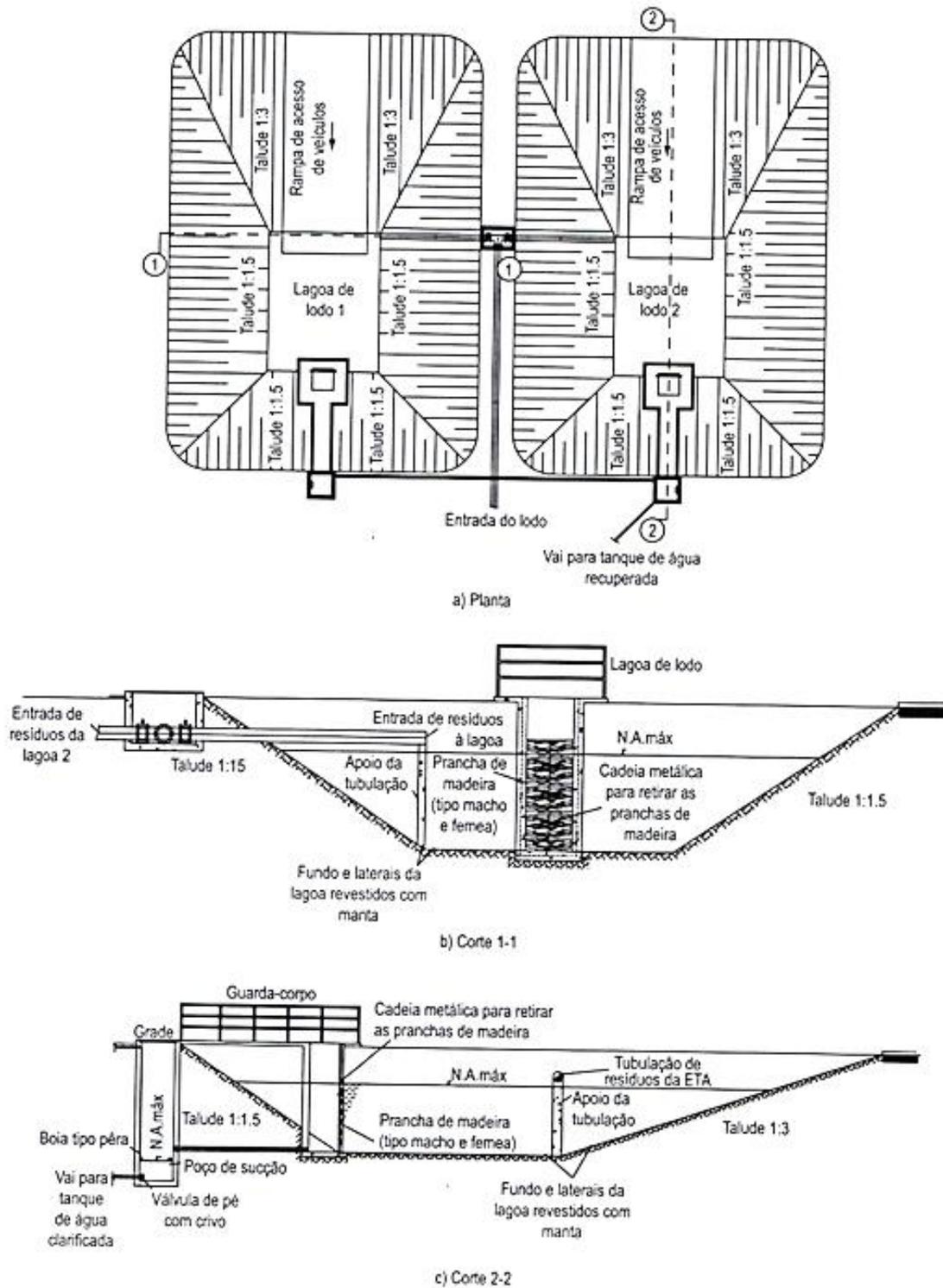
A = área total das lagoas [m<sup>2</sup>];

V = volume anual de lodos gerados na estação [m<sup>3</sup>];

n = número de aplicações por ano (no caso das lagoas n=1);

h = profundidade útil da lagoa [m].

Figura 3 – Esquema de lagoas de lodo.



Fonte: Di Bernardo e Sabogal Paz (2008)

Este sistema é adotado em diversas regiões do país, entretanto, algumas experiências insatisfatórias são relatadas, como por exemplo, o caso da ETA II de Rio Claro, onde o lodo

não secou completamente, devido à percolação de água da chuva pelas rachaduras do lodo que já estava seco (SABOGAL PAZ, 2007). Estima-se que problemas, como o esse, que levam ao baixo desempenho de lagoas, são resultados da inadequada escolha da tecnologia de desidratação, por desconhecimento das características do lodo da estação e/ou das condições climáticas da região (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

A tabela 5 lista as vantagens e desvantagens deste tipo de alternativa para desidratação de lodo de ETA.

Tabela 5 – Algumas vantagens e desvantagens do uso de lagoas de lodo no tratamento dos resíduos de ETA.

Vantagens	Desvantagens
1. As unidades não tem consumo de energia elétrica; 2. As lagoas não requerem pessoal qualificado para operação e manutenção; 3. O número de limpezas por ano é reduzido, comparado aos leitos de secagem ou de drenagem; e 4. As lagoas têm baixa sensibilidade às variações quantitativas e qualitativas do lodo. Por isso, as unidades suportam picos de descarga de sólidos com maior facilidade que os leitos de drenagem.	1. O projeto de lagoas requer o conhecimento das condições climáticas e do solo da região; 2. As lagoas, dependendo da profundidade e da concentração de sólidos no lodo, podem apresentar longos períodos de desaguamento, pois na camada superior existe a possibilidade de formação de uma crosta que evita a secagem das camadas inferiores; 3. O lodo não pode ser armazenado indefinidamente, sendo, depois de seco, removido para outro local de disposição. Assim, a acumulação do lodo em lagoas apenas adia sua disposição final; 4. O tempo de desaguamento é maior, comparado com leitos de secagem; e 5. As unidades exigem maiores áreas de implantação, comparadas aos outros métodos de desaguamento.

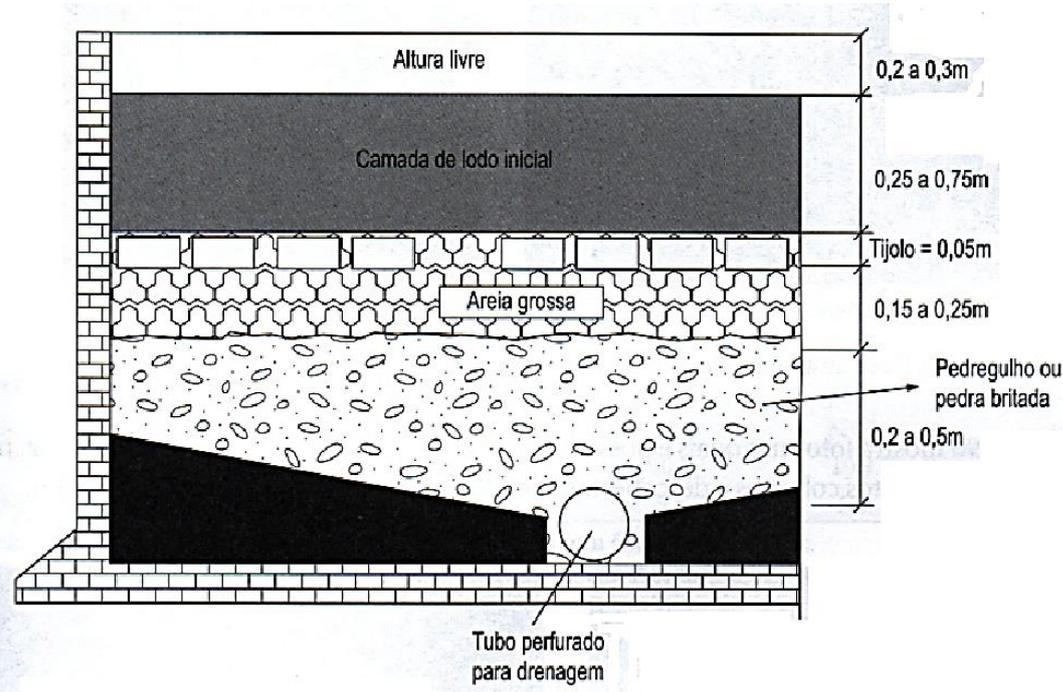
Fonte: Sabogal Paz (2007)

### 3.3.1.2 Leitos de secagem e leitos de drenagem

O leito de secagem é um dos métodos mais antigos e mais usados para desidratação de lodo. Funciona a partir de diversos fatores como a evaporação e a drenagem em meio poroso. Quando adotado sem cobertura, devem-se levar em conta os índices de precipitação da região e onde ele for elevado este método deve ser descartado (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

A figura 4 exhibe um esquema tradicional de leito de secagem, onde a camada suporte é constituída por pedregulho ou pedra britada e que tem como finalidade sustentar a cama de areia grossa, além de manter a percolação constante em toda área. Normalmente, a largura do leito não ultrapassa 10m e procura-se manter uma relação comprimento/largura na ordem de 2. A profundidade total do leito raramente excede 1,5m (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012).

Figura 4 – Esquema de leitos de secagem.



Fonte: Di Bernardo e Sabogal Paz (2008)

Di Bernardo *et al.* (2012) destacam que a desidratação nesse tipo de tecnologia depende de diversos elementos, tendo maior relevância a temperatura, a umidade do ar, a viscosidade do lodo e a ação dos ventos. É esperado que para lodos com teores de SST entre 1,5 e 3,0% obtenha-se um lodo desaguado com teor de SST de 15% a 20% (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

Para o dimensionamento da área necessária do leito de secagem, Richter (2001) aponta que a mesma equação 6 pode ser utilizada, porém o valor do parâmetro  $n$  varia entre 15 e 30, de acordo com o número de vezes por ano que o leito de secagem é utilizado.

A tabela 6 reúne as vantagens e desvantagens da adoção de leitos de secagem como tecnologia de desidratação de lodo.

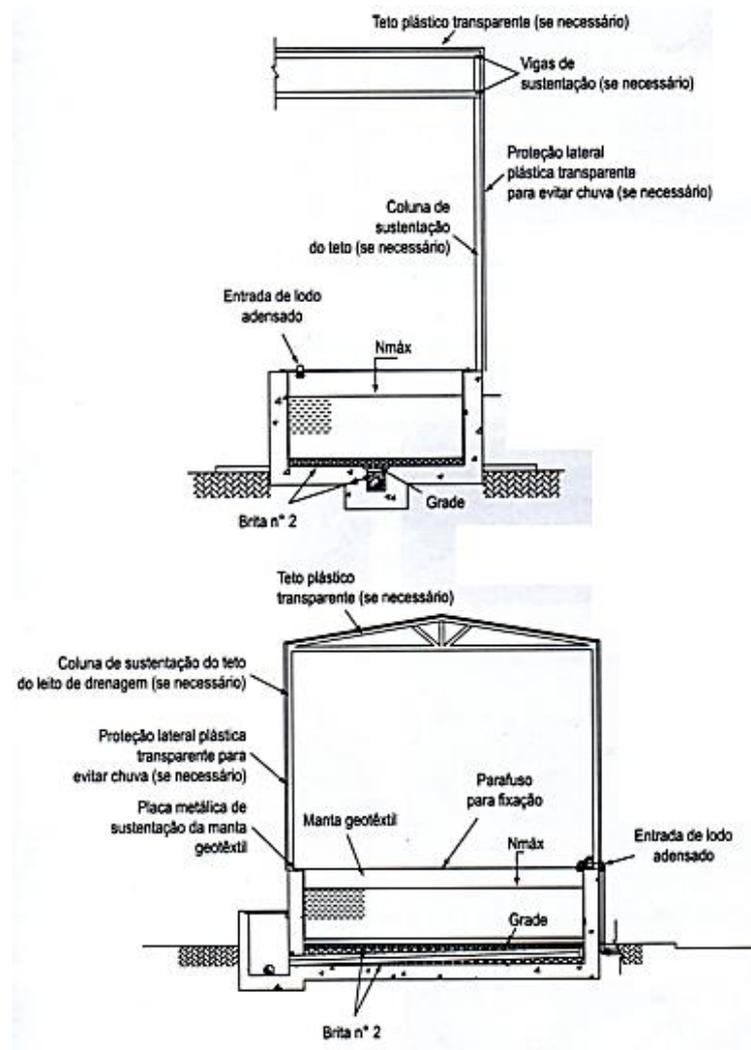
De acordo com Di Bernardo *et al.* (2008) os leitos de drenagem surgiram da otimização dos leitos de secagem, utilizando uma manta de geotêxtil sobre a camada filtrante, possibilitando a remoção efetiva da água livre do lodo. A figura 5 apresenta o esquema tipo desta tecnologia.

Tabela 6 – Algumas vantagens e desvantagens do uso de leitos de secagem no tratamento de resíduos de ETA.

Vantagens	Desvantagens
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. As unidades normalmente requerem baixo investimento inicial, comparadas às lagoas de lodo;</li> <li>2. As atividades de operação e manutenção não requerem pessoal qualificado;</li> <li>3. Os leitos não apresentam consumo de energia;</li> <li>4. As unidades geralmente dispensam o uso de produtos químicos no tratamento;</li> <li>5. Os leitos podem gerar uma alta concentração de sólidos se as características climáticas da região forem favoráveis;</li> <li>6. As unidades permitem a recuperação de água clarificada, que pode ser utilizada no início do tratamento, caso seja prevista essa atividade;</li> <li>7. Os leitos são indicados para pequenas ETA, usualmente, com capacidade inferior a 200 l/s;</li> <li>8. As unidades têm baixa sensibilidade às variações quantitativas e qualitativas do lodo.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pode apresentar problemas de entupimento do material filtrante;</li> <li>2. Os leitos necessitam de maior área de implantação, comparado aos métodos mecânicos de desaguamento;</li> <li>3. O lodo não pode ser armazenado indefinidamente no leito, assim, deve ser removido para o local de disposição ou de aproveitamento. A atividade de retirada do resíduo pode exigir intenso trabalho;</li> <li>4. O tratamento de resíduos com concentrações altas de matéria orgânica pode precisar de estabilização antes do desaguamento; e</li> <li>5. O projeto da unidade requer conhecimento prévio do clima da região.</li> </ol>

Fonte: Sabogal Paz (2007)

Figura 5 – Esquema de leitos de drenagem.



Fonte: Di Bernardo *et al.* (2012)

A tabela 7 traz as vantagens e desvantagens reunidas por Sabogal Paz (2007) quando adotado esse tipo de sistema.

Tabela 7 – Algumas vantagens e desvantagens do uso de leitos de drenagem no tratamento de resíduos de ETA.

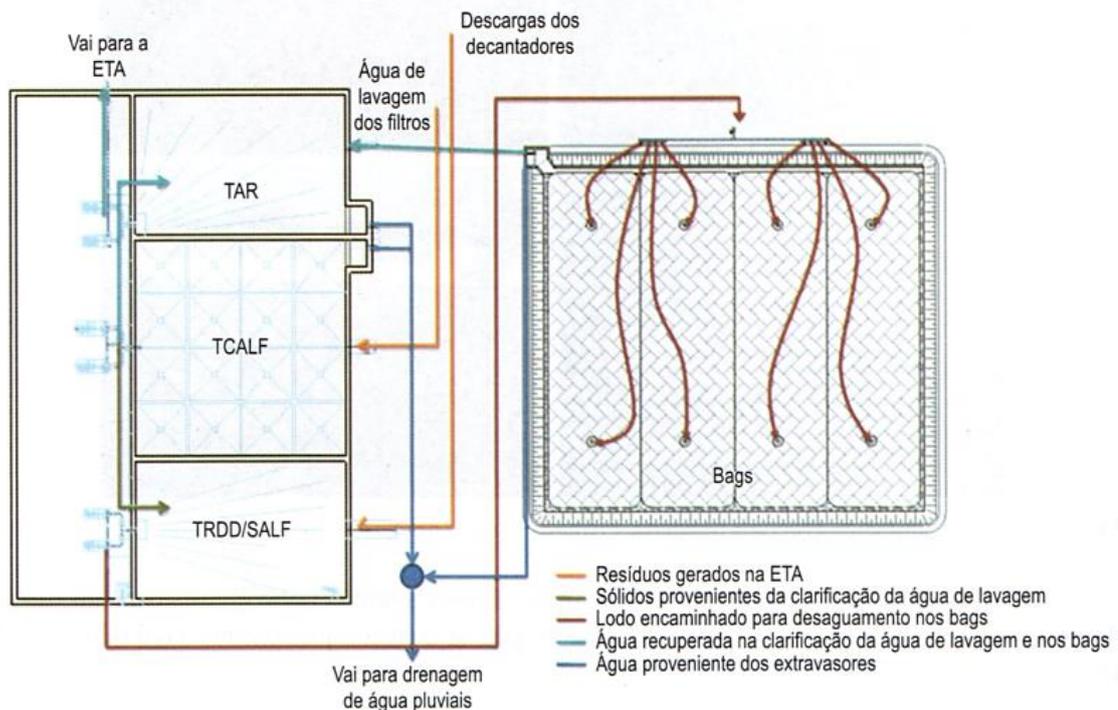
Vantagens	Desvantagens
1. Aplicam-se as vantagens de 1 a 8 dos leitos de secagem; 2. A remoção de água livre é mais eficiente, comparada com lagoas de lodo. Nos leitos, o lodo demora dias para secar e não meses como nas lagoas; entretanto o desempenho depende também das características climáticas da região; 3. As unidades apresentam pouca tendência de entupimento do leito, comparadas aos leitos de secagem; e 4. Os leitos de drenagem podem produzir lodos com menor umidade, comparados com os leitos de secagem.	1. Os leitos necessitam de maior área de implantação, comparado aos métodos mecânicos de desaguamento; 2. O lodo não pode ser armazenado indefinidamente no leito, assim, deve ser removido para o local de disposição ou de aproveitamento. A atividade de retirada do resíduo pode exigir intenso trabalho; 3. O tratamento de resíduos com concentrações altas de matéria orgânica pode precisar de estabilização antes do desaguamento; e 4. O projeto da unidade requer conhecimento prévio do clima da região.

Fonte: Sabogal Paz (2007)

### 3.3.1.3 Filtração em geotêxtil

Essa técnica de desidratação consiste em eliminar o excesso de água do lodo, através da drenagem do líquido pelos pequenos poros do geotêxtil, ocasionando seu deságue progressivo e conseqüente redução do seu volume inicial. Os chamados *bags*, uma espécie de saco em geotecido, podem funcionar por batelada ou de forma contínua, podem ser horizontais (possuem maiores volumes) ou verticais e destinam-se a receber o lodo até que o seu volume útil seja atingido. Posteriormente, o *bag* permanece em repouso até que o teor de SST atinja valor próximo a 30%, o que geralmente ocorre em um tempo de deságue de 30 a 60 dias (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012). Na figura 6 é retratado um esquema de uma ETA com a adoção da desidratação do lodo em *bags*.

Figura 6 – Esquema de ETA utilizando *bags* para desidratação.



TAR = Tanque de Água Recuperada

TCALF = Tanques de Clarificação de Água de Lavagem dos Filtros

TRDD/SALF = Tanque de Recepção das Descargas dos Decantadores e Sedimento da Água de Lavagem dos Filtros

Fonte: Hidrosan Engenharia SS Ltda., 2011 apud DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012

O tipo de *bag* empregado depende da quantidade de lodo gerada diariamente, mas de modo geral os *bags* verticais são adotados em instalações menores, que não dispõem de espaço físico, e os *bags* horizontais em ETA maiores (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

Di Bernardo e Dantas (2006) ponderam que, inicialmente devem-se prover estudos e experimentos para a escolha do tipo de polímero e dosagem para que o lodo seja aplicado em condições no geotêxtil, de modo a aumentar a eficiência da desidratação e também diminuir o risco de colmatção do geotêxtil por partículas finas.

As dimensões dos *bags* devem ser projetadas a partir do volume de lodo diário produzido na ETA.

A figura 7 demonstra a aplicação deste tipo de sistema.

Figura 7 – Aplicação de *bags* horizontais na desidratação de lodo de ETA.



Fonte: Di Bernardo *et al.* (2012)

### 3.3.2 Métodos mecânicos

São métodos em que equipamentos mecânicos são utilizados na desidratação do lodo. Funcionam sob dois princípios, que podem ou não serem combinados (RICHTER, 2001):

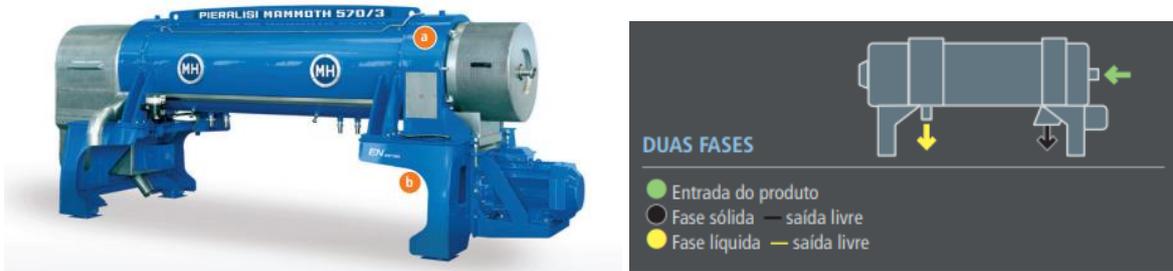
- a) separação por sedimentação em um campo de forças (gravitacional, centrífugo) quando os sólidos são mais densos que o líquido que os contém;
- b) filtração, quando os sólidos são grandes o suficiente para serem retidos em um meio ou em uma superfície filtrante.

Os decanters centrífugos são um exemplo de aplicação do primeiro princípio, enquanto ocorre a aplicação do segundo nos filtros prensas e prensas parafusos. Nos próximos itens esses equipamentos são detalhados.

#### 3.3.2.1 *Decanter Centrífugo*

Os decanters centrífugos consistem, basicamente, em um tambor cilíndrico horizontal que quando rotacionado promove a separação dos sólidos e a sua acumulação nas paredes internas, por isso o tambor não possui perfurações. A movimentação da rosca transportadora helicoidal, com forma cônica convergente à zona de descarga dos sólidos, faz com que os sólidos sejam arrastados continuamente para uma extremidade do cilindro (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012). O esquema dos decanters é ilustrado na figura 8.

Figura 8 – Decanter centrífugo.



Fonte: Perialisi (2017)

O lodo é conduzido até a câmara da centrífuga através de bombas especiais e recebe solução de polímero na tubulação de recalque. Deseja-se que o lodo adensado que chega ao decanter possua um teor de SST de no mínimo 2% e que a dosagem de polímero seja entre 2 e 5 mg pol./g SST. De modo geral, os decaners centrífugos podem funcionar de 12 a 20 horas por dia, produzindo uma torta de lodo com teor de SST entre 20% e 30% e massa específica entre 1,1 a 1,3 kg/l. A rotação dos decaners comerciais fica compreendida entre 2.000 e 6.000 rpm (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012).

A partir de catálogos de fabricantes, os quais devem ser sempre consultados para especificação de equipamentos, é possível escolher o modelo do decanter com base na capacidade hidráulica (com água limpa) e na efetividade com que vão funcionar (lodo adensado), a qual é função do teor de SST no lodo, de forma que a taxa de aplicação de sólidos resulte entre 50 e 5.000 kg SST/h. Dados do decanter centrífugo como: a vazão efetiva para diferentes concentrações de SST no lodo, a vazão de água necessária para limpeza após um ciclo de funcionamento, taxa de aplicação de SST por unidade de tempo, são importantes para a correta seleção do equipamento (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

A tabela 8 apresenta vantagens e desvantagens da aplicação de decaners centrífugos para desidratação do lodo.

Tabela 8 – Algumas vantagens e desvantagens do uso de decaners centrífugos no tratamento de resíduos de ETA.

Vantagens	Desvantagens
1. A tecnologia é adequada para ETA como limitação de espaço; 2. A técnica não depende das condições meteorológicas da região, comparada aos métodos naturais de tratamento; e 3. O desaguamento do lodo é realizado em poucos minutos; 4. Já existem modelos no mercado para funcionamento contínuo.	1. Pode ocorrer abrasão do tambor; 2. A unidade requer lavagem das partes em contato com o lodo, com intuito de evitar problemas operacionais gerados pelos sólidos secos acumulados; 3. O sistema apresenta alto nível de ruído e vibrações provocados pelo funcionamento das bombas e motores; 4. A técnica tem consumo de energia elétrica e gastos com implantação e funcionamento, se comparada com métodos naturais, assim pode não ser sustentável para pequenas comunidades.

Fonte: Sabogal Paz (2007)

### 3.3.2.2 Filtro prensa de placas

O filtro prensa foi o primeiro sistema a produzir uma torta de lodo com teor elevado de sólidos, possibilitando seu descarte direto em aterros sanitários, por isso foi uma tecnologia que ganhou popularidade e com o desenvolvimento de prensas automáticas e semiautomáticas, este interesse foi se renovando. Os filtros prensa mais utilizados em desidratação de lodos de ETA são o de tipo câmara (volume fixo) e o de membrana ou diafragma (volume variável) (RICHTER, 2001). A figura 9 apresenta foto do equipamento de volume variável.

Figura 9 – Filtro prensa de placas.



Fonte: Tecitec (2018)

O ciclo de filtração é realizado em duas etapas (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008):

- a) por meio do bombeamento do lodo tem-se a alimentação do filtro;
- b) por meio de fluido hidráulico, ocorre a pressurização das membranas sobre o lodo, tendo-se a formação da torta de lodo com teor de SST de 30% a 80% e consequente saída do filtrado.

Segundo Di Bernardo *et al.* (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012):

O sistema de filtro prensa inclui: i) unidade de recebimento e estocagem de lodo [...]; ii) transferência do lodo para a unidade de condicionamento (geralmente com polímero); iii) unidade de preparo de solução de polímero e de dosagem; iv) sistema

de alimentação do filtro prensa; v) sistema de filtração e de compressão do lodo; vi) dispositivo de transporte da torta; e vii) sistema de lavagem das telas.

Sobre o dimensionamento de filtros prensa, Richter (2001) complementa:

- a) é baseado na determinação do número de placas necessárias, fixando seu tamanho;
- b) a espessura da reentrância, que é o espaço ocupado pela torta final de lodo, é um parâmetro crítico no projeto de um filtro e são normalizadas em 25, 30 e 40mm;
- c) a taxa de aplicação para lodos de ETA, com coagulação por sais de alumínio, é de 1,5 a 2,5 kg/h de sólidos secos por metro quadrado de área filtrante, e de 1,5 a 3,5 kg/h.m<sup>2</sup> para sais de ferro;
- d) é possível adequar tamanhos e números de placas ao projeto específico, entretanto, é aconselhável escolher um menor número de placas de maior tamanho;
- e) mais informações sobre o dimensionamento devem ser obtidas com os fabricantes.

Richter (2001) apresenta a equação 7 para o cálculo da área total de placas necessária para o filtro prensa:

$$A = \frac{M_s}{m} \quad (7)$$

Onde:

A = área necessária [m<sup>2</sup>];

M<sub>s</sub> = quantidade de sólidos que entrará no filtro [kg/h];

m = taxa de aplicação [kg/h.m<sup>2</sup>].

Calculada a área necessária, divide-se pela superfície filtrante das placas para conhecer o número adequado de placas para o filtro prensa.

A escolha da tela filtrante deve ser bastante cuidadosa, a fim de evitar a aderência da torta na placa, o que dificultaria seu descarregamento. A permeabilidade e o tamanho das partículas são o que as caracterizam. A limpeza das telas para remoção de materiais acumulados deve ser periódica, como por exemplo, a cada 30-40 cargas, com jatos de água (RICHTER, 2001).

A tabela 9 apresenta vantagens e desvantagens da tecnologia, levantadas por Sabogal Paz (2007).

Tabela 9 – Algumas vantagens e desvantagens do uso de filtro prensa no tratamento de resíduos de ETA.

Vantagens	Desvantagens
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A unidade precisa de pouca área para implantação, comparada com métodos naturais de desagamento;</li> <li>2. A eficiência da técnica não depende das condições meteorológicas da região; e</li> <li>3. O lodo é dasaguado em poucos minutos.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O lodo pode necessitar de condicionamento prévio, objetiando reduzir a resistência específica e o coeficiente de compressibilidade;</li> <li>2. A eficiência da técnica é sensível às variações das características do resíduo;</li> <li>3. A troca das placas pode ser demorada e frequente;</li> <li>4. O método precisa de energia elétrica e mão-de-obra treinada;</li> <li>5. A técnica requer limpeza frequente das placas e das partes em contato com o lodo; e</li> <li>6. A unidade requer gastos com implantação e operação que podem ser considerados altos.</li> </ol>

Fonte: Sabogal Paz (2007)

### 3.3.2.3 Prensa parafuso

O equipamento é dotado de uma rosca que, com uma rotação relativamente baixa, quando comparada aos decanters centrífugos (0,1 a 2,0 rpm), pressiona o resíduo ao longo de sua extensão, comprimindo-o. Na figura 10 são apresentadas imagens desse tipo de tecnologia.

Figura 10 – Prensa parafuso.



Fonte: Andritz (2018) e Huber Technology (2013)

Encontram-se no mercado equipamentos com capacidade de entrada de 2,0 até 50 m<sup>3</sup>/h, resultando em resíduos com 50 a 890 kg SST/h. Além disso, podem funcionar 24h/dia.

A aplicação do equipamento, na área de desidratação mecânica de lodo, foi iniciada nos anos 2000, tendo como objetivo a utilização de um equipamento contínuo, que englobasse as vantagens dos filtros prensa, como o baixo consumo de energia e o baixo custo de manutenção, e dos decanters, que são equipamentos fechados e de fácil automação

(MORVAI, 2018). A tabela 10 aponta as vantagens e desvantagens observadas na aplicação deste tipo de tecnologia.

Tabela 10 – Algumas vantagens e desvantagens do uso de prensa parafuso no tratamento de resíduos de ETA.

Vantagens	Desvantagens
1. Operação contínua; 2. Baixo consumo de energia; 3. Demanda pouca atenção dos operadores; 4. Rotação de funcionamento baixa, consequentemente, gera pouca ou nenhuma vibração; 5. Baixo nível de ruído; 6. Equipamento fechado, não gera aerossóis e facilita o controle de odores.	1. O fator limitante do equipamento é a capacidade hidráulica (drenagem através das telas), perde capacidade se trabalhando com lodos diluídos; 2. Necessita do uso de muito polímero para condicionar o lodo, comparando à outros métodos; 3. Recomenda-se teste piloto.

Fonte: Morvai (2018)

### 3.4 DIPOSIÇÃO FINAL DO LODO

Uma preocupação presente e importante, quando o assunto é o gerenciamento de resíduos nas ETA, é quanto à disposição final do lodo gerado. Soluções para a adequada gestão deste resíduo raramente são adotadas em ETA já implantadas e em funcionamento.

Apesar do avanço no conhecimento de técnicas aplicáveis e no enrijecimento da legislação, ainda é predominante o número de plantas que lançam seus resíduos diretamente nos corpos d'água próximos. Por isso, a busca por soluções que atendam às legislações e sejam economicamente viáveis têm sido amplamente pesquisadas e devem imediatamente ser adotadas (ACHON; BARROSO; CORDEIRO, 2013; DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012).

Os próximos itens, de 3.4.1 até 3.4.5, abordam algumas alternativas para disposição do lodo que têm sido aplicadas e estudadas nos últimos anos.

#### 3.4.1 Aterros

A escolha do tipo de aterro em que os resíduos da ETA poderão ser dispostos dependerá da sua classificação. Se classificado como resíduo classe I – perigoso, deverá ser encaminhado para aterro específico de resíduos perigosos. Quando classe II – não perigoso, para aterro de resíduos não perigosos.

Para a disposição em aterros, é necessário que o lodo tenha passado pelo processo de desidratação, atingindo uma concentração de SST na ordem de 20%, ainda que haja aterros

que recebam resíduos com valores inferiores, caso em que os custos da disposição podem aumentar consideravelmente (RICHTER, 2001).

Como vantagem deste tipo de disposição, autores como Di Bernardo *et al.* (2012) e Sabogal Paz (2007) citam ser uma alternativa segura para o meio ambiente e para a saúde pública, desde que sejam corretamente projetados e operados. Além disso, pode tornar-se um método econômico quando existirem aterros da classe pretendida na região e não muito distantes da ETA. Em contrapartida, grandes distâncias de transporte podem tornar este método inviável financeiramente.

### **3.4.2 Aproveitamento na construção civil**

Diversas pesquisas foram realizadas com o intuito de analisar a viabilidade da aplicação de resíduos de ETA na construção de artefatos utilizados na construção civil, principalmente àqueles de concreto e argila.

Rodrigues e Holanda (2013) avaliaram a influência da adição do lodo de ETA sobre as propriedades tecnológicas de tijolo solo-cimento, utilizando como matéria-prima: solo, cimento Portland e lodo de ETA. Obtiveram resultados que indicaram que a incorporação do lodo de ETA influencia diretamente nas propriedades tecnológicas dos tijolos solo-cimento, como resistência à compressão e absorção de água. O lodo de ETA tende a aumentar o teor de partículas finas, matéria orgânica e plasticidade da mistura solo-cimento, o qual interfere na hidratação do cimento. Assim, o reuso de lodo de ETA em tijolo solo-cimento é muito limitado. E com os experimentos concluíram que até 1,25% em peso de solo natural poderia ser substituído por lodo.

Chávez Porras *et al.* (2008) incorporaram lodo de ETA e agregados reciclados da construção civil para confecção de tijolos de cimento. Diversos traços de cimento, agregado e lodo foram testados, os resultados obtidos mostraram que a umidade do lodo influenciou significativamente na qualidade dos tijolos, sendo possível sua confecção somente com teor de umidade abaixo de 50%. Os autores concluíram que nenhum tijolo produzido nas condições estudadas atendeu simultaneamente aos requisitos das normas brasileiras de qualidade - dimensões, absorção de água e resistência à compressão.

Já Teixeira *et al.* (2006) pesquisaram o efeito da adição de lodo de ETA na fabricação de material cerâmico estrutural. Os autores avaliaram a retração linear, absorção de água, porosidade e massa específica aparente, além de ensaios de resistência à flexão. A pesquisa mostrou que a adição de lodo à massa cerâmica piorou suas propriedades. Entretanto, os

valores obtidos para as propriedades tecnológicas ainda permaneceram dentro dos valores limites aceitáveis para a produção de tijolos, dependendo da temperatura de queima e da concentração na mistura. O lodo resultante de ETA que utiliza flocculante à base de ferro apresentou melhores resultados do que aqueles à base de alumínio. Com os resultados, os autores concluíram que o lodo de ETA pode ser incorporado à massa cerâmica para produzir material cerâmico.

Coelho *et al.* (2015) aplicou o lodo de ETA na pavimentação, misturando-o com solo para aplicação como base, sub-base e subleito de pavimento de estradas. Com base nos requisitos do DNIT, puderam verificar que a mistura dos solos com o lodo de ETA pode ser utilizada na camada de subleito de um pavimento. A pesquisa concluiu então, que o lodo de ETA pode ser usado em camadas de pavimentos contribuindo principalmente na redução do impacto ambiental gerado pela disposição deste resíduo no meio ambiente. Porém, os autores reforçaram que as misturas com lodo de ETA ainda necessitam de estudos adicionais para a sua aplicabilidade na pavimentação rodoviária.

De maneira geral, as pesquisas apontam que a umidade do lodo é um parâmetro importante na avaliação da aplicação deste tipo de disposição, influenciando diretamente no processo de fabricação dos artefatos, sendo requerida concentração de sólidos superior a 30%, tornando imprescindível a desidratação do lodo nas ETA (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

Diversas outras pesquisas foram e estão sendo realizadas na área, demonstrando a alternativa de utilização de resíduo de ETA como matéria-prima na indústria da construção civil. No entanto, a generalização dessa atividade deve ser precedida de estudos específicos das características físico-químicas do lodo, junto de ensaios do material final obtido, de forma a comprovar sua viabilidade técnica e assim ser aplicada na realidade da ETA (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012; DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

### **3.4.3 Recuperação de solo degradado**

Diversos fatores podem vir a causar a degradação dos solos, onde se destaca a remoção ou desmatamento da vegetação natural, florestas comerciais, urbanização, construção de estradas, atividades agrícolas e atividades industriais. A degradação dos recursos naturais decorre do seu uso inadequado e falta de planejamento sobre o futuro da área em questão. Então, por vezes, passa a ser necessário adotar técnicas que venham a

restaurar as condições do solo e sua capacidade produtiva (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012; TAMANINI *et al.*, 2005).

De acordo com Di Bernardo *et al.* (2012, p. 421):

A recuperação de áreas degradadas com a utilização de biossólido, e eventualmente lodo de ETE misturado ao lodo de ETA, pode propiciar um destino final adequado a um resíduo de disposição problemática, que atue como recuperador das características físicas, químicas e biológicas de solos degradados em áreas que, por lei, devem ter suas características naturais recuperadas pelo empreendedor. Todavia, o uso de biossólido misturado com [lodo de] ETA, em doses elevadas, pode adicionar elementos indesejáveis ao meio ambiente, pelo fato de poderem ter contribuição de resíduos industriais, elevando os níveis de metais pesados tóxicos. O biossólido misturado com [lodo de] ETA também pode conter agentes patogênicos em níveis geralmente proporcionais ao perfil sanitário da população beneficiada pelo serviço de saneamento.

Moreira *et al.* (2009) realizaram um estudo geoquímico da disposição de lodo de ETA em área degradada e acabaram por concluir que, o resíduo de ETA pode ser considerado não-inerte e compatível com o uso em recuperação de áreas degradadas situadas em regiões com características geológicas e hidroquímicas semelhantes, no caso um cascalheira desativada no Distrito Federal.

Outra pesquisa na área, foi realizada por Bittencourt *et al.* (2012), onde foi analisado o efeito da aplicação de lodo de ETA em solo degradado, com presença e ausência de lodo de ETE, na produtividade do milho e nas características de fertilidade do solo. E assim, concluíram que a aplicação de lodo de ETA não teve efeito sobre a produtividade de milho, tampouco sobre os teores dos elementos avaliados no solo. No entanto, na presença do lodo de esgoto, a sua aplicação foi favorável à dinâmica do nitrogênio do solo até à dose de 37 mg.ha<sup>-1</sup>(ST) e a aplicação do lodo de ETE neutralizou o alumínio trocável, elevou o pH, o cálcio, o carbono, o fósforo e a saturação de bases, e reduziu a acidez potencial do solo. E ainda recomendam que seja utilizado o termo “aplicação controlada em solo” quando essa for a opção de disposição do lodo, uma vez que a aplicação na área do estudo não apresentou potencial de melhoria nos atributos de fertilidade do solo.

A escolha por essa opção de destino do resíduo gerado no tratamento de água requer testes laboratoriais dos resíduos e do solo da região, e experimentos prévios da reação solo-lodo. Além disso, a disposição exige monitoramento contínuo do local com o intuito de controlar os nutrientes e os metais pesados do solo, o que incrementa os custos da disposição do lodo (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012).

### **3.4.4 Disposição em estações de tratamento de esgoto**

É relatado este tipo de disposição em algumas cidades do país, seja por meio do lançamento na rede coletora de esgoto sanitário, seja pela instalação de tubulações específicas interligando os resíduos da ETA à ETE. Porém, deve-se levar em consideração que esta não é uma forma de disposição e que, de certa forma, apenas se transfere o problema, já que resíduos também são gerados em ETE e devem ser corretamente dispostos (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012).

Leis estaduais podem proibir o lançamento dos resíduos em redes públicas, inviabilizando esse método. Por isso, além de estudos de fatores técnicos, econômicos e logísticos, questões legais devem ser consultadas inicialmente (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008).

### **3.4.5 Regeneração de coagulante**

É uma técnica que consiste na solubilização de formas de alumínio ou ferro, que possuam potencial de coagulação, considerando que mais de 35% dos sólidos no lodo de ETA são hidróxidos. A solubilização envolve equações de equilíbrio entre o precipitado e as formas solúveis, para diferentes valores de pH. Dessa forma, os coagulantes são recuperados e reutilizados na própria estação (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012).

Além de possibilitar a reciclagem do coagulante, diminuindo os custos com a aquisição deles, outra vantagem é a redução do volume de lodo a ser tratado para disposição final. Contudo, a aplicação desta técnica exige implantação de unidades extras na ETA, o que pode ser inviável para estações de pequeno porte (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008; RICHTER, 2001).

Porém, a técnica não é uma alternativa definitiva no gerenciamento da disposição final dos resíduos, porque depois da recuperação do coagulante, o lodo gerado no processo precisa de tratamento e disposição adequada, sendo necessária a utilização de uma das alternativas anteriormente especificadas (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012).

## **3.5 ANÁLISE DA VIABILIDADE DE PROJETOS**

Analisar a viabilidade de um projeto é de vital importância no processo da decisão de investir. Isso porque a análise de projetos tem como objetivo evitar investimentos que gerarão

resultados negativos ou mal dimensionados, selecionando as oportunidades de investimentos compatíveis com a realidade do projeto e da empresa. Sendo assim, decisões tomadas nesta etapa de avaliação irão interferir durante toda a vida útil do projeto, visto que investimentos que requerem grande volume de recursos, geralmente são pouco flexíveis, de longo prazo e de difícil reversão.

Apesar disso, é comum que projetos sejam implementados sem uma análise de viabilidade feita anteriormente. Como consequência, obtêm-se resultados abaixo do esperado, ineficiência do processo, e até mesmo sua prematura substituição. Pode-se presumir que isso decorra do fato de que, um estudo de viabilidade requer tempo e recursos, que por vezes podem ser significativos (BORDEAUX-RÊGO, 2010).

Segundo Holanda (1982), a análise de viabilidade pode ser definida como:

[...] o conjunto de informações sistemáticas e racionalmente ordenadas, que nos permite estimar os custos e benefícios de um determinado investimento, vale dizer, as vantagens e desvantagens de utilizar recursos para a criação de novos meios de produção ou para o aumento da capacidade ou melhoria de produção existente.

O projeto de viabilidade, ou a análise de viabilidade, tem como escala o próprio empreendimento/projeto. Assim que surge a necessidade do investimento, deve-se iniciar o processo de coleta e processamento de informações referentes, que corretamente analisadas, possibilitarão a conclusão de sua viabilidade. Dessa forma, pode-se deduzir que diversos projetos devem ser explorados desde a ideia inicial, buscando reconhecer a melhor alternativa, até a decisão final (FONSECA, 2012).

### **3.5.1 Viabilidade técnica**

A viabilidade técnica pode ser precedida de uma análise mercadológica, a fim de verificar a adequação do processo ao mercado disponível. Porém, quando o investimento visa a melhoria do processo produtivo ou do produto final, passa a ser a primeira etapa da análise de viabilidade do projeto, uma vez que é imprescindível analisar se o projeto é realmente exequível, ou seja, se ele reúne condições técnicas suficientes para que seja executado e retorne os resultados esperados.

A análise técnica deve ser feita a partir de fatores de interesse, escolhidos de acordo com os projetos, de modo que configurem certo impacto à implantação, manutenção e operação do processo, como por exemplo, necessidade de mão-de-obra, de matéria-prima ou de combustível. Os fatores devem ser levantados junto a todos os envolvidos no projeto

(fornecedores, gestores, operadores) considerando, por exemplo, experiências anteriores em projetos similares, literatura acadêmica e legislações.

Para exemplificar, abaixo são apresentados fatores técnicos citados por Brikké e Bredero (2003) que influenciam, neste caso, na seleção da tecnologia de tratamento de água que venha a ser implementada em uma ETA:

- a) complexidade da tecnologia;
- b) capacidade do sistema para responder à demanda e fornecer o nível de serviço desejado;
- c) habilidades técnicas necessárias para operar e manter o sistema;
- d) disponibilidade, acessibilidade e custos de peças de reposição;
- e) disponibilidade e custos de combustíveis, energia elétrica e produtos químicos;
- f) requerimentos para manutenção.

Portanto, a análise da viabilidade técnica envolve a seleção, entre os diversos métodos de processo de produção, daquele ou daqueles que serão capazes de operar e fornecer, dentro da realidade do empreendimento e do empreendedor, os resultados esperados. Compreende analisar as condições necessárias para execução, operação e manutenção do projeto em sua vida útil, antevendo e avaliando as condições técnicas que viabilizam sua implantação (WOILER; MATIAS, 2008).

### **3.5.2 Viabilidade financeira**

Geralmente, a análise financeira é a última etapa do estudo de viabilidade de um projeto. Nessa fase, são avaliados os processos viáveis segundo a análise técnica, examinando o fluxo de caixa previsto para o empreendimento dentro do prazo de interesse.

Para cada alternativa de projeto, deve ser feita uma estimativa de gastos e de retorno do capital (quando existente), escalonando-os no tempo. Posteriormente, comparam-se as estimativas financeiras dos projetos através de métodos de análise financeira, para que seja possível a tomada de decisão sobre em qual dos projetos investir.

A NBR 12.211 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1992) traz no item 5.9 considerações à cerca de critérios que devem ser seguidos na avaliação econômica de projetos de sistemas de abastecimento de água, destacando-se:

- a) A comparação econômica das alternativas técnicas deve ser feita, considerando os valores dos investimentos ao longo do plano e as despesas de operação e manutenção;
- b) são admitidas as seguintes simplificações: as diferentes concepções de uma parte ou unidade do sistema podem ser comparadas economicamente, em separado das demais partes ou unidades, quando a escolha resultante da comparação feita não interferir na comparação de qualquer outra parte ou unidade do sistema, e não for necessária a consideração de condições comuns a todas as partes ou unidades do sistema;
- c) o estudo deve conter a estimativa de custos, baseada em orçamentos e/ou curva de custos, sendo indispensável citar a origem dos preços e das curvas, bem como justificar suas validades;
- d) as despesas de manutenção e operação resultam da avaliação com: pessoal, consumo de energia, reposição de materiais e ferramentas, consumo de produtos químicos, consumo de combustíveis, oficinas e transporte;
- e) na avaliação das despesas com pessoal de operação e manutenção, a seguinte condição deve ser observada: o número de funcionários de cada categoria e para cada parte do sistema, bem como o ônus decorrente devem ser estabelecidos levando também em conta a experiência de sistemas similares bem operados e administrados;
- f) a comparação econômica de diversas concepções técnicas para a escolha da concepção básica deve ser feita mediante métodos e critérios de uso corrente, ou de acordo com os estabelecidos pelo contratante ou entidade financiadora do investimento.

Para a comparação financeira das alternativas, os métodos mais difundidos e aplicados são: o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR). Por exemplo, a pesquisa realizada por Graham e Harvey (2001), com executivos de 392 empresas americanas, indicou que cerca de 78% deles preferem utilizar o VPL e a TIR como métodos de avaliação financeira de projetos.

### 3.5.3 Estimativa de custos

A estimativa de custos envolve a elaboração de uma aproximação dos custos dos recursos necessários para instalação, operação e manutenção do projeto. Assim, para cada tecnologia abordada, são elencados os prováveis custos associados e atribuídos valores em unidades monetárias (BARBOSA *et al.*, 2009).

O objetivo principal de uma estimativa de custos é prever as despesas envolvidas no horizonte de projeto determinado, de forma a fundamentar a opção de investimento em determinada tecnologia. A estimativa de custos é baseada em anteprojetos, ou seja, faz parte da análise de viabilidade do projeto. Dessa forma, não substitui o orçamento executivo, que deve ser realizado na etapa posterior, do projeto executivo.

Na área de saneamento, diversas pesquisas foram desenvolvidas sobre esse tema, buscando estimar custos envolvidos em projetos na área, com o objetivo principal de subsidiar a tomada de decisão para futuras instalações.

Hernandez-Sancho *et al.* (2011) buscaram fornecer uma metodologia para melhorar a compreensão sobre a estrutura de custos de processos de tratamento de águas residuais. Em resumo, os custos envolvidos no tratamento foram modelados, para cada tecnologia abordada, em função de fatores operacionais das estações. Dessa forma, a metodologia desenvolvida pode ser útil também no planejamento de novas instalações. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 11:

Tabela 11 – Funções de custo e para cada tecnologia de tratamento de águas residuais.

Technology	Cost functions	R <sup>2</sup>
EA	$C = 169.4844 V^{0.4540} e^{(0.0009A + 0.6086SS)}$	0.6133
AS	$C = 2.1165 V^{0.7128} e^{(0.0174A + 1.5122SS + 0.0372BOD)}$	0.6849
NR	$C = 2.518 V^{0.7153} e^{(0.007A + 1.455COD + 0.258N + 0.243P)}$	0.7301
BB	$C = 17.3617 V^{0.5771} e^{(0.1006A + 0.6932COD)}$	0.9862
PB	$C = 1,510.8400 V^{0.2596} e^{(0.0171SS)}$	0.5240
BD	$C = 28.9522 V^{0.4493} e^{(2.3771SS)}$	0.8058
TT	$C = 3.7732 V^{0.7223} e^{(0.6721COD + 0.0.1958N + 0.7603P)}$	0.9029

EA = aeração prolongada sem remoção de nutrientes;

AS = lodo ativado sem remoção de nutrientes;

NR = lodo ativado com remoção de nutrientes;

BB = camas bacterianas;

PB = camas de turfa;

BD = biodiscos;

TT = tratamento terciário.

Coefficientes:

V = volume de água tratada por ano [m<sup>3</sup>/ano];

A = idade da estação de tratamento de água residuária [ano];

SS = eficiência na remoção de sólidos suspensos [%];  
 BOD = eficiência na redução da DBO [%];  
 COD = eficiência na redução da DQO [%];  
 N = eficiência na remoção de nitrogênio [%];  
 P = eficiência na remoção de fósforo [%].

Fonte: (HERNANDEZ-SANCHO; MOLINOS-SENANTE; SALA-GARRIDO, 2011)

Já Castellet-Viciano *et al.* (2018), modelaram a estimativa de custos com energia elétrica em processos de tratamento de águas residuais, ao longo do tempo de funcionamento da estação de tratamento. O modelo obtido na pesquisa, que expressa o custo anual com energia, é o apresentado na equação 8.

$$EC = 0,125 \cdot V^{0,791} \cdot e^{5,38 \times 10^{-8} \cdot M + 0,103 \cdot J} \quad (8)$$

Onde:

EC = custo com energia elétrica [€/ano];

V = volume de água residual tratada [m<sup>3</sup>/ano];

M = redução da DQO [kg/ano];

J = idade da estação [anos decorridos].

Na pesquisa de Ruiz-Rosa *et al.* (2016), além da estimativa de custos dos processos de tratamento de água residuais, foi estimado também o custo da reutilização dessa água residual tratada. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 12.

Tabela 12 – Custos médios estimados por sistema de abastecimento de água, em €/m<sup>3</sup>

	Superficial	Subterrânea	Dessalinização	Regeneração
Produção	0.42	0.48	0.56	–
Tratamento	0.17	0.17	0.17	–
Regeneração	–	–	–	0.18

Fonte: (RUIZ-ROSA; GARCÍA-RODRÍGUEZ; MENDOZA-JIMÉNEZ, 2016)

## 4 METODOLOGIA

Nesse capítulo são apresentados os processos de desidratação de lodo que serão analisados como alternativa de tratamento. Da mesma forma, descreve a metodologia desenvolvida para análise de viabilidade dos projetos para aplicação em ETA reais.

### 4.1 PROCESSOS ALTERNATIVOS DE TRATAMENTO DOS RESÍDUOS

Tendo como critério uma concentração de SST no resíduo desaguado de no mínimo 20%, foram avaliados, como alternativa no tratamento dos resíduos das ETA, os seguintes métodos:

- a) leitos de secagem;
- b) leitos de drenagem
- c) filtração em geotêxtil;
- d) decanter centrífugo;
- e) prensa parafuso.

Buscando proximidade com a realidade das ETA que adotam tratamento para os resíduos, foram considerados na pesquisa os mecanismos mais utilizados de acondicionamento e disposição final do lodo. Assim, como alternativa de acondicionamento até a destinação final, foi considerada a caçamba. E como método de disposição final, aterros sanitários.

### 4.2 ANÁLISE TÉCNICA

Como primeira etapa da análise de viabilidade dos projetos de tratamento do lodo, a análise técnica tem como objetivo examinar se o projeto se adapta à realidade da ETA. Assim, os fatores, variáveis e/ou indicadores que impactam diretamente na exequibilidade do processo de tratamento, foram identificados, selecionados e caracterizados, bem como as considerações que devem ser tomadas em relação a eles.

O levantamento desses fatores, variáveis e/ou indicadores foi realizado com o auxílio da literatura, em consulta aos fornecedores de equipamentos, operadores das ETA e engenheiros.

Foi elaborado um procedimento de avaliação de aspectos técnicos e ambientais que devem ser atendidos para que o método de tratamento possa ser considerado conveniente para implantação na ETA.

### 4.3 ANÁLISE FINANCEIRA

A análise financeira, etapa subsequente a da análise técnica, tem como objetivo verificar se o projeto pode ser financiado, sendo necessário o levantamento de despesas relacionadas aos custos de investimento e de operação anual. Portanto, está voltada a quais receitas e despesas atingem diretamente o projeto e a entidade.

Avaliar a viabilidade financeira de um projeto significa atribuir à sua realização uma série de recursos, que podem ser agrupados em dois grandes tipos: os destinados à instalação do projeto e os destinados ao seu funcionamento (MELNICK, 1958).

Como primeira etapa da análise financeira, a estimativa de custos dos métodos estudados foi modelada, tanto para custos de implantação quanto para operação/manutenção anual. Dispondo de funções matemáticas para estimar esses custos, a próxima etapa é compará-los entre si, para que o método mais econômico seja conhecido.

#### 4.3.1 Modelagem das estimativas de custos

O início do processo de ajuste de um modelo, que descreva o comportamento de uma variável dependente, é plotar em um gráfico os resultados obtidos dessa variável em função da variável independente, para que seja possível identificar o comportamento dessa curva.

O primeiro teste da formulação das funções de custos seguiu o modelo de regressão linear simples, expresso pela equação 9.

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 \cdot x \quad (9)$$

Onde:

$\hat{Y}$  = variável dependente;

$\beta_0$  e  $\beta_1$  = parâmetros dos modelos;

x = variável independente.

Considerando como variável independente a vazão diária de lodo produzida na estação, ou seja, lodo úmido que será desaguado, os custos envolvidos na implantação e na operação/manutenção anual do sistema de tratamento foram levantados.

Obtiveram-se as estimativas de custos totais para cada vazão de lodo considerada e através da regressão estatística foi possível modelar essas funções para cada processo analisado. Para isso, foram utilizados os softwares Microsoft® Excel® e o R-3.6.3.

#### 4.3.1.1 Intervalo de validade dos modelos

Para a modelagem das estimativas de custos foram propostos 17 cenários diferentes de vazões de lodo. O intervalo foi escolhido, não necessariamente retratando valores reais de vazões de lodo nas ETAs, mas que fosse suficiente para abranger um intervalo de valores reais. A partir disso, os sistemas foram dimensionados para que fosse possível estimar os custos envolvidos.

Os cenários analisados foram os apresentados na tabela 13.

Tabela 13 – Cenários analisados para as vazões de lodo

Vazão de lodo [m <sup>3</sup> /dia]
0
10
25
50
75
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600
650

Fonte: autora

Portanto, as funções modeladas serão válidas quando a vazão diária de lodo, produzida na estação, estiver no intervalo:

$$0 < x \leq 650 \text{ m}^3/\text{dia} \quad (10)$$

#### 4.3.1.2 Dimensionamento dos sistemas

Para cada processo de tratamento considerado, todos os cenários foram analisados. Com isso, foi necessário dimensionar os sistemas para cada um deles. As etapas de cálculo executadas foram as apresentadas nos próximos itens.

##### 4.3.1.2.1 Métodos mecânicos

Em projetos que utilizam métodos mecânicos como principal unidade do sistema, usualmente são utilizados: um equipamento compatível e um reserva. Falando de projetos de tratamento de lodo, cada sistema deve, sem dúvidas, ser dimensionado individualmente, levando em conta que já existe no mercado um equipamento que vai se adequar melhor às condições de contorno da situação. Dessa forma, procura-se ajustar o menor equipamento possível, com a menor potência para operar no limite da necessidade de desidratação, tornando o equipamento reserva fundamental para eliminar um caminho crítico de falha no sistema. Inclusive cada equipamento existente no mercado requer um tipo de manutenção, um tipo de instalação, equipamentos periféricos diferentes. No entanto, dimensionar cada sistema com considerações tão distintas entre si, tornaria a modelagem da estimativa de custos proposta, sem sentido. Uma vez que, em um modelo matemático busca-se reduzir o número de variáveis dentro de um conjunto de restrições consideradas.

Nesse caso, para a modelagem proposta, foi considerado um equipamento “padrão”, que está em uma faixa média de vazão e custo. E assim, todos os sistemas foram dimensionados com esse equipamento “padrão”. Para as vazões menores que a capacidade do equipamento, o resultado será a necessidade de apenas um equipamento “padrão”, mas os custos resultantes podem ser entendidos como o valor de dois equipamentos menores, um de operação e um reserva. Para as vazões maiores, cujo resultado será a necessidade de mais de um equipamento “padrão”, os custos podem ser compreendidos como de apenas dois equipamentos maiores (operação + reserva). E assim, consideração sobre modelos diferentes de equipamentos, para vazões diferentes, não foi realizada.

A variável quantidade de equipamentos “padrão” necessária pode ser obtida através da simples comparação da vazão do equipamento com a vazão de lodo gerada.

Com esse resultado foi possível então obter as demais variáveis assim como segue na tabela 14.

Tabela 14 – Roteiro de dimensionamento dos sistemas mecânicos

VARIÁVEL	EQUAÇÃO
1) Tempo de funcionamento [h/dia]	$Q_L / (N^{\circ} \text{ equip} \times Q_{oper})$
2) Número de operários necessários [-]	tempo funcionamento / jornada de trabalho
3) Massa de lodo úmido produzida [kg/dia]	$Q_L \times \delta_{lodo}$
4) Massa SS no lodo úmido [kg/dia]	Massa lodo úmido x % concentração de SS
5) Massa da torta de lodo [kg/dia]	$(\text{teor de sólidos na entrada} / \text{teor de sólidos na torta}) \times \text{massa de lodo úmido}$
6) Volume da torta [m³/dia]	massa da torta / $\delta_{torta}$
7) Volume anual de resíduos gerados [m³/ano]	volume da torta x dias de funcionamento da ETA
8) Consumo diário de produto químico [kg/dia]	quantidade de produto requerida x massa SS no lodo úmido
9) Consumo anual de produto químico [kg/ano]	consumo diário de produto x dias de funcionamento da ETA

Fonte: autora

Onde:

$Q_L$  = vazão de lodo úmido [m³/dia];

$Q_{oper}$  = vazão de operação do equipamento [m³/h];

$\delta_{lodo}$  = densidade do lodo [kg/m³];

$\delta_{torta}$  = densidade da torta de lodo [kg/m³];

Para obtenção dos valores de interesse, algumas considerações foram feitas, a fim de definir valores de entrada de dados. São elas:

- Equipamentos da ETA funcionam até 24 h/dia;
- estações operam 365 dias/ano;
- jornada de trabalho de 01 operário é 8 h/dia; como nas ETA o operário que atua no tratamento de lodo não tem essa função exclusiva, sendo inclusive executado por mais de uma pessoa, não foram consideradas horas de descanso;
- densidades consideradas:  $\delta_{sólidos} = 1.500 \text{ kg/m}^3$ ;  $\delta_{água} = 1.000 \text{ kg/m}^3$ ;  $\delta_{lodo} = 1.008 \text{ kg/m}^3$ ;
- densidade da torta de lodo é calculada pela equação 11:

$$\delta_{torta} = \frac{\delta_{sólidos}}{\frac{\delta_{sólidos}}{\delta_{água}} + \text{teor de sólidos na torta} \times \left(1 - \frac{\delta_{sólidos}}{\delta_{água}}\right)} \quad (11)$$

- teor de sólidos no lodo que sai do decantador e dos filtros = 1%;

g) teor de sólidos na entrada do sistema de tratamento, ou seja, após aplicação do polímero = 2% ;

h) teor de sólidos na saída do sistema é dependente do tipo de equipamento.

#### 4.3.1.2.2 Métodos não mecânicos

Metodologia semelhante foi aplicada para os métodos naturais, citados no item 3.3.1, com interesse principal em obter a área necessária para construção do sistema. Na tabela 15 está o procedimento de cálculo adotado.

Tabela 15 – Roteiro de dimensionamento dos sistemas não mecânicos

VARIÁVEL	EQUAÇÃO	
1) Tempo de funcionamento da bomba [h/dia]	$Q_L / \text{vazão da bomba}$	
2) Massa de lodo úmido produzida [kg/dia]	$Q_L \times \delta_{\text{lodo}}$	
3) Massa SS no lodo úmido [kg/dia]	Massa lodo úmido x % concentração de SS	
4) Massa da torta de lodo [kg/dia]	$(\text{teor de sólidos na entrada} / \text{teor de sólidos na torta}) \times \text{massa de lodo úmido}$	
5) Volume da torta [m³/dia]	$\text{massa da torta} / \delta_{\text{torta}}$	
6) Volume anual de resíduos gerados [m³/ano]	volume da torta x dias de funcionamento da ETA	
7) Área do leito [m²]	$\text{Volume anual de resíduos} / (\text{N}^\circ \text{ aplic.} \times h_{\text{leito}})$	LEITOS
8) Número de células [-]	01 célula a cada 500m² de área requerida de leito	
9) Área de cada célula [m²]	$\text{Área do leito} / \text{N}^\circ \text{ células}$	
10) Volume de lodo na célula [m³]	$\text{Área da célula} \times h_{\text{leito}}$	
11) Carga aplicada [kg lodo/m²]	Massa lodo úmido x Área do leito	
12) Tempo de enchimento [dias]	$\text{volume bag} / \text{volume da torta}$	BAGS
13) Ciclo do bag [dias]	tempo de enchimento + tempo de descanso	
14) Número de bags [-]	$\text{dias de funcionamento da ETA} / \text{tempo enchimento}$	
15) Consumo diário de produto químico [kg/dia]	quantidade de produto requerida x massa SS no lodo úmido	
16) Consumo anual de produto químico [kg/ano]	consumo diário de produto x dias de funcionamento da ETA	

Fonte: Autora

Onde:

$Q_L$  = vazão de lodo úmido [m³/dia];

$\delta_{\text{lodo}}$  = densidade do lodo [kg/m³];

$\delta_{\text{torta}}$  = densidade da torta de lodo [kg/m³];

$\text{N}^\circ \text{ aplic}$  = número de aplicações no leito no ano [-];

$h_{\text{leito}}$  = profundidade útil do leito [m].

As condições adotadas para estes métodos foram:

- a) estações operam 365 dias/ano;
- b) densidades consideradas:  $\delta_{\text{sólidos}} = 1.500 \text{ kg/m}^3$ ;  $\delta_{\text{água}} = 1.000 \text{ kg/m}^3$ ;  $\delta_{\text{lodo}} = 1.008 \text{ kg/m}^3$ ;
- c) densidade da torta de lodo é calculada pela equação 11;
- d) o lodo é transportado até o sistema por bombeamento;
- e) teor de sólidos no lodo que saí do decantador e dos filtros = 1%;
- f) teor de sólidos na saída do sistema é dependente do tipo de método.

#### 4.3.1.3 Grupos de custos considerados

Os custos levantados e considerados na modelagem foram os apresentados na tabela 16 para os métodos mecânicos, e na tabela 17 para os métodos não mecânicos.

Tabela 16 – Custos considerados na modelagem da estimativa de custos dos métodos mecânicos

<b>INVESTIMENTOS INICIAIS</b>	Equipamento	Custo do equipamento
	Edificações - Estruturas	Custo da construção da edificação para abrigo do equipamento
	Instalações complementares	Custo com equipamentos e instalações acessórias
	Transporte e acondicionamento do lodo	Custo com estrutura para transporte até a estrutura de acondicionamento do lodo desaguado e custo com a estrutura de acondicionamento
	Recursos humanos	Custo com mão-de-obra para instalação e operação inicial do equipamento
<b>OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO</b>	Manutenção preventiva	Custo com peças e mão-de-obra para manutenção preventiva
	Manutenção corretiva	Custo com peças e mão-de-obra para manutenção corretiva
	Recursos humanos	Custo com mão-de-obra para operação regular do equipamento
	Produtos químicos	Custo com produtos químicos para condicionamento do lodo
	Energia elétrica	Custo com energia elétrica para alimentação dos equipamentos principais e complementares
	Disposição final dos resíduos	Custo para a disposição dos resíduos desidratados em aterro

Fonte: Autora

Tabela 17 – Custos considerados na modelagem da estimativa de custos dos métodos não-mecânicos

<b>INVESTIMENTOS INICIAIS</b>	Construção	Custo para construção do sistema
	Instalações complementares	Custo com equipamentos e instalações acessórias
	Transporte do lodo	Custo com equipamento para transporte do lodo até o sistema de desaguamento
	Recursos humanos	Custo com mão-de-obra para construção do sistema
<b>OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO</b>	Manutenção preventiva	Custo com material e mão-de-obra para manutenção preventiva
	Manutenção corretiva	Custo com material e mão-de-obra para manutenção corretiva
	Recursos humanos	Custo com mão-de-obra para operação regular do sistema
	Produtos químicos	Custo com produtos químicos para condicionamento do lodo, caso o sistema exija
	Energia elétrica	Custo com energia elétrica para alimentação dos equipamentos complementares
	Disposição final dos resíduos	Custo para a disposição dos resíduos desidratados em aterro

Fonte: Autora

#### 4.3.1.4 Obtenção de dados

A obtenção dos dados de custos que são utilizados na modelagem se deu, conforme traz a tabela 18, através de contato com a companhia de saneamento, visitas às ETA, contato com fornecedores, pesquisa de mercado, orçamentos de referência e relatório de referências de insumos e composições do SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil.

Todos os custos levantados foram trazidos para uma mesma base temporal. Dessa forma, todos os valores são referentes a dezembro de 2019. Para isso, foi utilizado o Índice Geral de Preços do Mercado (IGP-M/FGV) como índice para correção. Trabalhos como do Oga Junio e Daré (2018) demonstram que esse índice produz uma atualização orçamentária mais próxima daquela calculada com o referencial de preços SINAPI.

Tabela 18 – Obtenção dos dados para estimativa de custos

<b>Discriminação</b>	<b>Fonte de obtenção dos dados</b>
<b>Investimentos Iniciais</b>	
Equipamentos mecânicos	Orçamento com fornecedores
Edificações - Estruturas	Orçamentos de referência
Construção dos métodos naturais	Orçamentos de referência
Instalações complementares	Orçamentos de referência, orçamento com fornecedores e insumos SINAPI
Transporte e acondicionamento do lodo	Orçamento com fornecedores, companhia de saneamento e insumos SINAPI
Recursos humanos	Orçamentos de referência, orçamento com fornecedores e insumos SINAPI
<b>Operação e Manutenção</b>	
Manutenção corretiva	Contato com fornecedores e companhia de saneamento
Manutenção preventiva	Contato com fornecedores e companhia de saneamento
Recursos humanos	Companhia de saneamento
Produtos químicos	Orçamento com fornecedores
Energia elétrica	Tarifa da concessionária de energia elétrica
Disposição final dos resíduos	Orçamento com fornecedores
Disposição em aterro	Companhia de saneamento e fornecedores

Fonte: Autora

#### 4.3.1.5 Cálculo das estimativas de custos totais

Após os sistemas dimensionados para cada cenário e os dados de custos levantados, foi possível calcular os custos totais, por método de desidratação considerado, de investimentos iniciais e de operação e manutenção. Esse cálculo foi realizado conforme apresentado na tabela 19.

Tabela 19 – Cálculo dos custos finais

<u>Métodos mecânicos</u>	INVESTIMENTOS INICIAIS [R\$]						
<b>Vazão de lodo [m³/dia]</b>	Equipamento	Edificações - Estruturas	Instalações complementares	Transporte e acondicionamento do lodo	Recursos humanos	Isolamento acústico <sup>1</sup>	<b>TOTAL</b>
<b>Cenários considerados</b>	quant. equip x R\$ cada equip	quant. Equip x área necessária por equip x R\$ do m²	R\$ instalações compl. fixo + ( quant. equip x R\$ instalações compl. variável )	* até 20m³/dia torta = R\$ fixado * 20 m³/dia até + 10 m³ = R\$ fixado + R\$ 01 container * 20 m³/dia até + 20 m³ = R\$ fixado + R\$ 02 container * 20 m³/dia até + 30 m³ = R\$ fixado + R\$	quant. equip x R\$ RH por equip	quant. equip x [(área telhado x R\$ telhas) + (área paredes x R\$ placas por m²)] + 2 janelas + 1 porta	Soma dos valores da linha

<u>Métodos mecânicos</u>	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO [R\$/ano]						
<b>Vazão de lodo [m³/dia]</b>	Recursos humanos	Produtos químicos	Manutenção preventiva	Manutenção corretiva	Energia elétrica	Disposição final dos resíduos	<b>TOTAL</b>
<b>Cenários considerados</b>	nº operadores neces. x R\$ mão-de-obra x 12 meses	quant. produtos químicos neces. no ano x R\$ produto químico	individual - dependente do tipo de equipamento	individual - dependente do tipo de equipamento	quant. equip x tempo funcionamento x energia consumida x tarifa x 365 dias/ano	volume de torta no ano x R\$ disposição por m³	Soma dos valores da linha

<u>Métodos não mecânicos</u>	INVESTIMENTOS INICIAIS [R\$]						
<b>Vazão de lodo [m³/dia]</b>	Construção <sup>2</sup>	BAG <sup>3</sup>	Leito <sup>3</sup>	Instalações complementares	Transporte do lodo	Recursos humanos	<b>TOTAL</b>
<b>Cenários considerados</b>	área do leito x R\$ construção por m²	quant. BAG x R\$ cada BAG	quant. BAG x área de cada BAG x R\$ const. por m²	R\$ fixado	R\$ de 01 ou 02 bombas submersíveis (dependente da vazão)	área do leito x média de tempo de obra em h/m² x R\$ da mão-de-obra por m²	Soma dos valores da linha

<u>Métodos não mecânicos</u>	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO [R\$/ano]						
<b>Vazão de lodo [m³/dia]</b>	Recursos humanos	Manutenção corretiva	Energia elétrica	Disposição final dos resíduos	Produtos químicos <sup>3</sup>	<b>TOTAL</b>	
<b>Cenários considerados</b>	R\$ mensal do salário de 01 operário	36% do R\$ da construção	tempo funcionamento bomba x energia consumida x tarifa x 365 dias/ano	volume de torta no ano x R\$ disposição por m³	quant. produtos químicos neces. no ano x R\$ produto químico	Soma dos valores da linha	

Fonte: Autora

- 1 - Custo considerado apenas para método mecânico com decanter centrífugo com isolamento acústico;
- 2 – Custo considerado apenas para método não mecânico com leito de secagem e drenagem;
- 3 – Custo considerado apenas para método não mecânico com leito com *bags*.

#### 4.3.1.6 Validação

A validação do ajuste e das suposições dos modelos pode ser realizada através de uma análise dos resíduos. Os resíduos podem ser descritos, sucintamente, como a diferença entre os pontos observados e a curva que foi estimada.

A primeira análise foi realizada com o histograma de resíduos. Plotando o histograma, avalia-se se este adere à uma curva normal padrão. Isso ocorrendo, considera-se que a distribuição dos erros tem caráter aleatório, portanto o modelo de regressão linear pode ser julgado adequado.

Outra forma de testar o ajuste é através do gráfico dos resíduos padronizados em função do valor ajustado. Para o ajuste ser considerado bom, os resíduos devem seguir um padrão aleatório, do contrário, uma tendência curvilínea é observada.

Após os ajustes testados e validados, foi necessário coletar novos dados, diferentes daqueles usados na construção do modelo, para verificar, por fim, a capacidade preditora dos modelos de regressão dos custos de investimento inicial. Esses dados foram coletados com profissionais do setor e em editais públicos. Devido à escassez de projetos e da aplicação de alguns métodos, não foi possível reunir muitos dados. Porém, cada um dos métodos terá pelo menos um projeto para comparação, que dará noção do potencial dos modelos.

Para os modelos dos custos de operação e manutenção, não foi possível obter dados para proceder a comparação. Dado que ainda não é usual nas ETA a separação dos custos envolvidos no tratamento da água dos custos com o tratamento dos resíduos gerados.

#### 4.3.1.7 Comparação dos projetos

Como última etapa da análise de viabilidade dos projetos, eles devem ser comparados. Ou seja, os custos estimados devem ser contrapostos em um período de tempo definido.

Um critério de comparação deve permitir objetivar a seleção de uma alternativa de investimento entre outras, para implantação. Neste estudo, para a comparação financeira entre métodos de tratamento de resíduos de ETA, sugere-se a adoção de dois métodos da engenharia econômica, largamente utilizados para tomadas de decisão sobre investimentos e recomendados por bancos de financiamento: o VPL (Valor Presente Líquido) e a TIR (Taxa Interna de Retorno) (GARTNER, 1998).

#### 4.3.2.1.1 Valor Presente Líquido

O valor presente líquido (VPL) de um projeto é a soma dos valores presentes de cada um dos fluxos de caixa – tanto positivos como negativos – que ocorrem ao longo da vida do projeto. A equação geral deste método é:

$$VPL = \left( \sum_{j=1}^n \frac{X_j}{(1+i)^j} \right) - X_0 \quad (12)$$

Onde:

$X_j$  = valores de entrada ou saída do caixa em cada período;

$X_0$  = valor do investimento inicial;

$j$  = período de tempo;

$i$  = taxa de desconto do projeto.

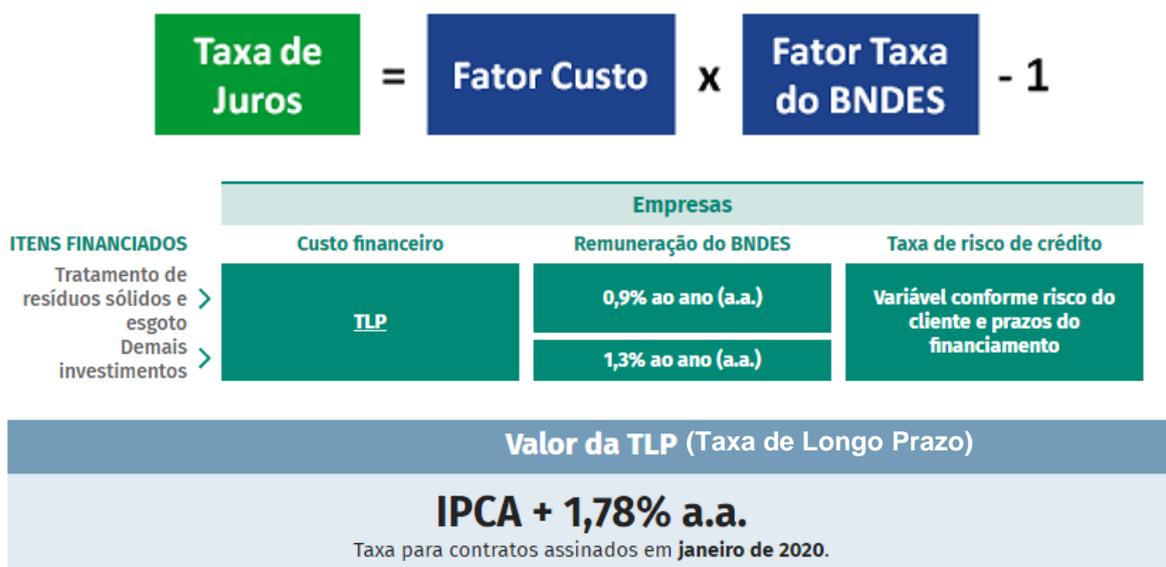
A regra para tomada de decisão sobre VPL de projetos independentes é simples e pode ser escrita como:

$VPL > 0$  = aceitar projeto;

$VPL < 0$  = recusar projeto.

A taxa de desconto será calculada conforme figura 11, cálculo executado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento.

Figura 11 – Cálculo da taxa de juros.



Fonte: BNDES (2020)

#### 4.3.2.1.2 Taxa interna de retorno

A taxa interna de retorno (TIR) corresponde a taxa de desconto do projeto que zera o valor do VPL, significando então a taxa de retorno do projeto. Entre vários investimentos, o melhor será aquele que tiver a maior TIR.

A equação da TIR é obtida quando se iguala a equação 13 a zero.

$$X_0 = \left( \sum_{j=1}^n \frac{X_j}{(1 + TIR)^j} \right) \quad (13)$$

Onde:

$X_j$  = valores de entrada ou saída do caixa em cada período;

$X_0$  = valor do investimento inicial;

$j$  = período de tempo;

TIR = taxa interna de retorno.

#### 4.3.2.1.3 Período de análise

Em uma análise financeira o período de análise deve se estender até o instante a partir do qual não existam questões relacionadas à viabilidade financeira do projeto. Isto eventualmente ocorrerá ao término do pagamento dos empréstimos contraídos para fazer face aos investimentos iniciais (LANNA; ROCHA, 1988). Com isso, sugere-se considerar, para a comparação dos projetos, um período igual a 20 anos.

### 4.4 LIMITAÇÕES

Com o objetivo de desenvolver uma metodologia abrangente para avaliação de viabilidade de projetos de tratamento de lodo de ETA, foram considerados aspectos técnicos e financeiros gerais, ou seja, que pudessem ser considerados aplicáveis em diversas situações de contorno. Isso acaba por gerar alguns fatores limitantes como:

- a) aspectos socioculturais não foram considerados na análise de viabilidade;
- b) os modelos são limitados a ETA que produzam um volume de lodo úmido maior que  $0\text{m}^3$  e menor ou igual a  $650\text{m}^3$ ;
- c) os custos levantados são referentes à data-base de dezembro/2019.

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados da pesquisa. Eles estão divididos em duas etapas sucessivas, desenvolvidas de acordo com a metodologia apresentada.

A primeira etapa foi a elaboração de uma estrutura com base em fatores, variáveis e/ou indicadores que pudessem subsidiar uma análise técnica dos métodos de tratamento de lodo.

A criação de uma metodologia para a análise financeira foi a segunda etapa, subdivida em três estágios consecutivos: dimensionamento dos sistemas nos cenários definidos, levantamento de custos de implantação e operação/manutenção e modelagem das estimativas de custos dos sistemas. Por fim, as equações elaboradas foram comparadas com orçamentos reais, objetivando validá-las para uso como estimadoras de custos para análise de viabilidade de projetos de sistemas de tratamento de lodo de ETA.

### **5.1 ANÁLISE TÉCNICA**

Os fatores, variáveis e/ou indicadores que foram levantados para justificar a escolha técnica por um método, são apresentados e discutidos nos itens a seguir e estão divididos nas fases do projeto em que devem ser considerados: implantação e operação/manutenção.

#### **5.1.1 Implantação**

Tida como a principal etapa em uma análise de viabilidade, a análise técnica à cerca da implantação do projeto, deve levar em conta as condições de contorno necessárias para a sua execução plena. Ou seja, avaliar os fatores que impactam direta ou indiretamente na realização do projeto em todas as fases de execução e início de operação. Assim como devem ser identificados aqueles fatores que foram decisivos para a seleção de um projeto em detrimento de outro.

Nos itens a seguir são apresentados os fatores, variáveis e/ou indicadores que devem ser estudados, para os sistemas de desidratação de lodo de ETA, em uma análise de viabilidade técnica.

#### *5.1.1.1 Área para implantação*

Uma das principais variáveis envolvidas no projeto é a área necessária para implantação do tratamento. Em geral, processos não mecânicos requerem maiores áreas se comparados com os processos mecânicos. Isso pode tornar-se um obstáculo para implantação em ETA com limitações de área, como é o caso da maior parte de ETA localizadas em áreas urbanas.

Conclui-se então que estações com limitações de espaço físico tendem a direcionar a escolha para os métodos de desidratação mecânico.

#### *5.1.1.2 Condições climáticas*

Conhecer as condições climáticas da região torna-se essencial, principalmente, quando considerados os métodos não mecânicos, que dependem das mesmas para sua eficiência. Regiões com alto grau de irradiação solar, baixa precipitação e baixa umidade, apresentam melhores condições para evaporação, o que reduz o tempo de secagem do lodo. A velocidade do vento e sua direção também são variáveis importantes na determinação da evaporação e do tempo de secagem.

Regiões com precipitações frequentes e elevada umidade relativa do ar dificultam o processo de secagem do lodo, resultando em tempo de secagem muito longo.

Sendo assim, regiões onde a taxa de evaporação mensal é maior que a de precipitação são propícias a adoção de métodos não mecânicos para desidratação do lodo.

Dados de evaporação e precipitação podem ser encontrados diretamente no banco de dados históricos da rede do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

#### *5.1.1.3 Condicionamento do lodo*

Alguns métodos de desidratação, para atingir sua efetividade, exigem que o lodo seja previamente condicionado, ou seja, adquira condições iniciais para a liberação da água. Isso acontece especialmente com os métodos mecanizados. Para lagoas de lodo e leitos, normalmente, dispensa-se o condicionamento.

No Brasil, o condicionamento químico é o mais utilizado, empregando polímeros catiônicos, aniônicos ou não iônicos.

Para a análise dos métodos sob esse fator, é importante considerar qual produto químico será utilizado, a quantidade necessária por volume de lodo, disponibilidade do produto na região e o custo de compra e transporte até a ETA. A indisponibilidade, a longa distância para entrega do produto ou a alta demanda, são fatores que podem inviabilizar a adoção de algum dos métodos. Além disso, quando necessário o condicionamento, este irá exigir instalações complementares para o sistema de tratamento, como reservatórios e bombas dosadoras, que deverão integrar o projeto desde o princípio.

#### 5.1.1.4 Impactos ambientais sonoros

Os métodos mecânicos, principalmente, geram ruídos. Conhecer os níveis de alcance desse ruído torna-se importante, sobretudo, em ETA dispostas em locais urbanos ou próximas a residências. Como consequência, dos níveis sonoros emitidos, pode haver a limitação do horário de funcionamento do sistema ou impor a adoção de medidas de atenuação ou isolamento acústico.

Conforme a NBR 10.151 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2019), a avaliação sonora é realizada com a comparação direta dos níveis medidos ou calculados, com os limites estabelecidos (tabela 20).

A aplicação dessa avaliação pode se dar utilizando os valores divulgados pelos fornecedores dos equipamentos ou pode ser medido *in loco*, em instalações similares, com o auxílio de um decibelímetro, também chamado de sonômetro, instrumento digital para medição de pressão sonora.

Tabela 20 – Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período

Tipos de áreas habitadas	RLAeq Limites de níveis de pressão sonora (dB)	
	Período diurno	Período noturno
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativas	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

OBS.: Entende-se por área mista aquela ocupada por dois ou mais tipos de uso, sejam eles residenciais, comerciais, de lazer, industriais e outros.

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2019)

Quanto aos períodos e horários, a norma estabelece que possam ser definidos por autoridades de acordo com os hábitos da população. Contudo, o período noturno não deve começar depois das 22h e não deve encerrar antes das 7h do dia seguinte. Caso o dia seguinte seja domingo ou feriado o limite de horário passa a ser 9h.

#### *5.1.1.5 Destinação final*

Projetar a destinação do lodo tratado deve ser etapa primordial na concepção do projeto. Devem ser analisadas, em um primeiro momento, técnicas disponíveis para aproveitar o lodo desaguado e na viabilidade de alguma delas, conhecer a concentração de sólidos necessária para sua utilização, e assim definir o tipo de sistema que permite atingir essa concentração. Em sua ausência, devem ser então analisados os métodos de disposição do resíduo, como os aterros sanitários.

Porém, em qualquer caso, a distância entre ETA e destino final torna-se o fator mais importante para avaliação. Quanto maior a distância, maior será o gasto com transporte, e nesse caso, é recomendado que o lodo esteja com uma alta concentração de sólidos, quando ele atinge um menor volume.

Conclui-se que quanto maior a distância entre a ETA e o destino final do lodo, maior deverá ser a concentração de sólidos no lodo, para que menor seja o volume e assim reduzir o custo com transporte.

### **5.1.2 Operação e manutenção**

Na avaliação dos processos deve-se também considerar os aspectos necessários à operação e manutenção do sistema em longo prazo. Uma ineficiência nesse levantamento pode comprometer o sistema de tratamento ao longo do tempo ou até gerar gastos muito acima do esperado, que podem vir a superar os gastos com a sua implantação. É exatamente esse o equívoco que por vezes acontece em uma análise de viabilidade: a tomada de decisão sobre o projeto a ser implantado é baseada apenas em fatores e custos relacionados com a sua implantação, tomando, por vezes, como premissa que os custos com a operação e manutenção, de qualquer método, venham a ser semelhantes.

Nos próximos itens são apresentados os fatores, variáveis e/ou indicadores que devem ser avaliados considerando a contínua operação do sistema.

### 5.1.2.1 Tempo de operação

Os métodos mecânicos podem apresentar restrição de tempo de funcionamento, seja por conta do limite mecânico de funcionamento dos equipamentos ou de ruídos excessivos que delimitam um horário específico para seu funcionamento na ETA. Determinar esse tempo é importante desde a concepção do projeto e durante sua operação, já que equipamentos que podem operar por mais tempo reduzem a quantidade de equipamentos necessários, reduzindo também despendimentos com manutenções. Mesmas considerações devem ser feitas para os equipamentos secundários, como as bombas de alimentação e as dosadoras, os compressores e qualquer outro equipamento mecânico que componha o projeto.

Os métodos não mecânicos por não requererem energia elétrica, não possuem restrição quanto ao tempo de funcionamento, porém seus equipamentos periféricos, como as bombas de alimentação de lodo, sim, logo essa variável também deve ser considerada e analisada.

### 5.1.2.2 Energia elétrica

De acordo com Gomes (2005), os gastos com energia elétrica em diversas companhias de saneamento representam o segundo maior custo, perdendo apenas para os custos com mão-de-obra. Assim, fica evidenciado o quanto o conhecimento sobre a demanda de energia de um sistema é importante no momento do estudo da sua viabilidade.

Para estimar o custo mensal dispendido com energia elétrica, pode-se adotar a equação 14 (GOMES, 2005).

$$C_{energia} = P \cdot N \cdot p \quad (14)$$

Onde:

$C_{energia}$  = custo da energia em um determinado intervalo de tempo [R\$];

P = potência total requerida pelo sistema [kW];

N = número de horas de funcionamento do sistema [h];

p = custo unitário da energia [R\$/kWh].

### 5.1.2.3 Recursos humanos

Verificar e projetar o número de operadores necessários para o sistema e o grau requerido de capacitação. É necessário averiguar se a região dispõe dessa mão-de-obra ou se ela vem a ser um custo elevado para a continuidade da operação.

Para os métodos mecânicos, essa averiguação deve ser realizada junto aos fornecedores dos equipamentos. Para os métodos não mecânicos, a análise deve levar em conta experiências anteriores.

### 5.1.2.4 Frequência de manutenções

Nos processos mecânicos esse item tem maior importância, visto que exige manutenções preventivas em períodos pré-determinados. Além disso, essas manutenções requerem substituição de peças e acompanhamento de mão-de-obra especializada. Ademais, problemas inesperados que venham a exigir manutenção corretiva pode significar a parada total do sistema.

Elaborar um cronograma de manutenções torna-se fundamental para estimar os períodos e os custos envolvidos e assim poder comparar equipamentos e métodos de desidratação.

Já para os métodos não-mecânicos, geralmente, não há um cronograma de manutenções pré-definido, ou seja, reparos e reformas são realizados sob demanda. Pode-se entender então, que para os métodos não mecânicos são consideradas apenas as manutenções corretivas.

## 5.2 ANÁLISE FINANCEIRA

Para subsidiar a análise financeira de um projeto, a etapa de levantamento de custos e orçamentação é primordial. Porém, orçar detalhadamente cada projeto considerado pode ser inviável, demandar muito tempo, e assim agregar maiores dispêndios à pré-análise. Como solução, pode ser feita uma estimativa de custos, considerando grupos de despesas maiores, a fim de identificar, através de uma análise financeira sobre essas estimativas, os projetos potenciais. Para assim, iniciar os estudos de concepção.

Objetivando criar uma ferramenta que facilite a estimativa desses custos para os projetos de desidratação de lodo de ETA, foi realizada a sua modelagem, cujos resultados obtidos são apresentados e discutidos nos próximos tópicos.

### 5.2.1 Dimensionamento dos sistemas e levantamento de custos

A primeira etapa foi dimensionar os sistemas com os métodos e cenários considerados, para assim montar os orçamentos e obter as estimativas de custos finais. Nos próximos itens são apresentados os resultados dos dimensionamentos e do levantamento de custos, assim como são obtidas as estimativas de custos finais para cada métodos.

#### 5.2.1.1 Prensa parafuso

A partir dos cenários propostos, de dados operacionais pré-determinados e da metodologia adotada, o sistema foi dimensionado.

Na tabela 21 estão apresentados os dados operacionais considerados para a prensa parafuso, para uma vazão específica de 10 m<sup>3</sup>/h.

Tabela 21 – Dados operacionais considerados para prensa parafuso

<b>PRENSA PARAFUSO</b>	
<b>Dados operacionais:</b>	
Vazão de operação	10 m <sup>3</sup> /h
Energia consumida	7 kW
Vazão de sólidos secos	21 kg SS/m <sup>3</sup>
Teor de sólidos na entrada	2% lodo entrada
Teor de sólidos na torta	25% torta final
Densidade dos sólidos	1500 kg/m <sup>3</sup>
Densidade da água	1000 kg/m <sup>3</sup>
Densidade do lodo	1008 kg/m <sup>3</sup>
Densidade da torta	1090,91 kg/m <sup>3</sup>
Consumo de polímero	10 kg/t SS
Área necessária	112,5 m <sup>2</sup> /equip

Fonte: Autora

A vazão específica, energia consumida, vazão de sólidos secos e consumo de polímeros foram dados retirados de um orçamento padrão do equipamento (ANEXO A), o mesmo que será utilizado no levantamento de custos, disponibilizado por um fornecedor de equipamentos.

O teor de sólidos considerados no lodo na entrada do sistema, após condicionamento com polímero, e na torta final, foram aqueles encontrados na literatura e indicados por fornecedores.

A área necessária para implantação de um equipamento foi obtida a partir de um projeto padrão de sistema de desidratação (ANEXO B). Por não ter tido acesso a um projeto de sistema de tratamento com utilização de prensa parafuso, o projeto utilizado é referente à um sistema de decanters centrífugos. Porém, considerando que ambos equipamentos têm dimensões semelhantes, a área necessária para abrigo será similar. Dessa forma, foi considerada a mesma área para todos os sistemas mecânicos.

A tabela 22 traz os resultados obtidos no dimensionamento de sistemas com prensa parafuso.

As estimativas de custos para cada cenário foram realizadas com base em grupos de custos pré-definidos através de pesquisas de orçamentos. A tabela 23 apresenta esses custos.

O item “Equipamento” considera o custo de uma prensa parafuso “padrão”. O custo associado é aquele apresentado no Anexo A.

O item “Mão-de-obra operacional” considera uma estimativa do valor do salário mensal de um operário. O custo relacionado foi obtido no portal da transparência, utilizando um valor médio de salário para a função, já que a formação do valor desse envolve diversas variáveis.

O item “Custo da disposição em aterro” considera o custo por volume de lodo para a coleta, transporte e destinação em aterro sanitário. O valor atribuído advém do preço unitário base utilizado em edital público da companhia de saneamento (ANEXO C).

O item “Tarifa de energia” considera o valor para cada kWh demandado de energia.

O item “Polímero” leva em conta o valor da tonelada de polímero e foi retirado do preço unitário base utilizado em edital público da companhia de saneamento (ANEXO D).

Tabela 22 – Resultados obtidos no dimensionamento de sistema de tratamento com prensa parafuso para os cenários considerados

VL [m³/h]	VL [m³/dia]	Quantidade de equipamentos	Tempo funcionamento [h/dia]	Nº operários	Massa de lodo produzida [kg/dia]	SS no lodo 1% [kg/dia]	Massa da torta [kg/dia]	Volume da torta [m³/dia]	Volume de resíduos gerados [m³/ano]	Produto químico [kg/dia]	Produto químico [t/ano]
0,42	10	1	1,0	1,0	10.080,00	100,80	806,40	0,74	269,81	1,01	0,37
1,04	25	1	2,5	1,0	25.200,00	252,00	2.016,00	1,85	674,52	2,52	0,92
2,08	50	1	5,0	1,0	50.400,00	504,00	4.032,00	3,70	1.349,04	5,04	1,84
3,13	75	1	7,5	1,0	75.600,00	756,00	6.048,00	5,54	2.023,56	7,56	2,76
4,17	100	1	10,0	2,0	100.800,00	1.008,00	8.064,00	7,39	2.698,08	10,08	3,68
6,25	150	1	15,0	2,0	151.200,00	1.512,00	12.096,00	11,09	4.047,12	15,12	5,52
8,33	200	1	20,0	3,0	201.600,00	2.016,00	16.128,00	14,78	5.396,16	20,16	7,36
10,42	250	2	12,5	2,0	252.000,00	2.520,00	20.160,00	18,48	6.745,20	25,20	9,20
12,50	300	2	15,0	2,0	302.400,00	3.024,00	24.192,00	22,18	8.094,24	30,24	11,04
14,58	350	2	17,5	3,0	352.800,00	3.528,00	28.224,00	25,87	9.443,28	35,28	12,88
16,67	400	2	20,0	3,0	403.200,00	4.032,00	32.256,00	29,57	10.792,32	40,32	14,72
18,75	450	2	22,5	3,0	453.600,00	4.536,00	36.288,00	33,26	12.141,36	45,36	16,56
20,83	500	3	16,7	3,0	504.000,00	5.040,00	40.320,00	36,96	13.490,40	50,40	18,40
22,92	550	3	18,3	3,0	554.400,00	5.544,00	44.352,00	40,66	14.839,44	55,44	20,24
25,00	600	3	20,0	3,0	604.800,00	6.048,00	48.384,00	44,35	16.188,48	60,48	22,08
27,08	650	3	21,7	3,0	655.200,00	6.552,00	52.416,00	48,05	17.537,52	65,52	23,91

Fonte: (Autora)

O item “Edificações – Estruturas” leva em consideração um abrigo típico de decanters centrífugos, mas que por similaridade entre as instalações estruturais necessárias, foi extrapolada como adequada também para abrigo de prensa parafuso. Como base de custos, foram levantados dois orçamentos de casa de centrífugas (ANEXO E e F), com os itens: serviços técnicos, estrutura, assentamento, carga, descarga e transporte, fechamento, revestimento e tratamento de superfícies, instalações de produção e fornecimento de materiais. As fundações não foram consideradas, já que é um ponto extremamente variável e dependente de uma série de fatores que não seria possível considerar nesse item. E assim, foi feita uma média dos valores por metragem quadrada da estrutura.

O item “Instalações complementares – fixo” são demais instalações necessárias para a operação do sistema, independente do número de equipamentos instalados. Para a prensa parafuso foram considerados: 01 tanque de reação, 01 compressor de ar, 01 reservatório de acumulação, 01 bomba centrífuga de lavagem, 01 sistema de dosagem de polímero, 01 bomba dosadora de polímero e 01 skid metálico para montagem. Valores retirados do orçamento com fornecedor (ANEXO A).

O item “Instalações complementares – variável” são também instalações necessárias para a operação do sistema, porém variam de acordo com a quantidade de equipamentos. Foram consideradas por equipamento: 01 bomba centrífuga de recalque do filtrado, 01 medidor de vazão eletromagnético e 01 talha manual. Valores retirados do orçamento com fornecedor (ANEXO A).

No item “Transporte e acondicionamento do lodo” são considerados ferramentas e equipamentos necessários para conduzir o resíduo do tratamento da água até o sistema de desidratação, como trilhos, 02 carros, 02 guinchos, painel elétrico, 02 contêineres de 10m<sup>3</sup> e 02 bombas helicoidais. O valor desse conjunto foi extraído do preço unitário base utilizado em edital público de companhia de saneamento (ANEXO E).

O item “Container extra de 10m<sup>3</sup>” traz seu valor unitário. Ele é necessário quando o volume da torta de lodo gerado por dia ultrapassa o volume dos dois contêineres considerados no item “Transporte e acondicionamento do lodo”. O custo associado foi obtido na planilha SINAPI de insumos código 00037734.

O item “Recursos humanos” apresenta valores referentes a montagem, instalação hidráulica e elétrica do sistema e serviço de assistência técnica pré-operação, ou seja, valores de recursos humanos envolvidos para implantação do sistema. Os valores foram retirados do orçamento com fornecedor (ANEXO A).

O levantamento dos custos anuais envolvidos nas atividades de manutenções de equipamentos foi obtido através do contato com os fornecedores de equipamentos (ANEXO G). Particularmente, a prensa parafuso ainda não é um equipamento largamente utilizado pela companhia de saneamento estadual, por isso não há um histórico que possa validar essas informações. Dessa forma, foram usadas aquelas disponibilizadas pelos fornecedores consultados.

A tabela 23 exibe os custos, já atualizados para mês base de dez/2019, que foram levantados e utilizados nas estimativas de orçamento.

Tabela 23 – Levantamento de custos para sistema com prensa parafuso

<b>PRENSA PARAFUSO</b>		
<b>Custos:</b>		
Equipamento	R\$	447.451,29 un.
Mão-de-obra operacional	R\$	2.504,95 /mês
Custo da disposição em aterro	R\$	430,48 /m <sup>3</sup>
Tarifa de energia	R\$	0,695080557 /kWh
Polímero	R\$	21.140,59 /t
Edificações - Estruturas	R\$	1.544,02 /m <sup>2</sup>
Instalações complementares - fixo	R\$	164.369,24 -
Instalações complementares - variáveis	R\$	49.946,62 /equip
Transporte e acondicionamento do lodo	R\$	244.856,65 /cj (2 containers - 20m <sup>3</sup> )
Container extra de 10m <sup>3</sup>	R\$	46.548,77 unidade
Recursos humanos	R\$	29.079,21 /equip
Manutenção preventiva	03% do valor do equipamento	/equip
Manutenção corretiva	R\$ 25.000,00 por ano	/equip

Fonte: Autora

Com o sistema dimensionado e os custos unitários levantados em uma mesma base temporal, foi possível efetuar os cálculos dos custos finais, obtendo para cada cenário a estimativa de custo total para sua implantação e o custo total anual com sua operação e manutenção. É a partir desses resultados que os modelos foram desenvolvidos. Os resultados estão agrupados nas tabelas 24 e 25.

Tabela 24 – Estimativas de custos totais de investimentos iniciais para sistema com prensa parafuso

PRENSA PARAFUSO		INVESTIMENTOS INICIAIS [R\$]					
Vazão de lodo [m³/dia]	Equipamento	Edificações - Estruturas	Instalações complementares		Transporte e acondicionamento do lodo	Recursos humanos	TOTAL
0	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
10	R\$ 447.451,29	R\$ 173.702,25	R\$ 214.315,86	R\$ 214.315,86	R\$ 244.856,65	R\$ 29.079,21	R\$ 1.109.405,26
25	R\$ 447.451,29	R\$ 173.702,25	R\$ 214.315,86	R\$ 214.315,86	R\$ 244.856,65	R\$ 29.079,21	R\$ 1.109.405,26
50	R\$ 447.451,29	R\$ 173.702,25	R\$ 214.315,86	R\$ 214.315,86	R\$ 244.856,65	R\$ 29.079,21	R\$ 1.109.405,26
75	R\$ 447.451,29	R\$ 173.702,25	R\$ 214.315,86	R\$ 214.315,86	R\$ 244.856,65	R\$ 29.079,21	R\$ 1.109.405,26
100	R\$ 447.451,29	R\$ 173.702,25	R\$ 214.315,86	R\$ 214.315,86	R\$ 244.856,65	R\$ 29.079,21	R\$ 1.109.405,26
150	R\$ 447.451,29	R\$ 173.702,25	R\$ 214.315,86	R\$ 214.315,86	R\$ 244.856,65	R\$ 29.079,21	R\$ 1.109.405,26
200	R\$ 447.451,29	R\$ 173.702,25	R\$ 214.315,86	R\$ 214.315,86	R\$ 244.856,65	R\$ 29.079,21	R\$ 1.109.405,26
250	R\$ 894.902,58	R\$ 347.404,50	R\$ 264.262,48	R\$ 264.262,48	R\$ 244.856,65	R\$ 58.158,42	R\$ 1.809.584,63
300	R\$ 894.902,58	R\$ 347.404,50	R\$ 264.262,48	R\$ 264.262,48	R\$ 291.405,42	R\$ 58.158,42	R\$ 1.856.133,40
350	R\$ 894.902,58	R\$ 347.404,50	R\$ 264.262,48	R\$ 264.262,48	R\$ 291.405,42	R\$ 58.158,42	R\$ 1.856.133,40
400	R\$ 894.902,58	R\$ 347.404,50	R\$ 264.262,48	R\$ 264.262,48	R\$ 291.405,42	R\$ 58.158,42	R\$ 1.856.133,40
450	R\$ 894.902,58	R\$ 347.404,50	R\$ 264.262,48	R\$ 264.262,48	R\$ 337.954,19	R\$ 58.158,42	R\$ 1.902.682,17
500	R\$ 1.342.353,87	R\$ 521.106,75	R\$ 314.209,10	R\$ 314.209,10	R\$ 337.954,19	R\$ 87.237,63	R\$ 2.602.861,54
550	R\$ 1.342.353,87	R\$ 521.106,75	R\$ 314.209,10	R\$ 314.209,10	R\$ 337.954,19	R\$ 87.237,63	R\$ 2.602.861,54
600	R\$ 1.342.353,87	R\$ 521.106,75	R\$ 314.209,10	R\$ 314.209,10	R\$ 384.502,96	R\$ 87.237,63	R\$ 2.649.410,31
650	R\$ 1.342.353,87	R\$ 521.106,75	R\$ 314.209,10	R\$ 314.209,10	R\$ 384.502,96	R\$ 87.237,63	R\$ 2.649.410,31

Fonte: Autora

Tabela 25 – Estimativas de custos anuais totais de operação e manutenção para sistema com prensa parafuso

PRENSA PARAFUSO		OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO [R\$/ano]					
Vazão de lodo [m³/dia]	Recursos humanos	Produtos químicos	Manutenção preventiva	Manutenção corretiva	Energia elétrica	Disposição final dos resíduos	TOTAL
0	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
10	R\$ 30.059,40	R\$ 7.778,05	R\$ 13.423,54	R\$ 25.000,00	R\$ 1.775,93	R\$ 116.146,95	R\$ 194.183,86
25	R\$ 30.059,40	R\$ 19.445,11	R\$ 13.423,54	R\$ 25.000,00	R\$ 4.439,83	R\$ 290.367,37	R\$ 382.735,25
50	R\$ 30.059,40	R\$ 38.890,23	R\$ 13.423,54	R\$ 25.000,00	R\$ 8.879,65	R\$ 580.734,74	R\$ 696.987,56
75	R\$ 30.059,40	R\$ 58.335,34	R\$ 13.423,54	R\$ 25.000,00	R\$ 13.319,48	R\$ 871.102,11	R\$ 1.011.239,87
100	R\$ 60.118,80	R\$ 77.780,46	R\$ 13.423,54	R\$ 25.000,00	R\$ 17.759,31	R\$ 1.161.469,48	R\$ 1.355.551,58
150	R\$ 60.118,80	R\$ 116.670,69	R\$ 13.423,54	R\$ 25.000,00	R\$ 26.638,96	R\$ 1.742.204,22	R\$ 1.984.056,21
200	R\$ 90.178,20	R\$ 155.560,92	R\$ 13.423,54	R\$ 25.000,00	R\$ 35.518,62	R\$ 2.322.938,96	R\$ 2.642.620,23
250	R\$ 60.118,80	R\$ 194.451,15	R\$ 26.847,08	R\$ 50.000,00	R\$ 44.398,27	R\$ 2.903.673,70	R\$ 3.279.488,99
300	R\$ 60.118,80	R\$ 233.341,38	R\$ 26.847,08	R\$ 50.000,00	R\$ 53.277,92	R\$ 3.484.408,44	R\$ 3.907.993,61
350	R\$ 90.178,20	R\$ 272.231,61	R\$ 26.847,08	R\$ 50.000,00	R\$ 62.157,58	R\$ 4.065.143,17	R\$ 4.566.557,64
400	R\$ 90.178,20	R\$ 311.121,83	R\$ 26.847,08	R\$ 50.000,00	R\$ 71.037,23	R\$ 4.645.877,91	R\$ 5.195.062,26
450	R\$ 90.178,20	R\$ 350.012,06	R\$ 26.847,08	R\$ 50.000,00	R\$ 79.916,89	R\$ 5.226.612,65	R\$ 5.823.566,88
500	R\$ 90.178,20	R\$ 388.902,29	R\$ 40.270,62	R\$ 75.000,00	R\$ 88.796,54	R\$ 5.807.347,39	R\$ 6.490.495,04
550	R\$ 90.178,20	R\$ 427.792,52	R\$ 40.270,62	R\$ 75.000,00	R\$ 97.676,20	R\$ 6.388.082,13	R\$ 7.118.999,67
600	R\$ 90.178,20	R\$ 466.682,75	R\$ 40.270,62	R\$ 75.000,00	R\$ 106.555,85	R\$ 6.968.816,87	R\$ 7.747.504,29
650	R\$ 90.178,20	R\$ 505.572,98	R\$ 40.270,62	R\$ 75.000,00	R\$ 115.435,50	R\$ 7.549.551,61	R\$ 8.376.008,91

Fonte: Autora

### 5.2.1.2 Decanter Centrífugo

A partir dos cenários propostos, de dados operacionais pré-determinados e da metodologia adotada, os dois sistemas de desidratação com decanter centrífugo, com e sem isolamento acústico, foram dimensionados.

Na tabela 26 estão apresentados os dados operacionais considerados para os sistemas.

Tabela 26 – Dados operacionais considerados para decanter centrífugo

<b>CENTRÍFUGA</b>	
<b>Dados operacionais:</b>	
Vazão de operação	7 m <sup>3</sup> /h
Energia consumida	13,7 kW
Vazão de sólidos secos	15 kg SS/m <sup>3</sup>
Teor de sólidos na entrada	2% lodo entrada
Teor de sólidos na torta	20% torta final
Densidade dos sólidos	1500 kg/m <sup>3</sup>
Densidade da água	1000 kg/m <sup>3</sup>
Densidade do lodo	1008 kg/m <sup>3</sup>
Densidade da torta	1071,43 kg/m <sup>3</sup>
Consumo de polímero	10,5 kg/t SS
Área necessária	112,5 m <sup>2</sup> /equip
Área telhado	123,75 m <sup>2</sup> /equip
Área paredes	218,25 m <sup>2</sup> /equip

Fonte: Autora

Buscando uma homogeneidade entre os dados operacionais e os custos envolvidos com o equipamento, todo o estudo foi desenvolvido sob um modelo de decanter centrífugo da marca Andritz® tipo D3L.

A vazão de operação, a energia consumida, a vazão de sólidos secos e o consumo de polímero foram dados obtidos do catálogo do equipamento, apresentado no Anexo H.

O teor de sólidos considerados no lodo na entrada do sistema, após condicionamento com polímero, e na torta final foram aqueles encontrados na literatura e indicados por fornecedores.

Da mesma forma que foi considerada para a prensa parafuso, a área necessária para implantação de um equipamento foi obtida de um projeto padrão de sistema de desidratação (ANEXO B).

A área de telhado e de paredes serão utilizadas para cálculo do custo com isolamento acústico da casa da centrífuga. A área do telhado foi calculada como 10% a mais da área da edificação, de forma a abranger a inclinação do telhado e um beiral. Para a área das paredes, foi considerado um pé-direito de 4,85m.

O resultado do dimensionamento dos sistemas foi trazido na tabela 27.

Tabela 27 – Resultados obtidos no dimensionamento de sistema de tratamento com decanter centrífugo para os cenários considerados

VL [m³/h]	VL [m³/dia]	Quantidade de equipamentos	Tempo funcionamento [h/dia]	Nº operários	Massa de lodo produzida [kg/dia]	SS no lodo 1% [kg/dia]	Massa da torta [kg/dia]	Volume da torta [m³/dia]	Volume de resíduos gerados [m³/ano]	Produto químico [kg/dia]	Produto químico [t/ano]
0,42	10	1	1,4	1,0	10.080,00	100,80	1.008,00	0,94	343,39	1,06	0,39
1,04	25	1	3,6	1,0	25.200,00	252,00	2.520,00	2,35	858,48	2,65	0,97
2,08	50	1	7,1	1,0	50.400,00	504,00	5.040,00	4,70	1.716,96	5,29	1,93
3,13	75	1	10,7	2,0	75.600,00	756,00	7.560,00	7,06	2.575,44	7,94	2,90
4,17	100	1	14,3	2,0	100.800,00	1.008,00	10.080,00	9,41	3.433,92	10,58	3,86
6,25	150	1	21,4	3,0	151.200,00	1.512,00	15.120,00	14,11	5.150,88	15,88	5,79
8,33	200	2	14,3	2,0	201.600,00	2.016,00	20.160,00	18,82	6.867,84	21,17	7,73
10,42	250	2	17,9	3,0	252.000,00	2.520,00	25.200,00	23,52	8.584,80	26,46	9,66
12,50	300	2	21,4	3,0	302.400,00	3.024,00	30.240,00	28,22	10.301,76	31,75	11,59
14,58	350	3	16,7	3,0	352.800,00	3.528,00	35.280,00	32,93	12.018,72	37,04	13,52
16,67	400	3	19,0	3,0	403.200,00	4.032,00	40.320,00	37,63	13.735,68	42,34	15,45
18,75	450	3	21,4	3,0	453.600,00	4.536,00	45.360,00	42,34	15.452,64	47,63	17,38
20,83	500	3	23,8	3,0	504.000,00	5.040,00	50.400,00	47,04	17.169,60	52,92	19,32
22,92	550	4	19,6	3,0	554.400,00	5.544,00	55.440,00	51,74	18.886,56	58,21	21,25
25,00	600	4	21,4	3,0	604.800,00	6.048,00	60.480,00	56,45	20.603,52	63,50	23,18
27,08	650	4	23,2	3,0	655.200,00	6.552,00	65.520,00	61,15	22.320,48	68,80	25,11

Fonte: Autora

As estimativas de custos para cada cenário foram realizadas com base em grupos de custos pré-definidos através de pesquisas de orçamentos. A tabela 28 apresenta esses custos.

O item “Equipamento” considera o custo de um decanter centrífugo da marca e modelo já especificados. O custo associado foi obtido em orçamento da companhia de saneamento e é apresentado no Anexo I.

Os itens “Mão-de-obra operacional”, “Custo da disposição em aterro”, “Tarifa de energia”, “Polímero”, “Edificações – Estruturas”, “Transporte e acondicionamento do lodo” e “Container extra de 10m<sup>3</sup>” são idênticos aos utilizados para prensa parafuso.

O item “Instalações complementares – fixo” são demais instalações necessárias para a operação do sistema, independente do número de equipamentos instalados. Para o decanter centrífugo foram considerados: 01 cisterna de 5.000 litros, 01 monovia, 01 bomba centrífuga de lavagem, 01 sistema de dosagem de polímero, 01 bomba dosadora de polímero e 01 plataforma para manutenção. Valores retirados dos orçamentos da companhia de saneamento (ANEXO E e F) e da prensa parafuso considerando um mesmo sistema de dosagem de polímero (ANEXO A).

O item “Instalações complementares – variável” são também instalações necessárias para a operação do sistema, porém variam de acordo com a quantidade de equipamentos. Foram consideradas: 01 bomba centrífuga de recalque do filtrado, 01 medidor de vazão eletromagnético e 01 talha elétrica, por equipamento. Valores retirados dos orçamentos da companhia de saneamento (ANEXO E e F).

O item “Recursos humanos” apresenta valores referentes à montagem e instalação, ou seja, valores de recursos humanos envolvidos para implantação do sistema. Os valores foram retirados de uma proposta do fornecedor (ANEXO J).

Não é conhecida a aplicação de algum tipo de isolamento acústico para equipamentos de desidratação de lodo. Por isso, as considerações à cerca do isolamento acústico foi feita de maneira simples, pensando em aplicá-lo na edificação da casa da centrífuga. Os itens considerados para o sistema com isolamento acústico foram: “Placas isolamento acústico” para as paredes, “Telhas com isolamento acústico” para a cobertura, “Janela com isolamento acústico” e “Porta com isolamento acústico” para as esquadrias. Os valores foram retirados da planilha SINAPI e de cotações realizada com fornecedores.

O levantamento dos custos anuais envolvidos nas atividades de manutenção dos decanters foram obtidos através de orçamentos da companhia de saneamento (ANEXO K e L). Na manutenção preventiva, os custos são maiores à medida que as horas de

funcionamento do equipamento aumentam, não sendo homogêneos durante os anos. Com isso, foi necessário distribuir anualmente os custos acumulados em 20 anos. Para isso, foi calculado o tempo de funcionamento total do decanter centrífugo em 20 anos, para chegar no custo total das manutenções em 20 anos. Por fim esse custo foi anualmente distribuído. No item da manutenção corretiva, além dos ajustes considerados, foi dissolvida a troca do equipamento ao final da sua vida útil, considerada 10 anos.

A tabela 28 apresenta os custos, já atualizados para o mês base de dez/2019, que foram levantados e utilizados nas estimativas de orçamento.

Tabela 28 – Levantamento de custos para sistema com decanter centrífugo com vazão específica de 7m<sup>3</sup>/h

<b>CENTRÍFUGA</b>			
<b>Custos:</b>			
Equipamento	R\$	244.653,55	un.
Mão-de-obra operacional	R\$	2.504,95	/mês
Custo da disposição em aterro	R\$	430,48	/m <sup>3</sup>
Tarifa de energia	R\$	0,695080557	/kWh
Polímero	R\$	21.140,59	/t
Edificações - Estruturas	R\$	1.544,02	/m <sup>2</sup>
Instalações complementares - fixo	R\$	109.691,39	/equip
Instalações complementares - variáveis	R\$	68.295,75	/equip
Transporte e acondicionamento do lodo	R\$	244.856,65	/cj (2 containers - 20m <sup>3</sup> )
Container extra de 10m <sup>3</sup>	R\$	46.548,77	unidade
Recursos humanos	R\$	12.316,14	/equip
Placas isolamento acústico	R\$	29,02	m <sup>2</sup>
Telhas com isolamento acústico	R\$	159,92	m <sup>2</sup>
Janela com isolamento acústico	R\$	1.829,00	unidade
Porta com isolamento acústico	R\$	4.555,00	unidade
Manutenção preventiva	média custos		/equip
Manutenção corretiva	30% do valor do equipamento		/equip

Fonte: Autora

Com o sistema dimensionado e os custos unitários levantados em uma mesma base temporal, foi possível efetuar os cálculos dos custos finais, obtendo para cada cenário e cada sistema, a estimativa de custo total para sua implantação e o custo total anual com sua operação e manutenção. É a partir desses resultados que os modelos foram desenvolvidos. Os resultados para sistema com decanter centrífugo sem isolamento acústico estão agrupados nas tabelas 29 e 30.

Tabela 29 – Estimativas de custos totais de investimentos iniciais para sistema com decanter centrífugo sem isolamento acústico

<b>CENTRÍFUGA</b>		<b>INVESTIMENTOS INICIAIS [R\$]</b>					
<b>Vazão de lodo [m³/dia]</b>	Equipamento	Edificações - Estruturas	Instalações complementares	Transporte e acondicionamento	Recursos humanos	<b>TOTAL</b>	
<b>0</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	<b>R\$ -</b>	
<b>10</b>	R\$ 244.653,55	R\$ 173.702,25	R\$ 177.987,14	R\$ 244.856,65	R\$ 12.316,14	<b>R\$ 853.515,73</b>	
<b>25</b>	R\$ 244.653,55	R\$ 173.702,25	R\$ 177.987,14	R\$ 244.856,65	R\$ 12.316,14	<b>R\$ 853.515,73</b>	
<b>50</b>	R\$ 244.653,55	R\$ 173.702,25	R\$ 177.987,14	R\$ 244.856,65	R\$ 12.316,14	<b>R\$ 853.515,73</b>	
<b>75</b>	R\$ 244.653,55	R\$ 173.702,25	R\$ 177.987,14	R\$ 244.856,65	R\$ 12.316,14	<b>R\$ 853.515,73</b>	
<b>100</b>	R\$ 244.653,55	R\$ 173.702,25	R\$ 177.987,14	R\$ 244.856,65	R\$ 12.316,14	<b>R\$ 853.515,73</b>	
<b>150</b>	R\$ 244.653,55	R\$ 173.702,25	R\$ 177.987,14	R\$ 244.856,65	R\$ 12.316,14	<b>R\$ 853.515,73</b>	
<b>200</b>	R\$ 489.307,10	R\$ 347.404,50	R\$ 246.282,89	R\$ 244.856,65	R\$ 24.632,28	<b>R\$ 1.352.483,42</b>	
<b>250</b>	R\$ 489.307,10	R\$ 347.404,50	R\$ 246.282,89	R\$ 291.405,42	R\$ 24.632,28	<b>R\$ 1.399.032,19</b>	
<b>300</b>	R\$ 489.307,10	R\$ 347.404,50	R\$ 246.282,89	R\$ 291.405,42	R\$ 24.632,28	<b>R\$ 1.399.032,19</b>	
<b>350</b>	R\$ 733.960,65	R\$ 521.106,75	R\$ 314.578,64	R\$ 337.954,19	R\$ 36.948,42	<b>R\$ 1.944.548,65</b>	
<b>400</b>	R\$ 733.960,65	R\$ 521.106,75	R\$ 314.578,64	R\$ 337.954,19	R\$ 36.948,42	<b>R\$ 1.944.548,65</b>	
<b>450</b>	R\$ 733.960,65	R\$ 521.106,75	R\$ 314.578,64	R\$ 384.502,96	R\$ 36.948,42	<b>R\$ 1.991.097,42</b>	
<b>500</b>	R\$ 733.960,65	R\$ 521.106,75	R\$ 314.578,64	R\$ 384.502,96	R\$ 36.948,42	<b>R\$ 1.991.097,42</b>	
<b>550</b>	R\$ 978.614,20	R\$ 694.809,00	R\$ 382.874,39	R\$ 431.051,73	R\$ 49.264,56	<b>R\$ 2.536.613,88</b>	
<b>600</b>	R\$ 978.614,20	R\$ 694.809,00	R\$ 382.874,39	R\$ 431.051,73	R\$ 49.264,56	<b>R\$ 2.536.613,88</b>	
<b>650</b>	R\$ 978.614,20	R\$ 694.809,00	R\$ 382.874,39	R\$ 477.600,50	R\$ 49.264,56	<b>R\$ 2.583.162,65</b>	

Fonte: Autora

Tabela 30 – Estimativas de custos anuais totais de operação e manutenção para sistema com decanter centrífugo sem isolamento acústico

<b>CENTRÍFUGA</b>		<b>OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO [R\$/ano]</b>					
<b>Vazão de lodo [m³/dia]</b>	Recursos humanos	Produtos químicos	Manutenção preventiva	Manutenção corretiva	Energia elétrica	Disposição final dos resíduos	<b>TOTAL</b>
<b>0</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	<b>R\$ -</b>
<b>10</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 8.166,95	R\$ 163,98	R\$ 73.396,07	R\$ 4.965,36	R\$ 147.823,39	<b>R\$ 264.575,14</b>
<b>25</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 20.417,37	R\$ 10.832,02	R\$ 73.396,07	R\$ 12.413,39	R\$ 369.558,47	<b>R\$ 516.676,72</b>
<b>50</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 40.834,74	R\$ 22.135,35	R\$ 73.396,07	R\$ 24.826,79	R\$ 739.116,94	<b>R\$ 930.369,29</b>
<b>75</b>	R\$ 60.118,80	R\$ 61.252,11	R\$ 33.748,22	R\$ 73.396,07	R\$ 37.240,18	R\$ 1.108.675,41	<b>R\$ 1.374.430,79</b>
<b>100</b>	R\$ 60.118,80	R\$ 81.669,48	R\$ 44.580,24	R\$ 73.396,07	R\$ 49.653,58	R\$ 1.478.233,88	<b>R\$ 1.787.652,04</b>
<b>150</b>	R\$ 90.178,20	R\$ 122.504,22	R\$ 68.271,79	R\$ 73.396,07	R\$ 74.480,36	R\$ 2.217.350,82	<b>R\$ 2.646.181,46</b>
<b>200</b>	R\$ 60.118,80	R\$ 163.338,96	R\$ 90.103,10	R\$ 146.792,13	R\$ 99.307,15	R\$ 2.956.467,76	<b>R\$ 3.516.127,90</b>
<b>250</b>	R\$ 90.178,20	R\$ 204.173,70	R\$ 111.767,14	R\$ 146.792,13	R\$ 124.133,94	R\$ 3.695.584,70	<b>R\$ 4.372.629,82</b>
<b>300</b>	R\$ 90.178,20	R\$ 245.008,44	R\$ 136.543,57	R\$ 146.792,13	R\$ 148.960,73	R\$ 4.434.701,64	<b>R\$ 5.202.184,72</b>
<b>350</b>	R\$ 90.178,20	R\$ 285.843,19	R\$ 162.480,33	R\$ 220.188,20	R\$ 173.787,52	R\$ 5.173.818,59	<b>R\$ 6.106.296,01</b>
<b>400</b>	R\$ 90.178,20	R\$ 326.677,93	R\$ 178.145,13	R\$ 220.188,20	R\$ 198.614,30	R\$ 5.912.935,53	<b>R\$ 6.926.739,28</b>
<b>450</b>	R\$ 90.178,20	R\$ 367.512,67	R\$ 204.815,36	R\$ 220.188,20	R\$ 223.441,09	R\$ 6.652.052,47	<b>R\$ 7.758.187,98</b>
<b>500</b>	R\$ 90.178,20	R\$ 408.347,41	R\$ 228.886,39	R\$ 220.188,20	R\$ 248.267,88	R\$ 7.391.169,41	<b>R\$ 8.587.037,48</b>
<b>550</b>	R\$ 90.178,20	R\$ 449.182,15	R\$ 239.412,07	R\$ 293.584,26	R\$ 273.094,67	R\$ 8.130.286,35	<b>R\$ 9.475.737,70</b>
<b>600</b>	R\$ 90.178,20	R\$ 490.016,89	R\$ 273.087,14	R\$ 293.584,26	R\$ 297.921,46	R\$ 8.869.403,29	<b>R\$ 10.314.191,24</b>
<b>650</b>	R\$ 90.178,20	R\$ 530.851,63	R\$ 303.296,62	R\$ 293.584,26	R\$ 322.748,24	R\$ 9.608.520,23	<b>R\$ 11.149.179,18</b>

Fonte: Autora

Os resultados para sistema com decanter centrífugo com isolamento acústico estão apresentados nas tabelas 31 e 32.

Tabela 31 – Estimativas de custos totais de investimentos iniciais para sistema com decanter centrífugo com isolamento acústico

<b>CENTRÍFUGA COM ISOLAMENTO ACÚSTICO</b>		<b>INVESTIMENTOS INICIAIS [R\$]</b>						
<b>Vazão de lodo [m³/dia]</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Edificações - Estruturas</b>	<b>Instalações complementares</b>	<b>Transporte e acondicionamento</b>	<b>Recursos humanos</b>	<b>Isolamento acústico</b>	<b>TOTAL</b>	
0	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	
10	R\$ 244.653,55	R\$ 173.702,25	R\$ 177.987,14	R\$ 244.856,65	R\$ 12.316,14	R\$ 34.336,72	R\$ 887.852,45	
25	R\$ 244.653,55	R\$ 173.702,25	R\$ 177.987,14	R\$ 244.856,65	R\$ 12.316,14	R\$ 34.336,72	R\$ 887.852,45	
50	R\$ 244.653,55	R\$ 173.702,25	R\$ 177.987,14	R\$ 244.856,65	R\$ 12.316,14	R\$ 34.336,72	R\$ 887.852,45	
75	R\$ 244.653,55	R\$ 173.702,25	R\$ 177.987,14	R\$ 244.856,65	R\$ 12.316,14	R\$ 34.336,72	R\$ 887.852,45	
100	R\$ 244.653,55	R\$ 173.702,25	R\$ 177.987,14	R\$ 244.856,65	R\$ 12.316,14	R\$ 34.336,72	R\$ 887.852,45	
150	R\$ 244.653,55	R\$ 173.702,25	R\$ 177.987,14	R\$ 244.856,65	R\$ 12.316,14	R\$ 34.336,72	R\$ 887.852,45	
200	R\$ 489.307,10	R\$ 347.404,50	R\$ 246.282,89	R\$ 244.856,65	R\$ 24.632,28	R\$ 62.289,43	R\$ 1.414.772,85	
250	R\$ 489.307,10	R\$ 347.404,50	R\$ 246.282,89	R\$ 291.405,42	R\$ 24.632,28	R\$ 62.289,43	R\$ 1.461.321,62	
300	R\$ 489.307,10	R\$ 347.404,50	R\$ 246.282,89	R\$ 291.405,42	R\$ 24.632,28	R\$ 62.289,43	R\$ 1.461.321,62	
350	R\$ 733.960,65	R\$ 521.106,75	R\$ 314.578,64	R\$ 337.954,19	R\$ 36.948,42	R\$ 88.413,15	R\$ 2.032.961,80	
400	R\$ 733.960,65	R\$ 521.106,75	R\$ 314.578,64	R\$ 337.954,19	R\$ 36.948,42	R\$ 88.413,15	R\$ 2.032.961,80	
450	R\$ 733.960,65	R\$ 521.106,75	R\$ 314.578,64	R\$ 384.502,96	R\$ 36.948,42	R\$ 88.413,15	R\$ 2.079.510,57	
500	R\$ 733.960,65	R\$ 521.106,75	R\$ 314.578,64	R\$ 384.502,96	R\$ 36.948,42	R\$ 88.413,15	R\$ 2.079.510,57	
550	R\$ 978.614,20	R\$ 694.809,00	R\$ 382.874,39	R\$ 431.051,73	R\$ 49.264,56	R\$ 116.365,86	R\$ 2.652.979,74	
600	R\$ 978.614,20	R\$ 694.809,00	R\$ 382.874,39	R\$ 431.051,73	R\$ 49.264,56	R\$ 116.365,86	R\$ 2.652.979,74	
650	R\$ 978.614,20	R\$ 694.809,00	R\$ 382.874,39	R\$ 477.600,50	R\$ 49.264,56	R\$ 116.365,86	R\$ 2.699.528,51	

Fonte: Autora

Tabela 32 – Estimativas de custos anuais totais de operação e manutenção para sistema com decanter centrífugo com isolamento acústico

<b>CENTRÍFUGA COM ISOLAMENTO ACÚSTICO</b>		<b>OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO [R\$/ano]</b>					
<b>Vazão de lodo [m³/dia]</b>	<b>Recursos humanos</b>	<b>Produtos químicos</b>	<b>Manutenção preventiva</b>	<b>Manutenção corretiva</b>	<b>Energia elétrica</b>	<b>Disposição final dos resíduos</b>	<b>TOTAL</b>
0	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
10	R\$ 30.059,40	R\$ 8.166,95	R\$ 163,98	R\$ 73.396,07	R\$ 4.965,36	R\$ 147.823,39	R\$ 264.575,14
25	R\$ 30.059,40	R\$ 20.417,37	R\$ 10.832,02	R\$ 73.396,07	R\$ 12.413,39	R\$ 369.558,47	R\$ 516.676,72
50	R\$ 30.059,40	R\$ 40.834,74	R\$ 22.135,35	R\$ 73.396,07	R\$ 24.826,79	R\$ 739.116,94	R\$ 930.369,29
75	R\$ 60.118,80	R\$ 61.252,11	R\$ 33.748,22	R\$ 73.396,07	R\$ 37.240,18	R\$ 1.108.675,41	R\$ 1.374.430,79
100	R\$ 60.118,80	R\$ 81.669,48	R\$ 44.580,24	R\$ 73.396,07	R\$ 49.653,58	R\$ 1.478.233,88	R\$ 1.787.652,04
150	R\$ 90.178,20	R\$ 122.504,22	R\$ 68.271,79	R\$ 73.396,07	R\$ 74.480,36	R\$ 2.217.350,82	R\$ 2.646.181,46
200	R\$ 60.118,80	R\$ 163.338,96	R\$ 90.103,10	R\$ 146.792,13	R\$ 99.307,15	R\$ 2.956.467,76	R\$ 3.516.127,90
250	R\$ 90.178,20	R\$ 204.173,70	R\$ 111.767,14	R\$ 146.792,13	R\$ 124.133,94	R\$ 3.695.584,70	R\$ 4.372.629,82
300	R\$ 90.178,20	R\$ 245.008,44	R\$ 136.543,57	R\$ 146.792,13	R\$ 148.960,73	R\$ 4.434.701,64	R\$ 5.202.184,72
350	R\$ 90.178,20	R\$ 285.843,19	R\$ 162.480,33	R\$ 220.188,20	R\$ 173.787,52	R\$ 5.173.818,59	R\$ 6.106.296,01
400	R\$ 90.178,20	R\$ 326.677,93	R\$ 178.145,13	R\$ 220.188,20	R\$ 198.614,30	R\$ 5.912.935,53	R\$ 6.926.739,28
450	R\$ 90.178,20	R\$ 367.512,67	R\$ 204.815,36	R\$ 220.188,20	R\$ 223.441,09	R\$ 6.652.052,47	R\$ 7.758.187,98
500	R\$ 90.178,20	R\$ 408.347,41	R\$ 228.886,39	R\$ 220.188,20	R\$ 248.267,88	R\$ 7.391.169,41	R\$ 8.587.037,48
550	R\$ 90.178,20	R\$ 449.182,15	R\$ 239.412,07	R\$ 293.584,26	R\$ 273.094,67	R\$ 8.130.286,35	R\$ 9.475.737,70
600	R\$ 90.178,20	R\$ 490.016,89	R\$ 273.087,14	R\$ 293.584,26	R\$ 297.921,46	R\$ 8.869.403,29	R\$ 10.314.191,24
650	R\$ 90.178,20	R\$ 530.851,63	R\$ 303.296,62	R\$ 293.584,26	R\$ 322.748,24	R\$ 9.608.520,23	R\$ 11.149.179,18

Fonte: Autora

A diferença das estimativas de custos dos investimentos iniciais entre sistemas com e sem isolamento acústico foi de aproximadamente 4%. É uma porcentagem considerada baixa, porém, ressalta-se, que o tipo de isolamento acústico considerado foi o mais simples possível, não sendo possível afirmar que ele seja eficaz quando aplicado nessa situação. Sua consideração neste estudo foi buscando identificar a viabilidade de implantação de algum tipo de mitigação quanto aos impactos ambientais, no caso os ruídos, gerados pelo equipamento mais utilizado no segmento.

Como esperado, as estimativas de custos para operação e manutenção do sistema não foi alterado significativamente pela característica de possuir ou não isolamento acústico. Apesar de esperar que ao longo do tempo reformas sejam necessárias para manutenção do isolamento, não foram encontrados dados que pudessem embasar algum tipo de estimativa desse custo.

### 5.2.1.3 Leito de drenagem e de secagem

A partir dos cenários propostos, de dados operacionais pré-determinados e da metodologia adotada, o sistema foi dimensionado para os dois tipos de leito.

Na tabela 33 estão apresentados os dados operacionais considerados para o leito de drenagem, e na tabela 34 os dados para o leito de secagem.

Tabela 33 – Dados operacionais considerados para leito de drenagem

<b>LEITO DE DRENAGEM</b>	
<b>Dados operacionais:</b>	
Número de aplicações	3 /ano
Profundidade útil do leito	0,50 m
Energia consumida (bomba 01)	2,9 kW
Vazão da bomba 01	18 m <sup>3</sup> /h
Energia consumida (bomba 02)	4,3 kW
Vazão da bomba 02	38 m <sup>3</sup> /h
Teor de sólidos na entrada	1,0% lodo entrada
Teor de sólidos na torta	25% torta final
Densidade dos sólidos	1500 kg/m <sup>3</sup>
Densidade da água	1000 kg/m <sup>3</sup>
Densidade do lodo	1008 kg/m <sup>3</sup>
Densidade da torta	1090,91 kg/m <sup>3</sup>

Fonte: Autora

Tabela 34 – Dados operacionais considerados para leito de secagem

<b>LEITO DE SECAGEM</b>	
<b>Dados operacionais:</b>	
Número de aplicações	3 /ano
Profundidade útil do leito	0,50 m
Energia consumida (bomba 01)	2,9 kW
Vazão da bomba 01	18 m <sup>3</sup> /h
Energia consumida (bomba 02)	4,3 kW
Vazão da bomba 02	38 m <sup>3</sup> /h
Teor de sólidos na entrada	1,0% lodo entrada
Teor de sólidos na torta	20% torta final
Densidade dos sólidos	1500 kg/m <sup>3</sup>
Densidade da água	1000 kg/m <sup>3</sup>
Densidade do lodo	1008 kg/m <sup>3</sup>
Densidade da torta	1071,43 kg/m <sup>3</sup>

Fonte: Autora

Nos dados operacionais, a diferença entre os leitos aparece na consideração do teor de sólidos na torta. Assim como já apresentado em diversas pesquisas, os leitos de drenagem conseguem uma melhor eficiência, considerando o mesmo tempo de desidratação, que em um leito de secagem.

O número de aplicações e a profundidade considerada foram aquelas mais usuais e encontradas na literatura.

As bombas escolhidas foram da marca ABS tipo XJS submersível, específicas para transporte de lodo. Dados operacionais estão apresentados no catálogo do anexo M.

O teor de sólidos considerados no lodo na entrada do sistema e na torta final foram aqueles encontrados na literatura.

O resultado do dimensionamento dos sistemas foi trazido nas tabelas 35 e 36, para leito de drenagem e leito de secagem, respectivamente.

As estimativas de custos para cada cenário foram realizadas com base em grupos de custos pré-definidos através de pesquisas de orçamentos. A tabela 37 apresenta esses custos.

O item “Construção do leito com manta” considera o custo de construção por unidade de área. Esse dado foi retirado de uma média de um orçamento da companhia de saneamento (ANEXO N). Foram considerados os itens: Serviços técnicos, Movimentação de solo (foi desconsiderado serviços em rocha), Esgotamento, Assentamento, carga, descarga, transporte, Revestimento e tratamento de superfícies, Instalações de produção e Fornecimento de materiais. As fundações não foram consideradas, já que é um ponto extremamente variável e dependente de uma série de fatores que não seria possível considerar nesse item.

O item “Construção do leito sem manta” parte do mesmo princípio do item anterior, desconsiderando somente os custos com a manta geotêxtil.

Os itens “Mão-de-obra operacional”, “Custo da disposição em aterro” e “Tarifa de energia” são idênticos aos utilizados para os sistemas anteriores.

O item “Instalações complementares” considera as instalações necessárias para a operação do sistema. No caso dos leitos, foi considerado um reservatório de acumulação com custo retirado do mesmo orçamento levantado (ANEXO N). Nesse item também foram desconsiderados custos com fundações.

No item “Transporte do lodo” foram considerados os valores referentes às bombas submersíveis, com o custo retirado do mesmo orçamento (ANEXO N).

Tabela 35 – Resultados obtidos no dimensionamento de sistema de tratamento com leito de drenagem para os cenários considerados

VL [m³/h]	VL [m³/dia]	Operário	Tempo de func. da bomba [h/dia]	Massa de lodo produzida [kg/dia]	Massa da torta [kg/dia]	Volume da torta [m³/dia]	Volume de resíduos gerados [m³/ano]	Área do leito de secagem [m²]	Número de células	Área de cada célula [m²]	Volume de lodo na célula [m³]	Carga aplicada [kg/m²]
0,42	10	1,0	0,6	10.080,00	403,20	0,37	134,90	89,94	1,00	89,94	44,97	112,08
1,04	25	1,0	1,4	25.200,00	1.008,00	0,92	337,26	224,84	1,00	224,84	112,42	112,08
2,08	50	1,0	2,8	50.400,00	2.016,00	1,85	674,52	449,68	1,00	449,68	224,84	112,08
3,13	75	1,0	4,2	75.600,00	3.024,00	2,77	1.011,78	674,52	2,00	337,26	168,63	112,08
4,17	100	1,0	5,6	100.800,00	4.032,00	3,70	1.349,04	899,36	2,00	449,68	224,84	112,08
6,25	150	1,0	8,3	151.200,00	6.048,00	5,54	2.023,56	1.349,04	3,00	449,68	224,84	112,08
8,33	200	1,0	5,3	201.600,00	8.064,00	7,39	2.698,08	1.798,72	4,00	449,68	224,84	112,08
10,42	250	1,0	6,6	252.000,00	10.080,00	9,24	3.372,60	2.248,40	5,00	449,68	224,84	112,08
12,50	300	1,0	7,9	302.400,00	12.096,00	11,09	4.047,12	2.698,08	6,00	449,68	224,84	112,08
14,58	350	1,0	9,2	352.800,00	14.112,00	12,94	4.721,64	3.147,76	7,00	449,68	224,84	112,08
16,67	400	1,0	10,5	403.200,00	16.128,00	14,78	5.396,16	3.597,44	8,00	449,68	224,84	112,08
18,75	450	1,0	11,8	453.600,00	18.144,00	16,63	6.070,68	4.047,12	9,00	449,68	224,84	112,08
20,83	500	1,0	13,2	504.000,00	20.160,00	18,48	6.745,20	4.496,80	9,00	499,64	249,82	112,08
22,92	550	1,0	14,5	554.400,00	22.176,00	20,33	7.419,72	4.946,48	10,00	494,65	247,32	112,08
25,00	600	1,0	15,8	604.800,00	24.192,00	22,18	8.094,24	5.396,16	11,00	490,56	245,28	112,08
27,08	650	1,0	17,1	655.200,00	26.208,00	24,02	8.768,76	5.845,84	12,00	487,15	243,58	112,08

Fonte: Autora

Tabela 36 – Resultados obtidos no dimensionamento de sistema de tratamento com leito de secagem para os cenários considerados

VL [m³/h]	VL [m³/dia]	Operário	Tempo de func. da bomba [h/dia]	Massa de lodo produzida [kg/dia]	Massa da torta [kg/dia]	Volume da torta [m³/dia]	Volume de resíduos gerados [m³/ano]	Área do leito de secagem [m²]	Número de células	Área de cada célula [m²]	Volume de lodo na célula [m³]	Carga aplicada [kg/m²]
0,42	10	1,0	0,6	10.080,00	504,00	0,47	171,70	114,46	1,00	114,46	57,23	88,06
1,04	25	1,0	1,4	25.200,00	1.260,00	1,18	429,24	286,16	1,00	286,16	143,08	88,06
2,08	50	1,0	2,8	50.400,00	2.520,00	2,35	858,48	572,32	2,00	286,16	143,08	88,06
3,13	75	1,0	4,2	75.600,00	3.780,00	3,53	1.287,72	858,48	2,00	429,24	214,62	88,06
4,17	100	1,0	5,6	100.800,00	5.040,00	4,70	1.716,96	1.144,64	3,00	381,55	190,77	88,06
6,25	150	1,0	8,3	151.200,00	7.560,00	7,06	2.575,44	1.716,96	4,00	429,24	214,62	88,06
8,33	200	1,0	5,3	201.600,00	10.080,00	9,41	3.433,92	2.289,28	5,00	457,86	228,93	88,06
10,42	250	1,0	6,6	252.000,00	12.600,00	11,76	4.292,40	2.861,60	6,00	476,93	238,47	88,06
12,50	300	1,0	7,9	302.400,00	15.120,00	14,11	5.150,88	3.433,92	7,00	490,56	245,28	88,06
14,58	350	1,0	9,2	352.800,00	17.640,00	16,46	6.009,36	4.006,24	9,00	445,14	222,57	88,06
16,67	400	1,0	10,5	403.200,00	20.160,00	18,82	6.867,84	4.578,56	10,00	457,86	228,93	88,06
18,75	450	1,0	11,8	453.600,00	22.680,00	21,17	7.726,32	5.150,88	11,00	468,26	234,13	88,06
20,83	500	1,0	13,2	504.000,00	25.200,00	23,52	8.584,80	5.723,20	12,00	476,93	238,47	88,06
22,92	550	1,0	14,5	554.400,00	27.720,00	25,87	9.443,28	6.295,52	13,00	484,27	242,14	88,06
25,00	600	1,0	15,8	604.800,00	30.240,00	28,22	10.301,76	6.867,84	14,00	490,56	245,28	88,06
27,08	650	1,0	17,1	655.200,00	32.760,00	30,58	11.160,24	7.440,16	15,00	496,01	248,01	88,06

Fonte: Autora

O item “Recursos humanos” para a construção dos leitos, considera o valor por hora do trabalho de 01 engenheiro de obra pleno, 01 mestre de obra, 01 encarregado de obra e 01 servente. Todos os valores foram retirados da tabela SINAPI referente ao mês 12/2019.

A consideração à cerca dos custos envolvidos na manutenção corretiva dos leitos foram obtidos com engenheiros que possuem essa experiência. Além dos reparos necessários, engloba o custo com mão-de-obra e equipamentos para remoção do lodo tratado do sistema para posterior destinação.

A tabela 37 apresenta os custos, já atualizados para mês base de dez/2019, que foram levantados e utilizados nas estimativas de orçamento.

Tabela 37 – Levantamento de custos para sistema com leitos de drenagem ou secagem

<b>LEITOS</b>		
<b>Custos:</b>		
Construção do leito com manta	R\$	228,55 /m <sup>2</sup>
Construção do leito sem manta	R\$	211,54 /m <sup>2</sup>
Mão-de-obra operacional	R\$	2.504,95 /mês
Custo da disposição em aterro	R\$	430,48 /m <sup>3</sup>
Tarifa de energia	R\$	0,695080557 /kWh
Instalações complementares	R\$	234.722,83 reserv. acumulação
Transporte do lodo	R\$	22.451,33 bomba 01 submersível
Transporte do lodo	R\$	38.342,48 bomba 02 submersível
Recursos humanos	R\$	211,37 /h
Manutenção corretiva	36% do valor da construção, por ano	

Fonte: Autora

Com os sistemas dimensionados e os custos unitários levantados em uma mesma base temporal, foi possível efetuar os cálculos dos custos finais, obtendo para cada cenário e cada sistema, a estimativa de custo total para sua implantação e o custo total anual com sua operação e manutenção. É a partir desses resultados que os modelos foram desenvolvidos. Os resultados para sistema com leitos de drenagem estão agrupados nas tabelas 38 e 39.

Tabela 38 – Estimativas de custos totais de investimentos iniciais para sistema com leito de drenagem

<b>LEITO DE DRENAGEM</b>		<b>INVESTIMENTOS INICIAIS [R\$]</b>				
<b>Vazão de lodo [m³/dia]</b>	<b>Construção</b>	<b>Instalações complementares</b>	<b>Transporte do lodo</b>	<b>Recursos humanos</b>	<b>TOTAL</b>	
<b>0</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	<b>R\$ -</b>	
<b>10</b>	R\$ 20.554,87	R\$ 234.722,83	R\$ 22.451,33	R\$ 2.851,47	<b>R\$ 280.580,50</b>	
<b>25</b>	R\$ 51.387,18	R\$ 234.722,83	R\$ 22.451,33	R\$ 7.128,66	<b>R\$ 315.690,01</b>	
<b>50</b>	R\$ 102.774,36	R\$ 234.722,83	R\$ 22.451,33	R\$ 14.257,33	<b>R\$ 374.205,85</b>	
<b>75</b>	R\$ 154.161,55	R\$ 234.722,83	R\$ 22.451,33	R\$ 21.385,99	<b>R\$ 432.721,70</b>	
<b>100</b>	R\$ 205.548,73	R\$ 234.722,83	R\$ 22.451,33	R\$ 28.514,66	<b>R\$ 491.237,55</b>	
<b>150</b>	R\$ 308.323,09	R\$ 234.722,83	R\$ 22.451,33	R\$ 42.771,99	<b>R\$ 608.269,24</b>	
<b>200</b>	R\$ 411.097,46	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 57.029,32	<b>R\$ 741.192,08</b>	
<b>250</b>	R\$ 513.871,82	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 71.286,65	<b>R\$ 858.223,78</b>	
<b>300</b>	R\$ 616.646,18	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 85.543,98	<b>R\$ 975.255,47</b>	
<b>350</b>	R\$ 719.420,55	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 99.801,30	<b>R\$ 1.092.287,16</b>	
<b>400</b>	R\$ 822.194,91	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 114.058,63	<b>R\$ 1.209.318,86</b>	
<b>450</b>	R\$ 924.969,28	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 128.315,96	<b>R\$ 1.326.350,55</b>	
<b>500</b>	R\$ 1.027.743,64	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 142.573,29	<b>R\$ 1.443.382,24</b>	
<b>550</b>	R\$ 1.130.518,00	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 156.830,62	<b>R\$ 1.560.413,94</b>	
<b>600</b>	R\$ 1.233.292,37	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 171.087,95	<b>R\$ 1.677.445,63</b>	
<b>650</b>	R\$ 1.336.066,73	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 185.345,28	<b>R\$ 1.794.477,32</b>	

Fonte: Autora

Tabela 39 – Estimativas de custos anuais totais de operação e manutenção para sistema com leito de drenagem

<b>LEITO DE DRENAGEM</b>		<b>OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO [R\$/ano]</b>				
<b>Vazão de lodo [m³/dia]</b>	<b>Recursos humanos</b>	<b>Manutenção corretiva</b>	<b>Energia elétrica</b>	<b>Disposição final dos resíduos</b>	<b>TOTAL</b>	
<b>0</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	<b>R\$ -</b>	
<b>10</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 7.399,75	R\$ 408,75	R\$ 58.073,47	<b>R\$ 95.941,37</b>	
<b>25</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 18.499,39	R\$ 1.021,86	R\$ 145.183,68	<b>R\$ 194.764,34</b>	
<b>50</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 36.998,77	R\$ 2.043,73	R\$ 290.367,37	<b>R\$ 359.469,27</b>	
<b>75</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 55.498,16	R\$ 3.065,59	R\$ 435.551,05	<b>R\$ 524.174,21</b>	
<b>100</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 73.997,54	R\$ 4.087,46	R\$ 580.734,74	<b>R\$ 688.879,14</b>	
<b>150</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 110.996,31	R\$ 6.131,19	R\$ 871.102,11	<b>R\$ 1.018.289,01</b>	
<b>200</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 147.995,08	R\$ 5.741,73	R\$ 1.161.469,48	<b>R\$ 1.345.265,69</b>	
<b>250</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 184.993,86	R\$ 7.177,16	R\$ 1.451.836,85	<b>R\$ 1.674.067,27</b>	
<b>300</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 221.992,63	R\$ 8.612,60	R\$ 1.742.204,22	<b>R\$ 2.002.868,84</b>	
<b>350</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 258.991,40	R\$ 10.048,03	R\$ 2.032.571,59	<b>R\$ 2.331.670,41</b>	
<b>400</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 295.990,17	R\$ 11.483,46	R\$ 2.322.938,96	<b>R\$ 2.660.471,99</b>	
<b>450</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 332.988,94	R\$ 12.918,90	R\$ 2.613.306,33	<b>R\$ 2.989.273,56</b>	
<b>500</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 369.987,71	R\$ 14.354,33	R\$ 2.903.673,70	<b>R\$ 3.318.075,13</b>	
<b>550</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 406.986,48	R\$ 15.789,76	R\$ 3.194.041,07	<b>R\$ 3.646.876,71</b>	
<b>600</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 443.985,25	R\$ 17.225,19	R\$ 3.484.408,44	<b>R\$ 3.975.678,28</b>	
<b>650</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 480.984,02	R\$ 18.660,63	R\$ 3.774.775,80	<b>R\$ 4.304.479,85</b>	

Fonte: Autora

Os resultados para sistema com leitos de secagem estão apresentados nas tabelas 40 e 41.

Tabela 40 – Estimativas de custos totais de investimentos iniciais para sistema com leito de secagem

<b>LEITO DE SECAGEM</b>	<b>INVESTIMENTOS INICIAIS [R\$]</b>				
<b>Vazão de lodo [m³/dia]</b>	Construção	Instalações complementares	Transporte do lodo	Recursos humanos	<b>TOTAL</b>
<b>0</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	<b>R\$ -</b>
<b>10</b>	R\$ 24.213,71	R\$ 234.722,83	R\$ 22.451,33	R\$ 3.629,14	<b>R\$ 285.017,01</b>
<b>25</b>	R\$ 60.534,29	R\$ 234.722,83	R\$ 22.451,33	R\$ 9.072,85	<b>R\$ 326.781,29</b>
<b>50</b>	R\$ 121.068,57	R\$ 234.722,83	R\$ 22.451,33	R\$ 18.145,69	<b>R\$ 396.388,42</b>
<b>75</b>	R\$ 181.602,86	R\$ 234.722,83	R\$ 22.451,33	R\$ 27.218,54	<b>R\$ 465.995,56</b>
<b>100</b>	R\$ 242.137,15	R\$ 234.722,83	R\$ 22.451,33	R\$ 36.291,38	<b>R\$ 535.602,69</b>
<b>150</b>	R\$ 363.205,72	R\$ 234.722,83	R\$ 22.451,33	R\$ 54.437,08	<b>R\$ 674.816,95</b>
<b>200</b>	R\$ 484.274,29	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 72.582,77	<b>R\$ 829.922,37</b>
<b>250</b>	R\$ 605.342,86	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 90.728,46	<b>R\$ 969.136,63</b>
<b>300</b>	R\$ 726.411,44	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 108.874,15	<b>R\$ 1.108.350,90</b>
<b>350</b>	R\$ 847.480,01	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 127.019,84	<b>R\$ 1.247.565,16</b>
<b>400</b>	R\$ 968.548,58	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 145.165,53	<b>R\$ 1.386.779,43</b>
<b>450</b>	R\$ 1.089.617,16	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 163.311,23	<b>R\$ 1.525.993,69</b>
<b>500</b>	R\$ 1.210.685,73	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 181.456,92	<b>R\$ 1.665.207,96</b>
<b>550</b>	R\$ 1.331.754,30	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 199.602,61	<b>R\$ 1.804.422,22</b>
<b>600</b>	R\$ 1.452.822,87	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 217.748,30	<b>R\$ 1.943.636,48</b>
<b>650</b>	R\$ 1.573.891,45	R\$ 234.722,83	R\$ 38.342,48	R\$ 235.893,99	<b>R\$ 2.082.850,75</b>

Fonte: Autora

Tabela 41 – Estimativas de custos anuais totais de operação e manutenção para sistema com leito de secagem

<b>LEITO DE SECAGEM</b>	<b>OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO [R\$/ano]</b>				
<b>Vazão de lodo [m³/dia]</b>	Recursos humanos	Manutenção corretiva	Energia elétrica	Disposição final dos resíduos	<b>TOTAL</b>
<b>0</b>	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	<b>R\$ -</b>
<b>10</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 8.716,94	R\$ 408,75	R\$ 73.911,69	<b>R\$ 113.096,78</b>
<b>25</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 21.792,34	R\$ 1.021,86	R\$ 184.779,24	<b>R\$ 237.652,84</b>
<b>50</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 43.584,69	R\$ 2.043,73	R\$ 369.558,47	<b>R\$ 445.246,29</b>
<b>75</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 65.377,03	R\$ 3.065,59	R\$ 554.337,71	<b>R\$ 652.839,73</b>
<b>100</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 87.169,37	R\$ 4.087,46	R\$ 739.116,94	<b>R\$ 860.433,17</b>
<b>150</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 130.754,06	R\$ 6.131,19	R\$ 1.108.675,41	<b>R\$ 1.275.620,06</b>
<b>200</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 174.338,74	R\$ 5.741,73	R\$ 1.478.233,88	<b>R\$ 1.688.373,76</b>
<b>250</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 217.923,43	R\$ 7.177,16	R\$ 1.847.792,35	<b>R\$ 2.102.952,35</b>
<b>300</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 261.508,12	R\$ 8.612,60	R\$ 2.217.350,82	<b>R\$ 2.517.530,94</b>
<b>350</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 305.092,80	R\$ 10.048,03	R\$ 2.586.909,29	<b>R\$ 2.932.109,53</b>
<b>400</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 348.677,49	R\$ 11.483,46	R\$ 2.956.467,76	<b>R\$ 3.346.688,12</b>
<b>450</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 392.262,18	R\$ 12.918,90	R\$ 3.326.026,23	<b>R\$ 3.761.266,70</b>
<b>500</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 435.846,86	R\$ 14.354,33	R\$ 3.695.584,70	<b>R\$ 4.175.845,29</b>
<b>550</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 479.431,55	R\$ 15.789,76	R\$ 4.065.143,17	<b>R\$ 4.590.423,88</b>
<b>600</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 523.016,23	R\$ 17.225,19	R\$ 4.434.701,64	<b>R\$ 5.005.002,47</b>
<b>650</b>	R\$ 30.059,40	R\$ 566.600,92	R\$ 18.660,63	R\$ 4.804.260,12	<b>R\$ 5.419.581,06</b>

Fonte: Autora

As estimativas de custos, tanto dos investimentos iniciais quanto de operação e manutenção, foram maiores para o sistema com leitos de secagem. A diferença dos investimentos iniciais entre os sistemas variou de 2% a 16%, aumentando à medida que a vazão de lodo era maior. As estimativas de custos com operação e manutenções anuais foram maiores, cerca de 25%, para o sistema com leitos de secagem. Ambas diferenças são explicadas, principalmente, pelo menor teor de sólidos na torta final que é possível alcançar

com o sistema sem o geotêxtil. Como consequência, áreas maiores são necessárias para tratar um mesmo volume de lodo, elevando os custos iniciais, e o volume de torta final é maior, elevando os custos com a sua disposição final.

#### 5.2.1.4 Leito com bags

A partir dos cenários propostos, de dados operacionais pré-determinados e da metodologia adotada, o sistema foi dimensionado para leito com *bags*.

Na tabela 42 estão apresentados os dados operacionais considerados para o leito com *bags*.

Tabela 42 – Dados operacionais considerados para leito com *bags*

<b>LEITO COM BAGS</b>	
<b>Dados operacionais:</b>	
Volume do bag	78,0 m <sup>3</sup>
Área do bag	45,9 m <sup>2</sup>
Energia consumida (bomba 01)	2,9 kW
Vazão da bomba 01	18 m <sup>3</sup> /h
Energia consumida (bomba 02)	4,3 kW
Vazão da bomba 02	38 m <sup>3</sup> /h
Teor de sólidos na entrada	2,0% lodo entrada
Teor de sólidos na torta	28% torta final
Densidade dos sólidos	1500 kg/m <sup>3</sup>
Densidade da água	1000 kg/m <sup>3</sup>
Densidade do lodo	1008 kg/m <sup>3</sup>
Densidade da torta	1102,94 kg/m <sup>3</sup>
Consumo de polímero	4,0 kg/t SS

Fonte: Autora

O volume do *bag* foi escolhido considerando que é o já aplicado nos projetos pela companhia de saneamento consultada. Segundo fabricantes, a altura de preenchimento recomendada é 1,70m (ANEXO O). A área que será ocupada pelo *bag* foi obtida pela divisão do volume pela altura.

As bombas são as mesmas utilizadas em todos os métodos não mecânicos. Dados operacionais estão apresentados no catálogo do anexo M.

O teor de sólidos considerados no lodo na entrada do sistema e na torta final foram aqueles encontrados na literatura e em contato com fabricante.

A dosagem de polímero para condicionamento do lodo, depende diretamente das características desse lodo. Por isso, quando adotado esse tipo de sistema, testes piloto devem ser feitos para identificar a dosagem ótima de polímero. Para a pesquisa, foi considerado um

valor médio, encontrado em outras pesquisas realizadas (DI BERNARDO; DANTAS; VOLTAN, 2012; GUIMARÃES; URASHIMA; VIDAL, 2014; ZHANG *et al.*, 2019).

A tabela 43 traz os resultados obtidos no dimensionamento do sistema de leito com *bags*.

As estimativas de custos para cada cenário foram realizadas com base em grupos de custos pré-definidos através de pesquisas de orçamentos. A tabela 44 apresenta esses custos.

O item “*Bag*” considera o custo de uma bolsa filtrante em geotêxtil de 78,0m<sup>3</sup>. O valor foi retirado de um orçamento da companhia de saneamento. Há *bags* com volumes menores que são mais caros, assim como maiores mais baratos, a tentativa foi buscar um *bag* com volume e valor médios.

O item “Instalações complementares” que leva em conta estruturas e/ou equipamentos necessários para a operação do sistema de tratamento do lodo, nesse caso, considerou o custo de um reservatório de acumulação, que por vezes apresenta valor semelhante às instalações mecanizadas, e um sistema de dosagem de polímero.

Os demais custos dos itens da tabela foram os mesmos já levantados para os métodos anteriores.

Tabela 43 – Resultados obtidos no dimensionamento de sistema de tratamento com leito com *bags* para os cenários considerados

V <sub>L</sub> [m <sup>3</sup> /h]	V <sub>L</sub> [m <sup>3</sup> /dia]	Operário	Tempo de func. da bomba [h/dia]	Massa de lodo produzida [kg/dia]	Massa da torta [kg/dia]	Volume da torta [m <sup>3</sup> /dia]	Volume de resíduos gerados [m <sup>3</sup> /ano]	Tempo enchimento [dias]	Ciclo do bag [dias]	Quantidade de bag	SS no lodo 1% [kg/dia]	Produto químico [kg/dia]	Produto químico [t/ano]
0,42	10	1,0	0,6	10.080,00	720,00	0,65	238,27	119,49	179,49	3,00	100,80	0,40	0,15
1,04	25	1,0	1,4	25.200,00	1.800,00	1,63	595,68	47,79	107,79	7,64	252,00	1,01	0,37
2,08	50	1,0	2,8	50.400,00	3.600,00	3,26	1.191,36	23,90	83,90	15,27	504,00	2,02	0,74
3,13	75	1,0	4,2	75.600,00	5.400,00	4,90	1.787,04	15,93	75,93	22,91	756,00	3,02	1,10
4,17	100	1,0	5,6	100.800,00	7.200,00	6,53	2.382,72	11,95	71,95	30,55	1.008,00	4,03	1,47
6,25	150	1,0	8,3	151.200,00	10.800,00	9,79	3.574,08	7,97	67,97	45,82	1.512,00	6,05	2,21
8,33	200	1,0	5,3	201.600,00	14.400,00	13,06	4.765,44	5,97	65,97	61,10	2.016,00	8,06	2,94
10,42	250	1,0	6,6	252.000,00	18.000,00	16,32	5.956,80	4,78	64,78	76,37	2.520,00	10,08	3,68
12,50	300	1,0	7,9	302.400,00	21.600,00	19,58	7.148,16	3,98	63,98	91,64	3.024,00	12,10	4,42
14,58	350	1,0	9,2	352.800,00	25.200,00	22,85	8.339,52	3,41	63,41	106,92	3.528,00	14,11	5,15
16,67	400	1,0	10,5	403.200,00	28.800,00	26,11	9.530,88	2,99	62,99	122,19	4.032,00	16,13	5,89
18,75	450	1,0	11,8	453.600,00	32.400,00	29,38	10.722,24	2,66	62,66	137,46	4.536,00	18,14	6,62
20,83	500	1,0	13,2	504.000,00	36.000,00	32,64	11.913,60	2,39	62,39	152,74	5.040,00	20,16	7,36
22,92	550	1,0	14,5	554.400,00	39.600,00	35,90	13.104,96	2,17	62,17	168,01	5.544,00	22,18	8,09
25,00	600	1,0	15,8	604.800,00	43.200,00	39,17	14.296,32	1,99	61,99	183,29	6.048,00	24,19	8,83
27,08	650	1,0	17,1	655.200,00	46.800,00	42,43	15.487,68	1,84	61,84	198,56	6.552,00	26,21	9,57

Fonte: Autora

Tabela 44 – Levantamento de custos para sistema com leitos com *bags*

LEITO COM BAGS			
<b>Custos:</b>			
Bag	R\$	7.728,53	cada bag
Construção do leito	R\$	228,55	/m <sup>2</sup>
Agente de Serviços Operacionais	R\$	2.504,95	/mês
Custo da disposição em aterro	R\$	430,48	/m <sup>3</sup>
Tarifa de energia	R\$	0,695080557	/kWh
Instalações complementares	R\$	291.038,21	reserv. acumulação + dosagem
Transporte do lodo	R\$	22.451,33	bomba 01 submersível
Transporte do lodo	R\$	38.342,48	bomba 02 submersível
Recursos humanos	R\$	211,37	/h
Polímero	R\$	21.140,59	/t
Manutenção corretiva	36% do valor da construção, por ano		

Fonte: Autora

Com o sistema dimensionado e os custos unitários levantados em uma mesma base temporal, foi possível efetuar os cálculos dos custos finais, obtendo para cada cenário a estimativa de custo total para sua implantação e o custo total anual com sua operação e manutenção. É a partir desses resultados que os modelos foram desenvolvidos. Os resultados estão agrupados nas tabelas 45 e 46.

Tabela 45 – Estimativas de custos totais de investimentos iniciais para sistema com leito com *bags*

LEITO COM BAGS		INVESTIMENTOS INICIAIS [R\$]					
Vazão de lodo [m <sup>3</sup> /dia]	BAG	Leito	Instalações complementares	Transporte do lodo	Recursos humanos	TOTAL	
0	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -	
10	R\$ 23.185,59	R\$ 31.459,24	R\$ 291.038,21	R\$ 22.451,33	R\$ 4.364,17	R\$ 372.498,53	
25	R\$ 59.022,19	R\$ 80.083,92	R\$ 291.038,21	R\$ 22.451,33	R\$ 11.109,61	R\$ 463.705,26	
50	R\$ 118.044,38	R\$ 160.167,84	R\$ 291.038,21	R\$ 22.451,33	R\$ 22.219,21	R\$ 613.920,97	
75	R\$ 177.066,57	R\$ 240.251,76	R\$ 291.038,21	R\$ 22.451,33	R\$ 33.328,82	R\$ 764.136,69	
100	R\$ 236.088,76	R\$ 320.335,68	R\$ 291.038,21	R\$ 22.451,33	R\$ 44.438,43	R\$ 914.352,41	
150	R\$ 354.133,13	R\$ 480.503,52	R\$ 291.038,21	R\$ 22.451,33	R\$ 66.657,64	R\$ 1.214.783,84	
200	R\$ 472.177,51	R\$ 640.671,36	R\$ 291.038,21	R\$ 38.342,48	R\$ 88.876,86	R\$ 1.531.106,42	
250	R\$ 590.221,89	R\$ 800.839,20	R\$ 291.038,21	R\$ 38.342,48	R\$ 111.096,07	R\$ 1.831.537,85	
300	R\$ 708.266,27	R\$ 961.007,04	R\$ 291.038,21	R\$ 38.342,48	R\$ 133.315,29	R\$ 2.131.969,29	
350	R\$ 826.310,65	R\$ 1.121.174,88	R\$ 291.038,21	R\$ 38.342,48	R\$ 155.534,50	R\$ 2.432.400,72	
400	R\$ 944.355,03	R\$ 1.281.342,72	R\$ 291.038,21	R\$ 38.342,48	R\$ 177.753,72	R\$ 2.732.832,15	
450	R\$ 1.062.399,40	R\$ 1.441.510,56	R\$ 291.038,21	R\$ 38.342,48	R\$ 199.972,93	R\$ 3.033.263,58	
500	R\$ 1.180.443,78	R\$ 1.601.678,40	R\$ 291.038,21	R\$ 38.342,48	R\$ 222.192,14	R\$ 3.333.695,02	
550	R\$ 1.298.488,16	R\$ 1.761.846,24	R\$ 291.038,21	R\$ 38.342,48	R\$ 244.411,36	R\$ 3.634.126,45	
600	R\$ 1.416.532,54	R\$ 1.922.014,08	R\$ 291.038,21	R\$ 38.342,48	R\$ 266.630,57	R\$ 3.934.557,88	
650	R\$ 1.534.576,92	R\$ 2.082.181,92	R\$ 291.038,21	R\$ 38.342,48	R\$ 288.849,79	R\$ 4.234.989,31	

Fonte: Autora

Tabela 46 – Estimativas de custos anuais totais de operação e manutenção para sistema com leito com *bags*

<b>LEITO COM BAGS</b>		<b>OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO [R\$/ano]</b>										
<b>Vazão de lodo [m³/dia]</b>	<b>Recursos humanos</b>		<b>Manutenção corretiva</b>	<b>Energia elétrica</b>	<b>Produtos Químicos</b>	<b>Disposição final dos resíduos</b>	<b>TOTAL</b>					
<b>0</b>	R\$	-	R\$	-	R\$	-	R\$	-				
<b>10</b>	R\$	30.059,40	R\$	8.346,81	R\$	408,75	R\$	3.111,22	R\$	102.571,33	R\$	<b>144.497,51</b>
<b>25</b>	R\$	30.059,40	R\$	21.247,99	R\$	1.021,86	R\$	7.778,05	R\$	256.428,33	R\$	<b>316.535,63</b>
<b>50</b>	R\$	30.059,40	R\$	42.495,98	R\$	2.043,73	R\$	15.556,09	R\$	512.856,65	R\$	<b>603.011,85</b>
<b>75</b>	R\$	30.059,40	R\$	63.743,96	R\$	3.065,59	R\$	23.334,14	R\$	769.284,98	R\$	<b>889.488,08</b>
<b>100</b>	R\$	30.059,40	R\$	84.991,95	R\$	4.087,46	R\$	31.112,18	R\$	1.025.713,31	R\$	<b>1.175.964,30</b>
<b>150</b>	R\$	30.059,40	R\$	127.487,93	R\$	6.131,19	R\$	46.668,28	R\$	1.538.569,96	R\$	<b>1.748.916,75</b>
<b>200</b>	R\$	30.059,40	R\$	169.983,90	R\$	5.741,73	R\$	62.224,37	R\$	2.051.426,61	R\$	<b>2.319.436,01</b>
<b>250</b>	R\$	30.059,40	R\$	212.479,88	R\$	7.177,16	R\$	77.780,46	R\$	2.564.283,26	R\$	<b>2.891.780,17</b>
<b>300</b>	R\$	30.059,40	R\$	254.975,86	R\$	8.612,60	R\$	93.336,55	R\$	3.077.139,92	R\$	<b>3.464.124,32</b>
<b>350</b>	R\$	30.059,40	R\$	297.471,83	R\$	10.048,03	R\$	108.892,64	R\$	3.589.996,57	R\$	<b>4.036.468,47</b>
<b>400</b>	R\$	30.059,40	R\$	339.967,81	R\$	11.483,46	R\$	124.448,73	R\$	4.102.853,22	R\$	<b>4.608.812,63</b>
<b>450</b>	R\$	30.059,40	R\$	382.463,79	R\$	12.918,90	R\$	140.004,83	R\$	4.615.709,88	R\$	<b>5.181.156,78</b>
<b>500</b>	R\$	30.059,40	R\$	424.959,76	R\$	14.354,33	R\$	155.560,92	R\$	5.128.566,53	R\$	<b>5.753.500,94</b>
<b>550</b>	R\$	30.059,40	R\$	467.455,74	R\$	15.789,76	R\$	171.117,01	R\$	5.641.423,18	R\$	<b>6.325.845,09</b>
<b>600</b>	R\$	30.059,40	R\$	509.951,71	R\$	17.225,19	R\$	186.673,10	R\$	6.154.279,83	R\$	<b>6.898.189,24</b>
<b>650</b>	R\$	30.059,40	R\$	552.447,69	R\$	18.660,63	R\$	202.229,19	R\$	6.667.136,49	R\$	<b>7.470.533,40</b>

Fonte: Autora

## 5.2.2 Ajuste dos modelos

O primeiro passo para avaliar o ajuste mais indicado para os dados obtidos, foi plotar os gráficos das estimativas de custos em função da vazão.

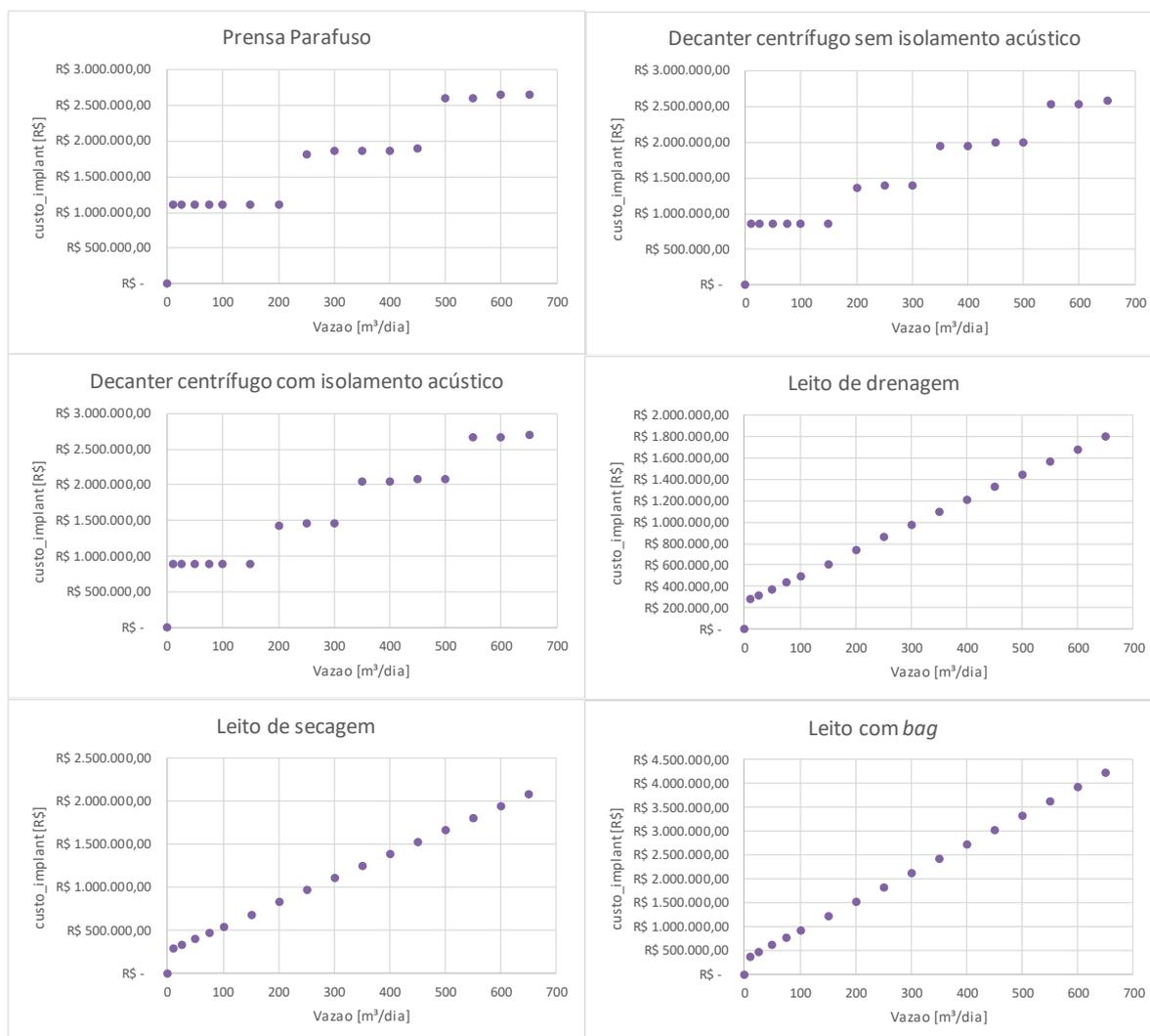
Em softwares estatísticos, as variáveis devem ser tratadas com poucos caracteres e não devem possuir espaçamento entre palavras, por isso, elas são referidas no texto como:

Variável “custo\_implant” = custos com investimentos iniciais;

Variável “custo\_manut” = custos anuais com operação e manutenção.

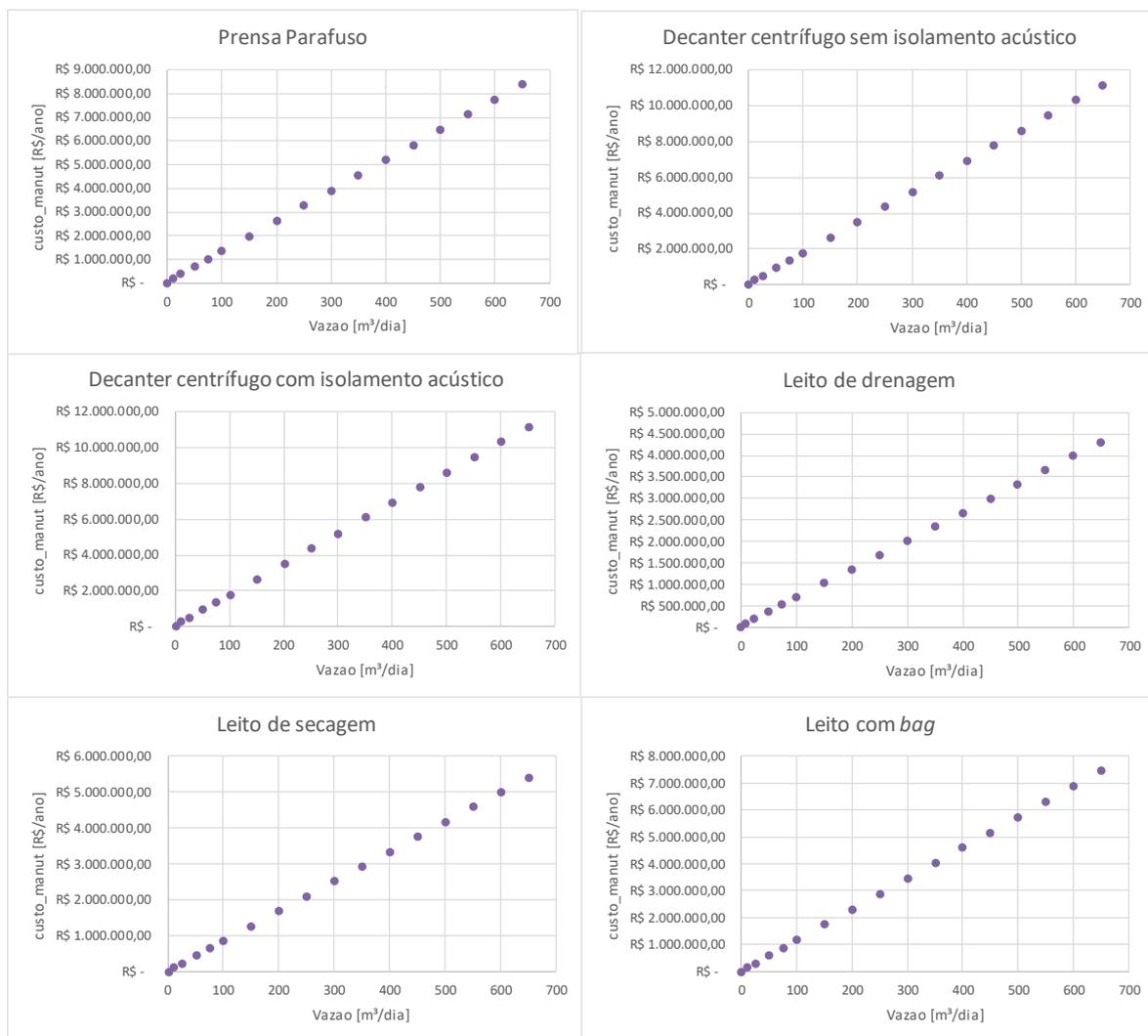
Os gráficos da variável custo\_implant estão agrupados na figura 12 e os gráficos da variável custo\_manut na figura 13.

Figura 12 – Gráficos da variável custo\_implant x vazão



Fonte: Autora

Figura 13 – Gráficos da variável custo\_manut x vazão



Fonte: Autora

Diante desses gráficos, é possível inferir que um modelo linear se ajustaria a praticamente todas as situações. Dessa forma, foi então realizada a regressão linear simples dos dados, com nível de confiança de 95%. Os resultados obtidos são apresentados a seguir.

### 5.2.2.1 Prensa parafuso

Os dados obtidos na regressão linear referente a variável custo\_implant da prensa parafuso são apresentados na tabela 47. Para as regressões não foi utilizado o valor de vazão 0.

Tabela 47 – Estatísticas da regressão linear da variável custo\_implant da prensa parafuso

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,957
R-Quadrado	0,915
R-quadrado ajustado	0,909
Erro padrão	190.453,71
Observações	16

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Interseção	904.661,372	81.754,992	11,066	2,63E-08	729.314,354	1.080.008,390
Variável X 1	2.806,108	228,186	12,297	6,83E-09	2.316,697	3.295,520

Fonte: Autora

É possível então concluir que 91,52% da variação total do custo\_implant da prensa parafuso é explicado pelo modelo ajustado informado na equação 15.

$$\text{custo}_{\text{implant}} = 904661,37 + 2806,11 \cdot \text{vazao} \quad (15)$$

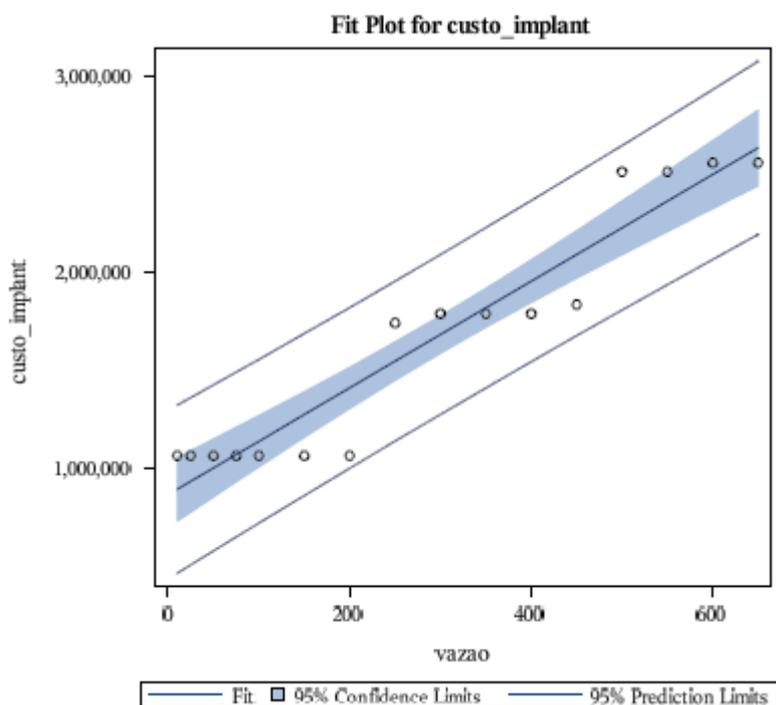
Onde:

$\text{custo}_{\text{implant}}$  = custo total com os investimentos iniciais [R\$];

vazao = vazão de lodo de entrada no sistema [m<sup>3</sup>/dia].

O gráfico 1 apresenta o modelo plotado com seus limites de confiança e de predição. Os limites de confiança referem-se a um intervalo de valores que provavelmente conterá o valor de um parâmetro de interesse, como média ou desvio padrão, porém, não diz nada sobre distribuição de valores individuais. É por isso que os limites de predição serão o intervalo de interesse, onde provavelmente o valor resposta de uma nova observação individual está contido.

Gráfico 1 – Modelo custo\_implant da prensa parafuso



Fonte: Autora

A tabela 48 traz os dados obtidos na regressão linear referente a variável custo\_manut da prensa parafuso.

Tabela 48 – Estatísticas da regressão linear da variável custo\_manut da prensa parafuso

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,99999
<b>R-Quadrado</b>	<b>0,99998</b>
R-quadrado ajustado	0,99998
Erro padrão	11384,509
Observações	16

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Interseção	66.243,539	4.886,964	13,555	1,92853E-09	55.762,044	76.725,035
Variável X 1	12.813,982	13,640	939,441	5,29429E-35	12.784,727	12.843,237

Fonte: Autora

Concluindo então que 99,99% da variação total do custo\_manut da prensa parafuso é explicado pelo modelo ajustado informado na equação 16.

$$\text{custo}_{\text{manut}} = 66243,54 + 12813,98 \cdot \text{vazao} \quad (16)$$

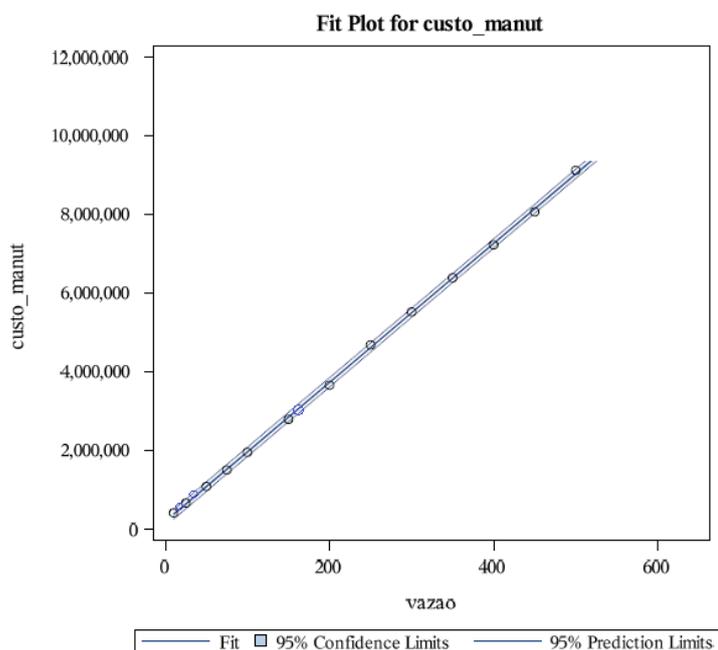
Onde:

Custo<sub>manut</sub> = custo anual com operação e manutenção do sistema [R\$/ano];

vazao = vazão de lodo de entrada no sistema [m<sup>3</sup>/dia].

O gráfico 2 apresenta o modelo plotado com seus limites de confiança e de predição.

Gráfico 2 – Modelo custo\_manut da prensa parafuso



Fonte: Autora

O pequeno intervalo de predição deve-se ao fato do modelo se ajustar quase que perfeitamente aos dados obtidos.

#### 5.2.2.2 Decanter Centrífugo

A regressão linear realizada e os dados resultantes, referente a variável custo\_implant do decanter centrífugo, são apresentados na tabela 49.

Tabela 49 – Estatísticas da regressão linear da variável custo\_implant do decanter centrífugo

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,977
<b>R-Quadrado</b>	<b>0,955</b>
R-quadrado ajustado	0,952
Erro padrão	146.233,879
Observações	16

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Interseção	666.448,289	62.772,994	10,617	4,42894E-08	531.813,608	801.082,971
Variável X 1	3.033,509	175,206	17,314	7,52244E-11	2.657,730	3.409,288

Fonte: Autora

Conclui-se que 95,54% da variação total do custo\_implant do decanter centrífugo é explicado pelo modelo ajustado informado na equação 17.

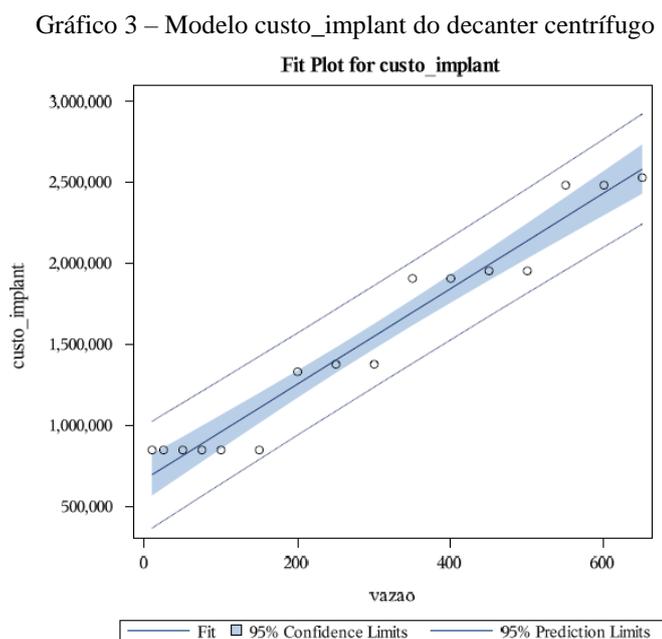
$$\text{custo}_{\text{implant}} = 666448,29 + 3033,51 \cdot \text{vazao} \quad (17)$$

Onde:

$\text{custo}_{\text{implant}}$  = custo total com os investimentos iniciais [R\$];

vazao = vazão de lodo de entrada no sistema [m<sup>3</sup>/dia].

O gráfico 3 apresenta o modelo plotado com seus limites de confiança e de predição.



Fonte: Autora

A regressão linear, referente a variável custo\_manut do decanter centrífugo, foi realizada e os resultados são apresentados na tabela 50.

Tabela 50 – Estatísticas da regressão linear da variável custo\_manut do decanter centrífugo

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,99999
<b>R-Quadrado</b>	<b>0,99998</b>
R-quadrado ajustado	0,99997
Erro padrão	18529,527
Observações	16

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Interseção	96.447,414	7.954,066	12,126	8,18266E-09	79.387,639	113.507,188
Variável X 1	17.035,416	22,201	767,340	8,99756E-34	16.987,800	17.083,031

Fonte: Autora

Logo, pode-se concluir que 99,99% da variação total do custo\_manut do decanter centrífugo é explicado pelo modelo ajustado informado na equação 18.

$$\text{custo}_{\text{manut}} = 96447,41 + 17035,42 \cdot \text{vazao} \quad (18)$$

Onde:

$\text{Custo}_{\text{manut}}$  = custo anual com operação e manutenção do sistema [R\$/ano];

vazao = vazão de lodo de entrada no sistema [m<sup>3</sup>/dia].

Visto que o modelo se ajustou quase perfeitamente aos dados, nesse caso, não há um intervalo de predição.

### 5.2.2.3 Decanter Centrífugo com isolamento acústico

A tabela 51 apresenta os dados obtidos na regressão linear referente a variável  $\text{custo}_{\text{implant}}$  do decanter centrífugo com isolamento acústico.

Tabela 51 – Estatísticas da regressão linear da variável  $\text{custo}_{\text{implant}}$  do decanter centrífugo com isolamento acústico

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,977
<b>R-Quadrado</b>	<b>0,955</b>
R-quadrado ajustado	0,952
Erro padrão	153711,263
Observações	16

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Interseção	692.510,246	65.982,768	10,495	5,1161E-08	550.991,283	834.029,209
Variável X 1	3.179,142	184,165	17,263	7,8289E-11	2.784,148	3.574,135

Fonte: Autora

Sendo assim, é possível concluir que 95,51% da variação total do  $\text{custo}_{\text{implant}}$  do decanter centrífugo com isolamento acústico é explicado pelo modelo ajustado informado na equação 19.

$$\text{custo}_{\text{implant}} = 692510,25 + 3179,14 \cdot \text{vazao} \quad (19)$$

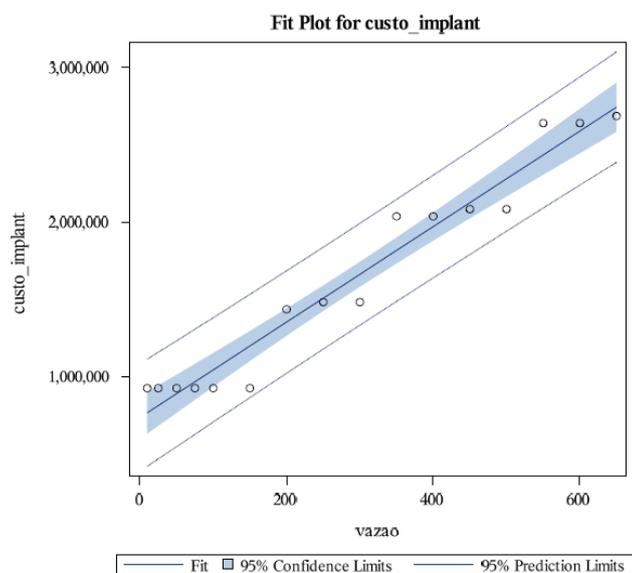
Onde:

$\text{custo}_{\text{implant}}$  = custo total com os investimentos iniciais [R\$];

vazao = vazão de lodo de entrada no sistema [m<sup>3</sup>/dia].

O gráfico 4 apresenta o modelo plotado com seus limites de confiança e de predição.

Gráfico 4 – Modelo custo\_manut do decanter centrífugo com isolamento acústico



Fonte: Autora

Os resultados da regressão linear referente a variável custo\_manut do decanter centrífugo com isolamento acústico são trazidos pela tabela 52.

Tabela 52 – Estatísticas da regressão linear da variável custo\_manut do decanter centrífugo com isolamento acústico

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,99999
<b>R-Quadrado</b>	<b>0,99998</b>
R-quadrado ajustado	0,99997
Erro padrão	18529,527
Observações	16

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Interseção	96.447,414	7.954,066	12,126	8,18266E-09	79.387,639	113.507,188
Variável X 1	17.035,416	22,201	767,340	8,99756E-34	16.987,800	17.083,031

Fonte: Autora

Desse modo, é possível concluir que 99,99% da variação total do custo\_manut do decanter centrífugo com isolamento acústico é explicado pelo modelo ajustado informado na equação 20.

$$\text{custo}_{\text{manut}} = 96447,41 + 17035,42 \cdot \text{vazao} \quad (20)$$

Onde:

Custo<sub>manut</sub> = custo anual com operação e manutenção do sistema [R\$/ano];

vazao = vazão de lodo de entrada no sistema [m<sup>3</sup>/dia].

De modo que, o modelo se ajustou quase perfeitamente aos dados não há um intervalo de predição.

#### 5.2.2.4 Leito de drenagem

Os resultados obtidos através da regressão linear da variável custo\_implant do leito de drenagem estão apresentados na tabela 53.

Tabela 53 – Estatísticas da regressão linear da variável custo\_implant do leito de drenagem

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	1,0000
<b>R-Quadrado</b>	<b>0,9999</b>
R-quadrado ajustado	0,9999
Erro padrão	4617,502
Observações	16

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Interseção	258.219,931	1.982,129	130,274	5,416E-23	253.968,686	262.471,175
Variável X 1	2.371,144	5,532	428,598	3,127E-30	2.359,279	2.383,010

Fonte: Autora

Assim, conclui-se que 99,99% da variação total do custo\_implant do leito de drenagem é explicado pelo modelo ajustado informado na equação 21.

$$\text{custo}_{\text{implant}} = 258219,93 + 2371,14 \cdot \text{vazao} \quad (21)$$

Onde:

custo<sub>implant</sub> = custo total com os investimentos iniciais [R\$];

vazao = vazão de lodo de entrada no sistema [m<sup>3</sup>/dia].

Visto que o modelo se ajustou quase perfeitamente aos dados, nesse caso, não há um intervalo de predição.

A regressão linear foi executada, referente a variável custo\_manut do leito de drenagem, e seus resultados são apresentados na tabela 54.

Tabela 54 – Estatísticas da regressão linear da variável custo\_manut do leito de drenagem

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,9999999
<b>R-Quadrado</b>	<b>0,9999999</b>
R-quadrado ajustado	0,9999999
Erro padrão	483,327
Observações	16

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Interseção	30.768,211	207,475	148,299	8,8368E-24	30.323,222	31.213,201
Variável X 1	6.574,668	0,579	11.353,577	3,7339E-50	6.573,426	6.575,910

Fonte: Autora

Logo, infere-se que 99,99% da variação total do custo\_manut do leito de drenagem é explicado pelo modelo ajustado informado na equação 22.

$$\text{custo}_{\text{manut}} = 30768,21 + 6574,67 \cdot \text{vazao} \quad (22)$$

Onde:

Custo<sub>manut</sub> = custo anual com operação e manutenção do sistema [R\$/ano];

vazao = vazão de lodo de entrada no sistema [m<sup>3</sup>/dia].

Já que o modelo se ajustou quase perfeitamente aos dados não há um intervalo de predição.

#### 5.2.2.5 Leito de secagem

Os dados apresentados na tabela 55, foram obtidos na regressão linear referente a variável custo\_implant do leito de secagem.

Tabela 55 – Estatísticas da regressão linear da variável custo\_implant do leito de secagem

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	1,0000
<b>R-Quadrado</b>	<b>0,9999</b>
R-quadrado ajustado	0,9999
Erro padrão	4617,502
Observações	16

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Interseção	258.219,931	1.982,129	130,274	5,41582E-23	253.968,686	262.471,175
Variável X 1	2.814,796	5,532	508,791	2,83347E-31	2.802,930	2.826,661

Fonte: Autora

Entende-se que 99,99% da variação total do custo\_implant do leito de secagem é explicado pelo modelo ajustado informado na equação 23.

$$\text{custo}_{\text{implant}} = 258219,93 + 2814,80 \cdot \text{vazao} \quad (23)$$

Onde:

$\text{custo}_{\text{implant}}$  = custo total com os investimentos iniciais [R\$];

vazao = vazão de lodo de entrada no sistema [m<sup>3</sup>/dia].

Posto que, o modelo se ajustou quase perfeitamente aos dados não há um intervalo de predição.

O resultado da regressão linear referente a variável custo\_manut do leito de secagem é trazido na tabela 56.

Tabela 56 – Estatísticas da regressão linear da variável custo\_manut do leito de secagem

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	1,0000000
<b>R-Quadrado</b>	<b>0,9999999</b>
R-quadrado ajustado	0,9999999
Erro padrão	483,327
Observações	16

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Interseção	30.768,211	207,475	148,299	8,837E-24	30.323,222	31.213,201
Variável X 1	8.290,208	0,579	14.316,087	1,454E-51	8.288,966	8.291,451

Fonte: Autora

Contata-se que 99,99% da variação total do custo\_manut do leito de secagem é explicado pelo modelo ajustado informado na equação 24.

$$\text{custo}_{\text{manut}} = 30768,21 + 8290,21 \cdot \text{vazao} \quad (24)$$

Onde:

$\text{Custo}_{\text{manut}}$  = custo anual com operação e manutenção do sistema [R\$/ano];

vazao = vazão de lodo de entrada no sistema [m<sup>3</sup>/dia].

Dado que o modelo se ajustou quase perfeitamente aos dados não há um intervalo de predição.

### 5.2.2.6 Leito com bags

A regressão linear referente a variável custo\_implant do leito com *bags* foi realizada e os dados obtidos são apresentados na tabela 57.

Tabela 57 – Estatísticas da regressão linear da variável custo\_implant do leito com *bags*

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,99999
<b>R-Quadrado</b>	<b>0,99999</b>
R-quadrado ajustado	0,99999
Erro padrão	4647,314
Observações	16

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Interseção	314.341,304	1.994,926	157,570	3,78245E-24	310.062,613	318.619,996
Variável X 1	6.039,574	5,568	1.084,685	7,07516E-36	6.027,632	6.051,516

Fonte: Autora

Dessa forma, conclui-se que 99,99% da variação total do custo\_implant do leito com *bags* é explicado pelo modelo ajustado informado na equação 25.

$$\text{custo}_{\text{implant}} = 314341,30 + 6039,57 \cdot \text{vazao} \quad (25)$$

Onde:

custo<sub>implant</sub> = custo total com os investimentos iniciais [R\$];

vazao = vazão de lodo de entrada no sistema [m<sup>3</sup>/dia].

Como o modelo se ajustou quase perfeitamente aos dados, não há um intervalo de predição.

Os resultados da regressão linear referente a variável custo\_manut do leito com *bags* são apresentados na tabela 58.

Tabela 58 – Estatísticas da regressão linear da variável custo\_manut do leito com *bags*

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,99999998
<b>R-Quadrado</b>	<b>0,99999996</b>
R-quadrado ajustado	0,99999996
Erro padrão	497,450
Observações	16

	<i>Coeficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>	<i>95% superiores</i>
Interseção	30.740,769	213,537	143,960	1,339E-23	30.282,777	31.198,761
Variável X 1	11.445,581	0,596	19.203,851	2,38E-53	11.444,303	11.446,860

Fonte: Autora

Conclui-se, portanto, que 99,99% da variação total do custo\_manut do leito com *bags* é explicado pelo modelo ajustado informado na equação 26.

$$\text{custo}_{\text{manut}} = 30740,77 + 11445,58 \cdot \text{vazao} \quad (26)$$

Onde:

$\text{Custo}_{\text{manut}}$  = custo anual com operação e manutenção do sistema [R\$/ano];

vazao = vazão de lodo de entrada no sistema [m<sup>3</sup>/dia].

Uma vez que o modelo se ajustou quase perfeitamente aos dados não há um intervalo de predição.

### 5.2.3 Discussões dos resultados

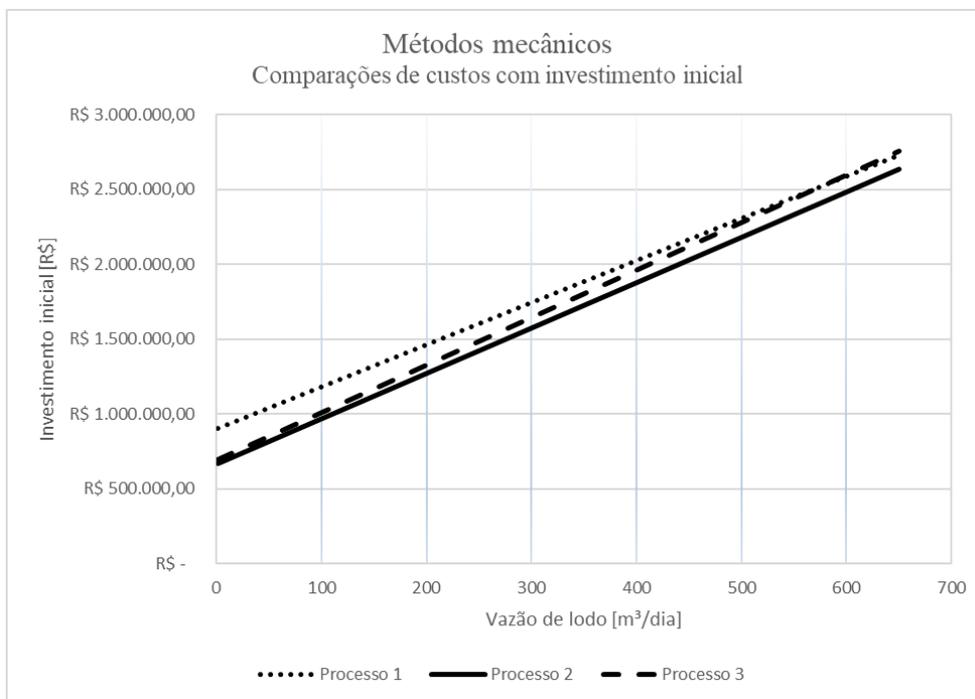
O coeficiente R<sup>2</sup>, também denominado Coeficiente de Determinação, indica a proporção da variabilidade da variável resposta que é explicada pelo modelo de regressão. Em todos os modelos propostos, o coeficiente R<sup>2</sup> foi maior que 0,90, ou seja, mais de 90% das variações dos custos foram explicados pelos modelos.

Levando em conta que a vazão de entrada de lodo foi o dado principal para o dimensionamento dos sistemas, era esperado que utilizá-lo como a variável independente construísse modelos com coeficiente de determinação elevado. O ajuste quase perfeito, obtido para alguns processos, é explicado pelo fato de todos os custos considerados terem derivado, primariamente, da variável vazão de entrada de lodo. Ou seja, os custos levantados tiveram como determinante essa mesma variável.

Observando tão somente os modelos financeiros desenvolvidos dos métodos mecânicos, constata-se que quanto aos investimentos iniciais, a prensa parafuso foi o sistema que apresentou maiores valores. Porém, à medida que a vazão de lodo tratado aumenta, a diferença entre ela e o decanter centrífugo, com ou sem isolamento acústico, diminui. Com vazões próximas ao limite do modelo, que é 650 m<sup>3</sup>/dia, essa diferença é aproximadamente 4% somente. Quanto aos custos com operação e manutenção, até uma vazão em torno de 13 m<sup>3</sup>/dia os maiores valores são encontrados para o sistema com prensa parafuso e a partir daí o sistema com decanter centrífugo passa a apresentar custos maiores. São conclusões que vão de encontro à literatura: sistemas com decanter centrífugo são de baixo investimento inicial, porém demandam maiores gastos de energia elétrica e manutenções mais frequentes, o que

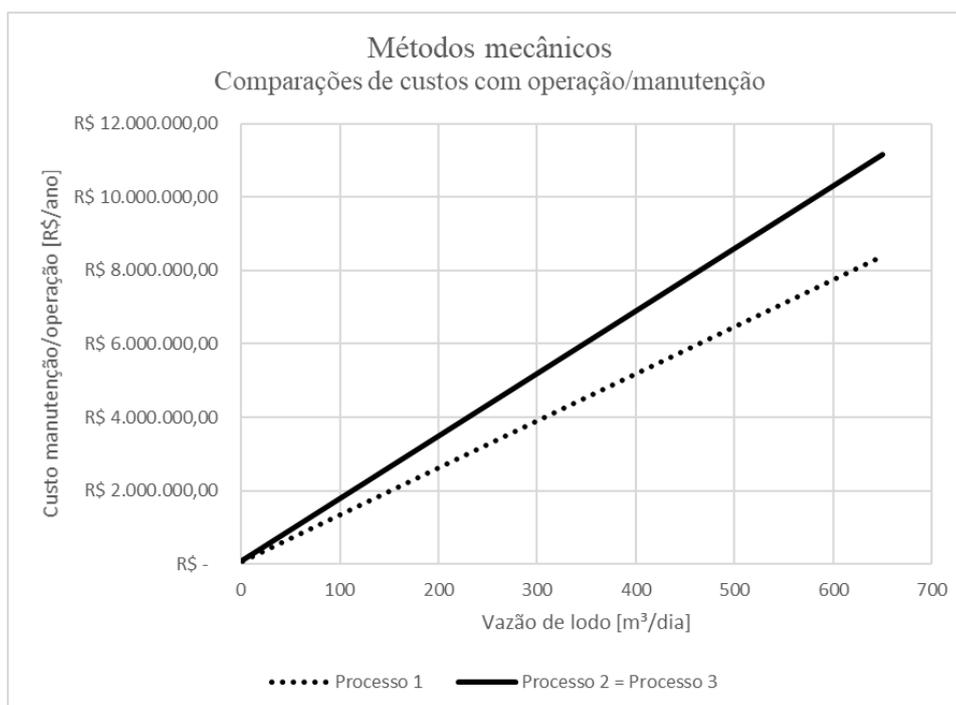
eleva o custo de operação a longo prazo. Os gráficos 5 e 6 ilustram essas observações apresentadas.

Gráfico 5 – Comparação do investimento inicial dos métodos mecânicos através dos modelos desenvolvidos



Fonte: Autora

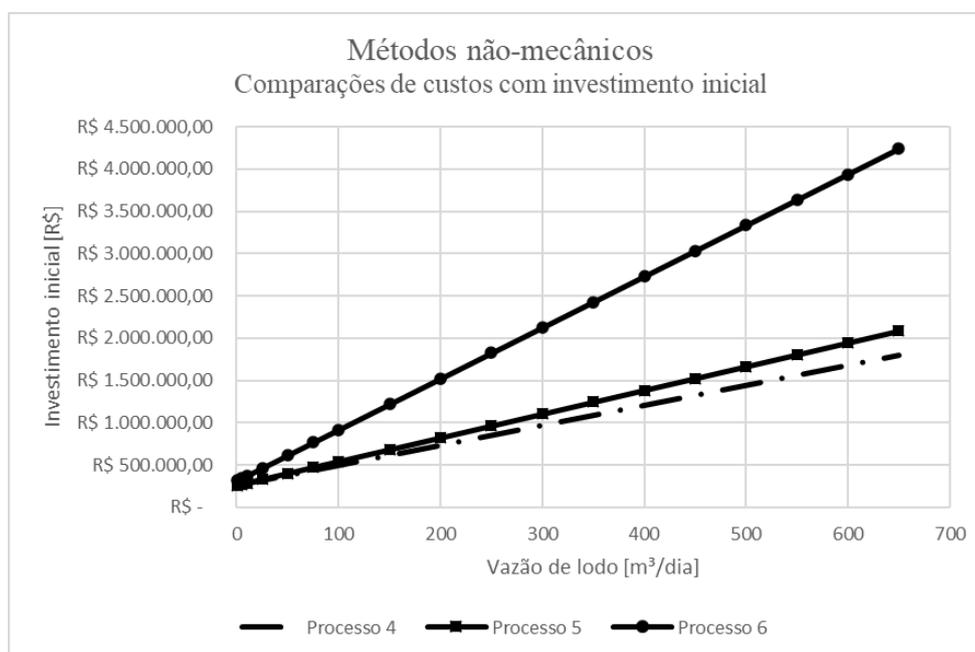
Gráfico 6 – Comparação dos custos de operação/manutenção dos métodos mecânicos através dos modelos desenvolvidos



Fonte: Autora

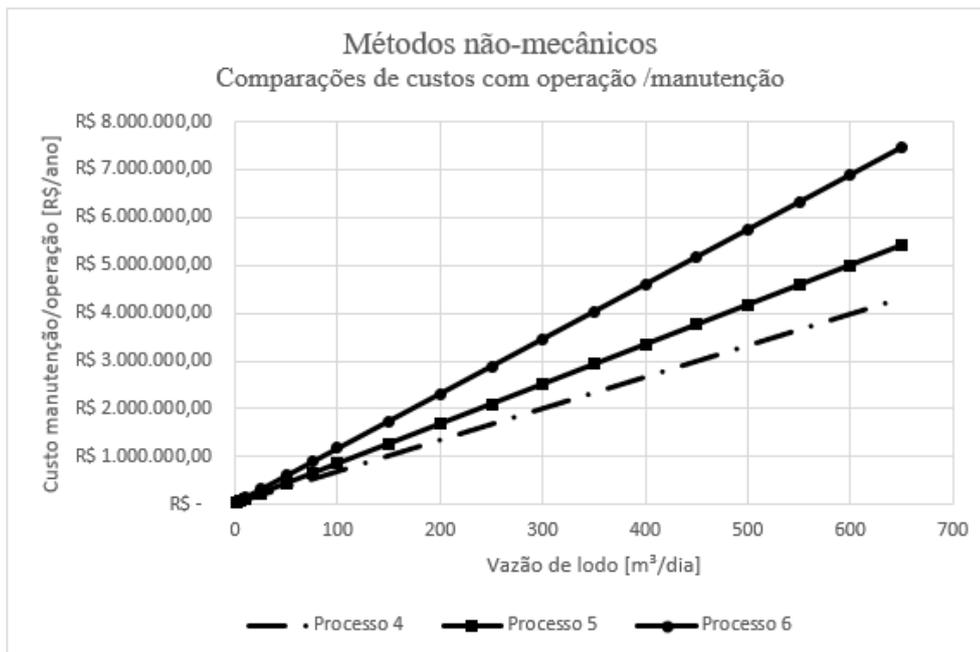
Verificando agora os modelos financeiros elaborados para os métodos não-mecânicos, quanto aos investimentos iniciais, observa-se que o sistema de leito com *bags* é aquele que apresenta os maiores valores ao longo de toda variação da vazão de entrada de lodo. O mesmo acontece para os custos com operação e manutenção. Isso pode ser explicado pela presença de um elemento adicional no sistema: o *bag*. Ele é ideal para sistemas com baixa vazão, porque à medida que essa aumenta, são necessários um número maior de *bags*. Isso eleva os custos iniciais e de operação/manutenção. O que pode ser percebido também por meio dos modelos criados. Os gráficos 7 e 8 fazem a comparação dos modelos dos métodos não-mecânicos.

Gráfico 7 – Comparação do investimento inicial dos métodos não-mecânicos através dos modelos desenvolvidos



Fonte: Autora

Gráfico 8 – Comparação dos custos de operação/manutenção dos métodos não-mecânicos através dos modelos desenvolvidos



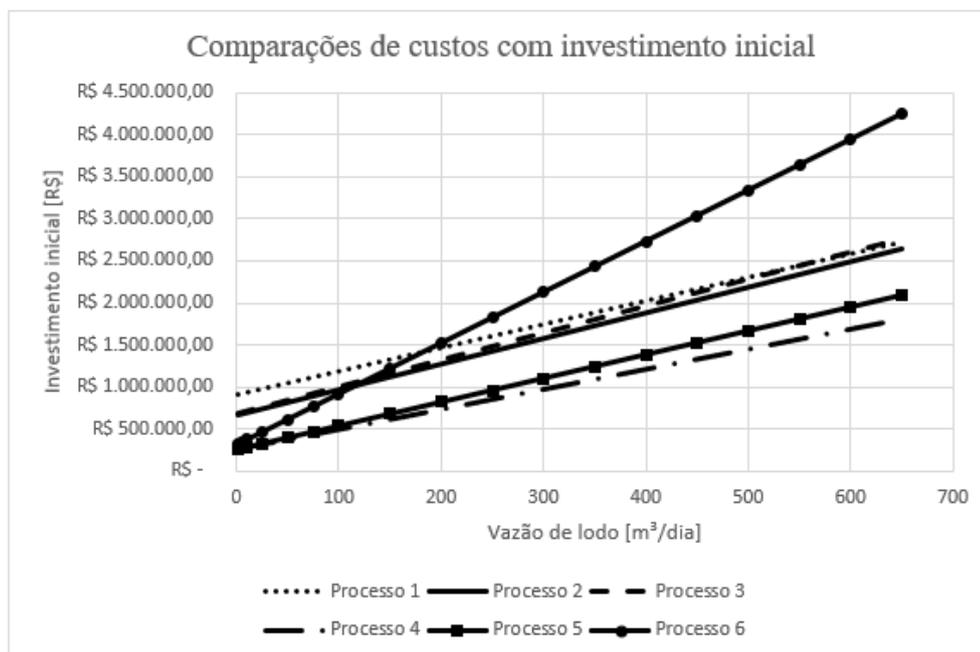
Fonte: Autora

A comparação de custos entre métodos mecânicos e não-mecânicos também pode ser feita mediante os modelos e é trazida pelos gráficos 9 e 10. Porém, a definição do tipo de sistema a ser adotado, mecânico ou não, geralmente acontece na fase de análise técnica. As características da ETA, os fatores de análise e o destino do lodo levarão a adoção de um ou outro tipo de sistema. Assim, a análise financeira passa a ser feita dentro de um desses grupos.

Assim como esperado, os modelos demonstraram que sistemas mecânicos possuem custos maiores, tanto de implantação como de operação/manutenção, do que sistemas não-mecânicos, com exceção do leito com *bags*, fato já comentado.

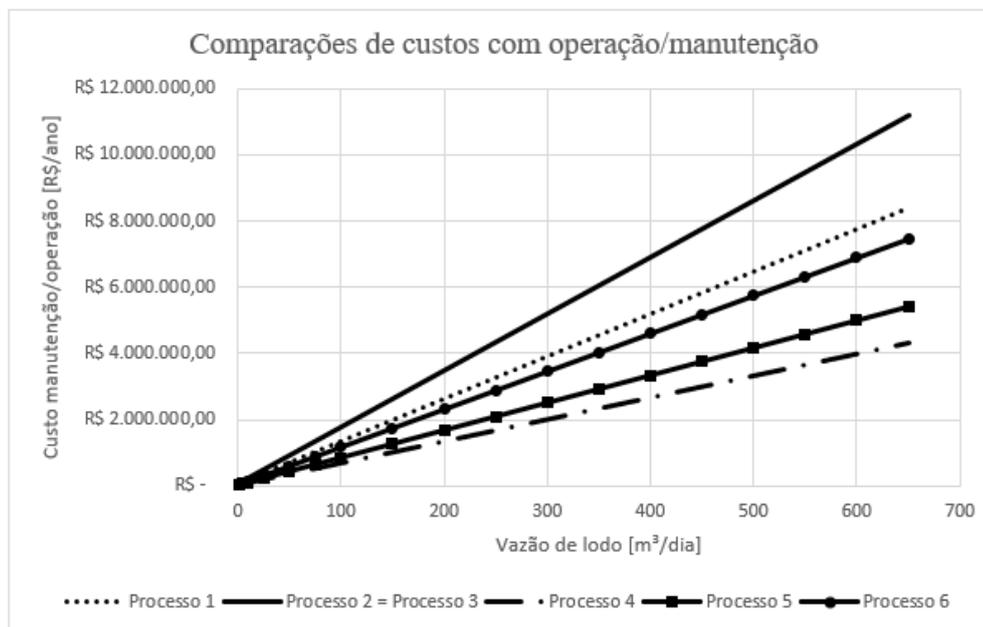
Pelo gráfico 9, pode-se concluir que para vazões de lodo maiores que 180 m³/dia, o sistema de leito com *bags* não é recomendável, devido o custo elevado de implantação.

Gráfico 9 – Comparação do investimento inicial dos métodos através dos modelos desenvolvidos



Fonte: Autora

Gráfico 10 – Comparação dos custos de operação/manutenção dos métodos através dos modelos desenvolvidos



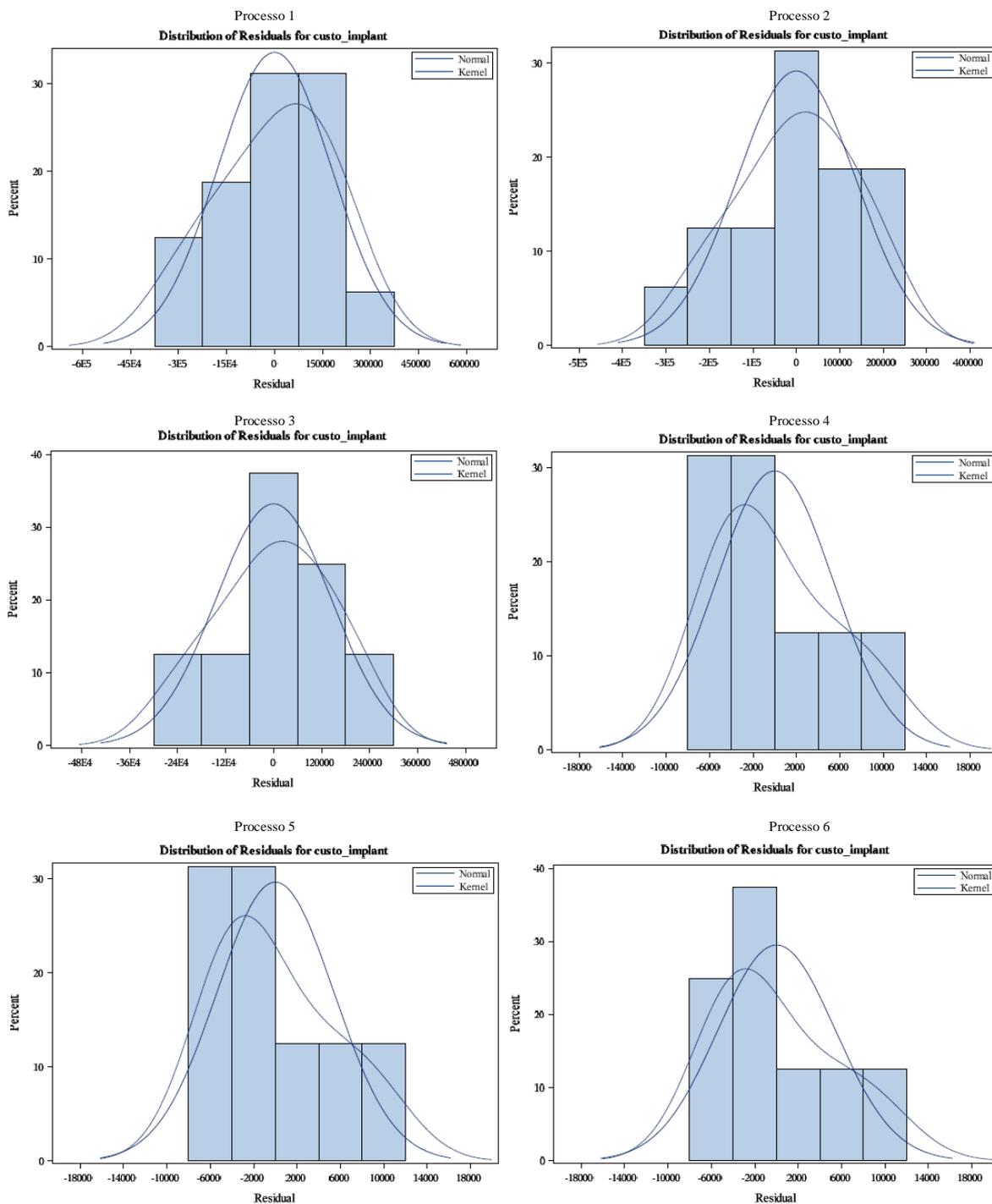
Fonte: Autora

## 5.2.4 Validação dos modelos

A validação do ajuste linear e das suposições dos modelos foi realizada através de uma análise dos resíduos. Primeiramente, foi realizada a análise com o histograma de resíduos. Os

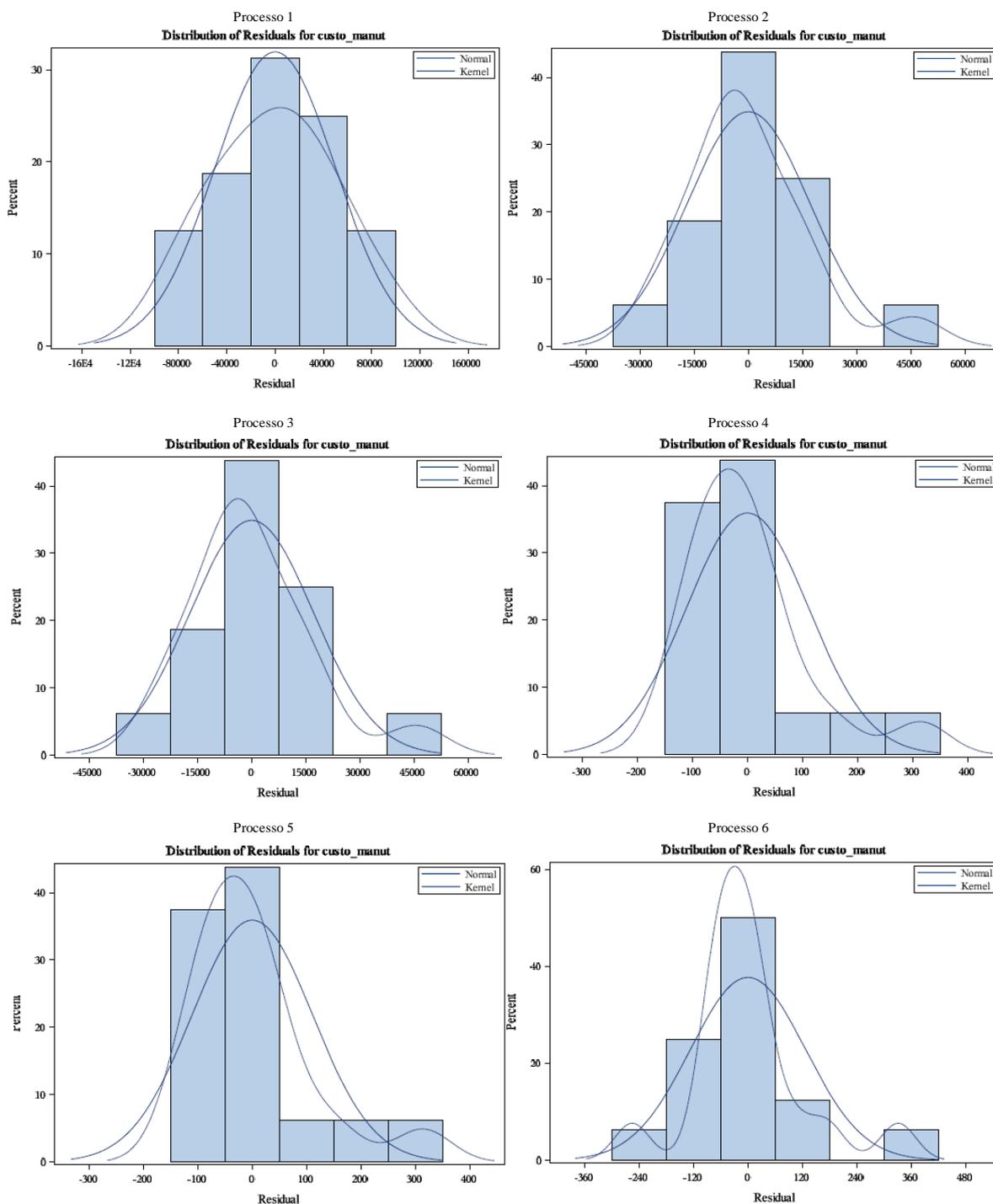
histogramas foram plotados, e analisados quanto a concordância com uma curva normal padrão. As figuras 14 e 15 trazem os resultados dessa análise.

Figura 14 – Histograma de resíduos da variável custo\_implant



Fonte: Autora

Figura 15 – Histograma de resíduos da variável custo\_manut

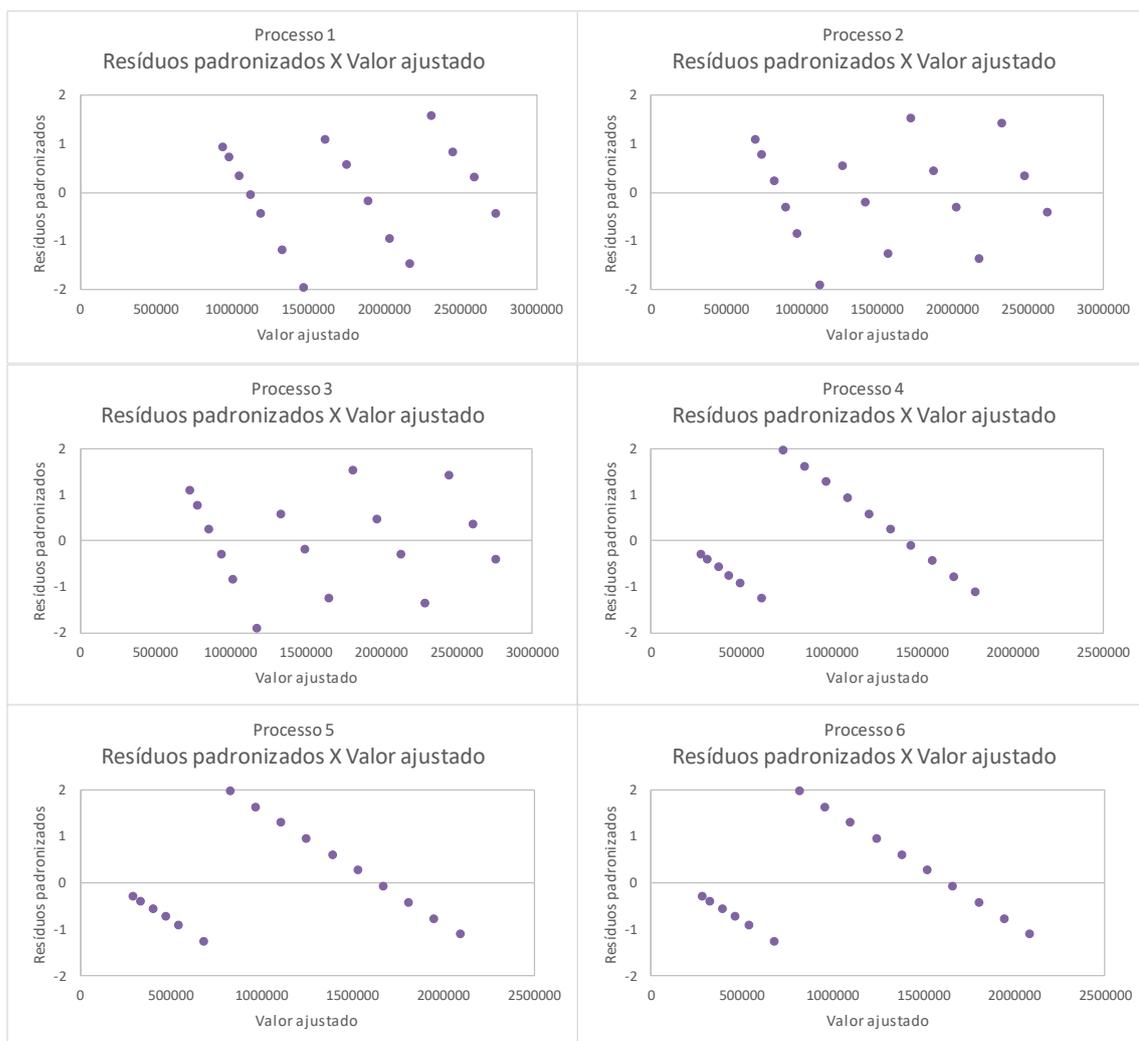


Fonte: Autora

Com os histogramas, das figuras 17 e 18, foi possível verificar que, em todos os casos, houve a aderência com a curva normal dos resíduos. Nesse caso, considera-se que a distribuição dos erros teve caráter aleatório, portanto o modelo de regressão linear é julgado adequado para essas situações.

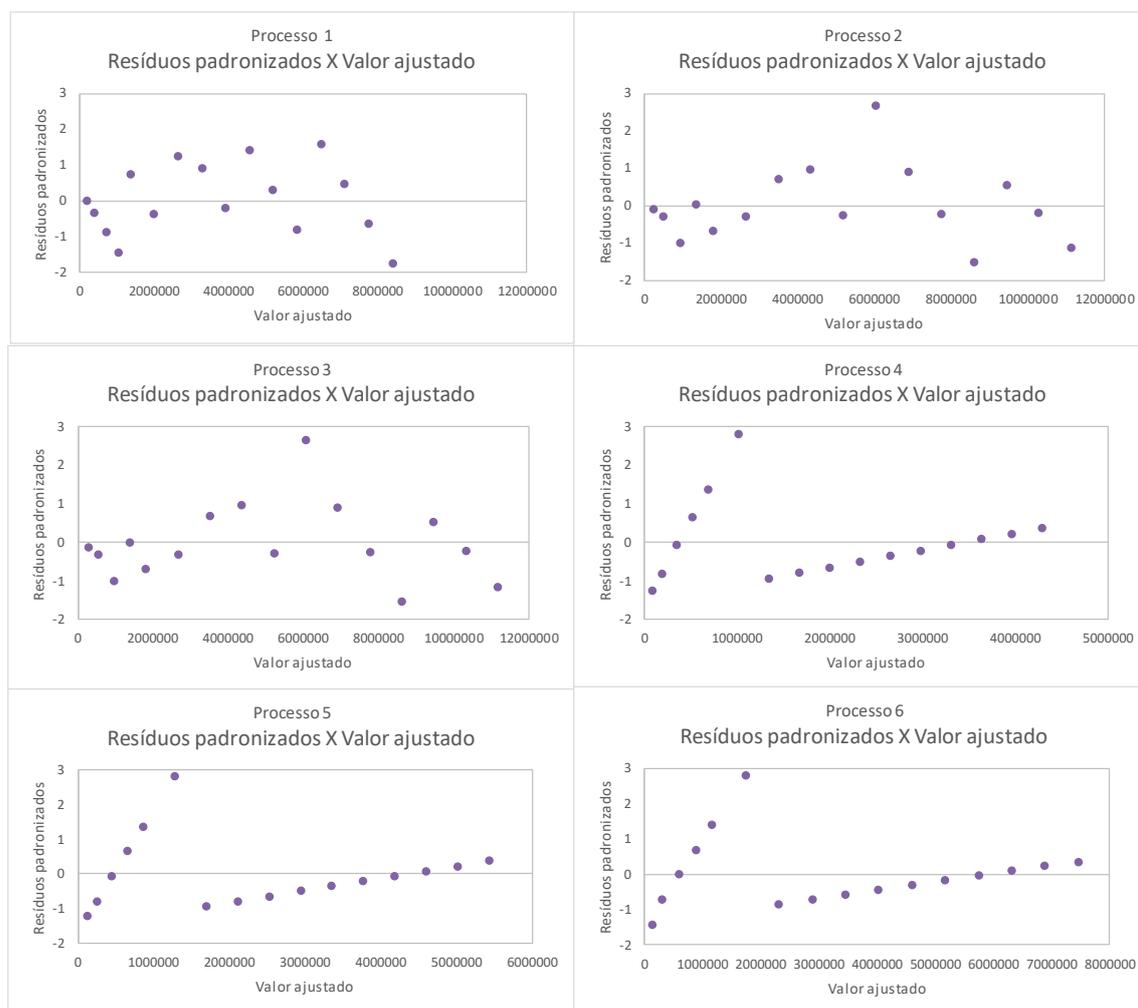
Outro método utilizado para testar o ajuste linear foi a análise do gráfico dos resíduos padronizados em função do valor ajustado. O ajuste é considerado bom quando os resíduos não seguem uma tendência curvilínea. As figuras 16 e 17 apresentam os resultados dessa análise.

Figura 16 – Gráficos dos resíduos padronizados em função do valor ajustado para a variável custo\_implant



Fonte: Autora

Figura 17 – Gráficos dos resíduos padronizados em função do valor ajustado para a variável custo\_manut



Fonte: Autora

Com as figuras apresentadas percebe-se que os resíduos seguem um padrão aleatório em todos os casos, e não curvilíneo. Sendo assim, o ajuste linear utilizado pode ser considerado adequado para essa situação.

Com o ajuste linear testado e validado, a próxima etapa foi a avaliação da capacidade preditora dos modelos de regressão elaborados. Para a estimativa de custos de investimentos iniciais, dados diferentes daqueles utilizados no desenvolvimento dos modelos foram coletados e usados para comparar seus valores com aqueles obtidos pelas formulações. Os resultados são apresentados a seguir.

Tabela 59 – Comparação da variável custo\_implant para o sistema com prensa parafuso

<b>Prensa Parafuso - SEMASA Itajaí (ANEXO P)</b>		
$V_L =$	480	m <sup>3</sup> /dia
custo_implant =	R\$ 2.248.066,78	set/17
custo_implant =	R\$ 2.649.141,68	dez/19
custo_implant modelado =	R\$ 2.251.594,17	
Capacidade preditora do modelo nessa situação	85%	

Fonte: Autora

O orçamento da prensa parafuso foi analisado, de forma a considerar itens iguais ou semelhantes àqueles usados na construção dos modelos. Nessa situação, o modelo demonstrou uma capacidade preditora de 85%.

Tabela 60 – Comparação da variável custo\_implant para o sistema com decanter centrífugo

<b>Centrífuga - Canela (ANEXO Q)</b>		
$V_L =$	288	m <sup>3</sup> /dia
custo_implant =	R\$ 1.231.439,00	mar/18
custo_implant =	R\$ 1.409.652,61	dez/19
custo_implant modelado =	R\$ 1.540.099,17	
Capacidade preditora do modelo nessa situação	92%	

<b>Centrífuga - Panambi (ANEXO R)</b>		
$V_L =$	192	m <sup>3</sup> /dia
custo_implant =	R\$ 1.237.685,49	abr/19
custo_implant =	R\$ 1.300.157,79	dez/19
custo_implant =	R\$ 1.248.882,21	
Capacidade preditora do modelo nessa situação	96%	

Fonte: Autora

Os orçamentos relativos aos sistemas que utilizaram decanters centrífugos foram analisados de forma a considerar itens iguais ou semelhantes àqueles usados na construção dos modelos. Nessa situação, o modelo demonstrou uma capacidade preditora acima de 90%.

Tabela 61 – Comparação da variável custo\_implant para o sistema com leito de drenagem

<b>Leito de drenagem - Encruzilhada do Sul (ANEXO S)</b>					
$V_L =$		40	m <sup>3</sup> /dia		
<b>IV - Leitões de secagem</b>		<b>III - Reservatório de acumulação</b>			
Serviços técnicos	R\$	3.852,50	Serviços técnicos	R\$	395,30
Movimentação solo	R\$	11.231,15	Movimentação solo	R\$	17.065,47
Esgotamento	R\$	2.368,10	Escoramento		-
Assentamento/carga	R\$	6.396,48	Esgotamento	R\$	821,10
Revestimento	R\$	11.302,11	Assentamento/carga		-
Instalações produção	R\$	1.813,87	Fechamento	R\$	18.294,96
Fornecimento de materiais.	R\$	77.785,65	Revestimento	R\$	28.984,63
<b>TOTAL</b>	<b>R\$</b>	<b>114.749,86</b>	Instalações produção	R\$	7.686,01
			Fornecimento de materiais.	R\$	119.829,60
			<b>TOTAL</b>	<b>R\$</b>	<b>193.077,07</b>
<p>custo_implant = R\$ 307.826,93 jul/17            custo_implant = R\$ 360.494,30 dez/19</p> <p>custo_implant modelado = R\$ 353.065,53</p> <p>Capacidade preditora do modelo nessa situação 98%</p>					

Fonte: Autora

O orçamento do sistema com leito de drenagem foi analisado, de forma a considerar itens iguais ou semelhantes àqueles usados na construção dos modelos. Nessa situação, o modelo demonstrou uma capacidade preditora acima de 90%.

Tabela 62 – Comparação da variável custo\_implant para o sistema com leito com *bags*

Leito com bags - Garibaldi (ANEXO T)			
$V_L =$	2,83	$m^3/dia$	
<b>V - Leito para bags</b>		<b>VI - Tanque de equalização de lodo</b>	
Serviços técnicos	R\$ 2.918,19	Serviços técnicos	R\$ 1.357,92
Movimentação solo	R\$ 5.038,09	Movimentação solo	R\$ 11.328,16
Esgotamento	R\$ 203,91	Escoramento	R\$ 18.415,54
Assentamento/carga	-	Esgotamento	R\$ 2.466,34
Revestimento	R\$ 12.847,78	Assentamento/carga	-
Instalações produção	R\$ 1.546,33	Fechamento	R\$ 45.236,89
Fornecimento de materiais.	R\$ 18.186,85	Revestimento	R\$ 25.112,13
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 40.741,15</b>	Instalações produção	R\$ 10.905,65
		Fornecimento de materiais.	R\$ 145.511,43
		<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 260.334,06</b>
custo_implant =	R\$ 301.075,21	jun/18	
custo_implant =	R\$ 335.878,96	dez/19	
custo_implant modelado =	R\$ 331.433,28		
Capacidade preditora do modelo nessa situação	99%		

Fonte: Autora

O orçamento do sistema com leito com *bags* foi analisado, de forma a considerar itens iguais ou semelhantes àqueles usados na construção dos modelos. Nessa situação, o modelo demonstrou uma capacidade preditora de 99%.

Há diversos fatores que podem levar a alguma discrepância entre os valores comparados, como fornecedores considerados, topografia e geologia do terreno, que impactam diretamente no item de movimentação de terra que é um fator importante no valor do orçamento, instalações complementares que foram considerados na etapa de anteprojeto, tipo de impermeabilização escolhida, dentre outros particulares a cada sistema ou projeto.

Mas ainda assim, os modelos demonstraram, nesse primeiro momento, uma satisfatória capacidade de previsão das estimativas de custos de implantação, ou seja, são capazes de estimar a grandeza dos valores envolvidos. Sendo assim, poderiam ser empregados na análise da viabilidade financeira dos projetos de sistema de tratamento de resíduos das ETA.

### 5.2.5 Comparação dos projetos

Como última etapa da análise de viabilidade dos projetos, eles foram comparados através do cálculo do VPL. Para isso foi utilizado o programa Excel®.

A taxa de juros considerada foi 7,05% a.a, calculada conforme apresentado na metodologia.

O período de análise foi de 20 anos.

Os resultados estão apresentados na tabela 63.

Tabela 63 – VPL calculados

Vazão de lodo [m³/dia]	VPL					
	Prensa parafuso	Centrifuga sem isolamento	Centrifuga com isolamento	Leito de drenagem	Leito de secagem	Leito com bags
10	-R\$ 2.951.517,81	-R\$ 3.406.697,79	-R\$ 3.438.774,74	-R\$ 1.208.329,95	-R\$ 1.381.668,43	-R\$ 1.773.080,09
25	-R\$ 4.811.092,41	-R\$ 5.893.031,63	-R\$ 5.925.108,59	-R\$ 2.215.763,24	-R\$ 2.649.109,44	-R\$ 3.554.998,00
50	-R\$ 7.910.383,40	-R\$ 9.973.045,05	-R\$ 10.005.122,00	-R\$ 3.894.818,73	-R\$ 4.761.511,12	-R\$ 6.520.679,08
75	-R\$ 11.009.674,40	-R\$ 14.352.569,87	-R\$ 14.384.646,83	-R\$ 5.573.874,21	-R\$ 6.873.912,80	-R\$ 9.486.360,16
100	-R\$ 14.405.424,08	-R\$ 18.427.935,03	-R\$ 18.460.011,99	-R\$ 7.252.929,70	-R\$ 8.986.314,49	-R\$ 12.452.041,24
150	-R\$ 20.604.006,07	-R\$ 26.895.120,15	-R\$ 26.927.197,10	-R\$ 10.611.040,66	-R\$ 13.211.117,85	-R\$ 18.383.403,40
200	-R\$ 27.099.046,75	-R\$ 35.941.034,60	-R\$ 35.999.224,65	-R\$ 13.959.999,81	-R\$ 17.426.769,39	-R\$ 24.305.613,74
250	-R\$ 34.034.218,77	-R\$ 44.431.708,91	-R\$ 44.489.898,96	-R\$ 17.312.111,49	-R\$ 21.645.573,47	-R\$ 30.230.976,61
300	-R\$ 40.276.286,07	-R\$ 52.613.134,94	-R\$ 52.671.324,99	-R\$ 20.664.223,18	-R\$ 25.864.377,55	-R\$ 36.156.339,49
350	-R\$ 46.771.326,75	-R\$ 62.039.483,09	-R\$ 62.122.077,61	-R\$ 24.016.334,86	-R\$ 30.083.181,63	-R\$ 42.081.702,36
400	-R\$ 52.969.908,74	-R\$ 70.131.046,26	-R\$ 70.213.640,78	-R\$ 27.368.446,54	-R\$ 34.301.985,70	-R\$ 48.007.065,23
450	-R\$ 59.211.976,04	-R\$ 78.374.635,05	-R\$ 78.457.229,57	-R\$ 30.720.558,22	-R\$ 38.520.789,78	-R\$ 53.932.428,11
500	-R\$ 66.443.606,75	-R\$ 86.549.104,11	-R\$ 86.631.698,63	-R\$ 34.072.669,91	-R\$ 42.739.593,86	-R\$ 59.857.790,98
550	-R\$ 72.642.188,74	-R\$ 95.823.461,64	-R\$ 95.932.169,26	-R\$ 37.424.781,59	-R\$ 46.958.397,94	-R\$ 65.783.153,85
600	-R\$ 78.884.256,04	-R\$ 104.092.649,84	-R\$ 104.201.357,46	-R\$ 40.776.893,27	-R\$ 51.177.202,01	-R\$ 71.708.516,73
650	-R\$ 85.082.838,03	-R\$ 112.371.144,14	-R\$ 112.479.851,76	-R\$ 44.129.004,95	-R\$ 55.396.006,09	-R\$ 77.633.879,60

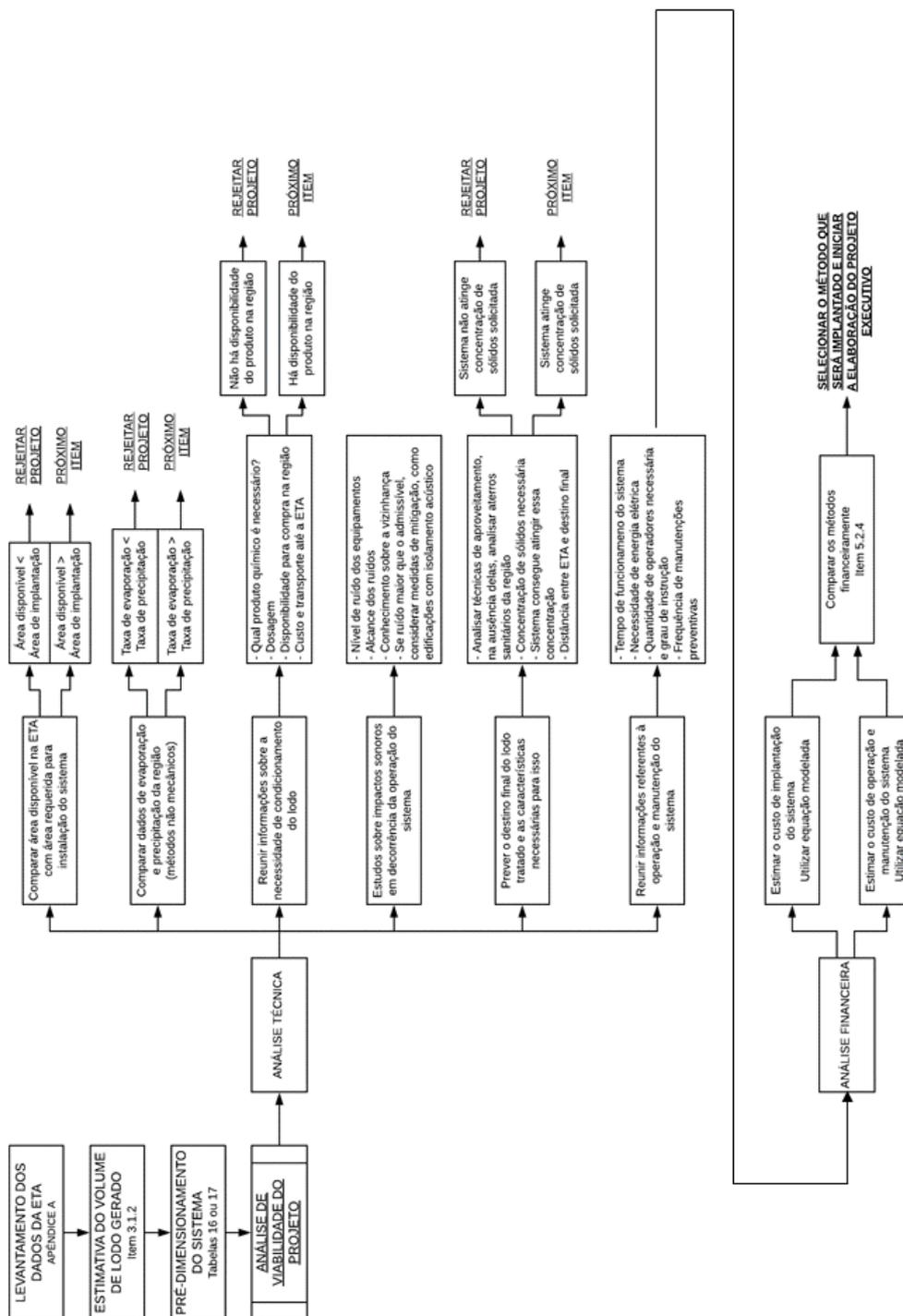
Nesse caso, o VPL sempre resultou em um número negativo. Isso porque, o projeto de tratamento do lodo de ETA não apresenta receitas, por não se tratar de um projeto que vise o lucro sobre um produto.

Para avaliar esses resultados, pode-se pensar que o método mais atrativo é aquele que apresentar maior valor de VPL, que nesse caso seriam as menores despesas e investimentos. Para os métodos mecânicos seria a prensa parafuso e para os métodos não mecânico o leito de drenagem.

### 5.3 RESUMO DA METODOLOGIA DESENVOLVIDA

O fluxograma da figura 18 resume a metodologia que foi elaborada durante a pesquisa para subsidiar a tomada de decisão sobre o método de desidratação de lodo apropriado para implantação.

Figura 18 – Fluxograma da metodologia desenvolvida



Fonte: Autora

As funções desenvolvidas para estimar os custos envolvidos nos sistemas de tratamento estão resumidas na tabela 64.

Tabela 64 – Funções de estimativa de custos de sistema de tratamento de lodo

	<b>Funções custo</b>
<b>Processo 1: prensa parafuso</b>	$\text{custo}_{\text{implant}} = 904661,37 + 2806,11 \cdot \text{vazao}$
	$\text{custo}_{\text{manut}} = 66243,54 + 12813,98 \cdot \text{vazao}$
<b>Processo 2: centrífuga</b>	$\text{custo}_{\text{implant}} = 666448,29 + 3033,51 \cdot \text{vazao}$
	$\text{custo}_{\text{manut}} = 96447,41 + 17035,42 \cdot \text{vazao}$
<b>Processo 3: centrífuga com isolamento acústico</b>	$\text{custo}_{\text{implant}} = 692510,25 + 3179,14 \cdot \text{vazao}$
	$\text{custo}_{\text{manut}} = 96447,41 + 17035,42 \cdot \text{vazao}$
<b>Processo 4: leito de drenagem</b>	$\text{custo}_{\text{implant}} = 258219,93 + 2371,14 \cdot \text{vazao}$
	$\text{custo}_{\text{manut}} = 30768,21 + 6574,67 \cdot \text{vazao}$
<b>Processo 5: leito de secagem</b>	$\text{custo}_{\text{implant}} = 258219,93 + 2814,80 \cdot \text{vazao}$
	$\text{custo}_{\text{manut}} = 30768,21 + 8290,21 \cdot \text{vazao}$
<b>Processo 6: leito com bags</b>	$\text{custo}_{\text{implant}} = 314341,30 + 6039,57 \cdot \text{vazao}$
	$\text{custo}_{\text{manut}} = 30740,77 + 11445,58 \cdot \text{vazao}$

Onde:

$\text{custo}_{\text{implant}}$  = custo total com os investimentos iniciais [R\$];

$\text{custo}_{\text{manut}}$  = custo anual com operação e manutenção do sistema [R\$/ano];

vazao = vazão de lodo de entrada no sistema [m<sup>3</sup>/dia].

Fonte: Autora

## 6 CONCLUSÕES

Reconhecendo uma deficiência no estudo de viabilidade de projetos de tratamento de lodo de ETA, foi desenvolvida uma metodologia que pode auxiliar projetistas e gestores na decisão sobre o método de desidratação adequado para aplicação em ETA.

Os métodos identificados como mais utilizados ou com potencial de utilização foram: prensa parafuso, decanter centrífugo (com e sem isolamento acústico), leito de drenagem, leito de secagem e leito com *bags*. Sendo assim, foram esses os sistemas estudados. Como procedimento de destinação final do lodo tratado, o aterro sanitário foi identificado como amplamente empregado nas ETA que já tratam os resíduos. Porém, pesquisas sobre o aproveitamento do lodo tratado na construção civil, na recuperação de solos degradados e na regeneração dos coagulantes são desenvolvidas, adequando-se à legislação vigente e favorecendo a valorização do resíduo.

A metodologia elaborada foi dividida em duas etapas consecutivas, a primeira da análise técnica e a segunda da análise financeira.

A análise técnica tem como objetivo reconhecer, através de fatores, variáveis e/ou indicadores, aqueles sistemas que podem ser implantados na ETA e que irão operar de maneira eficiente dentro das condições de contorno identificadas. Sob esse aspecto, foram caracterizados como fatores decisivos: a área necessária para implantação do sistema, as condições climáticas da região, a necessidade de condicionamento do lodo, o destino final pretendido e as condições de operação ao longo de sua vida útil. Essa etapa pode ser considerada seletiva, ou seja, os sistemas que não se adequam em alguns dos fatores não devem ser considerados na próxima etapa.

A análise financeira objetiva estimar os custos necessários para implantar o sistema e para operá-lo. E com isso, compará-los entre si para que o mais adequado e satisfatório seja conhecido. Nessa etapa, foram desenvolvidas funções de estimativas de custos que permitirão prever, para as fases de investimentos iniciais e operação/manutenção, os custos fundamentais dos sistemas. A modelagem dos custos permite de maneira simples e objetiva estimar a grandeza do investimento e otimiza o gerenciamento da análise de viabilidade financeira, além de fornecer um critério útil de comparação entre projetos. A variável central dessa etapa é a vazão de lodo diária que ingressará no sistema de tratamento. Para ETA em operação que não monitoram essa variável, equações empíricas podem ser aplicadas; e para ETA novas, recomenda-se que sejam realizados testes piloto para sua obtenção.

Com a metodologia que foi desenvolvida e considerando aspectos gerais, pode-se concluir que:

- a) ETA que possuem grandes áreas, geralmente estabelecidas em áreas rurais, e estão localizadas em regiões com baixa pluviometria são adequadas para receberem métodos não-mecânicos;
- b) ETA com áreas restritas, geralmente instauradas em áreas urbanas, e/ou com altas taxas de precipitação são propícias para os métodos mecânicos;
- c) ETA em área urbana ou com residências a menos de 200m, quando considerados decanters centrífugos, deve ser considerado algum tipo de mitigação acústica;
- d) conhecendo o destino final que se pretende aplicar ao resíduo tratado, infere-se a concentração de sólidos necessária após tratamento e, com isso, elimina-se do estudo de viabilidade, sistemas que não conseguiriam atingir essa concentração;
- e) os critérios para a seleção da tecnologia mais adequada devem levar em conta não apenas aspectos técnicos, requisitos de qualidade do lodo tratado e custos de investimento, mas também custos de operação e manutenção ao longo da vida útil do sistema;
- f) os sistemas mecânicos, segundo os modelos, demonstraram custos de investimento parecidos. Contudo, sistemas com decanters centrífugos, apesar de apresentar o menor custo com a implantação, foi o oposto para os custos com operação, confirmando o exposto pela literatura, que sistemas com decanters são de baixo investimento inicial, porém demandam maiores gastos de energia elétrica e manutenções mais frequentes, elevando o custo de operação a longo prazo;
- g) apesar de ainda pouco utilizada para lodo de ETA, a prensa parafuso evidenciou diversas qualidades em sua aplicação. Dentre elas, o baixo nível de ruído gerado, operação contínua, menores custos com manutenção e com energia elétrica, dispensa de assistência técnica especializada já que os próprios operadores da ETA podem receber cursos para efetuar as manutenções. Assim, apresenta-se como uma alternativa aos decanters centrífugos;
- h) nos métodos não-mecânicos, os maiores custos são encontrados para o leito com *bags*. Por ele ser ideal para sistemas com baixa vazão, à medida que essa aumenta, são necessários um número maior de *bags*. Isso eleva os custos iniciais e de operação e manutenção, ainda que sua operação seja fácil;

- i) como esperado, os modelos demonstraram que sistemas mecânicos possuem custos maiores, tanto de implantação como de operação/manutenção, que sistemas não-mecânicos, com exceção do leito com *bags* quando a vazão ultrapassa 180 m<sup>3</sup>/dia;
- j) nos métodos mecânicos os valores dos equipamentos e do transporte e acondicionamento do lodo dentro da ETA, foram os itens de maior impacto no investimento inicial. Na operação e manutenção, os gastos com a disposição em aterro e com produtos químicos de condicionamento do lodo foram os maiores valores;
- k) nos métodos não mecânicos, a construção dos leitos foi o item com maior custo no investimento inicial, e os *bags* no sistema com a utilização deles. A disposição dos resíduos em aterro foi o item que apresentou maior relevância financeira na operação dos sistemas.

A metodologia desenvolvida pode ser utilizada como base para um estudo de viabilidade de projetos para tratamento dos resíduos gerados em ETA. Buscou-se facilitar o processo de análise dos métodos de desidratação, de forma a prever fatores que podem dificultar, ou impossibilitar, sua implantação ou operação. Assim como, estimar os custos necessários para isso.

## 7 RECOMENDAÇÕES

A partir deste trabalho e de suas conclusões, pode-se sugerir recomendações para estudos futuros na área:

- a) continuar a validação da metodologia, reunindo mais dados de sistemas de tratamento de lodo implantados, para comparação entre resultados;
- b) calibrar os modelos desenvolvidos com a obtenção de mais dados financeiros de projetos de tratamento de lodo implantados;
- c) aplicar a metodologia em ETA que esteja enfrentando dificuldades de operação no seu sistema de tratamento de lodo e verificar se o método resultante como mais adequado para a situação é o mesmo que foi adotado na ETA;
- d) aplicar a metodologia desenvolvida em ETA reais que estejam implantando um sistema de tratamento de lodo, e comparar o resultado obtido com o aplicado pelos projetistas.

## REFERÊNCIAS

- ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 115–122, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000200003>
- ACQUOLINI, G. T. **Caracterização do lodo de estações de tratamento de água de Porto Alegre/RS**. 2017. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- AHMAD, T.; AHMAD, K.; ALAM, M. Characterization of Water Treatment Plant's Sludge and its Safe Disposal Options. **Procedia Environmental Sciences**, [S. l.], v. 35, p. 950–955, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.088>
- ANDRITZ. **Catálogo Andritz**. [S. l.: s. n.] Disponível em: <https://www.andritz.com/resource/blob/15186/9dd2c29f465999bf952245152b931be0/se-c-press-pt-data.pdf>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR-12211 - Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. *E-book*.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR-10004 - Resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004 a. *E-book*.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR-10005 - Procedimento para obtenção de extrato de lixiviado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004 b. *E-book*.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR-10006 - Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004 c. *E-book*.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR-10007- Amostragem de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004 d. *E-book*.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR-10151 - Acústica — Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas — Aplicação de uso geral**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. *E-book*.
- AZEVEDO NETTO, J. M. de; FERNÁNDEZ, M. F. **Manual de hidráulica**. 9ª ed. São Paulo: Blucher, 2015. *E-book*.
- BARBOSA, C. *et al.* **Gerenciamento de custos em projetos**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2009. *E-book*.

BITTENCOURT, S. *et al.* Aplicação de lodos de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto em solo degradado. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 17, n. 3, p. 315–324, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522012000300008>

BNDES. **Banco Nacional de Desenvolvimento - Cálculo da taxa de juros**. [S. l.: s. n.] Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/guia/taxa-de-juros>. Acesso em: 22 jan. 2020.

BORDEAUX-RÊGO, R. **Viabilidade econômico-financeira de projetos**. Rio de Janeiro (RJ): FGV, 2010. *E-book*.

BOS, R. **Manual sobre os direitos humanos à água potável e saneamento para profissionais**. [S. l.: s. n.]. *E-book*.

BRASIL. **Lei Nº 9605/1998 - “Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.”**1998. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm). Acesso em: 13 mar. 2019.

BRASIL. **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978.**5 jan. 2007. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm). Acesso em: 25 fev. 2019.

BRASIL. **Lei Nº 12305/2010 - “Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.”** [s. l.], 2010. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 13 mar. 2019.

BRIKKÉ, F.; BREDERO, M. Linking technology choice with operation and maintenance in the context of community water supply and sanitation. [S. l.], p. 142, 2003.

CASTELLET-VICIANO, L.; HERNÁNDEZ-CHOVER, V.; HERNÁNDEZ-SANCHO, F. Modelling the energy costs of the wastewater treatment process: The influence of the aging factor. **Science of The Total Environment**, [S. l.], v. 625, p. 363–372, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.304>

CHÁVEZ PORRAS, Á.; DE LIMA ISAAC, R.; MORITA, D. Incorporação do lodo das estações de tratamento de água e agregado reciclado de resíduo da construção civil em elementos de alvenaria - tijolos estabilizados com cimento. **Ciencia e Ingeniería Neogranadina**, [S. l.], v. 18, n. 2, p. 5–28, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.18359/rcin.1486>

COELHO, R. V. *et al.* Uso de lodo de estação de tratamento de água na pavimentação rodoviária. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [S. l.], v. 10, n. 2, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5216/reec.v10i2.33134>. Acesso em: 13 abr. 2019.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, Â. D. B. Métodos e técnicas de tratamento de água. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 107–107, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522006000200001>

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. **Tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos - SP: LDiBe, 2011. *E-book*.

DI BERNARDO, L.; DANTAS, A. D. B.; VOLTAN, P. E. N. **Métodos e técnicas de tratamento e disposição dos resíduos gerados em ETAs**. 1ª ed. São Carlos - SP: [s. n.], 2012. *E-book*.

DI BERNARDO, L.; SABOGAL PAZ, L. P. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. São Carlos: Editora LDIBE LTDA, 2008. v. IIE-*book*.

ENGINEERS, A. S. C.; ASSOCIATION, A. W. W. **Management of Water Treatment Plant Residuals: Technology Transfer Handbook**. [S. l.]: American Society of Civil Engineers, 1996. (ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice). *E-book*. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=DwiF36Lse74C>

FONSECA, J. W. F. da. **Elaboração e análise de projetos: a viabilidade econômico-financeira**. São Paulo: Atlas, [S. l.], 2012.

GARTNER, I. R. **Análise de projetos em bancos de desenvolvimento**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1998. *E-book*.

GOMES, H. P. **Eficiência hidráulica e energética em saneamento: análise econômica de projetos**. Rio de Janeiro: ABES, 2005. *E-book*.

GRAHAM, J. R.; HARVEY, C. R. The theory and practice of corporate finance: evidence from the field. **Journal of Financial Economics**, [S. l.], v. 60, n. 2–3, p. 187–243, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0304-405X\(01\)00044-7](https://doi.org/10.1016/S0304-405X(01)00044-7)

GUERRA, R. C.; ANGELIS, D. F. D. Classificação e biodegradação de lodo de estações de tratamento de água para descarte em aterro sanitário. **São Paulo**, [S. l.], p. 5, 2005.

GUIMARÃES, M. G. A.; URASHIMA, D. C.; VIDAL, D. M. Dewatering of sludge from a water treatment plant in geotextile closed systems. **Geosynthetics International**, [S. l.], v. 21, n. 5, p. 310–320, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1680/gein.14.00018>

HERNANDEZ-SANCHO, F.; MOLINOS-SENANTE, M.; SALA-GARRIDO, R. Cost modelling for wastewater treatment processes. **Desalination**, [S. l.], v. 268, n. 1–3, p. 1–5, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.09.042>

HOLANDA, N. **Planejamento e projetos: (uma introdução às técnicas de planejamento e elaboração de projetos)**. [S. l.]: Edições Universidade Federal do Ceará, 1982. *E-book*. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=dI5EAAAAYAAJ>

HUBER TECHNOLOGY. **Catálogo Huber Technology**. [S. l.: s. n.] Disponível em: [https://www.huber-technology.com.br/fileadmin/huber-br/documents/ros3\\_br.pdf](https://www.huber-technology.com.br/fileadmin/huber-br/documents/ros3_br.pdf)

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (org.). **Pesquisa nacional de saneamento básico: 2008**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. *E-book*.

LANNA, A. E.; ROCHA, V. **Análises econômica e financeira de projetos de irrigação**. Brasília: ABEAS - Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1988. *E-book*.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 4ª ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2016. *E-book*.

LOPES, D. **ETE em Ribeirão Preto inova ao armazenar lodo em silos verticais**. [S. l.]: Cetesb, 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/biogas/2016/03/10/ete-em-ribeirao-preto-inova-ao-armazenar-lodo-em-silos-verticais/>. Acesso em: 6 abr. 2019.

MELNICK, J. **Manual de proyectos de desarrollo económico**. México: Naciones Unidas, CEPAL, 1958. *E-book*.

METCALF & EDDY (org.). **Wastewater engineering: treatment and resource recovery**. Fifth edition ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014. *E-book*.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Nacional de Saneamento Básico**. [S. l.: s. n.]

MOREIRA, R. C. A. *et al.* Estudo geoquímico da disposição de lodo de estação de tratamento de água em área degradada. **Química Nova**, [S. l.], v. 32, n. 8, p. 2085–2093, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000800019>

MORVAI, L. Escolher o sistema de desaguamento mecânico de lodo – uma missão possível. **Portal Tratamento de Água**, [S. l.], p. 41, 2018.

OGA JUNIOR, M. R.; DARÉ, M. E. Aplicação de indicadores econômicos na atualização de orçamentos de edificações: estudo de caso tipologia R8-2N. [S. l.], 2018.

OLIVEIRA, E. M. S.; MACHADO, S. Q.; HOLANDA, J. N. F. Caracterização de resíduo (lodo) proveniente de estação de tratamento de águas visando sua utilização em cerâmica vermelha. **Cerâmica**, [S. l.], v. 50, n. 316, p. 324–330, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0366-69132004000400007>

PIERALISI. **Catálogo Pieralisi**. [S. l.: s. n.] Disponível em: [http://www.pieralisi.com/media/files/440\\_aplica\\_\\_es\\_ambientais\\_bra.pdf](http://www.pieralisi.com/media/files/440_aplica__es_ambientais_bra.pdf)

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO; ANDREOLI, C. V. **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Curitiba: s.n., 2001. *E-book*.

RICHTER, C. A. **Tratamento de lodos de estações de tratamento de água**. São Paulo: EDGARD BLUCHER, 2001. *E-book*.

RITTNER, D. Valor Econômico. **Só 6% das cidades cumprem metas do saneamento básico**, Brasília, nov. 2019, p. A7.

RODRIGUES, L. P.; HOLANDA, J. N. F. Influência da incorporação de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades tecnológicas de tijolos solo-cimento. **Cerâmica**, [S. l.], v. 59, n. 352, p. 551–556, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0366-69132013000400010>

RUIZ-ROSA, I.; GARCÍA-RODRÍGUEZ, F. J.; MENDOZA-JIMÉNEZ, J. Development and application of a cost management model for wastewater treatment and reuse processes. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 113, p. 299–310, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.044>

SABOGAL PAZ, L. P. **Modelo conceitual de seleção de tecnologias de tratamento de água para abastecimento de comunidades de pequeno porte**. 2007. Doutorado em Hidráulica e Saneamento - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/T.18.2007.tde-03062008-122118>. Acesso em: 7 abr. 2019.

SILVA; ACHON, C. L. **Identificação dos riscos ocupacionais no manejo do lodo de ETE**. [S. l.]: 1º Congresso sul-americano de resíduos sólidos e sustentabilidade, 2018.

SILVA, C. A. da *et al.* Classificação dos lodos formados durante o processo de coagulação/floculação da água com os coagulantes PAC e Moringa Oleifera. **Engevista**, [S. l.], v. 14, n. 3, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/engevista.v14i3.380>. Acesso em: 18 mar. 2019.

TAMANINI, C. R. *et al.* Estudo da utilização de altas doses de bio-sólido na recuperação de área decaída em São José dos Pinhais. [S. l.], p. 16, 2005.

TARTARI, R. *et al.* Lodo gerado na estação de tratamento de água Tamanduá, Foz do Iguaçu, PR, como aditivo em argilas para cerâmica vermelha: Parte I: caracterização do lodo e de argilas do terceiro planalto paranaense. **Cerâmica**, [S. l.], v. 57, n. 343, p. 288–293, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0366-69132011000300006>

TECITEC. **Catálogo Tecitec**. [S. l.: s. n.] Disponível em: <http://www.tecitec.com.br/upload/uploads/catalogos/Filtro-Prensa-Catalogo.pdf>

TEIXEIRA, S. R. *et al.* Efeito da adição de lodo de estação de tratamento de água (ETA) nas propriedades de material cerâmico estrutural. **Cerâmica**, [S. l.], v. 52, n. 323, p. 215–220, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0366-69132006000300016>

UNITED NATIONS. **Resolution adopted by the General Assembly on 28 July 2010**. [S. l.: s. n.] Disponível em: [http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/64/292](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292). Acesso em: 21 fev. 2019.

WOILER, S.; MATIAS, W. F. **Projetos: planejamento, elaboração, análise**. São Paulo: Atlas, 2008. *E-book*.

ZHANG, X. *et al.* The porous structure effects of skeleton builders in sustainable sludge dewatering process. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 230, p. 14–20, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.049>

## APÊNDICE A – LEVANTAMENTO DE DADOS DA ETA

Estação de Tratamento:
Cidade:

<b>LEVANTAMENTO DE DADOS</b>
<b>CARACTERIZAÇÃO DA ETA</b>
População atendida ATUAL:
População atendida PROJETADA:
Localização (urbana/rural):
Área da ETA:
Vazão de operação:
Tipos de processos:
% Remoção ST:
Produtos químicos utilizados:
Dosagem utilizada:
Água bruta - Média de Turbidez:
Água bruta - Média de Cor:
Horário de funcionamento:
Equipe técnica na ETA:
Tipo de vizinhança:
Distância até edificação mais próxima:

## ANEXO A – ORÇAMENTO DA PRENSA PARAFUSO

Fonte: Indústrias de prensas parafusos

Capinzal (SC), 07 de agosto de 2019.

**Proposta 303/2019 Rev.0**

**REF.: PROPOSTA TECNICA COMERCIAL DE PRENSA PARAFUSO  
IEA/ GRATT – OBRA ETE TRÊS PASSOS – RS/ CORSAN**



Foto Ilustrativa

### **Objetivos:**

---

A desidratação de lodos através de **Prensa Parafuso IEA**, proporciona ao usuário vários benefícios:

- Desidratação totalmente automatizada
- Baixa rotação de trabalho (0,1 – 1,5 RPM)
- Baixo consumo de energia e custo de manutenção (mínimo desgaste das peças)
- Tanque de reação com mistura efetiva com o polímero e fácil controle visual
- Limpeza programável e realizada sem interrupção da operação
- Mínimo ruído (< 65 dB)
- Eventual interrupção e retomada não requer lavagem prévia
- Fácil ajuste de parâmetros em IHM interativo (excluído desta proposta)

### 1. Dados de operação e processo:

Tipo de suspensão a desidratar:	Lodo de ETE anaeróbio bruto
Vazão do lodo:	80 m <sup>3</sup> / dia (max.)
Concentração de sólidos (SS)	2,1 %
Vazão de sólidos secos médio:	210 kg SS / h
Teor de sólidos na torta	≥ 20%
Tempo operação diário:	8 h / dia
Pressão de compactação:	1 a 6 bar
Consumo de polieletrólito:	6 – 14 kg / ton SS
Qtde. de equipamentos:	01

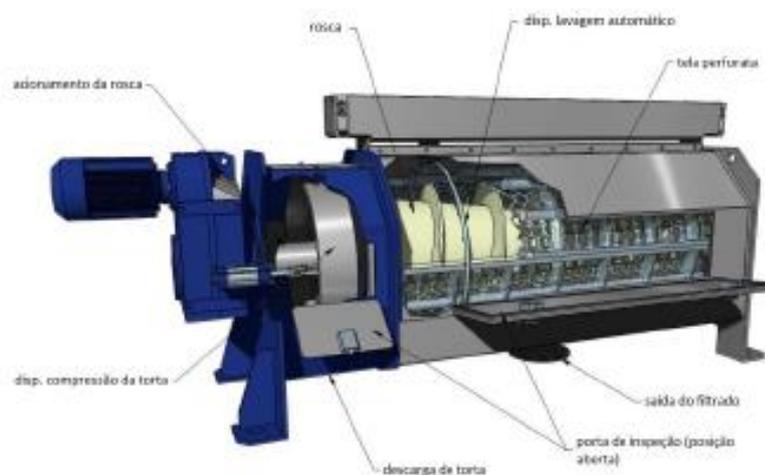
**Obs.:** Operando até 16 horas por dia, o tamanho da máquina poderá ser reduzido da proposta a seguir com diâmetro 600 mm para uma menor com diâmetro 400 mm.

### 2. 01 Máquina de desidratação tipo Prensa Parafuso modelo SP – HF 07 XL



*Foto ilustrativa*

### Componentes principais:



COMPONENTES	DESCRIÇÃO	MATERIAL
Acionamento da rosca	Através de motoredutor de engrenagens helicoidais ou planetário com limitação de torque	
Cabeceiras	Para montagem em construção fechada, segura e protegida da rosca, c/ta da camisa filtrante, dispositivo de lavagem, cone de prensagem, fechamento lateral e bandeja de filtrado	AISI 304 (reforços em aço carbono)
Camisa filtrante	Cilindros segmentados parafusados, reforçados e <b>bipartidos em toda extensão</b> em torno da rosca, suporta a chapa perfurada e as telas filtrantes	AISI 304
Rosca helicoidal	De eixo cônico, transporta o lodo através da camisa filtrante e efetua a vedação na borda da hélice	AISI 304 Vedação - PUR
Disp. de lavagem	Para limpeza externa automática da camisa	AISI 304

	filtrante, através do movimento longitudinal do anel porta bicos com jatos d'água em leque	
Disp. de compressão	Ajusta o espaçamento na saída dos sólidos (torta) na zona de compactação. O cone principal é acionado por cilindro pneumáticos	Cone: AISI 304 ou PP hastes - AISI 304
Fechamento lateral	Abrange o conjunto de fechamento de 360° em torno da camisa filtrante, incluindo a bandeja e bocal de descarga do filtrado e janelas de inspeção da operação	AISI 304
Tanque de reação	Reator levemente pressurizado e volume conforme vazão e tipo de lodo. Inclui agitador e motoredutor, proporcionando ótima mistura com polímero	AISI 304

#### Dados técnicos do PP-Press:

Potência elétrica do acionamento principal : 3,0 kW  
 Rotação de trabalho ..... : 0,1 – 1,5 rpm

#### Dados dimensionais e peso:

Comprimento..... : 5.700 mm  
 Largura..... : 1.290 mm  
 Altura..... : 1.759 mm  
 Peso (em vazio / cheio) ..... : 3.900 / 4.350 Kg

- Recomendamos instalar a máquina sobre 4 colunas metálicas de elevação da altura de operação da máquina e melhor visualização operacional

#### Pintura de partes em aço carbono:

Preparação ..... : jateamento Sa 2½ + fundo a base fosfato de

Zn

Acabamento ..... : Resina Epoxi

EPS total ..... :  $\geq 160 \mu\text{m}$   
 Cor ..... : azul RAL 5015

**01 Tanque de reação recomendado com agitação lenta:**

Volume..... : 580 litros  
 Potência de acionamento..... : **0,55 kW**  
 Dimensões:..... :  $\phi 850 \times 1.980 \text{ mm}$   
 Obs.: incluir transmissor de pressão 4-20 mA para monitoramento da pressão de desidratação e misturador estático de solução de polímero.

**3. Periféricos para a Prensa Parafuso:**

---

**01 Compressor de ar:**

Consumo..... :  $\leq 1,0 \text{ Nm}^3/\text{dia}$   
 Pressão máxima de operação..... : 6 bar  
 Potência instalada ..... : 1,5 kW

**01 Reservatório de água limpa:**

Tipo cilíndrico com fundo cônico, para água de lavagem das camisas e alimentação do preparador de polímero:  
 Volume nominal ..... : 1.500 litros  
 Conexão..... : R 21/2" BSP  
 Material ..... : polietileno ou PP com cone de fibra de vidro  
 Acessórios ..... : tampa, tubulação e indicador de nível.

**01 Bomba de lavagem:**

Tipo centrífuga para lavagem da camisa perfurada  
 Vazão ..... :  $10 \text{ m}^3/\text{h} @ 5 \text{ bar}$   
 Potência instalada ..... : 4,4 kW  
 Consumo de água ..... : 202 litros / ciclo de lavagem

#### 4. Periféricos do sistema de desidratação

---

##### 01 Unidade de Preparação de solução de Polieletrólito:

Características técnicas:

Execução.....: **operação por batelada**

Tipo de Polieletrólito.....: **em pó ou solução**

Vazão .....: até x 2.000 litros / h

Faixa de concentração.....: 0,1 a 0,3%

Faixa de consumo considerada .: 6 a 14 kg Poli./ ton MS

Materiais: tanques, tubos e válvulas : Polipropileno, aço inox e galvanizado

**Nota:** O comando deste **sistema de dosagem e preparo** será realizado através do comando elétrico e automação geral, conforme descrito em item específico abaixo.

##### 01 Bomba dosadora de polieletrólito:

Bomba helicoidal de deslocamento positivo de vazão variável comandada por inversor de frequência. Execução:

Carcaça .....: Ferro Fundido

Rotor .....: SAE 4140 cromado especial

Estator .....: Borracha SBE

Vazão.....: 0,7 a 3,5 m<sup>3</sup>/h

Potência instalada.....: 1,5 kW

##### 02 Bomba de alimentação do lodo:

Bomba helicoidal de deslocamento positivo de vazão variável comandada por inversor de frequência. Execução:

Carcaça .....: Ferro Fundido

Rotor .....: SAE 4140 cromado especial

Estator .....: Borracha SBE

Vazão.....: 3 a 14,9 m<sup>3</sup>/h

Potência instalada.....: 3,7 kW

**02 Bomba de recalque do filtrado:**

Bomba submersa tipo centrífuga para recalque do filtrado, sucção afogada, com execução horizontal, estágio único, sucção simples horizontal e recalque na vertical para cima, rotor aberto de baixa rotação. Acionamento através de motor elétrico acoplado ao rotor da bomba, fixação através de flange e parafusos.

**02 Medidores de vazão:**

Medidores de vazão para alimentação de lodo e solução de polieletrólito:

Tipo Eletromagnético

Faixa de velocidade do fluido..... : 0,3 a 10 m/s

Precisão ..... :  $\pm 1,0\%$

Classe de Proteção..... : IP 65

Saída ..... : 4 a 20 mA + totalizador

**01 Skid de montagem dos periféricos e Interligações hidráulicas e elétricas:**

As interligações hidráulicas e elétricas entre os componentes descritos acima, incluindo válvulas e conexões, estão contemplados na montagem sobre o skid metálico.

Estão considerados os seguintes limites de bateria:

- flange de sucção da bomba de alimentação do lodo,
- entrada de água limpa no preparador de solução de polieletrólito e reservatório de água
- flange de saída do filtrado da Prensa
- alimentação do quadro elétrico pela rede do cliente.

Materiais das tubulações e canaletas :

- Lodo ..... : AISI 304
- Água, solução PE, filtrado..... : PVC ou PP
- Fixadores e suportes ..... : AISI 304 ou plástico
- Canaletas ..... : aço galvanizado ou plástico

**01 Talha manual:**

Posicionada acima da Prensa Parafuso consistindo de viga em perfil H, com trolley de roldanas e talha manual de corrente, para movimentação longitudinal das peças de até 1,0 ton.

### **INSTALAÇÃO ELÉTRICA E AUTOMAÇÃO**

---

- 01** Quadro geral elétrico de força, comando e operação para o conjunto de desidratação, contendo: fontes, transformadores, indicadores, sinalizadores, caixa de terminais, controle de sobrecarga e curto-circuito, verificação de falhas e desligamento automático, contatores, CPU e IHM.

Controle do comando ..... : via CLP

Monitoramento e parâmetros .... : via IHM (touch panel 7")

Local da instalação..... : sobre o skid, próximo a Prensa

**Inversores de frequência inclusos:** acionamento principal da Prensa Parafuso, agitador do tanque de reação, bomba de alimentação de lodo, bomba de dosagem de polímero, agitador do preparador de polímero e dosador de polímero em pó.

**Incluso:** comando para demais periféricos do sistema: compressor de ar, bomba de lavagem, preparador de polímero e sistema de verificação de falhas e desligamento automático.

Operação ..... : Automática

Tensão de trabalho ..... : 380 V ou 440 V  $\pm$  5%, trifásico.

Tensão de comando ..... : 24 VCC

Frequência ..... : 60 Hz

Grau de proteção..... : IP-54

Normas ..... : NR10, NR12

**A automação contempla:**

- comando de proporcionalidade entre a pressão de alimentação no tanque de reação e a vazão das bombas de lodo e polímero;
- lavagens automáticas da camisa perfurada com a máquina em pleno processo de desidratação ou em processo de esvaziamento, sem intervenção de operador;
- alimentação de água nos reservatórios de preparo de polímero e de lavagem da camisa.

**Assistência técnica, Engenharia de Start up e treinamento:**

---

Inclusos serviços de assistência para:

- Controle final da instalação e comissionamento
- Testes para ajuste e otimização da floculação (floculante a ser fornecido pelo cliente)
- Definição dos parâmetros iniciais de operação
- Treinamento da equipe da estação

**Exclusões desta proposta de fornecimento:**

---

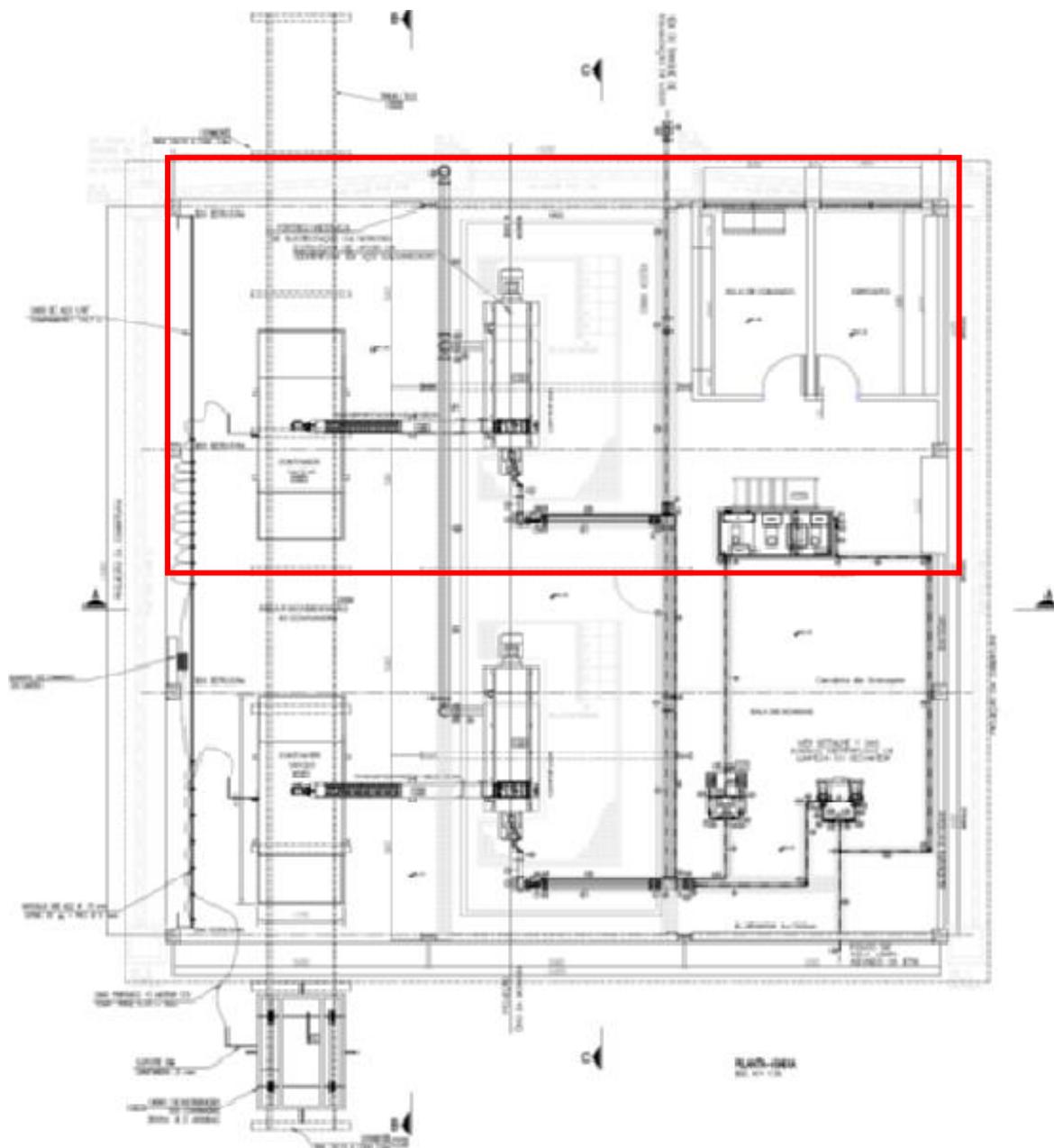
1. Ramal de alimentação do quadro elétrico de força e comando descrito acima
2. Ponto de água limpa para alimentação do preparador de solução de polieletrólito e reservatório de lavagem das telas
3. Tubulação de saída do filtrado e tanque submerso para estação elevatória e retorno a ETE
4. Tubulação de lodo até o flange da bomba de alimentação
5. Rosca transportadora ou mezanino para descarga por gravidade
6. Base de concreto, obras civis e iluminação para montagem da estrutura metálica de cobertura
7. Caçambas
8. Demais itens mesmo que necessários, porém não descritos nessa oferta

## 5. PROPOSTA COMERCIAL:

Sistema de desidratação GRATT-BIO G / IEA com os periféricos descritos acima, incluindo:

Item	Quant	Descrição	Valor unitário R\$	Valor Total R\$
01	01	Prensa Parafuso SP - HF 07XL	437.000,00	437.000,00
02	01	Tanque de reação 580 litros	15.200,00	15.200,00
03	01	Compressor de Ar	7.000,00	7.000,00
04	01	Reservatório de água 1500 litros	4.000,00	4.000,00
05	01	Bombas centrífuga de lavagem 10 m <sup>3</sup> /h	8.330,00	8.330,00
06	01	Sistema de dosagem de polímero UAP 2000	55.000,00	55.000,00
07	01	Bombas dosadora 0,7 a 3,5 m <sup>3</sup> /h	6.000,00	6.000,00
08	02	Bomba helicoidal de alimentação de lodo 3 a 14,9 m <sup>3</sup> /h	13.860,00	27.720,00
09	02	Bomba Centrífuga de recalque do filtrado 5 m <sup>3</sup> /h	13.780,00	27.560,00
10	02	Medidor de Vazão eletromagnético 0,3 a 10 m/s	27.000,00	54.000,00
11	01	Skid Metálico de Montagem	65.000,00	65.000,00
12	01	Talha Manual	8.000,00	8.000,00
13	01	Montagem, instalação hidráulica e elétrica	20.400,00	20.400,00
14	01	Quadro elétrico de operação e comando	55.000,00	55.000,00
15	01	Serviço de assistência técnica de Startup/ Pré Operação	8.000,00	8.000,00
<b>Valor Total da Proposta R\$:</b>			<b>798.210,00</b>	

## ANEXO B – PROJETO PADRÃO SISTEMA MECÂNICO



Fonte: CORSAN

## ANEXO C – ORÇAMENTO PARA TRANSPORTE E DESTINAÇÃO DO LODO



COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO

DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

OBJETO: COLETA, TRANSPORTE E DESTINAÇÃO DOS LODOS DAS ETAs e ETEs - SURNE		1 - Execução dos Serviços				
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	PREÇO	
					UNITARIO	TOTAL
1.	Transporte e Destinação de Lodos das ETAs e ETEs	80570	m³	5.650	407,50	2.302.375,00
1 - Execução dos Serviços		TOTAL (R\$)			2.302.375,00	

## ANEXO D – ORÇAMENTO PARA POLÍMERO



COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO

DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

OBJETO: Aquisição de Polímero catiônico e Polímero não-iônico a base de poliacrilamida utilizado como coadjuvante no tratamento da água para fins potáveis e na desidratação mecânica de lodos de ETA e ETE.							
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	PREÇO		PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL
					UNITÁRIO	TOTAL	
1	Polímero catiônico, conforme especificações do Edital.	102100	ton	50	18.960,00	947.500,00	947.500,00
2	Polímero não aniônico, conforme especificações do Edital.	102500	ton	30	17.500,00	525.000,00	525.000,00
<b>TOTAL (R\$)</b>						<b>1.472.500,00</b>	<b>1.472.500,00</b>

## ANEXO E – ORÇAMENTO CASA DA CENTRÍFUGA DE ALVORADA



### COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO

Data base do orçamento:

Abril de 2018

#### DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

MUNICÍPIO: ALVORADA				IV - CASA DA CENTRÍFUGA					
OBRA: EXECUÇÃO DO TRATAMENTO DE LODO DA ETA									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
1	<b>SERVIÇOS TÉCNICOS</b>	<b>02.00.00.00</b>							
1.1	<b>Locação e Cadastro</b>	<b>02.04.00.00</b>							
1.1.1	Locação de obras localizadas	02.04.01.30	m2	297	4,39	1.303,83	24,00%	5,44	1.615,68
2	<b>MOVIMENTO DE SOLO</b>	<b>04.00.00.00</b>							
2.1	<b>Escavação de Solo Localizada</b>	<b>04.01.00.00</b>							
2.1.1	Escavação localizada mecânica, solo 0-2 m	04.01.02.42	m3	195	8,28	1.614,60	24,00%	10,27	2.002,65
2.2	<b>Aterro, Reaterro, Lastro, Espalhamento e Nivelamento</b>	<b>04.09.00.00</b>							
2.2.1	Reenchimento mecânico e compactação mecânica, localizado em pequenas áreas, 0-2 m	04.09.02.32	m3	140	13,36	1.870,40	24,00%	16,57	2.319,80
2.3	<b>Carga, Transporte, Descarga</b>	<b>04.10.00.00</b>							
2.3.1	Carga e descarga de rocha para bota-fora	04.10.02.02	m3	55	6,86	377,30	24,00%	8,51	468,05
2.3.2	Transporte de rocha para bota-fora	04.10.02.41	m3xkm	1.100	3,87	4.257,00	24,00%	4,80	5.280,00
3	<b>ESGOTAMENTO</b>	<b>06.00.00.00</b>							
3.1	<b>Esgotamento com Bombas</b>	<b>06.01.00.00</b>							
3.1.1	Esgotamento com bomba auto-escorvante 8,0 HP, a gasolina	06.01.00.22	h	49	10,47	513,03	24,00%	12,98	636,02
4	<b>FUNDAÇÃO E ESTRUTURA</b>	<b>08.00.00.00</b>							
4.1	<b>Estacas</b>	<b>08.02.00.00</b>							
4.2.1	Estacas pré-moldadas, capacidade carga 50tf, incl. mobilização, desmobilização e cravação	###	m	160	240,60	38.496,00	24,00%	298,34	47.734,40
4.2.2	Corte e arrasamento de cabeça de estaca pré-moldada	###	un	16	19,24	307,84	24,00%	23,86	381,76
4.3	<b>Lastro</b>	<b>08.03.00.00</b>							
4.3.1	Lastro de brita n° 2	08.03.00.14	m3	24	65,89	1.581,36	24,00%	81,70	1.960,80
4.3.2	Lastro de concreto consumo mínimo de cimento 250 kg/m²	08.03.00.34	m3	14	408,36	5.717,04	24,00%	506,37	7.089,18
4.4	<b>Fôrmas e Cimbramentos</b>	<b>08.04.00.00</b>							
4.4.1	Fôrmas planas para fundações, com escoramento	08.04.00.22	m2	104	49,80	5.179,20	24,00%	61,75	6.422,00
4.4.2	Fôrmas planas para vigas e pilares, com escoramento	08.04.00.26	m2	9	94,90	854,10	24,00%	117,68	1.059,12



### COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO

Data base do orçamento:

Abril de 2018

#### DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

MUNICÍPIO: ALVORADA				IV - CASA DA CENTRÍFUGA					
OBRA: EXECUÇÃO DO TRATAMENTO DE LODO DA ETA									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
4.5	<b>Armaduras</b>	<b>08.05.00.00</b>							
4.5.1	Armadura CA-50, 6,30 mm - Fomecimento, corte (com perda de 7%), dobra e colocação	08.05.00.23	kg	133	8,54	1.135,82	24,00%	10,59	1.408,47
4.5.2	Armadura CA-50, 8,00 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.24	kg	1.559	8,18	12.752,62	24,00%	10,14	15.808,26
4.5.3	Armadura CA-50, 10,00 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.25	kg	251	6,63	1.664,13	24,00%	8,22	2.063,22
4.5.4	Armadura CA-50, 12,50 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.26	kg	137	5,88	805,56	24,00%	7,29	998,73
4.5.5	Armadura CA-60, 5,00 mm - Fomecimento, corte (com perda de 7%), dobra e colocação	08.05.00.33	kg	186	9,89	1.839,54	24,00%	12,26	2.280,36
4.6	<b>Concreto</b>	<b>08.06.00.00</b>							
4.6.1	Fomecimento concreto usinado bombeado Fck = 30 Mpa, inclusive bombeamento	08.06.00.90	m3	46	368,31	16.942,26	24,00%	456,70	21.008,20
4.6.2	Lançamento, adensamento e acabamento de concreto usinado bombeado	08.06.00.97	m3	46	25,82	1.187,72	24,00%	32,02	1.472,92
4.7	<b>Estrutura pré-moldada</b>								
4.7.1	Execução de Estrut. pré-mold.conf. Proj. incl. fomec., mob, transporte, montagem e desmob.	***	cj	1	70.500,00	70.500,00	16,50%	82.132,50	82.132,50
4.8	<b>Estrutura metálica</b>								
4.8.1	Estrutura em aço carbono para apoio do decanter centrífugo Incl. Mão-de-obra	***	un	2	12.100,00	24.200,00	16,50%	14.096,50	28.193,00
5	<b>ASSENTAMENTO, CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE</b>	<b>09.00.00.00</b>							
5.1	<b>Assentamento, Carga, Descarga e Transporte de Tubulação</b>	<b>09.01.00.00</b>							
5.1.1	Assentamento, carga, descarga e transporte de tubos de ferro fundido DN 80	09.01.02.02	m	3	3,83	11,49	24,00%	4,75	14,25
5.1.2	Assentamento, carga, descarga e transporte de tubos de ferro fundido DN 150	09.01.02.04	m	2	2,98	5,96	24,00%	3,70	7,40
5.1.3	Assentamento, carga, descarga e transporte de tubos de PVC DN 50	09.01.05.01	m	8	2,70	21,60	24,00%	3,35	26,80
5.1.4	Assentamento, carga, descarga e transporte de tubos de PVC DN 60	###	m	12	2,92	35,04	24,00%	3,62	43,44
5.1.5	Assentamento, carga, descarga e transporte de tubos de PVC DN 75	09.01.05.02	m	3	3,13	9,39	24,00%	3,88	11,64
5.1.6	Assentamento, carga, descarga e transporte de tubos de PVC DN 150	09.01.05.04	m	120	4,30	516,00	24,00%	5,33	639,60
6	<b>FECHAMENTO</b>	<b>12.00.00.00</b>							
6.1	<b>Alvenarias</b>	<b>12.01.00.00</b>							
6.1.1	Alvenaria de tijolos 6 furos sem revestimento, e=14cm	12.01.02.02	m2	88	81,56	7.177,28	24,00%	101,13	8.899,44


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

Data base do orçamento:

Abril de 2018

MUNICÍPIO: ALVORADA				IV - CASA DA CENTRÍFUGA					
OBRA: EXECUÇÃO DO TRATAMENTO DE LODO DA ETA				CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)		
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	UNITÁRIO		TOTAL	UNITÁRIO	TOTAL
<b>6.2</b>	<b>Coberturas</b>	<b>12.02.00.00</b>							
6.2.1	Cob.o/teha termo acústica, trapez., duas faces galvan., ench.o/ PU 30mm o/çamento e frete	###	m²	297	96,94	28.791,18	24,00%	35.702,37	
6.2.2	Cumeeira para cobertura de telha metálica trapezoidal termo acústica	###	m	17	37,32	634,44	24,00%	786,76	
6.2.3	Calha em chapa galvanizada, desenvolvimento 100cm, incluso transporte vertical	###	m	40	105,83	4.233,20	24,00%	5.249,20	
<b>6.3</b>	<b>Esquadrias de Alumínio</b>	<b>12.03.03.00</b>							
6.3.1	Porta P1, veneziana, abrir, 0,80x2,10m, alumínio anodizado	###	un	2	1.430,81	2.861,62	24,00%	3.548,40	
6.3.2	Janela J1, veneziana, fixa, 2,00x0,65, alumínio anodizado, dois caixilhos	###	un	2	1.107,17	2.214,34	24,00%	2.745,78	
6.3.3	Janela J2, fixa para vidro, 2,50x 1,10m, alumínio anodizado	###	un	1	1.562,39	1.562,39	24,00%	1.937,36	
<b>6.4</b>	<b>Ferragens para Esquadrias</b>	<b>12.03.04.00</b>							
6.4.1	Fechadura simples de alavanca para porta P1	###	un	2	55,06	110,12	24,00%	136,54	
<b>6.5</b>	<b> Vidros</b>	<b>12.04.00.00</b>							
6.5.1	Vidros lisos transparentes 3 mm	12.04.00.03	m2	3	98,40	295,20	24,00%	366,06	
<b>6.6</b>	<b>Dispositivos de Proteção e Acesso</b>	<b>12.06.00.00</b>							
6.6.1	Grelha para canaleta em resina poliéster isoftálica, L=20cm, carga 200kg/m²	###	m	39	152,59	5.951,01	24,00%	7.379,19	
<b>7</b>	<b>REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES</b>	<b>13.00.00.00</b>							
<b>7.1</b>	<b>Pisos, Forros e Paredes</b>	<b>13.01.00.00</b>							
7.1.1	Chapisco com argamassa de cimento e areia 1:4, espessura média 5 mm	13.01.03.10	m2	175	7,47	1.307,25	24,00%	1.620,50	
7.1.2	Emboço com aditivo impermeabilizante, espessura 15 mm	13.01.03.22	m2	175	28,92	5.061,00	24,00%	6.275,50	
7.1.3	Reboco com argamassa fina	13.01.03.30	m2	175	22,81	3.991,75	24,00%	4.949,00	
7.1.4	Piso epoxi 5mm inclusive execução	###	m2	225	177,11	39.849,75	24,00%	49.414,50	
7.1.5	Peltonil de basalto serrado com pingadeira, L = 20cm, assentamento com argamassa colante	###	m	4	33,68	134,72	24,00%	167,04	
<b>7.2</b>	<b>Pinturas</b>	<b>13.03.00.00</b>							
7.2.1	Pintura acrílica 2 demãos e selador	13.03.00.18	m2	196	12,49	2.448,04	24,00%	3.036,04	


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

Data base do orçamento:

Abril de 2018

MUNICÍPIO: ALVORADA				IV - CASA DA CENTRÍFUGA					
OBRA: EXECUÇÃO DO TRATAMENTO DE LODO DA ETA				CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)		
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	UNITÁRIO		TOTAL	UNITÁRIO	TOTAL
<b>8</b>	<b>INSTALAÇÕES DE PRODUÇÃO</b>	<b>15.00.00.00</b>							
8.1	Instalação e montagem de materiais de ferro fundido cap IV	###	cj	1	1.459,48	1.459,48	24,00%	1.809,76	
8.2	Instalação e montagem de materiais de ferro galvanizado cap IV	###	cj	1	265,36	265,36	24,00%	329,05	
8.3	Instalação e montagem de materiais de PVC cap IV	###	cj	1	1.459,48	1.459,48	24,00%	1.809,76	
8.4	Instalação e montagem de moto bombas cap IV	###	cj	1	338,96	338,96	24,00%	420,31	
8.5	Instalação e montagem de equipamentos cap IV	###	cj	1	14.236,32	14.236,32	24,00%	17.653,04	
8.6	Instalação e montagem de válvulas cap IV	###	cj	1	132,68	132,68	24,00%	164,52	
8.7	Instalação e montagem de materiais de PRFV cap IV	###	cj	1	1.724,84	1.724,84	24,00%	2.138,80	
<b>9</b>	<b>FORNECIMENTO DE MATERIAIS</b>	<b>18.00.00.00</b>							
<b>9.1</b>	<b>Tubos e peças de Ferro Fundido</b>								
9.1.1	Curva 45, FoFo, Bolsas, JGS, 150 mm	###	pç	2	194,87	389,74	16,50%	454,04	
9.1.2	Curva 90, FoFo, Bolsas, JGS, 100 mm	###	pç	1	157,08	157,08	16,50%	183,00	
9.1.3	Curva 90, FoFo, Bolsas, JGS, 150 mm	###	pç	3	239,42	718,26	16,50%	836,76	
9.1.4	Curva 90, FoFo, Flanges, PN10, 80 mm	###	pç	6	163,35	980,10	16,50%	1.141,80	
9.1.5	Curva 90, FoFo, Flanges, PN10, Pé, 80mm	###	pç	2	229,61	459,22	16,50%	535,00	
9.1.6	Curva 90, FoFo, Junta Elástica, 80 mm	###	pç	1	98,35	98,35	16,50%	114,58	
9.1.7	Redução, Ponta e Bolsa JGS, FoFo, 100x80mm	###	pç	1	107,96	107,96	16,50%	125,77	
9.1.8	Tê com bolsa e junta elástica JGS e Flange, FoFo, 150x50mm	###	pç	1	367,69	367,69	16,50%	428,36	
9.1.9	Tê com bolsa JGS, FoFo, 150mm	###	pç	1	307,15	307,15	16,50%	357,83	
9.1.10	Tê com Flanges, FoFo, PN10, 80mm	###	pç	1	260,83	260,83	16,50%	303,87	
9.1.11	Tê com Flanges, FoFo, PN10, 80x50mm	###	pç	3	246,31	738,93	16,50%	860,85	
9.1.12	Tubo cilíndrico, Fofo, L=0,25m, 150mm	###	pç	2	435,45	870,90	16,50%	1.014,60	
9.1.13	Tubo cilíndrico, Fofo, L=0,42m, 150mm	###	pç	4	435,45	1.741,80	16,50%	2.029,20	
9.1.14	Tubo cilíndrico, Fofo, L=0,80m, 150mm	###	pç	2	649,85	1.299,70	16,50%	1.514,16	
9.1.15	Tubo cilíndrico, Fofo, L=1,16m, 150mm	###	pç	1	864,25	864,25	16,50%	1.006,85	


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

 Data base do orçamento:  
 Abril de 2018

MUNICÍPIO: ALVORADA					IV - CASA DA CENTRÍFUGA				
OBRA: EXECUÇÃO DO TRATAMENTO DE LODO DA ETA									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
9.1.16	Tubo cilíndrico, Fofo, L=4,85m, 150mm	***	pg	1	2.365,03	2.365,03	16,50%	2.755,26	2.755,26
9.1.17	Tubo com Flanges, FoFo, PN10, L=0,29m, 80mm	***	pg	2	825,17	1.650,34	16,50%	961,32	1.922,64
9.1.18	Tubo com Flanges, FoFo, PN10, L=0,33m, 80mm	***	pg	1	825,17	825,17	16,50%	961,32	961,32
9.1.19	Tubo com Flanges, FoFo, PN10, L=1,08, 80mm	***	pg	2	1.063,20	2.126,40	16,50%	1.238,63	2.477,26
9.1.20	Tubo com Flanges, Fofo, PN10, L=1,13m, 80mm	***	pg	2	1.063,20	2.126,40	16,50%	1.238,63	2.477,26
9.1.21	Tubo com Flanges, Fofo, PN10, L=1,19m, 80mm	***	pg	1	1.063,20	1.063,20	16,50%	1.238,63	1.238,63
9.1.22	Tubo com Flanges, Fofo, PN10, L=2,91m, 80mm	***	pg	1	1.412,12	1.412,12	16,50%	1.645,12	1.645,12
9.1.23	Tubo com Flanges, Fofo, PN10, L=4,38m, 80mm	***	pg	1	1.756,72	1.756,72	16,50%	2.046,58	2.046,58
9.1.24	Tubo com Flanges, Fofo, PN10, L=5,80m, 80mm	***	pg	1	2.007,14	2.007,14	16,50%	2.338,32	2.338,32
9.1.25	Tubo com Ponta e bolsa JGS, FoFo, L=6,0m, 150mm	***	pg	1	1.484,70	1.484,70	16,50%	1.729,68	1.729,68
9.1.26	Tubo com Ponta e bolsa, FoFo,JGS, L=0,20m, 150mm	***	pg	2	123,73	247,46	16,50%	144,15	288,30
9.1.27	Tubo com Ponta e Flange, FoFo, PN10, L=0,85m, 80mm	***	pg	1	679,97	679,97	16,50%	792,17	792,17
9.1.28	Tubo com Ponta e Flanges, FoFo, PN10, L=0,46m, 80mm	***	pg	1	501,71	501,71	16,50%	584,49	584,49
9.2	<b>Tubos e peças de Ferro Galvanizado</b>								
9.2.1	Adaptador para mangueira, FG, 1.1/2"	***	pg	1	11,74	11,74	16,50%	13,68	13,68
9.2.2	Bucha de redução, FG, 2"x1"	***	pg	3	14,43	43,29	16,50%	16,81	50,43
9.2.3	Bucha de redução, FG, 2"x1.1/2"	***	pg	3	14,43	43,29	16,50%	16,81	50,43
9.2.4	Curva fêmea curta, FG, 1"	***	pg	2	19,85	39,30	16,50%	22,89	45,78
9.2.5	Curva fêmea curta, FG, 1.1/2"	***	pg	2	41,24	82,48	16,50%	48,04	96,08
9.2.6	Flange com sextavado, FG, 1.1/4"	***	pg	4	21,83	87,32	16,50%	25,43	101,72
9.2.7	Flange com sextavado, FG, 2"	***	pg	5	32,62	163,10	16,50%	38,00	190,00
9.2.8	Flange com sextavado, FG, 3"	***	pg	4	69,32	277,28	16,50%	80,76	323,04
9.2.9	Tê, FG, 1.1/2"	***	pg	1	21,76	21,76	16,50%	25,35	25,35
9.2.10	Tubo com rosca, FG, L=0,20m, 3"	***	pg	4	63,01	252,04	16,50%	73,41	293,64
9.2.11	Tubo com rosca, FG, L=0,35m, 1"	***	pg	4	20,52	82,08	16,50%	23,91	95,64
9.2.12	Tubo com rosca, FG, L=0,35m, 1.1/2"	***	pg	8	30,03	240,24	16,50%	34,98	279,84


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

 Data base do orçamento:  
 Abril de 2018

MUNICÍPIO: ALVORADA					IV - CASA DA CENTRÍFUGA				
OBRA: EXECUÇÃO DO TRATAMENTO DE LODO DA ETA									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
9.3	<b>Tubos e peças de PVC</b>								
9.3.1	Adaptador PVC para mangueira 40mm	***	pg	1	1,03	1,03	16,50%	1,20	1,20
9.3.2	Adaptador PVC soldável curto com bolsa e rosca 25x3/4"	***	pg	2	0,59	1,18	16,50%	0,69	1,38
9.3.3	Adaptador PVC soldável curto com bolsa e rosca 32x1"	***	pg	4	1,16	4,64	16,50%	1,35	5,40
9.3.4	Adaptador PVC soldável curto com bolsa e rosca 40x1.1/4"	***	pg	7	2,10	14,70	16,50%	2,45	17,15
9.3.5	Bucha de redução PVC roscável 1.1/4"x1"	***	pg	2	2,92	5,84	16,50%	3,40	6,80
9.3.6	Bucha de redução PVC roscável 1"x3/4"	***	pg	2	2,15	4,30	16,50%	2,50	5,00
9.3.7	Bucha de redução PVC soldável 60x50mm	***	pg	1	4,01	4,01	16,50%	4,67	4,67
9.3.8	Caixa PVC sifonada 150x150x50mm	***	pg	1	25,00	25,00	16,50%	29,13	29,13
9.3.9	Curva 90 PVC curta 50mm	***	pg	3	6,35	19,05	16,50%	7,40	22,20
9.3.10	Flange PVC sextavado 1.1/4"	***	pg	2	6,60	13,20	16,50%	7,69	15,38
9.3.11	Flange PVC sextavado 1"	***	pg	2	6,04	12,08	16,50%	7,04	14,08
9.3.12	Joelho 45 PVC soldável 50mm	***	pg	2	4,22	8,44	16,50%	4,92	9,84
9.3.13	Joelho 45 PVC soldável 60mm	***	pg	1	15,17	15,17	16,50%	17,67	17,67
9.3.14	Joelho 90 PVC soldável 25mm	***	pg	7	0,49	3,43	16,50%	0,57	3,99
9.3.15	Joelho 90 PVC soldável 32mm	***	pg	10	1,27	12,70	16,50%	1,48	14,80
9.3.16	Joelho 90 PVC soldável 40mm	***	pg	18	3,09	55,62	16,50%	3,60	64,80
9.3.17	Joelho 90 PVC soldável 50mm	***	pg	4	3,44	13,76	16,50%	4,01	16,04
9.3.18	Joelho 90 PVC soldável 60mm	***	pg	3	15,73	47,19	16,50%	18,33	54,99
9.3.19	Joelho 90 PVC soldável com bucha de latão 25mmx3/4"	***	pg	1	4,46	4,46	16,50%	5,20	5,20
9.3.20	Joelho PVC 45 com ponta e bolsa JGS 150mm	***	pg	8	31,43	251,44	16,50%	36,62	292,96
9.3.21	Joelho PVC 90 com bolsa JGS 150mm	***	pg	1	61,11	61,11	16,50%	71,19	71,19
9.3.22	Nipel PVC roscável 1"	***	pg	2	1,61	3,22	16,50%	1,88	3,76
9.3.23	Registro estera PVC soldável 25mm	***	pg	2	20,43	40,86	16,50%	23,80	47,60
9.3.24	Registro estera PVC soldável 32mm	***	pg	4	32,44	129,76	16,50%	37,79	151,16
9.3.25	Registro estera PVC soldável 40mm	***	pg	9	43,39	390,51	16,50%	50,55	454,95
9.3.26	Registro estera PVC soldável 60mm	***	pg	4	82,06	328,24	16,50%	95,60	382,40



## ANEXO F – ORÇAMENTO CASA DA CENTRÍFUGA DE LAGOA VERMELHA



### COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

Data base do orçamento:  
Setembro de 2017

MUNICÍPIO: LAGOA VERMELHA				XIII - PRÉDIO DAS CENTRÍFUGAS					
OBRA: AMPLIAÇÃO DA ETA E TRATAMENTO DE LODO DA ETA									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
<b>1</b>	<b>SERVIÇOS TÉCNICOS</b>	<b>02.00.00.00</b>							
1.1	Locação e Cadastro	02.04.00.00							
1.1.1	Locação e nivelamento de obras localizadas	02.04.01.40	m2	62	5,41	335,42	24,00%	6,71	416,02
<b>2</b>	<b>FUNDAÇÃO E ESTRUTURA</b>	<b>08.00.00.00</b>							
2.1	Fôrmas e Cimbamentos	08.04.00.00							
2.1.1	Fôrmas planas para lajes e paredes, com escoramento	08.04.00.24	m2	430	73,41	31.566,30	24,00%	91,03	39.142,90
2.1.2	Fôrmas planas para vigas e pilares, com escoramento	08.04.00.26	m2	10	91,11	911,10	24,00%	112,98	1.129,80
2.2	Armaduras	08.05.00.00							
2.2.1	Armadura CA-50, 6,30 mm - Fornecimento, corte (com perda de 7%), dobra e colocação	08.05.00.23	kg	1.293	7,77	10.046,61	24,00%	9,63	12.451,59
2.2.2	Armadura CA-50, 8,00 mm - Fornecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.24	kg	306	7,28	2.227,68	24,00%	9,03	2.763,18
2.2.3	Armadura CA-50, 10,00 mm - Fornecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.25	kg	305	5,86	1.787,30	24,00%	7,27	2.217,35
2.2.4	Armadura CA-50, 12,50 mm - Fornecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.26	kg	852	5,15	4.387,80	24,00%	6,39	5.444,28
2.2.5	Armadura CA-50, 16,00 mm - Fornecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.27	kg	241	4,68	1.127,88	24,00%	5,80	1.397,80
2.2.6	Armadura CA-60, 5,00 mm - Fornecimento, corte (com perda de 7%), dobra e colocação	08.05.00.33	kg	203	9,18	1.863,54	24,00%	11,38	2.310,14
2.3	Concreto	08.06.00.00							
2.3.1	Fornecimento concreto usinado bombeado Fck = 15 Mpa, inclusive bombeamento	08.06.00.80	m3	1	296,09	296,09	24,00%	367,15	367,15
2.3.2	Fornecimento concreto usinado bombeado Fck = 25 Mpa, inclusive bombeamento	08.06.00.85	m3	4	356,32	1.425,28	24,00%	441,84	1.767,36
2.3.3	Fornecimento concreto usinado bombeado Fck = 30 Mpa, inclusive bombeamento	08.06.00.90	m3	49	368,31	18.047,19	24,00%	456,70	22.378,30
2.3.4	Levantamento, adensamento e acabamento de concreto usinado bombeado	08.06.00.97	m3	54	25,76	1.391,04	24,00%	31,94	1.724,76
<b>3</b>	<b>FECHAMENTO</b>	<b>12.00.00.00</b>							
3.1	Alvenarias	12.01.00.00							
3.1.1	Alvenaria de tijolos 6 furos sem revestimento, e=14cm	12.01.02.02	m2	132	81,48	10.755,36	24,00%	101,04	13.337,28
3.2	Alvenaria de Tijolos de Vidro	12.01.06.00							
3.2.1	Alvenaria de blocos de vidro tipo canalado 19x19x8 cm	12.01.06.01	m2	12	366,46	4.397,52	24,00%	454,41	5.452,92



### COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

Data base do orçamento:  
Setembro de 2017

MUNICÍPIO: LAGOA VERMELHA				XIII - PRÉDIO DAS CENTRÍFUGAS					
OBRA: AMPLIAÇÃO DA ETA E TRATAMENTO DE LODO DA ETA									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
3.3	Esquadrias e Ferragens	12.03.00.00							
3.3.1	JA1 - basculante alumínio anodizado 0,77 x 1,30m - vidros inclusos, fornecimento e instalação	###	m2	6	681,77	4.090,62	24,00%	845,39	5.072,34
3.3.2	JA2 - basculante alumínio anodizado 0,77 x 2,06m - vidros inclusos, fornecimento e instalação	###	m2	19	681,77	12.953,63	24,00%	845,39	16.062,41
3.3.3	PA1 - porta alum.anod. fosco, almotf.1,40x2,15m, c/iguam.fix. c/paraf. - Fornec. e Instalação	###	m2	3	954,63	2.863,89	24,00%	1.183,74	3.551,22
3.3.4	PA2 - porta alum.anod. fosco, almotf.1,40x4,00m, c/iguam.fix. c/paraf. - Fornec. e Instalação	###	m2	11	954,63	10.500,93	24,00%	1.183,74	13.021,14
3.4	Dispositivos de Proteção e Acesso	12.06.00.00							
3.4.1	Guarda-corpo de PRFV (Plástico Reforçado em Fibra de Vidro)	12.06.03.30	m	5	614,75	3.073,75	24,00%	762,29	3.811,45
<b>4</b>	<b>REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES</b>	<b>13.00.00.00</b>							
4.1	Pisos, Forros e Paredes	13.01.00.00							
4.1.1	Chapisco com argamassa de cimento e areia 1:4, espessura média 5 mm	13.01.03.10	m2	264	7,39	1.950,96	24,00%	9,16	2.418,24
4.1.2	Emboço com aditivo impermeabilizante, espessura 15 mm	13.01.03.22	m2	264	28,76	7.592,64	24,00%	35,66	9.414,24
4.1.3	Revestimento com argamassa cimento e areia 1:4, com aditivo impermeabilizante, e=15 mm	13.01.03.32	m2	264	27,87	7.357,68	24,00%	34,56	9.123,84
4.1.4	Piso epoxi 5mm dureza shore 80/85	###	m2	74	150,71	11.152,54	24,00%	186,88	13.829,12
4.2	Pinturas	13.03.00.00							
4.2.1	Pintura acrílica 2 demãos e selador	13.03.00.18	m2	408	12,07	4.924,56	24,00%	14,97	6.107,76
<b>5</b>	<b>INSTALAÇÕES DE PRODUÇÃO</b>	<b>15.00.00.00</b>							
5.1	Instalação e montagem de tubos e peças de PVC Cap. XIII	###	eq	1	269,92		24,00%	334,70	334,70
5.2	Instalação e montagem de tubos e peças de PVC coletor de esgoto Cap. XIII	###	eq	1	134,96		24,00%	167,35	167,35
5.3	Instalação e montagem de tubos e peças de Ferro Fundido Cap. XIII	###	eq	1	269,92		24,00%	334,70	334,70
5.4	Instalação e montagem de tubos e peças de Ferro Galvanizado Cap. XIII	###	eq	1	134,96		24,00%	167,35	167,35
5.5	Instalação e montagem de equipamentos Cap. XIII	###	eq	1	15.314,48		24,00%	18.989,96	18.989,96



**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**  
DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

Data base do orçamento:  
Setembro de 2017

MUNICÍPIO: LAGOA VERMELHA				XIII - PRÉDIO DAS CENTRÍFUGAS					
OBRA: AMPLIAÇÃO DA ETA E TRATAMENTO DE LODO DA ETA									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
<b>6</b>	<b>FORNECIMENTO DE MATERIAIS</b>	<b>18.00.00.00</b>							
<b>6.1</b>	<b>Tubos e peças de PVC</b>								
6.1.1	Adaptador PVC soldável curto, bolsa e rosca, 40mm	***	pc	4	2,80	11,20	16,50%	3,26	13,04
6.1.2	Bucha de redução PVC soldável 32x25mm	***	pc	1	0,57	0,57	16,50%	0,66	0,66
6.1.3	Bucha de redução PVC soldável 40x32mm	***	pc	1	1,20	1,20	16,50%	1,40	1,40
6.1.4	Bucha de redução PVC soldável longa 40x25mm	***	pc	1	2,05	2,05	16,50%	2,39	2,39
6.1.5	CAP PVC soldável DN50	***	pc	1	4,64	4,64	16,50%	5,41	5,41
6.1.6	Curva PVC 90 soldável DN40	***	pc	4	6,73	26,92	16,50%	7,84	31,36
6.1.7	Curva PVC 90 soldável DN50	***	pc	4	7,43	29,72	16,50%	8,66	34,64
6.1.8	Extremidade PVC ponta e flange 50mm	***	pc	1	42,94	42,94	16,50%	50,03	50,03
6.1.9	Joelho PVC 90 soldável, DN25	***	pc	9	0,56	5,04	16,50%	0,65	5,85
6.1.10	Joelho PVC 90 soldável, DN50	***	pc	4	3,54	14,16	16,50%	4,12	16,48
6.1.11	Registro esfera PVC soldável, DN25	***	pc	4	18,44	73,76	16,50%	21,48	85,92
6.1.12	Registro esfera PVC soldável, DN40	***	pc	4	39,15	156,60	16,50%	45,61	182,44
6.1.13	Té PVC soldável DN25	***	pc	2	0,93	1,86	16,50%	1,08	2,16
6.1.14	Té PVC soldável DN40	***	pc	2	6,00	12,00	16,50%	6,99	13,98
6.1.15	Té PVC soldável DN50	***	pc	1	6,79	6,79	16,50%	7,91	7,91
6.1.16	Tubo PVC roscável DN40	***	m	6	23,52	141,12	16,50%	27,40	164,40
6.1.17	Tubo PVC soldável, DN25	***	m	12	2,86	34,32	16,50%	3,33	39,96
6.1.18	Tubo PVC soldável, DN50	***	m	12	11,07	132,84	16,50%	12,90	154,80
<b>6.2</b>	<b>Tubos e Peças de PVC Coletor de Esgoto</b>	<b>18.05.00.00</b>							
6.2.1	Tubo de PVC coletor de esgoto, JEIVJERI, DN 150, L=6m	18.05.01.15	br	2	210,98	421,96	16,50%	245,79	491,58
6.2.2	Curva 90° de PVC coletor de esgoto, longa, PB, JE, DN 150	18.05.02.32	pc	1	85,66	85,66	16,50%	99,79	99,79
<b>6.3</b>	<b>Tubos e peças de Ferro Fundido</b>								
6.3.1	Curva 90 Fofa com junta elástica, DN150	***	pc	3	235,52	706,56	16,50%	274,38	823,14
6.3.2	Tubo FoFo cilíndrico, DN150, L=1,35m	***	pc	1	927,91	927,91	16,50%	1.081,02	1.081,02
6.3.3	Tubo ponta e bolsa JGS, FoFo, DN150, L=6m	***	pc	1	1.986,30	1.986,30	16,50%	2.314,04	2.314,04
6.3.4	Tubo FoFo cilíndrico, DN150, L=3,12m	***	pc	1	1.687,46	1.687,46	16,50%	1.965,89	1.965,89



**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**  
DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

Data base do orçamento:  
Setembro de 2017

MUNICÍPIO: LAGOA VERMELHA				XIII - PRÉDIO DAS CENTRÍFUGAS					
OBRA: AMPLIAÇÃO DA ETA E TRATAMENTO DE LODO DA ETA									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
<b>6.4</b>	<b>Tubos e Peças de Ferro Galvanizado</b>								
6.4.1	Flange c/sextoavado, Ferro Galvanizado, rosca BSP, 1 1/4"	***	pc	4	20,19	80,76	16,50%	23,52	94,08
6.4.2	Luva, Ferro Galvanizado, Rosca BSP, 2 1/2"	***	pc	1	30,80	30,80	16,50%	35,88	35,88
6.4.3	Nipel duplo, Ferro Galvanizado, Rosca BSP, 2 1/2"	***	pc	1	25,86	25,86	16,50%	30,13	30,13
6.4.4	Bucha de redução, Ferro Galvanizado, Rosca BSP, 2 1/2"x2"	***	pc	1	21,48	21,48	16,50%	25,02	25,02
6.4.5	Flange sextavado, Ferro Galvanizado, Rosca BSP, 2"	***	pc	1	30,17	30,17	16,50%	35,15	35,15
<b>6.5</b>	<b>Equipamentos</b>								
6.5.1	Trole e Talha Elétrica, cap. 4000kg, incluso instalação	***	cj	2	20.000,00	40.000,00	16,50%	23.300,00	46.600,00
6.5.2	Monovia perfil I (381x130,7), L=9,5m, cap. 4 ton, incl. instalação e pintura	***	cj	1	4.277,83	4.277,83	16,50%	4.983,67	4.983,67
6.5.3	Sist.Desid.Lodo(2 bomb.pol., 2 bomb.lodo, 2 Decant., prep.pol., mist.est., mang., painel, instalação)	***	cj	1	681.538,40	681.538,40	16,50%	793.992,24	793.992,24
6.5.4	Sistema transporte de Lodo (2 container, 2 carros, trilhos, 2 guinchos, painel elétrico)	***	cj	1	178.095,26	178.095,26	16,50%	207.480,98	207.480,98
<b>XIII - PRÉDIO DAS CENTRÍFUGAS</b>					<b>TOTAL SEM B.D.I.</b>	<b>R\$ 1.067.641,45</b>		<b>TOTAL COM B.D.I.</b>	<b>R\$ 1.275.572,09</b>

## ANEXO G – CONTATO COM FORNECEDOR PRENSA PARAFUSO

Agradecemos pela oportunidade de esclarecer sobre estes importantes itens levantados no seu e-mail.

A IEA Brasil é desenvolvedora de tecnologia de Prensas Parafusos para desidratação de lodos de ETAs e ETEs, além de outros diversos efluentes industriais. Operamos em parceria com a empresa GRATT no Brasil para lodos de ETAs e ETEs.

Passo a responder seus questionamentos inseridos, conforme segue:

Para qualquer questionamento adicional, estamos a disposição.

Att.,

**Fredolf Raduenz**

Solicito-vos as informações que seguem, para embasar a dissertação em desenvolvimento.

1 - Por favor, me informem onde se situam as duas prensas parafuso instaladas mais próximas de Porto Alegre, ainda que em outro estado. Agradeço informarem cidade, nome da empresa, com telefone, e-mail e nome de algum contato na mesma. Na dissertação da Thais quero referir instalações que já usem este equipamento (prensas parafuso). Se possível programaremos uma visita a uma destas instalações. Creio que isto poderá induzir a CORSAN a começar a admitir o uso de prensas parafuso para lodos de ETA.

FR:

1. SAMAE de São Ludgero/SC – contato: Eng° Elton Peters; cel: 048 99996-7071; e-mail: eltonengenheirosc@gmail.com
2. CASAN – ETA Morro dos Quadros – Palhoça/SC – Contato: Eng° Felipe Gustavo Trennepohl; cel: 048 99629-7994; e-mail: felipetr@casan.com.br

2- A CORSAN, para centrifugas, considera um custo anual de R\$ 30% do valor do equipamento novo, para manutenção corretiva. Para manutenção preventiva, consideram um kit de determinado valor por ano.

Pergunto-vos, com relação às prensas parafuso:

- Qual o valor anual estimado para manutenção preventiva

FR: Está limitado a 2 a 3% do valor de investimento na máquina

3- Me informem por favor quais são as peças a considerar para manutenção preventiva, e qual o número de horas de operação com que devem ser substituídas.

FR: A peça de desgaste é o anel raspador da rosca. Vida útil: 6.000 a 8.000 hrs de operação. Não há outras peças de desgaste.

4- Na manutenção corretiva, imagino que raramente ocorra em prensas parafuso, quais as peças que normalmente estragam ?

FR: Raramente pode ocorrer algum dano a alguma das peneiras metálicas, devido a introdução de algum objeto estranho no lodo!

5- Para que os operadores de ETA possam fazer as manutenções preventiva e corretiva, a Gratt oferece treinamento para funcionários das empresas que adquiram as prensas ?

Caso positivo, qual é o tempo de cursos de treinamento ?

FR: é oferecido assistência para treinamento do pessoal de manutenção do cliente na troca do anel raspador

6 -Este curso de treinamento de operadores é feito na sede da empresa, ou na ETE/ETA ?

FR: Na própria ETE/ETA junto a máquina.

---

Custo médio com energia elétrica: 1,0 KW/m<sup>3</sup> de lodo (Bombas, sistema de polímero, Prensa...)

Manutenção para cada Prensa com capacidade de 8m<sup>3</sup>/h: R\$ 25.000,00

A disposição e muito obrigado.

---

**Lindomar de Souza**

Diretor

## ANEXO H – DADOS DO DECANTER CENTRÍFUGO MODELO ANDRITZ D3L

### DECANTER CENTRIFUGE TYPE **D 3 L C 30 B HP**

### TECHNICAL OFFER

#### OPERATING CONDITIONS & SIZING & PERFORMANCE

##### A – OPERATING CONDITIONS

Application	<b>Sludge dewatering</b>
Type of sludge	WAS
Type of effluent	Municipal
Feed solids concentration (g DS/l)	15 to 25
Feed volatile solids content (%)	< 70

##### B – SIZING & PERFORMANCE

Decanter type	<b>D3L</b>
Number of machines	1
Unit flow (m <sup>3</sup> /h)	7 max
Polymer consumption (emulsion) (kg per ton DS)	10 ±0.5
Dryness (%)	18 to 20*
Capture rate or centrate suspended solids concentrate (%)	95
Estimated absorbed power (kW/hr)	13.7 with 7 m <sup>3</sup> /h at 15 g/l

\*If there is a primary settling tank, then the dryness will be 18%.  
If not, it is WAS and the dryness will be 20%.

## ANEXO I – ORÇAMENTO DECANTER CENTRÍFUGO MODELO ANDRITZ D3L



COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA O LOTE 1**LOTE 1** – SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO DE CENTRÍFUGAS DE LODO MARCA ANDRITZ

Lote	Marca - Modelo	Local de instalação	Nº Equip.	Valor de referência (Equipamento novo)	Índice máximo de reparo (IR)	Valor máximo de reparo anual
LOTE 1	ANDRITZ - D3L C30 B HP	Santa Maria	1	R\$ 230.000,00	30%	R\$ 69.000,00
	ANDRITZ - D5L C30 B HP	Campo Bom (ETA)	1	R\$ 510.000,00	30%	R\$ 153.000,00
	ANDRITZ - D2L E	Gravataí (CETEL GM)	1	R\$ 175.000,00	30%	R\$ 52.500,00
	ANDRITZ - D2L E C30	Eldorado do Sul	1	R\$ 175.000,00	30%	R\$ 52.500,00
	ANDRITZ - D3L C 30 B HP	Alvorada (ETE)	1	R\$ 230.000,00	30%	R\$ 69.000,00
	ANDRITZ - D4LL C 30 B HP	Alvorada (ETE)	1	R\$ 230.000,00	30%	R\$ 69.000,00
	<b>Nº Total de Equipamentos</b>		<b>6</b>		<b>Total</b>	<b>R\$ 465.000,00</b>

Valor total de contrato para 365 dias	<b>R\$ 465.000,00</b>
---------------------------------------	-----------------------

Data base: outubro de 2019.

**ANEXO J – ORÇAMENTO DO FABRICANTE DO DECANter CENTRÍFUGO  
MODELO ANDRITZ D3L**

**COMMERCIAL OFFER**

**PRICE LIST**

<b>N°</b>	<b>Machine</b>	<b>Qty</b>	<b>Unit price Tax not incl. EURO (€)</b>	<b>Total price Tax not incl. EURO (€)</b>
1	<b>Decanter type D 3 L C 30 B HP</b> - 304 design – fully tiled scroll - High Performance scrolls - Covistar control unit - IE2 main and secondary motor - Frequency inverters - Set of tools - RFI filters (except with IT earthing)  FCA our manufacturing plant in Châteauroux	1	51 200	51 200
3	Special paint Cliché7Re3 (5 years guarantee) in accordance with ISO 4628/3	1	568	568
6	Solids discharge flexible connector Bellow with 304L SS protection	1	1 278	1 278
7	3-way feed head (manifold) with non return valves and flexible connections - 304L	1	710	710
8	Recommended commissioning parts : - 1 set of bearings - 1 set of seals - 1 Pyrex feed sight tube - 1 set of screw and fasteners - 1 set of belts - Exclusive lubricant for reducer	1	1 110	1 110
10	Commissioning (3 days on site per machine) Flight ticket not included	1	2 800	2 800

## ANEXO K – VALOR DA MANUTENÇÃO DOS DECANTERS CENTRÍFUGOS



COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO

### ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA O LOTE 1

### **LOTE 1** – SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO DE CENTRÍFUGAS DE LODO MARCA ANDRITZ

Lote	Marca - Modelo	Local de instalação	Nº Equip.	Valor de referência (Equipamento novo)	Índice máximo de reparo (IR)	Valor máximo de reparo anual
LOTE 1	ANDRITZ - D3L C30 B HP	Santa Maria	1	R\$ 230.000,00	30%	R\$ 69.000,00
	ANDRITZ - D5L C30 B HP	Campo Bom (ETA)	1	R\$ 510.000,00	30%	R\$ 153.000,00
	ANDRITZ - D2L E	Gravataí (CETEL GM)	1	R\$ 175.000,00	30%	R\$ 52.500,00
	ANDRITZ - D2L E C30	Eldorado do Sul	1	R\$ 175.000,00	30%	R\$ 52.500,00
	ANDRITZ - D3L C 30 B HP	Alvorada (ETE)	1	R\$ 230.000,00	30%	R\$ 69.000,00
	ANDRITZ - D4LL C 30 B HP	Alvorada (ETE)	1	R\$ 230.000,00	30%	R\$ 69.000,00
	<b>Nº Total de Equipamentos</b>		<b>6</b>		<b>Total</b>	<b>R\$ 465.000,00</b>

Valor total de contrato para 365 dias	<b>R\$ 465.000,00</b>
---------------------------------------	-----------------------

## ANEXO L – ORÇAMENTO MANUTENÇÕES PREVENTIVAS DO DECANTER CENTRÍFUGO

DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO				
				
LOTE 1: SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO DE CENTRÍFUGAS DE LODO MARCA ANDRITZ				
ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	PREÇO (R\$)
<b>ANDRITZ D2L</b>				
1.1	AND00001	KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D2L 3000 horas	Kit	R\$ 477,53
1.2	AND00002	KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D2L 6000 horas	Kit	R\$ 3.219,65
1.3	AND00003	KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D2L 9000 horas	Kit	R\$ 477,53
1.4	AND00004	KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D2L 12000 horas	Kit	R\$ 7.249,14
1.5	AND00005	KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D2L 15000 horas	Kit	R\$ 477,53
1.6	AND00006	KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D2L 18000 horas	Kit	R\$ 12.891,74
1.7	AND00007	KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D2L 21000 horas	Kit	R\$ 477,53
1.8	AND00008	KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D2L 24000 horas	Kit	R\$ 52.116,65
1.9	AND00009	SERVIÇO TÉCNICO SUBSTITUIÇÃO KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D2L 3000 horas	svc	R\$ 8.940,00
1.10	AND00010	SERVIÇO TÉCNICO SUBSTITUIÇÃO KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D2L 6000 horas	svc	R\$ 12.190,00
1.11	AND00011	SERVIÇO TÉCNICO SUBSTITUIÇÃO KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D2L 9000 horas	svc	R\$ 8.940,00
1.12	AND00012	SERVIÇO TÉCNICO SUBSTITUIÇÃO KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D2L 12000 horas	svc	R\$ 15.130,00
1.13	AND00013	SERVIÇO TÉCNICO SUBSTITUIÇÃO KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D2L 15000 horas	svc	R\$ 8.940,00
1.14	AND00014	SERVIÇO TÉCNICO SUBSTITUIÇÃO KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D2L 18000 horas	svc	R\$ 15.130,00
1.15	AND00015	SERVIÇO TÉCNICO SUBSTITUIÇÃO KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D2L 21000 horas	svc	R\$ 8.940,00
1.16	AND00016	SERVIÇO TÉCNICO SUBSTITUIÇÃO KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D2L 24000 horas	svc	R\$ 18.350,00
1.17	AND00017	Defletor do tambor D2L	pç	R\$ 4.018,01
1.18	AND00018	O-ring do tambor D2L	pç	R\$ 3,35
1.19	AND00019	Bucha do Bowl D2L	pç	R\$ 1.420,18
1.20	AND00020	Bocal da rosca D2L	pç	R\$ 442,03
1.21	AND00021	Suporte do bocal D2L	pç	R\$ 141,98
1.22	AND00022	Tiles D2L	pç	R\$ 112,37
1.23	AND00023	Anel de teflon D2L	pç	R\$ 157,43
<b>ANDRITZ D3L</b>				
1.24	AND00024	KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D3L 3000 horas	Kit	R\$ 486,19
1.25	AND00025	KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D3L 6000 horas	Kit	R\$ 3.426,81
1.26	AND00026	KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D3L 9000 horas	Kit	R\$ 486,19
1.27	AND00027	KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D3L 12000 horas	Kit	R\$ 15.993,89
1.28	AND00028	KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D3L 15000 horas	Kit	R\$ 486,19
1.29	AND00029	KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D3L 18000 horas	Kit	R\$ 14.282,71
1.30	AND00030	KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D3L 21000 horas	Kit	R\$ 486,19
1.31	AND00031	KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D3L 24000 horas	Kit	R\$ 84.432,27
1.32	AND00032	SERVIÇO TÉCNICO SUBSTITUIÇÃO KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D3L 3000 horas	svc	R\$ 8.940,00
1.33	AND00033	SERVIÇO TÉCNICO SUBSTITUIÇÃO KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D3L 6000 horas	svc	R\$ 12.190,00
1.34	AND00034	SERVIÇO TÉCNICO SUBSTITUIÇÃO KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D3L 9000 horas	svc	R\$ 8.940,00
1.35	AND00035	SERVIÇO TÉCNICO SUBSTITUIÇÃO KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D3L 12000 horas	svc	R\$ 15.130,00
1.36	AND00036	SERVIÇO TÉCNICO SUBSTITUIÇÃO KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D3L 15000 horas	svc	R\$ 8.940,00
1.37	AND00037	SERVIÇO TÉCNICO SUBSTITUIÇÃO KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D3L 18000 horas	svc	R\$ 15.130,00
1.38	AND00038	SERVIÇO TÉCNICO SUBSTITUIÇÃO KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D3L 21000 horas	svc	R\$ 8.940,00
1.39	AND00039	SERVIÇO TÉCNICO SUBSTITUIÇÃO KIT PEÇAS MANUTENÇÃO PREVENTIVA D3L 24000 horas	svc	R\$ 18.350,00
1.40	AND00040	Bocal do tambor D3L	pç	R\$ 4.888,52
1.41	AND00041	Bocal da rosca D3L	pç	R\$ 4.249,61
1.42	AND00042	Anel de retenção D3L	pç	R\$ 194,08
1.43	AND00043	O-ring D3L	pç	R\$ 1,59
1.44	AND00044	Tiles D3L	pç	R\$ 112,37
1.45	AND00045	Tiles D3L	pç	R\$ 93,02
1.46	AND00046	Anel de teflon D3L	pç	R\$ 796,17

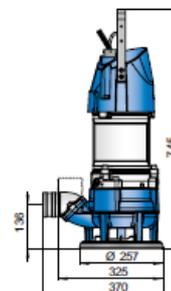
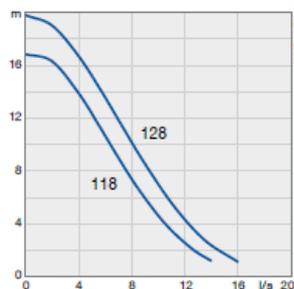
Data base: outubro de 2019.

## ANEXO M – CATÁLOGO DAS BOMBAS

### BOMBA SUBMERSÍVEL PARA LODO MODELO ABS XJS 25

XJS 25 D\* -118  
XJS 25 D\* -128

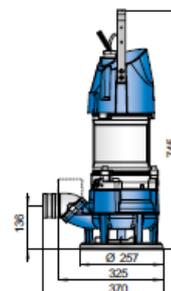
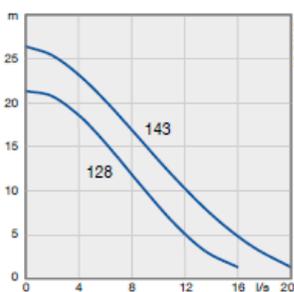
Potência do motor P2	2,9 kW, 3~ (4 hp)
Tensão (V)	230 / 380 / 460 / 575
Corrente nominal (A)	9,8 / 5,9 / 4,9 / 3,9
Velocidade	3500 rpm
Passagem livre	45 x 55 mm
Conexões de descarga	Mangueira 2½", 3", 4" Conexão roscada G/BSP 2½", 3", 4"
Peso (sem cabo)	39 kg
Proteção do motor	Incorporada
Cabo elétrico	20 m



### BOMBA SUBMERSÍVEL PARA LODO MODELO ABS XJS 40

XJS 40 D\* -128  
XJS 40 D\* -143

Potência do motor P2	4,3 kW, 3~ (6 hp)
Tensão (V)	230 / 380 / 460 / 575
Corrente nominal (A)	14,8 / 8,9 / 7,4 / 5,9
Velocidade	3470 rpm
Passagem livre	45 x 55 mm
Conexões de descarga	Mangueira 2½", 3", 4" Conexão roscada G/BSP 2½", 3", 4"
Peso (sem cabo)	41 kg
Proteção do motor	Incorporada
Cabo elétrico	20 m



## ANEXO N – ORÇAMENTO LEITO DE DRENAGEM E RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO DE PALMITINHO



### COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO

#### DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

Data base do orçamento:

Maio de 2018

MUNICÍPIO: PALMITINHO					IX - LEITOS DE SECAGEM				
OBRA: Execução da ampliação da ETA e Tratamento do lodo									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
1	<b>SERVIÇOS TÉCNICOS</b>	<b>02.00.00.00</b>							
1.1	<b>Locação e Cadastro</b>	<b>02.04.00.00</b>							
1.1.1	Locação e nivelamento para obras de condutos livres	02.04.01.20	m	116	1,33	154,28	24,00%	1,65	191,40
1.1.2	Locação e nivelamento de obras localizadas	02.04.01.40	m2	376	5,33	2.004,08	24,00%	6,61	2.485,36
1.1.3	Cadastro e desenho para obras de condutos livres	02.04.02.20	m	116	0,82	95,12	24,00%	1,02	118,32
1.1.4	Cadastro e desenho para obras localizadas	02.04.02.40	m2	376	4,44	1.669,44	24,00%	5,51	2.071,76
2	<b>MOVIMENTO DE SOLO</b>	<b>04.00.00.00</b>							
2.1	<b>Escavação de Solo Localizada</b>	<b>04.01.00.00</b>							
2.1.1	Escavação localizada mecânica, solo 0-2 m	04.01.02.42	m3	567	8,45	4.791,15	24,00%	10,48	5.942,16
2.2	<b>Escavação de Solo Valas</b>	<b>04.02.00.00</b>							
2.2.1	Escavação de valas mecânica, solo 0-2 m	04.02.02.42	m3	13	8,68	112,84	24,00%	10,76	139,88
2.3	<b>Aterro, Reaterro, Lastro, Espalhamento e Nivelamento</b>	<b>04.09.00.00</b>							
2.3.1	Reenchimento mecânico e compactação mecânica de vala, 0-2 m	04.09.02.22	m3	12	13,46	161,52	24,00%	16,69	200,28
2.3.2	Reenchimento mecânico e compactação mecânica, localizado em pequenas áreas, 0-2 m	04.09.02.32	m3	531	13,46	7.147,26	24,00%	16,69	8.862,39
2.4	<b>Carga, Transporte, Descarga</b>	<b>04.10.00.00</b>							
2.4.1	Carga e descarga de solo para bota-fora	04.10.02.01	m3	43	4,49	193,07	24,00%	5,57	239,51
2.4.3	Transporte de solos para bota-fora até 30km	04.10.02.08	m3xkm	215	1,41	303,15	24,00%	1,75	376,25
3	<b>ESGOTAMENTO</b>	<b>06.00.00.00</b>							
3.1	<b>Esgotamento com Bombas</b>	<b>06.01.00.00</b>							
3.1.1	Esgotamento com bomba auto-escorvante 3,5 HP, a gasolina	06.01.00.10	h	299	7,58	2.266,42	24,00%	9,40	2.810,60
4	<b>FUNDAÇÃO E ESTRUTURA</b>	<b>08.00.00.00</b>							
4.1	<b>Lastro</b>	<b>08.03.00.00</b>							
4.1.1	Lastro de brita nº 2	08.03.00.14	m3	2	66,03	132,06	24,00%	81,88	163,76
4.1.2	Lastro de concreto usinado bombeado 250 kg cim/m³	08.03.00.44	m3	3	294,15	882,45	24,00%	364,75	1.094,25



### COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO

#### DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

Data base do orçamento:

Maio de 2018

MUNICÍPIO: PALMITINHO					IX - LEITOS DE SECAGEM				
OBRA: Execução da ampliação da ETA e Tratamento do lodo									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
4.2	<b>Fôrmas e Cimbraentos</b>	<b>08.04.00.00</b>							
4.2.1	Fôrmas planas para lajes e paredes, com escoramento	08.04.00.24	m2	79	76,20	6.019,80	24,00%	94,49	7.464,71
4.3	<b>Armaduras</b>	<b>08.05.00.00</b>							
4.3.1	Armadura CA-50, 6,30 mm - Fomecimento, corte (com perda de 7%), dobra e colocação	08.05.00.23	kg	111	8,54	947,94	24,00%	10,59	1.175,49
4.3.2	Armadura CA-50, 8,00 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.24	kg	1.041	8,18	8.515,38	24,00%	10,14	10.555,74
4.3.3	Armadura CA-50, 10,00 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.25	kg	92	6,63	609,96	24,00%	8,22	756,24
4.4	<b>Concreto</b>	<b>08.06.00.00</b>							
4.4.1	Fomecimento concreto usinado bombeado Fck = 40 Mpa, inclusive bombeamento	08.06.00.94	m3	14	395,91	5.542,74	24,00%	490,93	6.873,02
4.4.2	Leitura, adensamento e acabamento de concreto usinado bombeado	08.06.00.97	m3	17	25,92	440,64	24,00%	32,14	546,38
4.5	<b>Junta argamassada de poço de visita/caixa de calçada</b>	<b>08.10.07.00</b>							
4.5.1	Junta argamassada entre tubo DN 150 e PV	08.10.07.15	un	26	26,28	683,28	24,00%	32,59	847,34
4.5.2	Junta argamassada entre tubo DN 200 e PV	08.10.07.20	un	10	31,29	312,90	24,00%	38,80	388,00
4.5.3	Junta argamassada entre tubo DN 250 e PV	08.10.07.25	un	1	36,28	36,28	24,00%	44,99	44,99
5	<b>ASSENTAMENTO, CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE</b>	<b>09.00.00.00</b>							
5.1	<b>Assentamento, Carga, Descarga e Transporte de Tubulação</b>	<b>09.01.00.00</b>							
5.1.1	Assentamento, carga, descarga e transporte de tubos de PVC DN 150	09.01.05.04	m	95	4,34	412,30	24,00%	5,38	511,10
5.1.2	Assentamento, carga, descarga e transporte de tubos de PVC DN 200	09.01.05.05	m	21	5,02	105,42	24,00%	6,22	130,62



**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**  
DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

Data base do orçamento:  
Maio de 2018

MUNICÍPIO: PALMITINHO				IX - LEITOS DE SECAGEM					
OBRA: Execução da ampliação da ETA e Tratamento do lodo									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
6	REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES	13.00.00.00							
6.1	Impermeabilização	13.02.00.00							
6.1.1	Impermeabilização com tinta betuminosa 3 demãos	13.02.00.42	m2	119	28,53	3.395,07	24,00%	35,38	4.210,22
7	INSTALAÇÕES DE PRODUÇÃO	15.00.00.00							
7.1	Colocação de material filtrante - cap IX	###	eq	1	810,48	810,48	24,00%	1.005,00	1.005,00
7.2	Instalação e montagem de equipamentos - cap IX	###	eq	1	1.189,16	1.189,16	24,00%	1.474,56	1.474,56
8	FORNECIMENTO DE MATERIAIS	18.00.00.00							
8.1	Materiais em PVC								
8.1.1	Cap DN 100	***	pç	3	9,21	27,63	16,50%	10,73	32,19
8.1.2	Tubo corrugado perfurado DN 150	***	m	80	20,39	1.631,20	16,50%	23,75	1.900,00
8.1.3	Tubo de PVC coletor de esgoto, JEI/JERI, DN 150, L=6m	18.05.01.15	br	3	214,15	642,45	16,50%	249,48	748,44
8.1.4	Tubo de PVC coletor de esgoto, JEI/JERI, DN 200, L=6m	18.05.01.20	br	4	333,75	1.335,00	16,50%	388,82	1.555,28
8.2	Materiais Filtrantes								
8.2.1	Areia Grossa para leito de secagem	***	m3	113	57,00	6.441,00	16,50%	66,41	7.504,33
8.2.2	Manta Geotêxtil não-tecido; gramatura 200g/m²; espessura 2mm; porosidade ≥ 90%	***	m2	376	12,91	4.854,16	16,50%	15,04	5.655,04
8.2.3	Brita nº 2	***	m3	85	46,64	3.964,40	16,50%	54,34	4.618,90
8.3	Equipamento								
8.3.1	Comporta com quadro em PRFV, pòrtico de comando e volante, 640x 580 cm	***	pç	3	5.430,00	16.290,00	16,50%	6.325,95	18.977,85
8.4	Carga, Transporte, Descarga	04.10.00.00							
8.4.1	Carga e descarga de solo para empréstimo	04.10.01.03	m3	198	4,49	889,02	24,00%	5,57	1.102,86
8.4.2	Transporte de solo para empréstimo até 30km	04.10.01.38	h3xkt	1.782	1,41	2.512,62	24,00%	1,75	3.118,50
<b>IX - LEITOS DE SECAGEM</b>					<b>TOTAL SEM B.D.I.</b>	<b>R\$ 87.521,67</b>		<b>TOTAL COM B.D.I.</b>	<b>R\$ 105.892,72</b>

Os valores totais dos itens considerados e o cálculo do custo por metro quadrado dos leitos estão na tabela abaixo.

Leito de drenagem - Palmitinho	
Serviços técnicos	R\$ 4.866,84
Movimentação solo	R\$ 15.760,47
Esgotamento	R\$ 2.810,60
Assentamento/carga	R\$ 641,72
Revestimento	R\$ 4.210,22
Instalações produção	R\$ 2.479,56
Fornecimento de materiais.	R\$ 45.213,39
<b>Total</b>	<b>R\$ 75.982,80</b>
Área dos leitos [m²]	376
Data base 05/2018 [R\$/m²]	R\$ 202,08
Data base 12/2019 [R\$/m²]	R\$ 228,55
Valor manta	R\$ 5.655,04
Total sem manta	R\$ 70.327,76
Data base 05/2018 [R\$/m²]	R\$ 187,04
Data base 12/2019 [R\$/m²]	R\$ 211,54


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**

 Data base do orçamento:  
 Maio de 2018

**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

MUNICÍPIO: PALMITINHO					VIII - RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO DE LODO				
OBRA: Execução da ampliação da ETA e Tratamento do lodo									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
<b>1</b>	<b>SERVIÇOS TÉCNICOS</b>	<b>02.00.00.00</b>							
<b>1.1</b>	<b>Locação e Cadastro</b>	<b>02.04.00.00</b>							
1.1.1	Locação e nivelamento de obras localizadas	02.04.01.40	m2	62	5,33	330,46	24,00%	6,61	409,82
1.1.2	Cadastro e desenho para obras localizadas	02.04.02.40	m2	62	4,44	275,28	24,00%	5,51	341,62
<b>2</b>	<b>MOVIMENTO DE SOLO</b>	<b>04.00.00.00</b>							
<b>2.1</b>	<b>Escavação de Solo Localizada</b>	<b>04.01.00.00</b>							
2.1.1	Escavação localizada mecânica, solo 0-2 m	04.01.02.42	m3	700	8,45	5.915,00	24,00%	10,48	7.336,00
<b>2.2</b>	<b>Escavação de Rocha Dura Localizada</b>	<b>04.05.00.00</b>							
2.2.1	Escavação em rocha dura localizada a fogo 0-2 m	04.05.01.02	m3	904	129,56	117.122,24	24,00%	160,65	145.227,60
<b>2.3</b>	<b>Aterro, Reaterro, Lastro, Espalhamento e Nivelamento</b>	<b>04.09.00.00</b>							
2.3.1	Reenchimento mecânico e compactação mecânica, localizado em pequenas áreas, 0-2 m	04.09.02.32	m3	242	13,46	3.257,32	24,00%	16,69	4.038,96
2.3.2	Reenchimento mecânico e compactação mecânica, localizado em pequenas áreas, 0-5 m	04.09.02.35	m3	330	8,21	2.709,30	24,00%	10,18	3.359,40
2.3.3	Reenchimento mecânico e compactação mecânica, localizado em pequenas áreas, 0-6 m	04.09.02.36	m3	6	7,72	46,32	24,00%	9,57	57,42
<b>2.4</b>	<b>Carga, Transporte, Descarga</b>	<b>04.10.00.00</b>							
2.4.1	Carga e descarga de solo para bota-fora	04.10.02.01	m3	60	4,49	269,40	24,00%	5,57	334,20
2.4.2	Carga e descarga de rocha para bota-fora	04.10.02.02	m3	904	7,04	6.364,16	24,00%	8,73	7.891,92
2.4.3	Transporte de solos para bota-fora até 30km	04.10.02.08	t30km	300	1,41	423,00	24,00%	1,75	525,00
2.4.4	Transporte de rocha para bota-fora	04.10.02.41	t30km	4.520	4,05	18.306,00	24,00%	5,02	22.690,40
<b>3</b>	<b>ESCORAMENTO</b>	<b>05.00.00.00</b>							
<b>3.1</b>	<b>Escoramento Misto</b>	<b>05.03.00.00</b>							
3.1.1	Concreto projetado; espessura 10cm; armado com tela; talude 90°; Aplicação Descontínua	###	m2	167	134,95	22.536,65	24,00%	167,34	27.945,78
<b>4</b>	<b>ESGOTAMENTO</b>	<b>06.00.00.00</b>							
<b>4.1</b>	<b>Esgotamento com Bombas</b>	<b>06.01.00.00</b>							
4.1.1	Esgotamento com bomba auto-escorvante 3,5 HP, a gasolina	06.01.00.10	h	386	7,58	2.925,88	24,00%	9,40	3.628,40


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**

 Data base do orçamento:  
 Maio de 2018

**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

MUNICÍPIO: PALMITINHO					VIII - RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO DE LODO				
OBRA: Execução da ampliação da ETA e Tratamento do lodo									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
<b>5</b>	<b>FUNDAÇÃO E ESTRUTURA</b>	<b>08.00.00.00</b>							
<b>5.1</b>	<b>Lastro</b>	<b>08.03.00.00</b>							
5.1.1	Lastro de concreto usinado bombeado 250 kg cim/m <sup>2</sup>	08.03.00.44	m3	4	294,15	1.176,60	24,00%	364,75	1.459,00
<b>5.2</b>	<b>Fôrmas e Cimbamentos</b>	<b>08.04.00.00</b>							
5.2.1	Fôrmas planas para fundações, com escoramento	08.04.00.22	m2	19	49,84	946,96	24,00%	61,80	1.174,20
5.2.2	Fôrmas curvas cilíndricas, estruturas correntes, com escoramento	08.04.00.43	m2	117	112,15	13.121,55	24,00%	139,07	16.271,19
<b>5.3</b>	<b>Armaduras</b>	<b>08.05.00.00</b>							
5.3.1	Armadura CA-50, 6,30 mm - Fomecimento, corte (com perda de 7%), dobra e colocação	08.05.00.23	kg	3	8,54	25,62	24,00%	10,59	31,77
5.3.2	Armadura CA-50, 8,00 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.24	kg	14	8,18	114,52	24,00%	10,14	141,96
5.3.3	Armadura CA-50, 10,00 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.25	kg	3.856	6,63	25.565,28	24,00%	8,22	31.896,32
5.3.4	Armadura CA-50, 16,00 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.27	kg	588	5,42	3.241,16	24,00%	6,72	4.018,56
<b>5.5</b>	<b>Concreto</b>	<b>08.06.00.00</b>							
5.5.1	Fomecimento concreto usinado bombeado Fck = 40 Mpa, inclusive bombeamento	08.06.00.94	m3	64	395,91	25.338,24	24,00%	490,93	31.419,52
5.5.2	Lançamento, adensamento e acabamento de concreto usinado bombeado	08.06.00.97	m3	64	25,92	1.658,88	24,00%	32,14	2.056,96
<b>6</b>	<b>ASSENTAMENTO, CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE</b>	<b>09.00.00.00</b>							
<b>6.1</b>	<b>Assentamento, Carga, Descarga e Transporte de Tubulação</b>	<b>09.01.00.00</b>							
6.1.1	Assentamento, carga, descarga e transporte de tubos de PVC DN 200	09.01.05.05	m	72	5,02	361,44	24,00%	6,22	447,84
6.1.2	Assentamento, carga, descarga e transporte de tubos de ferro fundido DN 100	09.01.02.03	m	108	4,88	527,04	24,00%	6,05	653,40
<b>7</b>	<b>FECHAMENTO</b>	<b>12.00.00.00</b>							
<b>7.1</b>	<b>Dispositivos de Proteção e Acesso</b>	<b>12.06.00.00</b>							
7.1.1	Guarda-corpo de PRFV (Plástico Reforçado em Fibra de Vidro)	12.06.03.30	m	24	638,39	15.321,36	24,00%	791,60	18.998,40
7.1.2	Escada de PRFV (Plástico Reforçado em Fibra de Vidro) com proteção	12.06.11.10	m	5	1.469,64	7.348,20	24,00%	1.822,35	9.111,75
<b>8</b>	<b>REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES</b>	<b>13.00.00.00</b>							
<b>8.1</b>	<b>Impermeabilização</b>	<b>13.02.00.00</b>							
8.1.1	Impermeabilização de concreto por vedação de poros - aditivo em pó	###	kg	256	25,54	6.538,24	24,00%	31,67	8.107,52
<b>8.2</b>	<b>Pinturas</b>	<b>13.03.00.00</b>							
8.2.1	Pintura acrílica 2 demãos e selador	13.03.00.18	m2	22	12,50	275,00	24,00%	15,50	341,00



**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**  
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

Data base do orçamento:  
 Maio de 2018

MUNICÍPIO: PALMITINHO				VIII - RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO DE LODO					
OBRA: Execução da ampliação da ETA e Tratamento do lodo									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
<b>9</b>	<b>INSTALAÇÕES DE PRODUÇÃO</b>	<b>15.00.00.00</b>							
9.1	Instalação e montagem de materiais em Ferro Fundido - cap VIII	###	eq	1	532,32	532,32	24,00%	660,08	660,08
9.2	Instalação e montagem de válvulas - cap VIII	###	eq	1	133,08	133,08	24,00%	165,02	165,02
9.3	Instalação e montagem de materiais em aço carbono - cap VIII	###	eq	1	133,08	133,08	24,00%	165,02	165,02
9.4	Instalação e montagem de grupo motor bomba - cap VIII	###	eq	1	1.868,68	1.868,68	24,00%	2.317,16	2.317,16
9.5	Instalação e montagem de equipamentos - cap VIII	###	eq	1	3.737,36	3.737,36	24,00%	4.634,33	4.634,33
<b>10</b>	<b>FORNECIMENTO DE MATERIAIS</b>	<b>18.00.00.00</b>							
<b>10.1</b>	<b>Materiais em Ferro Fundido</b>								
10.1.1	Curva 90° com flanges PN 10 DN 100	***	pc	4	193,57	774,28	16,50%	225,51	902,04
10.1.2	Tubo com flanges PN 10 DN 100 L=0,70m	***	pc	2	728,92	1.457,84	16,50%	849,19	1.698,38
10.1.3	Toco com flange e ponta PN 10 DN 100 L=0,25m	***	pc	4	678,65	2.714,60	16,50%	790,63	3.162,52
10.1.4	Junta Gibault PN 10 DN 100	***	pc	2	202,19	404,38	16,50%	235,55	471,10
10.1.5	Toco com flange e ponta PN 10 DN 100 L=0,70m	***	pc	1	678,65	678,65	16,50%	790,63	790,63
10.1.6	Junção 45° com flanges PN 10 DN 100	***	pc	1	316,29	316,29	16,50%	368,48	368,48
10.1.7	Curva 45° com flanges PN 10 DN 100	***	pc	1	217,31	217,31	16,50%	253,17	253,17
10.1.8	Toco com flanges PN 10 DN 100 L=0,30m	***	pc	1	261,80	261,80	16,50%	305,00	305,00
10.1.9	Té com flanges PN 10 DN 100X50	***	pc	1	257,93	257,93	16,50%	300,49	300,49
10.1.10	Flange avulso PN 10 DN 50	***	pc	1	84,62	84,62	16,50%	98,58	98,58
10.1.11	Curva 90° junta elástica PN 10 DN 100	***	pc	2	145,37	290,74	16,50%	169,36	338,72
10.1.12	Toco com flanges PN 10 DN 100 L=0,25m	***	pc	1	587,49	587,49	16,50%	684,43	684,43
10.1.13	Curva 45° com bolças JGS PN 10 DN 100	***	pc	2	149,15	298,30	16,50%	173,76	347,52
10.1.14	Tubo ponta bolsa; JGS; K7 DN 100	***	m	108	229,81	24.819,48	16,50%	267,73	28.914,84
<b>10.2</b>	<b>Válvulas</b>								
10.2.1	Válvula de retenção c/ portinhola dupla PN 10 DN 100 com flanges	***	pc	2	820,00	1.640,00	16,50%	955,30	1.910,60
10.2.2	Válvula gaveta; Cunha de Borracha; Corpo Curto; Com volante; PN 10 DN 100	***	pc	2	563,99	1.127,98	16,50%	657,05	1.314,10
<b>VIII - RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO DE LODO</b>					<b>TOTAL SEM B.D.I.</b>	<b>R\$ 420.897,18</b>	<b>TOTAL COM B.D.I.</b>	<b>R\$ 512.152,27</b>	



**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**  
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

Data base do orçamento:  
 Maio de 2018

MUNICÍPIO: PALMITINHO				VIII - RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO DE LODO					
OBRA: Execução da ampliação da ETA e Tratamento do lodo									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
10.2.3	Válvula gaveta; Cunha de Borracha; Corpo Curto; Com volante; PN 10 DN 50	***	pc	1	405,45	405,45	16,50%	472,35	472,35
<b>10.3</b>	<b>Materiais em aço carbono</b>								
10.3.1	Curva 90° de redução com flanges PN 10 DN 100x40	***	pc	2	950,00	1.900,00	16,50%	1.106,75	2.213,50
<b>10.4</b>	<b>Grupo Motor Bomba</b>								
10.4.1	Bomba submersível Q=6 L/s, amt= 11,95 mca	***	pc	2	17.397,53	34.795,06	16,50%	20.268,12	40.536,24
<b>10.5</b>	<b>Equipamento</b>								
10.5.1	Pedestal de manobra simples Mod 01 Ø 1 1/8"	***	pc	2	2.891,48	5.782,96	16,50%	3.368,57	6.737,14
10.5.2	Comporta circular DN200 sentido duplo fluxo	***	pc	2	10.516,70	21.033,40	16,50%	12.251,96	24.503,92
10.5.3	Haste de prolongamento com roscas L=0,60m Ø 1 1/8"	***	pc	2	617,18	1.234,36	16,50%	719,01	1.438,02
10.5.4	Turbo misturador submerso 3600 w - 5 HP Jato = 7m	***	pc	1	24.360,00	24.360,00	16,50%	28.379,40	28.379,40
<b>10.6</b>	<b>PVC</b>								
10.6.1	Tubo de PVC coletor de esgoto, JEI/JERI, DN 200, L=6m	18.05.01.20	br	13	333,75	4.338,75	16,50%	388,82	5.054,66
10.6.2	CAP DN 200	***	pc	1	156,93	156,93	16,50%	182,82	182,82
<b>10.7</b>	<b>Materiais de Ferro</b>								
10.7.1	Grade bidirecional - 65cm x 125cm (fornecimento; montagem e pintura)	###	un	2	1.256,48	2.512,96	24,00%	1.558,04	3.116,08
<b>VIII - RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO DE LODO</b>					<b>TOTAL SEM B.D.I.</b>	<b>R\$ 420.897,18</b>	<b>TOTAL COM B.D.I.</b>	<b>R\$ 512.152,27</b>	

Os valores totais dos itens considerados para formação do custo do reservatório de acumulação estão apresentados na tabela abaixo.

	Reservatório de acumulação - Palmitinho	
Serviços técnicos	R\$	751,44
Movimentação solo	R\$	15.651,02
Escoramento	R\$	27.945,78
Esgotamento	R\$	3.628,40
Assentamento/carga	R\$	1.101,24
Fechamento	R\$	28.110,15
Revestimento	R\$	8.448,52
Instalações produção	R\$	7.941,81
Fornecimento de materiais.	R\$	113.958,49
Data base 05/2018	R\$	207.536,85
Data base 12/2019	R\$	234.722,83

## ANEXO O – RECOMENDAÇÃO DE ALTURA ÚTIL DE PREENCHIMENTO DO BAG

### ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

E-8.2.2-674 - rev. 03 ; Data 21.01.2020

## MACTUBE® W1 7.10

SOLUÇÃO PARA DESIDRATAÇÃO DE LODOS/SEDIMENTOS

#### Características técnicas

O MacTube® é um geocontainer de formato cilíndrico produzido com geotêxtil tecido de elevada resistência, que pode ser fabricado com as dimensões adequadas para atender aos mais diversos projetos.

Contém bocais de entrada que são costurados ao longo do eixo central superior do tubo, para permitir seu eficiente enchimento, e alças que são costuradas ao longo do MacTube®, para auxiliar o manuseio e instalação das peças em campo.

#### Desidratação de lodos e sedimentos

Especialmente indicado na desidratação de lodos sanitários e industriais o MacTube®, proporciona a filtração do efluente, retenção dos sólidos, considerável redução do teor de umidade e consequente redução do volume. Após atingir o teor de umidade desejado o material sólido confinado no MacTube® pode ser disposto em aterros sanitários e ou indústrias para descarte final ou reutilização como sub produto.



#### Propriedades físicas<sup>(1)</sup> do MacTube®

MacTube		P18XL60	P13XL31	P09XL22	P09XL15	P06XL07*	P04XL05
Perímetro	m	18,2	13,7	9,1	9,1	6,9	4,57
Comprimento	m	60	31	22	15	7	5
Bocas de Entrada	un	7	3	3	2	1	1
Largura - preenchido	m	7,4	5,5	3,4	3,4	2,5	1,6
Altura recomendada - preenchido	m	2,3	2,1	1,7	1,7	1,3	1,1
Volume	m <sup>3</sup>	858	282	99	67,5	21	6,5
Alças	un	50	26	18	14	6	6

(1) Podem variar em +- 5%;

\* Estes são apenas alguns exemplos de dimensões disponíveis, para conhecer outras dimensões produzidas e para obter maiores informações sobre o sistema MacTube®, por favor consulte-nos.

O MacTube® é produzido com um tecido que foi especialmente desenvolvido para a fabricação dos geocontainers, é produzido através do entrelaçamento de filamentos de polipropileno de alta tenacidade, em ângulos retos, inerte à degradação biológica e resistente a ataques químico (álcalis e ácidos) que permite o escoamento da fração líquida através dos seus poros, retendo o material sólido no seu interior.

#### Propriedades mecânicas

Geotêxtil tecido de alta resistência	MacTube W1 7.10		
Resistência nominal à tração - Longitudinal <sup>(2)</sup>	kN/m	ASTM D4595	70
Alongamento nominal - Longitudinal <sup>(3)</sup>	%	ASTM D4595	20
Resistência nominal à tração - Transversal <sup>(2)</sup>	kN/m	ASTM D4595	105
Resistência à perfuração estática CBR <sup>(2)</sup>	N	ASTM D6241	8000
Resistência na costura <sup>(2)</sup>	kN/m	ASTM D4884	70,1

\*A resistência na costura do MacTube P06xL07 é ≥50 kN/m.

#### Propriedades hidráulicas

Permissividade <sup>(4)</sup>	sec <sup>-1</sup>	ASTM D4491	0,4
Taxa de fluxo <sup>(4)</sup>	l/min/m <sup>2</sup>	ASTM D4491	1200
Tamanho da abertura aparente (O <sub>95</sub> ) <sup>(3)</sup>	mm	ASTM D4751	0,425

#### Propriedades físicas

Resistência ao UV (500 hr)	%	ASTM D4355	90
----------------------------	---	------------	----

Notas:

- Imagem meramente ilustrativa;

- O MacTube® é fabricado em cor preta;

- Maccaferr, através de sua equipe técnica especializada, elabora estudos de viabilidade técnica para a melhor seleção e utilização do MacTube® mais adequado ao tipo de aplicação;

- Outros tipos de geotêxtil estão disponíveis, para conhecê-los e obter maiores informações, por favor consulte-nos;

- Este produto não é adequado ao uso, quando exposto à materiais de enchimento com as seguintes características:

- a. Temperatura é superior a 70 °C em condições normais;
- b. Ambiente químico onde, os valores de pH são menores que 4, maiores que 9 e temperatura excedente à ambiente;
- c. Presença de solventes orgânicos adicionados ao material de enchimento;
- d. Presença de substâncias corrosivas com riscos potencial para o tubo geotêxtil.

<sup>(2)</sup> Valores obtidos em *Minimum Average Roll Value* (MARV);

<sup>(3)</sup> Valores obtidos em *Maximum Average Roll Value* (MaxARV);

<sup>(4)</sup> Os valores correspondem a resultados médios obtidos em ensaios de laboratório.

## ANEXO P – ORÇAMENTO PRENSA PARAFUSO – SEMASA

PLANILHA DE ORÇAMENTO					 		BDI		
							Serviço	29,47%	
							Material	18,38%	
MUNICÍPIO: ITAJAÍ									
OBRA: Execução do sistema de tratamento de Lodo									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO SINAPI	UN	QTDE	PREÇO SEM BDI R\$		BDI	PREÇO COM BDI R\$	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
<b>V</b>	<b>UNIDADE DE ADENSAMENTO E DESIDRATAÇÃO MECANIZADA - UADM</b>								
<b>5.1</b>	<b>SERVIÇOS TÉCNICOS</b>								
<b>5.1.1</b>	<b>Locação e Cadastro</b>								
5.1.1.1	Locação e Nivelamento de Obras Localizadas	74077/3	m <sup>2</sup>	241,67	5,12	1.237,36	29,47%	6,62	1.599,86
<b>5.2</b>	<b>MOVIMENTAÇÃO DE SOLO</b>								
<b>5.2.1</b>	<b>Escavação localizada</b>								
5.2.1.1	Escavação mecânica localizada, 0-6 m	Sanepar-040703	m <sup>3</sup>	2.874,13	7,27	20.894,93	29,47%	9,41	27.045,56
<b>5.2.2</b>	<b>Aterro, Reaterro, Lastro, Espalhamento e Nivelamento</b>								
5.2.2.1	Reenchimento mecânico com controle GC - 100% P.N.	Sanepar-041503	m <sup>3</sup>	1.903,64	5,87	11.174,37	29,47%	7,59	14.448,62
<b>5.2.3</b>	<b>Carga, Transporte, Descarga</b>								
5.2.3.1	Carga, manobras e descarga de material empréstimo com caminhão basculante, descarga distribuidor	72888	m <sup>3</sup>	970,49	1,07	1.038,42	29,47%	1,38	1.339,27
5.2.3.2	Transporte comercial com caminhão basculante 6 m <sup>3</sup>	72887	m <sup>3</sup> xKm	970,49	1,03	999,60	29,47%	1,33	1.290,75
5.2.3.3	Espalhamento de material em bota fora, com trator de esteira	83344	m <sup>3</sup>	970,49	0,92	892,85	29,47%	1,19	1.154,88
<b>5.3</b>	<b>ESGOTAMENTO</b>								
<b>5.3.1</b>	<b>Rebaixamento do lençol freático</b>								
5.3.1.1	Rebaixamento do lençol freático	C011	m	199,92	40,78	8.152,74	29,47%	52,79	10.553,77
<b>5.3.2</b>	<b>Esgotamento com Bombas</b>								
5.3.2.1	Esgotamento com bomba auto-escorvante	Sanepar-060101	h	2.160,00	5,64	12.182,40	29,47%	7,30	15.768,00
<b>5.4</b>	<b>ESCORAMENTO</b>								
<b>5.4.1</b>	<b>Escoramento metálico</b>								
5.4.1.1	Escoramento metálico tipo caixa com chapa metálica	Sanepar-05403	m <sup>2</sup>	3.547,44	7,33	26.002,74	29,47%	9,49	33.665,20
<b>5.6</b>	<b>FUNDAÇÃO E ESTRUTURA</b>								
<b>5.6.1</b>	<b>Estaca</b>								
5.6.1.1	Corte e arrasamento da estaca	Sanepar-080701	und	52,00	62,94	3.272,88	29,47%	81,48	4.236,96
5.6.1.2	Estaca cravada secção quadrada 18X18	89204	m	782,00	36,84	28.808,88	29,47%	47,69	37.293,58
5.6.1.3	Estaca cravada secção quadrada 20x20	89204	m	34,00	36,84	1.252,56	29,47%	47,69	1.621,46
5.6.1.4	Estaca cravada secção quadrada 26X26	89205	m	68,00	47,45	3.226,60	29,47%	61,43	4.177,24
<b>5.6.2</b>	<b>Lastro</b>								
5.6.2.1	Lastro de brita	73883/2	m <sup>3</sup>	17,77	98,62	1.752,48	29,47%	127,68	2.268,87
5.6.2.2	Lastro de concreto magro	Sanepar-082101	m <sup>3</sup>	17,77	378,16	6.719,90	29,47%	489,60	8.700,19
<b>5.6.3</b>	<b>Formas</b>								
5.6.3.1	Fôrmas para fundação planas em chapa resina e= 10mm	Sanepar-081003	m <sup>2</sup>	385,59	47,62	18.361,80	29,47%	61,65	23.771,62
5.6.3.2	Fôrmas para vigas, pilares e paredes planas em chapa resina e= 10mm	Sanepar-080905	m <sup>2</sup>	503,53	65,34	32.900,65	29,47%	84,59	42.593,60
5.6.3.3	Cimbramento	Sanepar-081801	m <sup>2</sup>	503,53	30,32	15.267,03	29,47%	39,25	19.763,55
<b>5.6.4</b>	<b>Concreto</b>								
5.6.4.1	Concreto usinado 25 Mpa	Sanepar-082210	m <sup>3</sup>	9,11	297,75	2.712,50	29,47%	385,49	3.511,81
5.6.4.2	Concreto usinado 40 Mpa	Sanepar-08222	m <sup>3</sup>	86,51	355,71	30.772,47	29,47%	460,53	39.840,45
5.6.4.3	Bombeamento	Sanepar-082301	m <sup>3</sup>	113,39	30,78	3.490,14	29,47%	39,85	4.518,59
<b>5.6.5</b>	<b>Armadura</b>								
5.6.5.1	Armadura em aço Ca-50	Sanepar-081901	kg	5.415,00	7,27	39367,05	29,47%	9,41	50.955,15
5.6.5.2	Armadura em aço Ca-60	Sanepar-081902	kg	3.000,00	7,62	22.860,00	29,47%	9,86	29.580,00

<b>5.6</b>	<b>FECHAMENTO</b>								
<b>5.6.1</b>	<b>Alvenaria</b>								
5.6.1.1	Alvenaria de tijolos 6 furos, de 1ª qualidade,	Sanepar-110104	m²	149,40	83,92	12.537,65	29,47%	108,65	16.232,31
<b>5.6.2</b>	<b>Cobertura</b>								
5.6.2.1	Estrutura metálica em tesouras ou treliças, vão	72112	m²	276,12	78,41	21.650,57	29,47%	101,51	28.028,94
5.6.2.2	Cumeeira em perfil ondulado de alumínio	75220	m	25,14	32,30	812,02	29,47%	41,81	1.051,10
5.6.2.3	Telhamento com telha de aço/alumínio e = 0,5	94213	m²	276,12	38,08	10.514,65	29,47%	49,30	13.612,71
<b>5.6.3</b>	<b>Esquadrias e Ferragens</b>								
5.6.3.1	Janela de alumínio anodizado, tipo maximar, 1,6x1,16	Sanepar-110701	m²	5,57	434,85	2.421,24	29,47%	563,00	3.134,78
5.6.3.2	Vidro temperado espessura 4mm	Sanepar-110701	m²	1,81	85,00	153,85	29,47%	110,04	199,17
5.6.3.3	Porta de alumínio anodizado, 1,40x2,10 m	91341	m²	2,94	857,79	2.521,90	29,47%	1.110,58	3.265,10
5.6.3.4	Porta de acesso, de correr, de alumínio anodizado, 0,8x2,10 m	91338	m²	1,68	1.143,98	1.921,89	29,47%	1.481,11	2.488,26
<b>5.7</b>	<b>REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES</b>								
<b>5.7.1</b>	<b>Pisos, paredes e forros</b>								
5.7.1.1	Piso cimentado traço 1:4 (cimento e areia)	73922/2	m²	549,88	47,55	26.146,79	29,47%	61,56	33.850,61
5.7.1.2	Chapisco traço 1:3	Sanepar-120304	m²	655,63	12,35	8.097,03	29,47%	15,98	10.476,96
5.7.1.3	Emboço traço 1:3 com impermeabilizante	Sanepar-120312	m²	655,63	48,90	32.060,31	29,47%	63,31	41.507,93
5.7.1.4	Reboco	Sanepar-120314	m²	655,63	28,42	18.633,00	29,47%	36,79	24.120,62
<b>5.7.2</b>	<b>Impermeabilizações</b>								
5.7.2.1	Impermeabilização de superfície com manta asfáltica, e=4 mm	83738	m²	94,78	66,08	6.263,06	29,47%	85,55	8.108,42
<b>5.7.3</b>	<b>Pinturas</b>								
5.7.3.1	Fundo com selador acrílico	Sanepar-120411	m²	1.159,16	5,31	6.155,14	29,47%	6,87	7.963,42
5.7.3.2	Pintura acrílico	Sanepar-120418	m²	1.159,16	10,67	12.368,24	29,47%	13,81	16.007,99
5.7.3.3	Pintura acrílica em piso cimentado duas	74245/1	m²	549,88	13,56	7.456,37	29,47%	17,55	9.650,39
<b>5.8</b>	<b>INSTALAÇÃO DE PRODUÇÃO</b>								
5.8.1	Instalação e montagem de materiais em ferro fundido - Cap. V	C022	eq.	1,00	4.329,60	4.329,60	29,47%	5.605,53	5.605,53
5.8.2	Instalação e montagem de materiais em PVC - Cap. V	C023	eq.	1,00	302,96	302,96	29,47%	392,24	392,24
5.8.3	Instalação e montagem de materiais em Bronze - Cap. V	C024	eq.	1,00	302,96	302,96	29,47%	392,24	392,24
5.8.4	Instalação e montagem de materiais em Aço Carbono - Cap. V	C025	eq.	1,00	302,96	302,96	29,47%	392,24	392,24
5.8.5	Instalação e montagem de materiais em Latão - Cap. V	C026	eq.	1,00	302,96	302,96	29,47%	392,24	392,24
5.8.6	Instalação e montagem de materiais em PP - Cap. V	C027	eq.	1,00	302,96	302,96	29,47%	392,24	392,24
5.8.7	Instalação e montagem de Equipamentos - Cap. V	C028	eq.	1,00	302,96	302,96	29,47%	392,24	392,24
5.8.8	Instalação e montagem de materiais em PREV - Cap. V	C029	eq.	1,00	8.659,20	8.659,20	29,47%	11.211,06	11.211,06
<b>5.9</b>	<b>FORNECIMENTO DE MATERIAIS</b>								
<b>5.9.1</b>	<b>Materiais em ferro fundido</b>								
5.9.1.1	EXTREMIDADE BOLSA E FLANGE, JGS, DN 150	cotação	PÇ	3,00	198,86	596,58	18,38%	235,41	706,23
5.9.1.2	TUBO COM FLANGE E PONTA, JGS, DN 150, L= 250 MM	cotação	PÇ	2,00	790,92	1.581,84	18,38%	936,29	1.872,58
5.9.1.3	JUNTA GIBAUT DE DESMONTAGEM DN 150	cotação	PÇ	1,00	269,30	269,30	18,38%	318,79	318,79
5.9.1.4	JUNÇÃO COM FLANGE PN 10 DN 150X150	cotação	PÇ	1,00	486,81	486,81	18,38%	576,28	576,28
5.9.1.5	TUBO COM FLANGES, PN 10, DN 150, L= 200 MM	cotação	PÇ	2,00	972,50	1.945,00	18,38%	1.151,24	2.302,48
5.9.1.6	EXTREMIDADE COM FLANGE E PONTA E ABA DE VEDAÇÃO PN 10 DN 300	cotação	PÇ	2,00	1.261,26	2.522,52	18,38%	1.493,07	2.986,14
5.9.1.7	TUBO COM FLANGE E PONTA, JGS, DN 300, L= 300 MM	cotação	PÇ	2,00	1.351,64	2.703,28	18,38%	1.600,07	3.200,14
5.9.1.8	JUNTA GIBAUT DE DESMONTAGEM DN 300	cotação	PÇ	1,00	465,73	465,73	18,38%	551,33	551,33
5.9.1.9	LUVA COM BOLSA, JGS, PN 10 DN 300	cotação	PÇ	1,00	493,70	493,70	18,38%	584,44	584,44
5.9.1.10	EXTREMIDADE C/ FLANGES E ABA DE VEDAÇÃO PN10 DN 150	cotação	PÇ	1,00	1.230,39	1.230,39	18,38%	1.456,53	1.456,53
5.9.1.11	CURVA 90° C/ FLANGES PN10 DN 150	cotação	PÇ	5,00	280,78	1.403,90	18,38%	332,38	1.661,90
5.9.1.12	CURVA 45° C/ FLANGES PN10 DN 150	cotação	PÇ	2,00	245,29	490,58	18,38%	290,37	580,74
5.9.1.13	TUBO C/ FLANGES PN10, L=150mm DN 150	cotação	PÇ	1,00	972,50	972,50	18,38%	1.151,24	1.151,24
5.9.1.14	TUBO C/ FLANGES PN10, L=150mm DN 150	cotação	PÇ	1,00	972,50	972,50	18,38%	1.151,24	1.151,24
5.9.1.15	TUBO C/ FLANGES PN10, L=222mm DN 150	cotação	PÇ	1,00	972,50	972,50	18,38%	1.151,24	1.151,24
5.9.1.16	TUBO C/ FLANGES PN10, L=455mm DN 150	cotação	PÇ	1,00	972,50	972,50	18,38%	1.151,24	1.151,24
5.9.1.17	TUBO C/ FLANGES PN10, L=1.925mm DN 150	cotação	PÇ	1,00	1.407,61	1.407,61	18,38%	1.666,32	1.666,32
5.9.1.18	JUNÇÃO 45° C/ FLANGES PN10 DN 150	cotação	PÇ	1,00	486,81	486,81	18,38%	576,28	576,28
4.9.1.8	VÁLVULA BORBOLETA, WAFER, PN10 DN 150	cotação	PÇ	2,00	1.193,00	2.386,00	18,38%	1.412,27	2.824,54
5.9.1.21	TUBO C/ FLANGES PN10, L=200mm DN 100	cotação	PÇ	2,00	909,07	1.818,14	18,38%	1.076,15	2.152,30

5.9.1.22	CURVA 90° C/ FLANGES PN10 E PÉ DN 100	cotação	PÇ	2,00	208,50	417,00	18,38%	246,82	493,64
5.9.1.23	VÁLVULA DE GAVETA CHATO COM FLANGES CUNHA DE BORRACHA e VOLANTE PN 10 DN	cotação	PÇ	1,00	775,00	775,00	18,38%	917,44	917,44
5.9.1.24	TUBO FLANGE/PONTA DN 150 PN 10 L= 750 MM	cotação	PÇ	1,00	972,50	972,50	18,38%	1.151,24	1.151,24
5.9.1.25	TÊ COM BOLSAS JE DN 150	cotação	PÇ	1,00	282,49	282,49	18,38%	334,41	334,41
5.9.1.26	TUBO FLANGE/PONTA DN 150 PN 10 L= 1500 MM	cotação	PÇ	1,00	929,76	929,76	18,38%	1.100,64	1.100,64
5.9.1.27	TUBO PONTA/BOLSA JE DN 150 L= 6.000 MM	cotação	PÇ	1,00	189,04	189,04	18,38%	223,78	223,78
5.9.1.29	TUBO COM FLANGES PN 10 DN 150 L= 400 MM	cotação	PÇ	1,00	972,50	972,50	18,38%	1.151,24	1.151,24
5.9.1.30	REGISTRO COM FLANGES, COM CUNHA DE BORRACHA COM VOLANTE E CORPO CURTO	cotação	PÇ	1,00	790,00	790,00	18,38%	935,20	935,20
5.9.1.31	TUBO COM FLANGES PN 10 DN 200 L= 400 MM	cotação	PÇ	1,00	1.355,50	1.355,50	18,38%	1.604,64	1.604,64
5.9.1.32	CURVA 90 COM FLANGES PN 10 DN 200	cotação	PÇ	1,00	396,98	396,98	18,38%	469,94	469,94
5.9.1.33	TUBO COM FLANGE/PONTA PN 10 DN 200 L= 3.000 MM	cotação	PÇ	1,00	1.658,08	1.658,08	18,38%	1.962,83	1.962,83
<b>5.9.2</b>	<b>Materiais em PVC</b>								
5.9.2.1	TUBO PONTA/BOLSA Ø 25	9868	m	6,00	2,86	17,16	18,38%	3,38	20,28
5.9.2.2	JOELHO 90° SOLDÁVEL Ø 25	3529	6	6,00	0,47	2,82	18,38%	0,55	3,30
5.9.2.3	TÊ DE REDUÇÃO 90° SOLDÁVEL Ø 50x25	7129	2	2,00	5,51	11,02	18,38%	6,52	13,04
5.9.2.4	JOELHO 90° SOLDÁVEL E C/ BUCHA DE LATÃO Ø 25x3/4"	3524	2	2,00	4,28	8,56	18,38%	5,06	10,12
5.9.2.5	REGISTRO ESFERA SOLDÁVEL Ø 25	11674	2	2,00	9,25	18,50	18,38%	10,95	21,90
5.9.2.6	REGISTRO ESFERA SOLDÁVEL Ø 50	11677	1	1,00	20,28	20,28	18,38%	24,00	24,00
5.9.2.7	TUBO PONTA/BOLSA Ø 50	9875	3	3,00	11,07	33,21	18,38%	13,10	39,30
5.9.2.8	JOELHO 90° SOLDÁVEL Ø 50	3526	4	4,00	1,44	5,76	18,38%	1,70	6,80
5.9.2.9	JOELHO 45° SOLDÁVEL Ø 50	3518	1	1,00	1,88	1,88	18,38%	2,22	2,22
5.9.2.10	REDUÇÃO LONGA Ø 50x25	813	1	1,00	2,76	2,76	18,38%	3,26	3,26
5.9.2.11	ADAPTADOR SOLDÁVEL C/FLANGES LIVRES PARA CAIXA D'ÁGUA, DN20x1/2"	95	1	1,00	7,10	7,10	18,38%	8,40	8,40
5.9.2.12	VÁLVULA BÓIA PARA CAIXA D'ÁGUA, Ø 1/2"	6156	1	1,00	2,56	2,56	18,38%	3,03	3,03
5.9.2.13	EXTREMIDADE, JE, PONTA E FLANGE Ø 50	3068	2	2,00	50,82	101,64	18,38%	60,16	120,32
5.9.2.14	TUBO PONTA/BOLSA Ø 50x6,0 m	9875	br	2,00	11,07	22,14	18,38%	13,10	26,20
5.9.2.15	JOELHO 90° SOLDÁVEL Ø 50	3526	PÇ	6,00	1,44	8,64	18,38%	1,70	10,20
5.9.2.16	TÊ 90° SOLDÁVEL Ø 50	7142	PÇ	1,00	5,70	5,70	18,38%	6,74	6,74
5.9.2.17	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO C/ BOLSA E ROSCA Ø 50x2"	112	PÇ	2,00	2,54	5,08	18,38%	3,00	6,00
5.9.2.18	JOELHO 45° SOLDÁVEL Ø 50	3503	PÇ	1,00	4,05	4,05	18,38%	4,79	4,79
5.9.2.19	UNIÃO SOLDÁVEL Ø 50	9897	PÇ	2,00	21,77	43,54	18,38%	25,77	51,54
5.9.2.20	REGISTRO ESFERA SOLDÁVEL Ø 50	11677	PÇ	1,00	20,28	20,28	18,38%	24,00	24,00
5.9.2.21	ADAPTADOR SOLDÁVEL C/ANEIS P/ CX D'ÁGUA, PVC Ø 50	99	PÇ	2,00	21,66	43,32	18,38%	25,64	51,28
5.9.2.22	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA PVC Ø 75x50	821	PÇ	1,00	9,15	9,15	18,38%	10,83	10,83
5.9.2.23	BUCHA DE REDUÇÃO SOLDÁVEL LONGA PVC Ø 110x75	827	PÇ	1,00	20,42	20,42	18,38%	24,17	24,17
5.9.2.24	ADAPTADOR SOLDÁVEL C/ANEL P/ CX D'ÁGUA Ø 40x1 1/2"	108	PÇ	1,00	1,14	1,14	18,38%	1,34	1,34
5.9.2.25	VÁLVULA DE ESFERA, ROSCÁVEL Ø 40x1 1/2"	11676	PÇ	2,00	19,64	39,28	18,38%	23,24	46,48
5.9.2.26	NÍPEL DUPLO, ROSCÁVEL Ø 1 1/2"	4210	PÇ	11,00	0,60	6,60	18,38%	0,71	7,81
5.9.2.27	UNIÃO, ROSCÁVEL Ø 1 1/2"	9901	PÇ	7,00	23,57	164,99	18,38%	27,90	195,30
5.9.2.28	TÊ, ROSCÁVEL Ø 1 1/2"	7118	PÇ	2,00	14,65	29,30	18,38%	17,34	34,68
5.9.2.29	ADAPTADOR SOLDÁVEL CURTO C/ BOLSA E ROSCA Ø 40x1 1/2"	108	PÇ	7,00	1,14	7,98	18,38%	1,34	9,38
5.9.2.30	JOELHO 90° SOLDÁVEL Ø 1 1/2"	3526	PÇ	7,00	1,44	10,08	18,38%	1,70	11,90
5.9.2.31	TUBO PONTA/BOLSA Ø 40 x 6,0 m	9874	br	2,00	8,93	17,86	18,38%	10,57	21,14
5.9.2.32	MANGUEIRA FLEXÍVEL Ø 1"X0,5 M	0,5x20185	PÇ	2,00	4,55	9,10	18,38%	5,38	10,76
5.9.2.33	MANGUEIRA FLEXÍVEL Ø 1"X0,25 M	0,25x20185	PÇ	1,00	2,28	2,28	18,38%	2,69	2,69
5.9.2.34	MANGUEIRA FLEXÍVEL Ø 1" X 1,00 M	20185	PÇ	1,00	9,10	9,10	18,38%	10,77	10,77
5.9.2.35	MANGUEIRA FLEXÍVEL Ø 1"X0,5 M	20185	PÇ	1,00	9,10	9,10	18,38%	10,77	10,77
5.9.2.36	MANGUEIRA FLEXÍVEL Ø 1"X0,25 M	0,25x20185	PÇ	2,00	2,28	4,55	18,38%	2,69	5,38
5.9.2.37	TUBO PONTA/BOLSA DN 250 X 6,0 M	cotação	PÇ	4,00	616,44	2.465,76	18,38%	729,74	2.918,96
5.9.2.38	CURVA 90° PONTA/BOLSA DN 250	1853	PÇ	4,00	9,10	36,40	18,38%	10,77	43,08
5.9.2.39	JUNÇÃO 45° PONTA/BOLSA DN 250	3650	PÇ	2,00	9,10	18,20	18,38%	10,77	21,54
5.9.2.40	TÊ 90° DE REDUÇÃO DN 250	cotação	PÇ	2,00	399,78	799,56	18,38%	473,25	946,50

5.9.2.41	CAP DN 250	cotação	PÇ	1,00	153,91	153,91	18,38%	182,19	182,19
5.9.2.42	CURVA 90° PONTA/BOLSA DN 200	1866	PÇ	2,00	9,10	18,20	18,38%	10,77	21,54
5.9.2.43	TUBO PONTA/BOLSA DN 200 X 6,0 M	cotação	PÇ	1,00	355,63	355,63	18,38%	420,99	420,99
5.9.2.44	CURVA 45° PONTA/BOLSA DN 250	1836	PÇ	3,00	9,10	27,30	18,38%	10,77	32,31
5.9.2.45	TUBO COM PONTA E BOLSA SOLDÁVEL Ø 40 X 6,00 M	9874	PÇ	2,00	8,93	17,86	18,38%	10,57	21,14
5.9.2.46	JOELHO 90° SOLDÁVEL Ø 40	3535	PÇ	2,00	2,97	5,94	18,38%	3,51	7,02
5.9.2.47	TÊ 90° SOLDÁVEL Ø 40	7141	PÇ	1,00	5,04	5,04	18,38%	5,96	5,96
5.9.2.48	TÊ 90° DE REDUÇÃO SOLDÁVEL Ø 40 X 32	7128	PÇ	2,00	4,95	9,90	18,38%	5,85	11,70
5.9.2.49	BUCHA DE REDUÇÃO Ø 40 X 32	812	PÇ	2,00	1,23	2,46	18,38%	1,45	2,90
5.9.2.50	JOELHO 90° SOLDÁVEL Ø 32	3536	PÇ	16,00	1,21	19,36	18,38%	1,43	22,88
5.9.2.51	TUBO COM PONTA E BOLSA SOLDÁVEL Ø 32 X 6,00 M	9869	PÇ	4,00	6,12	24,48	18,38%	7,24	28,96
5.9.2.52	TÊ 90° SOLDÁVEL Ø 32	7140	PÇ	3,00	1,95	5,85	18,38%	2,30	6,90
5.9.2.53	BUCHA DE REDUÇÃO Ø 32 X 25	829	PÇ	5,00	0,58	2,90	18,38%	0,68	3,40
5.9.2.54	TUBO COM PONTA E BOLSA SOLDÁVEL Ø 25 X 6,00 M	9868	PÇ	8,00	2,86	22,88	18,38%	3,38	27,04
5.9.2.55	JOELHO 90° SOLDÁVEL Ø 25	3529	PÇ	2,00	0,47	0,94	18,38%	0,55	1,10
5.9.2.56	VÁLVULA DE ESFERA SOLDÁVEL Ø 25	11674	PÇ	5,00	9,25	46,25	18,38%	10,95	54,75
5.9.2.57	JOELHO 90° SOLDA/ROSCA Ø 25X3/4"	3524	PÇ	4,00	4,28	17,12	18,38%	5,06	20,24
5.9.2.58	NIPLE DUPLO ROSCÁVEL Ø 3/4"	4211	PÇ	7,00	0,89	6,23	18,38%	1,05	7,35
5.9.2.59	ADAPTADOR SOLDA/ROSCA Ø 25X3/4"	65	PÇ	10,00	0,58	5,80	18,38%	0,68	6,80
5.9.2.60	ESPIGÃO ROSCA/PONTA Ø 25X3/4"	3524	PÇ	5,00	4,28	21,40	18,38%	5,06	25,30
5.9.2.61	MANGUEIRA FLEXÍVEL Ø 3/4" X 0,3 M	0,3x37461	PÇ	2,00	1,68	3,35	18,38%	1,98	3,96
5.9.2.62	MANGUEIRA FLEXÍVEL Ø 3/4" X 1,5 M	1,5x37461	PÇ	3,00	8,39	25,16	18,38%	9,92	29,76
5.9.2.63	TÊ 90° DE REDUÇÃO SOLDÁVEL Ø 32X25	7136	PÇ	4,00	3,63	14,52	18,38%	4,29	17,16
5.9.2.64	TORNEIRA TIPO JARDIM Ø 3/4"	11831	PÇ	2,00	17,44	34,88	18,38%	20,64	41,28
<b>5.9.6</b>	<b>Materiais em PP</b>								
5.9.6.1	TUBO COM PONTAS SOLDÁVEL Ø 25X6,0 M	cotação	BR	1,00	30,15	30,15	18,38%	35,69	35,69
5.9.6.2	TÊ 90° DE REDUÇÃO SOLDÁVEL Ø 50X25	cotação	PÇ	1,00	28,02	28,02	18,38%	33,17	33,17
5.9.6.3	TÊ 90° DE REDUÇÃO SOLDÁVEL COM ROSCA NA BOLSA CENTRAL Ø 50X1"	cotação	PÇ	1,00	17,57	17,57	18,38%	20,79	20,79
5.9.6.4	NIPLE DUPLO ROSCÁVEL Ø 1"	cotação	PÇ	2,00	3,72	7,44	18,38%	4,40	8,80
5.9.6.5	JOELHO 90° DE REDUÇÃO SOLDA/ROSCA Ø 50X1"	cotação	PÇ	1,00	23,54	23,54	18,38%	27,86	27,86
5.9.6.6	JOELHO 90° SOLDÁVEL Ø 25	cotação	PÇ	2,00	4,87	9,74	18,38%	5,76	11,52
5.9.6.7	TÊ 90° SOLDÁVEL Ø 50	cotação	PÇ	1,00	12,54	12,54	18,38%	14,84	14,84
5.9.6.8	TUBO COM PONTAS SOLDÁVEL Ø 50X6,0 M	cotação	PÇ	1,00	117,72	117,72	18,38%	139,35	139,35
5.9.6.9	JOELHO 90° SOLDÁVEL Ø 50	cotação	PÇ	1,00	9,15	9,15	18,38%	10,83	10,83
5.9.6.10	JOELHO 90° SOLDA/ROSCA Ø 32X1"	cotação	PÇ	1,00	7,18	7,18	18,38%	8,49	8,49
5.9.6.11	TUBO COM PONTAS SOLDÁVEL Ø 32 X 6,0 M	cotação	PÇ	1,00	48,52	48,52	18,38%	57,43	57,43
5.9.6.12	TÊ 90° SOLDÁVEL E COM ROSCA NA BOLSA CENTRAL Ø 32X1"	cotação	PÇ	1,00	10,62	10,62	18,38%	12,57	12,57
5.9.6.13	TÊ 90° SOLDÁVEL Ø 32	cotação	PÇ	1,00	7,59	7,59	18,38%	8,98	8,98
5.9.6.14	JOELHO 90° SOLDÁVEL Ø 32	cotação	PÇ	3,00	5,13	15,39	18,38%	6,07	18,21
5.9.6.15	ADAPTADOR SOLDA/ROSCA Ø 32 X 1"	cotação	PÇ	1,00	4,64	4,64	18,38%	5,49	5,49
5.9.6.16	TUBO COM PONTAS SOLDÁVEL Ø 25X6,0 M	cotação	BR	1,00	30,15	30,15	18,38%	35,69	35,69
5.9.6.17	TÊ 90° DE REDUÇÃO SOLDÁVEL Ø 50X25	cotação	PÇ	1,00	28,02	28,02	18,38%	33,17	33,17
5.9.6.18	TÊ 90° DE REDUÇÃO SOLDÁVEL COM ROSCA NA BOLSA CENTRAL Ø 50X1"	cotação	PÇ	1,00	17,57	17,57	18,38%	20,79	20,79
5.9.6.19	JOELHO 90° DE REDUÇÃO SOLDA/ROSCA Ø 50X1"	cotação	PÇ	1,00	23,54	23,54	18,38%	27,86	27,86
5.9.6.20	JOELHO 90° SOLDÁVEL Ø 25	cotação	PÇ	2,00	4,87	9,74	18,38%	5,76	11,52
5.9.6.21	TÊ 90° SOLDÁVEL Ø 50	cotação	PÇ	1,00	12,54	12,54	18,38%	14,84	14,84
5.9.6.22	TUBO COM PONTAS SOLDÁVEL Ø 50X6,0 M	cotação	PÇ	1,00	117,72	117,72	18,38%	139,35	139,35
5.9.6.23	JOELHO 90° SOLDÁVEL Ø 50	cotação	PÇ	1,00	9,15	9,15	18,38%	10,83	10,83
5.9.6.24	JOELHO 90° SOLDA/ROSCA Ø 32X1"	cotação	PÇ	1,00	7,18	7,18	18,38%	8,49	8,49
5.9.6.25	TUBO COM PONTAS SOLDÁVEL Ø 32 X 6,0 M	cotação	PÇ	4,00	48,52	194,08	18,38%	57,43	229,72
5.9.6.26	TÊ 90° SOLDÁVEL E COM ROSCA NA BOLSA CENTRAL Ø 32X1"	cotação	PÇ	1,00	10,62	10,62	18,38%	12,57	12,57
5.9.6.27	JOELHO 90° SOLDÁVEL Ø 32	cotação	PÇ	10,00	5,13	51,30	18,38%	6,07	60,70
5.9.6.28	TÊ 90° SOLDÁVEL Ø 32	cotação	PÇ	1,00	7,59	7,59	18,38%	8,98	8,98
<b>5.9.7</b>	<b>Equipamentos</b>								
	Prensa Parafuso com equipamentos periféricos, medidores de vazão de polímero, medidores de teor de sólidos, montagem elétrica, mecânica e hidráulico, quadros de comando e instalações elétricas, start up e treinamento	cotação							
5.9.7.2			cj	1,00	1.593.980,00	1.593.980,00	18,38%	1.886.953,52	1.886.953,52
<b>5.10.9</b>	<b>Materiais em PRFV</b>								
5.10.9.1	Grelha de piso 0,38x1,0 m	cotação	CJ	12,00	138,29	1.659,48	18,38%	163,70	1.964,40
5.10.9.2	Grelha de piso 0,6x1,0 m	cotação	CJ	1,00	207,01	207,01	18,38%	245,05	245,05
5.10.9.3	Grelha de piso 0,87x1,0 m	cotação	CJ	1,00	303,51	303,51	18,38%	359,29	359,29

## ANEXO Q – ORÇAMENTO CASA DA CENTRÍFUGA DE CANELA


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**  
 DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

 Data base do orçamento:  
 Março de 2018

MUNICÍPIO: CANELA					XII - SIS. TRAT. LODO - CASA DA CENTRÍFUGA				
OBRA: EXECUÇÃO DO RAP, TAU E SISTEMA DE TRATAMENTO DE LODO DA ETA									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
1	<b>SERVIÇOS TÉCNICOS</b>	<b>02.00.00.00</b>							
1.1	<b>Locação e Cadastro</b>	<b>02.04.00.00</b>							
1.1.1	Locação e nivelamento de obras localizadas	02.04.01.40	m2	234	5,48	1.282,32	24,00%	6,80	1.591,20
2	<b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>	<b>03.00.00.00</b>							
2.1	<b>Preparo do Terreno</b>	<b>03.01.00.00</b>							
2.1.1	Limpeza mecanizada do terreno	03.01.00.20	m2	234	0,33	77,22	24,00%	0,41	95,94
3	<b>MOVIMENTO DE SOLO</b>	<b>04.00.00.00</b>							
3.1	<b>Escavação de Solo Valas</b>	<b>04.02.00.00</b>							
3.1.1	Escavação de valas manual, solo 0-2 m	04.02.01.42	m3	47	45,99	2.161,53	24,00%	57,03	2.680,41
3.1.2	Escavação localizada mecânica, solo 0-2 m	04.01.02.42	m3	152	8,27	1.257,04	24,00%	10,25	1.558,00
3.2	<b>Aterro, Reaterro, Lastro, Espalhamento e Nivelamento</b>	<b>04.09.00.00</b>							
3.2.1	Reenchimento manual apiloado de vala	04.09.02.02	m3	38	18,15	689,70	24,00%	22,51	855,38
3.2.2	Reenchimento mecânico e compactação mecânica, localizado em pequenas áreas, 0-2 m	04.09.02.32	m3	116	13,32	1.545,12	24,00%	16,52	1.916,32
3.2.3	Pó de pedra para aterro/reaterro (inclusive carga, descarga e transporte até 10 km)	04.09.02.07	m3	14	69,27	969,78	24,00%	85,89	1.202,46
3.3	<b>Carga, Transporte, Descarga</b>	<b>04.10.00.00</b>							
3.3.1	Carga e descarga de solo para boca-fora	04.10.02.01	m3	59	4,39	259,01	24,00%	5,44	320,96
3.3.2	Transporte de solos para boca-fora	04.10.02.10	m3xkm	59	1,16	68,44	24,00%	1,44	84,96
4	<b>FUNDAÇÃO E ESTRUTURA</b>	<b>08.00.00.00</b>							
4.1	<b>Fundações</b>	<b>08.01.00.00</b>							
4.1.1	Execução 34 estacas escavadas; Diâm 200mm ; Prof. 3 m (incl. Mobilização e Desmob.)	###	cj	1	5.785,00	5.785,00	24,00%	7.173,40	7.173,40
4.1.2	Arrasamento das Estacas	###	un	34	13,81	469,54	24,00%	17,12	582,08
4.2	<b>Fôrmas e Cimbramentos</b>	<b>08.04.00.00</b>							
4.2.1	Fôrmas planas para vigas e pilares, com escoramento	08.04.00.26	m2	46	93,85	4.317,10	24,00%	116,37	5.353,02


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**  
 DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

 Data base do orçamento:  
 Março de 2018

MUNICÍPIO: CANELA					XII - SIS. TRAT. LODO - CASA DA CENTRÍFUGA				
OBRA: EXECUÇÃO DO RAP, TAU E SISTEMA DE TRATAMENTO DE LODO DA ETA									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
4.3	<b>Armaduras</b>	<b>08.05.00.00</b>							
4.3.1	Armadura CA-50, 6,30 mm - Fomecimento, corte (com perda de 7%), dobra e colocação	08.05.00.23	kg	315	8,53	2.686,95	24,00%	10,58	3.332,70
4.3.2	Armadura CA-50, 8,00 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.24	kg	325	8,17	2.655,25	24,00%	10,13	3.292,25
4.3.3	Armadura CA-50, 10,00 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.25	kg	189	6,62	1.251,18	24,00%	8,21	1.551,69
4.3.4	Armadura CA-50, 12,50 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.26	kg	39	5,87	228,93	24,00%	7,28	283,92
4.3.5	Armadura CA-60, 5,00 mm - Fomecimento, corte (com perda de 7%), dobra e colocação	08.05.00.33	kg	17	9,90	168,30	24,00%	12,28	208,76
4.3.6	Armadura CA-60, Teia Q92 - Fomecimento, corte (com perda de 7%), dobra e colocação	###	m2	257	11,28	2.898,96	24,00%	13,99	3.585,43
4.4	<b>Concreto</b>	<b>08.06.00.00</b>							
4.4.1	Fomecimento e montagem das peças pré-moldadas	###	cj	1	82.900,00	82.900,00	24,00%	102.796,00	102.796,00
4.4.2	Laje de cobertura; tipo vigota + tavela cerâmica (conforme projeto) [fomec. e instalação]	###	m2	19	69,11	1.313,09	24,00%	85,70	1.628,30
4.4.3	Concreto Fck=15 MPa, misturado em betoneira, estruturas correntes	08.06.00.14	m3	1	476,32	476,32	24,00%	590,64	590,64
4.4.4	Fomecimento concreto usinado bombeado Fck = 15 Mpa, inclusive bombeamento	08.06.00.80	m3	28	296,09	8.290,52	24,00%	367,15	10.280,20
4.4.5	Fomecimento concreto usinado bombeado Fck = 30 Mpa, inclusive bombeamento	08.06.00.90	m3	28	368,31	10.312,68	24,00%	456,70	12.787,80
4.4.6	Lançamento, adensamento e acabamento de concreto usinado bombeado	08.06.00.97	m3	56	25,76	1.442,56	24,00%	31,94	1.788,64
4.5	<b>Serviços Complementares às Obras de Concreto</b>	<b>08.07.00.00</b>							
4.5.1	Execução da junta entre o contrapiso e as bases das centrífugas	###	m	17	12,15	206,55	24,00%	15,07	256,19
5	<b>FECHAMENTO</b>	<b>12.00.00.00</b>							
5.1	<b>Alvenarias</b>	<b>12.01.00.00</b>							
5.1.1	Assentamento de parede de alvenaria estrutural em bloco cerâmico (excluso os blocos)	###	m2	69	28,97	1.998,93	24,00%	35,92	2.478,48
5.1.2	Bloco cerâmico - inteiro - dimensões 14/19/29 - ftk = 7MPa	###	un	665	1,33	884,45	16,50%	1,55	1.030,75
5.1.3	Bloco cerâmico - meio bloco - dimensões 14/19/14 - ftk = 7MPa	###	un	36	1,38	49,68	16,50%	1,61	57,96
5.1.4	Bloco cerâmico - bloco e meio - dimensões 14/19/44 - ftk = 7MPa	###	un	18	1,78	32,04	16,50%	2,07	37,26
5.1.5	Bloco cerâmico - compensador - dimensões 14/19/4 - ftk = 7MPa	###	un	24	1,13	27,12	16,50%	1,32	31,68
5.1.6	Bloco cerâmico - especial 21 - dimensões 14/19/21 - ftk = 7MPa	###	un	14	1,13	15,82	16,50%	1,32	18,48
5.1.7	Bloco cerâmico - especial 24 - dimensões 14/19/24 - ftk = 7MPa	###	un	80	1,83	146,40	16,50%	2,13	170,40
5.1.8	Bloco cerâmico - canaleta J com 10 - dimensões 14/19 - 10/29 - ftk = 7 MPa	###	un	63	1,71	107,73	16,50%	1,99	125,37
5.1.9	Bloco cerâmico - canaleta U baixo - dimensões 14/10/29 - ftk = 7 MPa	###	un	13	1,71	22,23	16,50%	1,99	25,87


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

 Data base do orçamento:  
 Março de 2018

MUNICÍPIO: CANELA					XII - SIS. TRAT. LODO - CASA DA CENTRÍGUA				
OBRA: EXECUÇÃO DO RAP; TAU E SISTEMA DE TRATAMENTO DE LODO DA ETA									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
5.1.10	Alvenaria de tijolos 6 furos sem revestimento, e=9cm, com argamassa industrializada multiuso	12.01.02.03	m2	28	40,62	1.137,36	24,00%	50,37	1.410,36
<b>5.2</b>	<b>Coberturas</b>	<b>12.02.00.00</b>							
5.2.1	Telhado com telha metálica termoacústica e = 30mm	###	m2	294	102,40	30.105,60	24,00%	126,98	37.332,12
5.2.2	Cumeeira em perfil ondulado de alumínio	###	m	17	32,79	557,43	24,00%	40,66	691,22
<b>5.3</b>	<b>Esquadrias e Ferragens</b>	<b>12.03.00.00</b>							
5.3.1	Janela Veneziana - fixa - 200 x 66 cm - (fornecimento e instalação)	###	un	2	765,85	1.531,70	24,00%	949,65	1.899,30
5.3.2	Porta de alumínio com guarnição e ferragens - vão livre 2,10 x 0,80m	###	un	2	1.585,12	3.170,24	24,00%	1.965,55	3.931,10
<b>5.4</b>	<b>Vidros</b>	<b>12.04.00.00</b>							
5.4.1	Vidro temperado; incolor; espessura 6 mm (fornecimento e instalação)	###	m2	3	110,41	331,23	24,00%	136,91	410,73
<b>6</b>	<b>REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES</b>	<b>13.00.00.00</b>							
<b>6.1</b>	<b>Pisos, Forros e Paredes</b>	<b>13.01.00.00</b>							
6.1.1	Acabamento de piso em Epóxi - espessura 5 mm	###	m2	170	226,48	38.501,60	24,00%	280,84	47.742,80
6.1.2	Chapisco com argamassa de cimento e areia 1:4, espessura média 5 mm	13.01.03.10	m2	194	7,43	1.441,42	24,00%	9,21	1.786,74
6.1.3	Emboço sem aditivo, espessura 15 mm	13.01.03.20	m2	194	27,79	5.391,26	24,00%	34,46	6.685,24
6.1.4	Reboco com argamassa fina	13.01.03.30	m2	194	22,74	4.411,56	24,00%	28,20	5.470,80
6.1.5	Impermeabilização com hidroasfalto 2 demãos	13.02.00.44	m2	111	16,49	1.830,39	24,00%	20,45	2.269,95
<b>6.2</b>	<b>Pinturas</b>	<b>13.03.00.00</b>							
6.2.1	Pintura acrílica 2 demãos e selador	13.03.00.18	m2	194	12,47	2.419,18	24,00%	15,46	2.999,24
<b>7</b>	<b>INSTALAÇÕES PREDIAIS</b>	<b>14.00.00.00</b>							
<b>7.1</b>	<b>Instalações Hidrossanitárias</b>	<b>14.02.00.00</b>							
7.1.1	Calha semi circular PVC; 125mm(incl. cabeceira,emendas,bocais,suporte,vedação e transp. Vert.)	###	m	30	53,51	1.605,30	24,00%	66,35	1.990,50
7.1.2	Joelho 45° PVC LEVE ; DN150	***	Pç	8	28,04	224,32	16,50%	32,67	261,36
7.1.3	Tubo PVC serie normal; DN150	***	m	20	19,73	394,60	16,50%	22,99	459,80


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

 Data base do orçamento:  
 Março de 2018

MUNICÍPIO: CANELA					XII - SIS. TRAT. LODO - CASA DA CENTRÍGUA				
OBRA: EXECUÇÃO DO RAP; TAU E SISTEMA DE TRATAMENTO DE LODO DA ETA									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
<b>8</b>	<b>INSTALAÇÕES DE PRODUÇÃO</b>	<b>15.00.00.00</b>							
8.1	Instalação e montagem de grupo motorbomba - CAP.XII	###	eq	1	651,68	651,68	24,00%	808,08	808,08
8.2	Instalação e montagem de equipamentos - CAP.XII	###	eq	1	39.426,64	39.426,64	24,00%	48.889,03	48.889,03
8.3	Instalação e montagem de materiais em PRFV- CAP.XII	###	eq	1	3.374,00	3.374,00	24,00%	4.183,76	4.183,76
8.4	Instalação e montagem de materiais em aço carbono- CAP.XII	###	eq	1	8.367,52	8.367,52	24,00%	10.375,72	10.375,72
8.5	Instalação e montagem de válvulas- CAP.XII	###	eq	1	134,96	134,96	24,00%	167,35	167,35
8.6	Instalação e montagem de materiais em PVC - CAP. XII	###	eq	1	269,92	269,92	24,00%	334,70	334,70
8.7	Instalação e montagem de materiais em ferro fundido - CAP. XII	###	eq	1	944,72	944,72	24,00%	1.171,45	1.171,45
<b>9</b>	<b>FORNECIMENTOS DE MATERIAIS</b>	<b>18.00.00.00</b>							
<b>9.1</b>	<b>Grupo Motorbomba</b>								
9.1.1	Bomba dosadora helicoidal. Cap. = 1040 l/h ; Pot. = 0,5 HP	***	un	2	4.175,00	8.350,00	16,50%	4.863,88	9.727,76
9.1.2	Bomba centrífuga; Q = 12 m3/h; AMT = 6,5m; Pot = 0,5 HP	***	un	2	871,14	1.742,28	16,50%	1.014,88	2.029,76
<b>9.2</b>	<b>Equipamentos</b>								
9.2.1	Unidade de aplicação de polieletrólito; 2000 l/h / 3,2 kw	***	pç	1	61.333,33	61.333,33	16,50%	71.453,33	71.453,33
9.2.2	Misturador estático polimeroflodo e adaptadores	***	pç	2	1.235,00	2.470,00	16,50%	1.438,78	2.877,56
9.2.3	Mangueira flex com flange e engate rápido; L = 1,0m; DN50	***	cj	1	132,25	132,25	16,50%	154,07	154,07
9.2.4	Monovia perfil I 6" x 18,6 kg/m - Aço Laminado	***	m	19	92,41	1.755,79	16,50%	107,66	2.045,54
9.2.5	Talha e trole elétrico. Cap. 2300 kg; lçamento = 4 metro	***	cj	1	20.640,00	20.640,00	16,50%	24.045,60	24.045,60
9.2.6	Transportador helicoidal tubular; DN150; Q = 33 m3/h	***	cj	2	29.440,00	58.880,00	16,50%	34.297,60	68.595,20
9.2.7	Mangueira flex com flange e engate rápido; L = 0,30m; DN32	***	cj	1	95,45	95,45	16,50%	111,20	111,20
9.2.8	Decanter centrífugo; cap. 12 m3/h; Pot = 18,4 kw	***	un	2	208.365,00	416.730,00	16,50%	242.745,23	485.490,46
<b>9.3</b>	<b>Materiais em PRFV</b>								
9.3.1	Plataforma de manutenção (com guarda-corpo e escada de acesso)	***	un	2	19.750,00	39.500,00	16,50%	23.008,75	46.017,50
9.3.2	Canaleta 0,20m (inclui cantoneiras de apoio)	***	m	19	131,71	2.502,49	16,50%	153,44	2.915,36
9.3.3	Canaleta 0,30m (inclui cantoneiras de apoio)	***	m	30	151,90	4.557,00	16,50%	176,96	5.308,80


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

 Data base do orçamento:  
 Março de 2018

MUNICÍPIO: CANELA					XII - SIS. TRAT. LODO - CASA DA CENTRÍGUA				
OBRA: EXECUÇÃO DO RAP; TAU E SISTEMA DE TRATAMENTO DE LODO DA ETA									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
9.3.4	Canaleta 0,35m (inclui cantoneiras de apoio)	***	m	9	161,99	1.457,91	16,50%	188,72	1.698,48
<b>9.4</b>	<b>Materiais em Aço carbono</b>								
9.4.1	Estrutura de apoio da centrífuga	***	un	2	12.100,00	24.200,00	16,50%	14.096,50	28.193,00
9.4.2	Pórtico de Sustentação da monovia (perfil W250 x48)	***	un	5	16.259,75	81.298,75	16,50%	18.942,61	94.713,05
9.4.3	Telhado TR25	***	m	46	207,29	9.535,34	16,50%	241,49	11.108,54
9.4.4	Carro de distribuição de caçambas	***	pc	3	25.460,00	76.380,00	16,50%	29.660,90	88.962,70
9.4.5	Caçamba; V = 10 m³	***	pc	3	18.946,00	56.838,00	16,50%	22.072,09	66.216,27
<b>9.5</b>	<b>Válvulas</b>								
9.5.1	Registro gaveta com flanges e volante; PN10; DN80	***	pc	2	403,50	807,00	16,50%	470,08	940,16
9.5.2	Registro gaveta com flanges e volante; PN10; DN50	***	pc	1	384,51	384,51	16,50%	447,95	447,95
<b>9.6</b>	<b>Materiais em PVC</b>								
9.6.1	Registro de esfera VS compacto rosqueável DN40	***	pc	7	43,39	303,73	16,50%	50,55	353,85
9.6.2	Tubo soldável DN40	***	m	52	8,85	460,20	16,50%	10,31	536,12
9.6.3	Joelho soldável DN40	***	pc	17	3,09	52,53	16,50%	3,60	61,20
9.6.4	Tê soldável DN40	***	pc	3	1,76	5,28	16,50%	2,05	6,15
9.6.5	União soldável DN40	***	pc	4	16,73	66,92	16,50%	19,49	77,96
9.6.6	Tubo soldável DN32	***	m	6	6,06	36,36	16,50%	7,06	42,36
9.6.7	Joelho soldável DN32	***	pc	3	1,27	3,81	16,50%	1,48	4,44
9.6.8	Tê soldável DN32	***	pc	1	2,03	2,03	16,50%	2,36	2,36
9.6.9	Tubo soldável com flange; L = 0,15m ; DN32	***	pc	2	14,05	28,10	16,50%	16,37	32,74
9.6.10	Registro de esfera VS soldável DN32	***	pc	2	32,44	64,88	16,50%	37,79	75,58
9.6.11	Joelho 90° soldável DN50	***	pc	2	3,44	6,88	16,50%	4,01	8,02
9.6.12	Tubo soldável DN50	***	m	5	10,97	54,85	16,50%	12,78	63,90
9.6.13	Registro de esfera VC soldável DN32	***	pc	2	32,44	64,88	16,50%	37,79	75,58
9.6.14	Joelho 90° soldável DN50	***	pc	4	3,44	13,76	16,50%	4,01	16,04


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

 Data base do orçamento:  
 Março de 2018

MUNICÍPIO: CANELA					XII - SIS. TRAT. LODO - CASA DA CENTRÍGUA				
OBRA: EXECUÇÃO DO RAP; TAU E SISTEMA DE TRATAMENTO DE LODO DA ETA									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
9.6.15	Tê soldável DN50 x dn40	***	pc	1	8,95	8,95	16,50%	10,43	10,43
9.6.16	Registro de esfera VS soldável DN50	***	pc	2	44,81	89,62	16,50%	52,20	104,40
9.6.17	Tê soldável DN50 x dn50	***	pc	1	5,94	5,94	16,50%	6,92	6,92
<b>9.7</b>	<b>Materiais em Ferro Fundido</b>								
9.7.1	Redução concêntrica com flanges DN 80 x dn 50 ; PN10	***	pc	3	126,39	379,17	16,50%	147,24	441,72
9.7.2	Tubo com flanges; L = 0,34m ; DN80 ; PN10	***	pc	2	577,62	1.155,24	16,50%	672,93	1.345,86
9.7.3	Curva 90° com flanges; DN80; PN10	***	pc	2	162,45	324,90	16,50%	189,25	378,50
9.7.4	Tubo com flanges; DN80; PN10 ; L=5,80m	***	pc	2	1.976,00	3.952,00	16,50%	2.302,04	4.604,08
9.7.5	Curva 90° com flanges e pé; DN80 ; PN10	***	pc	2	193,53	387,06	16,50%	225,46	450,92
9.7.6	Tubo com flanges; L=0,33m; DN80 ; PN10	***	pc	2	577,62	1.155,24	16,50%	672,93	1.345,86
9.7.7	Tubo com flanges; L=2,04m; DN80 ; PN10	***	pc	2	1.076,74	2.153,48	16,50%	1.254,40	2.508,80
9.7.8	Tubo com flange e ponta; L = 3,51m ; DN80 ; PN10	***	pc	2	1.224,66	2.449,32	16,50%	1.426,73	2.853,46
9.7.9	Luva com bolsa e junta elástica; DN80	***	pc	2	124,92	249,84	16,50%	145,53	291,06
9.7.10	Tê com flanges DN80 x dn80; PN10	***	pc	2	213,19	426,38	16,50%	248,37	496,74
9.7.11	Tubo com flange e ponta; L = 3,80m ; DN80 ; PN10	***	pc	1	1.276,00	1.276,00	16,50%	1.486,54	1.486,54
9.7.12	Tubo cilíndrico L = 3,80m ; DN80	***	pc	1	1.226,52	1.226,52	16,50%	1.428,90	1.428,90
9.7.13	Curva 90° com bolsa JGS ; DN80	***	pc	2	105,86	211,72	16,50%	123,33	246,66
9.7.14	Tubo cilíndrico L = 1,00m ; DN80	***	pc	1	404,30	404,30	16,50%	471,01	471,01
9.7.15	Tubo cilíndrico L = 0,25m ; DN80	***	pc	2	279,52	559,04	16,50%	325,64	651,28
9.7.16	Curva 90° com bolsa JGS ; DN150	***	pc	6	245,16	1.470,96	16,50%	285,61	1.713,66
9.7.17	Luva com bolsas JGS ; DN150	***	pc	1	208,21	208,21	16,50%	242,56	242,56
9.7.18	Tê com bolsas JGS ; DN150 x dn150	***	pc	1	324,31	324,31	16,50%	377,82	377,82
<b>XII - SIS. TRAT. LODO - CASA DA CENTRÍGUA</b>					<b>TOTAL SEM B.D.I.</b>	<b>R\$ 1.172.392,63</b>		<b>TOTAL COM B.D.I.</b>	<b>R\$ 1.386.939,82</b>

## ANEXO R – ORÇAMENTO CASA DA CENTRÍFUGA DE PANAMBI



## COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO

Data base do orçamento:

## DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

ABRIL DE 2019

MUNICÍPIO: PANAMBI					XIX - ETA - CASA DAS CENTRÍFUGAS				
OBRA: AMPLIAÇÃO DO SAA (EAB, ADB, ETA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO)									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
1	SERVIÇOS TÉCNICOS	02.00.00.00							
1.1	Locação e Cadastro	02.04.00.00							
1.1.1	Locação e nivelamento de obras localizadas	02.04.01.40	m2	137	6,00	822,00	24,00%	7,44	1.019,28
1.1.2	Cadastro e desenho para obras localizadas	02.04.02.40	m2	137	4,79	656,23	24,00%	5,94	813,78
2	SERVIÇOS PRELIMINARES	03.00.00.00							
2.1	Preparo do Terreno	03.01.00.00							
2.1.1	Limpeza mecanizada do terreno	03.01.00.20	m2	137	0,35	47,95	24,00%	0,43	58,91
3	FUNDAÇÃO E ESTRUTURA	08.00.00.00							
3.1	Lastro	08.03.00.00							
3.1.1	Lastro de concreto usinado bombeado 250 kg cim/m³	08.03.00.44	m3	2	371,91	743,82	24,00%	461,17	922,34
3.2	Fôrmas e Cimbramentos	08.04.00.00							
3.2.1	Fôrmas planas para fundações, com escoramento	08.04.00.22	m2	118	55,26	6.520,68	24,00%	68,52	8.085,36
3.2.2	Fôrmas planas para lajes e paredes, com escoramento	08.04.00.24	m2	180	84,10	15.138,00	24,00%	104,28	18.770,40
3.2.3	Fôrmas planas para vigas e pilares, com escoramento	08.04.00.26	m2	317	105,43	33.421,31	24,00%	130,73	41.441,41



## COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO

Data base do orçamento:

## DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

ABRIL DE 2019

MUNICÍPIO: PANAMBI					XIX - ETA - CASA DAS CENTRÍFUGAS				
OBRA: AMPLIAÇÃO DO SAA (EAB, ADB, ETA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO)									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
3.3	Armaduras	08.05.00.00							
3.3.1	Armadura CA-50, 6,30 mm - Fomecimento, corte (com perda de 7%), dobra e colocação	08.05.00.23	kg	89	8,78	781,42	24,00%	10,89	969,21
3.3.2	Armadura CA-50, 8,00 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.24	kg	647	7,72	4.994,84	24,00%	9,57	6.191,79
3.3.3	Armadura CA-50, 10,00 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.25	kg	1.894	6,88	12.651,92	24,00%	8,28	15.682,32
3.3.4	Armadura CA-50, 12,50 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.26	kg	578	5,88	3.398,64	24,00%	7,29	4.213,62
3.3.5	Armadura CA-50, 16,00 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.27	kg	122	5,37	655,14	24,00%	6,66	812,52
3.3.6	Armadura CA-60, 5,00 mm - Fomecimento, corte (com perda de 7%), dobra e colocação	08.05.00.33	kg	524	10,86	5.690,64	24,00%	13,47	7.058,28
3.4	Concreto	08.06.00.00							
3.4.1	Fomecimento concreto usinado bombeado Fck = 30 Mpa, inclusive bombeamento	08.06.00.90	m3	76	419,14	31.854,64	24,00%	519,73	39.499,48
3.4.2	Lançamento, adensamento e acabamento de concreto usinado bombeado	08.06.00.97	m3	76	28,99	2.203,24	24,00%	35,95	2.732,20
4	FECHAMENTO	12.00.00.00							
4.1	Alvenarias	12.01.00.00							
4.1.1	Alvenaria de tijolos 6 furos sem revestimento, e=14cm	12.01.02.02	m2	69	88,26	6.089,94	24,00%	109,44	7.551,36
4.2	Esquadrias e Ferragens	12.03.00.00							
4.2.1	P1 - 0,90x2,50, em alumínio anodizado, venezianada, de abrir	###	un	2	1.642,76	3.285,52	24,00%	2.037,02	4.074,04
4.2.2	J1 - 1,85x0,65, em alumínio anodizado, venezianada, fixa	###	un	2	761,87	1.523,74	24,00%	944,72	1.889,44


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

 Data base do orçamento:  
**ABRIL DE 2019**

MUNICÍPIO: PANAMBI				XIX - ETA - CASA DAS CENTRÍFUGAS					
OBRA: AMPLIAÇÃO DO SAA (EAB, ADB, ETA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO)									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
4.3	<b>Dispositivos de Proteção e Acesso</b>	<b>12.06.00.00</b>							
4.3.1	Guarda-corpo de PRFV (Plástico Reforçado em Fibra de Vidro)	12.06.03.30	m	19	622,52	11.827,88	24,00%	771,92	14.666,48
4.3.2	Grelha da canaleta de drenagem, conforme projeto, inclusive sistema de fixação e instalação	###	m	34	164,86	5.605,24	24,00%	204,43	6.950,62
5	<b>REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES</b>	<b>13.00.00.00</b>							
5.1	<b>Pisos, Forros e Paredes</b>	<b>13.01.00.00</b>							
5.1.1	Chapisco com argamassa de cimento e areia 1:4, espessura média 5 mm	13.01.03.10	m2	138	8,18	1.128,84	24,00%	10,14	1.399,32
5.1.2	Emboço sem aditivo, espessura 15 mm	13.01.03.20	m2	138	30,67	4.232,46	24,00%	38,03	5.248,14
5.1.3	Piso em resina epóxi, autonivelante, sem juntas, cor cinza	###	m2	71	195,45	13.876,95	24,00%	242,36	17.207,56
5.2	<b>Impermeabilização</b>	<b>13.02.00.00</b>							
5.2.1	Camada de regularização com argamassa cimento e areia 1:4, com cimento 2%	###	m2	120	40,65	4.878,00	24,00%	50,41	6.049,20
5.2.2	Impermeabilização com manta asfáltica, e=4mm, inclusive aplicação de primer asfáltico	###	m2	140	69,74	9.763,60	24,00%	86,48	12.107,20
5.2.3	Proteção mecânica com argam. de cim./areia 1:3, e=2cm, inclus. manta separadora PE 5 mm	###	m2	140	26,00	3.640,00	24,00%	32,24	4.513,60
5.2.4	Rufo em chapa de aço galvanizado, corte de 25 cm, inclusive fixação	###	m	44	32,90	1.447,60	24,00%	40,80	1.795,20
5.3	<b>Pinturas</b>	<b>13.03.00.00</b>							
5.3.1	Pintura acrílica 2 demãos e selador	13.03.00.18	m2	456	14,17	6.461,52	24,00%	17,57	8.011,92


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

 Data base do orçamento:  
**ABRIL DE 2019**

MUNICÍPIO: PANAMBI				XIX - ETA - CASA DAS CENTRÍFUGAS					
OBRA: AMPLIAÇÃO DO SAA (EAB, ADB, ETA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO)									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
6	<b>INSTALAÇÕES PREDIAIS</b>	<b>14.00.00.00</b>							
6.1	<b>Instalações Hidrossanitárias</b>	<b>14.02.00.00</b>							
6.1.1	Bancada de inox, com uma cuba, incluso instalação, torneira e muretas de tijolo maciço	###	un	1	437,65	437,65	24,00%	542,69	542,69
6.2	<b>Sistema de Drenagem</b>								
6.2.1	Caixa de passagem pluvial, 60x60cm, h aprox 80cm, inclusive montagem	###	un	8	213,09	1.704,72	24,00%	264,23	2.113,84
6.2.2	Assentamento, carga, descarga e transporte de tubos de ferro fundido DN 150	09.01.02.04	m	34	6,83	225,42	24,00%	8,22	279,48
6.2.3	Tubo de PVC coletor de esgoto, JEI/JERI, DN 150, L=6m	18.05.01.15	br	6	128,30	769,80	16,50%	149,47	896,82
7	<b>INSTALAÇÕES DE PRODUÇÃO</b>	<b>15.00.00.00</b>							
7.1	Instalação e montagem de equipamentos - CC	###	eq	1	30.581,60	30.581,60	24,00%	37.921,18	37.921,18
7.2	Instalação e montagem de materiais de aço carbono - Transporte do lodo - CC	###	eq	1	1.485,60	1.485,60	24,00%	1.842,14	1.842,14
7.3	Instalação e montagem de materiais de ferro fundido - Transporte do lodo - CC	###	eq	1	1.485,60	1.485,60	24,00%	1.842,14	1.842,14
7.4	Instalação e montagem de válvulas - Transporte do lodo - CC	###	eq	1	148,56	148,56	24,00%	184,21	184,21
7.5	Instalação e montagem de materiais de ferro galvanizado - Lavagem das centrífugas - CC	###	eq	1	594,24	594,24	24,00%	736,86	736,86
7.6	Instalação e montagem de materiais de ferro fundido - Lavagem das centrífugas - CC	###	eq	1	148,56	148,56	24,00%	184,21	184,21
7.7	Instalação e montagem de válvulas - Lavagem das centrífugas - CC	###	eq	1	148,56	148,56	24,00%	184,21	184,21
7.8	Instalação e montagem de materiais de PVC - Dosagem de polímero - CC	###	eq	1	148,56	148,56	24,00%	184,21	184,21
7.9	Instalação e montagem de válvulas - Dosagem de polímero - CC	###	eq	1	148,56	148,56	24,00%	184,21	184,21
7.10	Instalação e montagem de materiais de ferro galvanizado - Inspeção do lodo - CC	###	eq	1	148,56	148,56	24,00%	184,21	184,21
7.11	Instalação e montagem de válvulas - Inspeção do lodo - CC	###	eq	1	148,56	148,56	24,00%	184,21	184,21


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

Data base do orçamento:

ABRIL DE 2019

MUNICÍPIO: PANAMBI				XIX - ETA - CASA DAS CENTRÍFUGAS					
OBRA: AMPLIAÇÃO DO SAA (EAB, ADB, ETA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO)									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
<b>8</b>	<b>FORNECIMENTO DE MATERIAIS</b>	<b>18.00.00.00</b>							
<b>8.1</b>	<b>Fornecimento de equipamentos</b>								
8.1.1	Centrífuga, 22 kW, Q=6,0 m <sup>3</sup> /h, inclusive painel elétrico	***	pc	2	325.345,00	650.690,00	16,50%	379.026,93	758.053,86
8.1.2	Monovia com trole e talha elétricos, capacidade de 4.000 kg, L=11m	***	pc	1	54.126,35	54.126,35	16,50%	63.057,20	63.057,20
8.1.3	Monovia com trole e talha elétricos, capacidade de 4.000 kg, L=7m	***	pc	1	47.502,22	47.502,22	16,50%	55.340,09	55.340,09
8.1.4	Unidade de mistura de polieletrólito, capacidade de 400 l/h	***	pc	1	69.557,00	69.557,00	16,50%	81.033,91	81.033,91
8.1.5	Bomba dosadora helicoidal, Q=57 l/h, 0,37 kW	***	pc	2	4.076,35	8.152,70	16,50%	4.748,95	9.497,90
8.1.6	Bomba centrífuga, Q=12 m <sup>3</sup> /h, AMT=17 mca, 2 CV, para lavagem	***	pc	2	1.692,00	3.384,00	16,50%	1.971,18	3.942,36
8.1.7	Bomba helicoidal para lodo desidratado a 30%, Q=1,5 m <sup>3</sup> /h	***	pc	2	18.100,00	36.200,00	16,50%	21.086,50	42.173,00
8.1.8	Misturador estático, com flanges, DN 80, PN 10, em aço inox	***	pc	1	2.000,00	2.000,00	16,50%	2.330,00	2.330,00
<b>8.2</b>	<b>Fornecimento de peças em Aço Carbono - Transporte do lodo</b>								
8.2.1	Toco, Aço Carbono, para água, DN 150, com Flanges, PN 10, L=0,325m	***	pc	1	721,97	721,97	16,50%	841,10	841,10
8.2.2	Curva 90, Aço Carbono, para água, DN 150, com Flanges, PN 10	***	pc	2	902,00	1.804,00	16,50%	1.050,83	2.101,66
8.2.3	Tubo, Aço Carbono, para água, DN 150, Flange e Ponta, PN 10, L=5,8m	***	pc	1	3.269,25	3.269,25	16,50%	3.808,68	3.808,68
8.2.4	Tubo, Aço Carbono, para água, DN 150, com Pontas, L=1,82m	***	pc	1	986,13	986,13	16,50%	1.148,84	1.148,84
8.2.5	Tubo, Aço Carbono, para água, DN 150, Flange e Ponta, PN 10, L=3,22m	***	pc	1	1.715,62	1.715,62	16,50%	1.998,70	1.998,70
8.2.6	Curva 70, Aço Carbono, para água, DN 150, com Pontas	***	pc	2	831,04	1.662,08	16,50%	968,16	1.936,32
8.2.7	Tubo, Aço Carbono, para água, DN 150, com Pontas, L=5,8m	***	pc	2	3.127,21	6.254,42	16,50%	3.643,20	7.286,40
8.2.8	Tubo, Aço Carbono, para água, DN 150, com Pontas, L=3,63m	***	pc	2	1.589,88	3.179,76	16,50%	1.852,21	3.704,42
8.2.9	Curva 90, Aço Carbono, para água, DN 150, com Pontas	***	pc	1	257,00	257,00	16,50%	299,41	299,41
8.2.10	Toco, Aço Carbono, para água, DN 150, Flange e Ponta, PN 10, L=0,325m	***	pc	1	512,00	512,00	16,50%	596,48	596,48
8.2.11	Curva 90, Aço Carbono, para água, DN 150, Flange e Ponta, PN 10	***	pc	1	580,00	580,00	16,50%	675,70	675,70
8.2.12	Toco, Aço Carbono, para água, 2", Ponta e Rosca BSP, L=0,15m	***	pc	2	100,00	200,00	16,50%	116,50	233,00
8.2.13	Duto Adaptador, Aço Carbono, para água (saída centrífuga/entrada da bomba)	***	pc	2	3.300,00	6.600,00	16,50%	3.844,50	7.689,00
8.2.14	Toco, Aço Carbono, para água, 2 1/2", Ponta e Rosca BSP, L=0,15m	***	pc	2	150,00	300,00	16,50%	174,75	349,50
8.2.15	Sino de sucção, Aço Carbono, para água, DN 150, com Flanges, PN 10	***	pc	2	800,00	1.600,00	16,50%	932,00	1.864,00


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

Data base do orçamento:

ABRIL DE 2019

MUNICÍPIO: PANAMBI				XIX - ETA - CASA DAS CENTRÍFUGAS					
OBRA: AMPLIAÇÃO DO SAA (EAB, ADB, ETA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO)									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
<b>8.3</b>	<b>Fornecimento de peças em ferro fundido - Transporte do lodo</b>								
8.3.1	Tubo, FoFo, para água, DN 80, com Flanges, PN 10, L=0,35m	***	pc	1	954,31	954,31	16,50%	1.111,77	1.111,77
8.3.2	Tê, FoFo, para água, DN 80x50, com Flanges, PN 10	***	pc	3	234,92	704,76	16,50%	273,68	821,04
8.3.3	Tubo, FoFo, para água, DN 80, com Flanges, PN 10, L=2,45m	***	pc	1	1.502,50	1.502,50	16,50%	1.750,41	1.750,41
8.3.4	Tê, FoFo, para água, DN 80x80, com Flanges, PN 10	***	pc	1	281,91	281,91	16,50%	328,43	328,43
8.3.5	Tubo, FoFo, para água, DN 80, com Flanges, PN 10, L=4,15m	***	pc	1	2.107,15	2.107,15	16,50%	2.454,83	2.454,83
8.3.6	Curva 90, FoFo, para água, DN 80, com Flanges, PN 10	***	pc	7	174,02	1.218,14	16,50%	202,73	1.419,11
8.3.7	Tubo, FoFo, para água, DN 80, com Flanges, PN 10, L=0,64m	***	pc	1	1.029,13	1.029,13	16,50%	1.198,94	1.198,94
8.3.8	Tubo, FoFo, para água, DN 80, com Flanges, PN 10, L=0,46m	***	pc	1	954,31	954,31	16,50%	1.111,77	1.111,77
8.3.9	Curva 90, FoFo, para água, DN 80, com Flanges e Pé, PN 10	***	pc	2	256,15	512,30	16,50%	298,41	596,82
8.3.10	Curva 90, FoFo, para água, DN 150, com Bolsas	***	pc	2	278,06	556,12	16,50%	323,94	647,88
8.3.11	Tubo, FoFo, para água, DN 150, com Pontas, L=4,45m	***	pc	1	2.473,83	2.473,83	16,50%	2.882,01	2.882,01
8.3.12	Tê, FoFo, para água, DN 150x150, com Bolsas	***	pc	1	318,18	318,18	16,50%	370,68	370,68
8.3.13	Tubo, FoFo, para água, DN 150, com Pontas, L=3,5m	***	pc	1	1.979,06	1.979,06	16,50%	2.305,60	2.305,60
8.3.14	Tubo, FoFo, para água, DN 80, com Flanges, PN 10, L=0,45m	***	pc	2	954,31	1.908,62	16,50%	1.111,77	2.223,54
8.3.15	Tubo, FoFo, para água, DN 150, Flange e Ponta, PN 10, L=0,5m	***	pc	2	1.248,83	2.497,66	16,50%	1.454,89	2.909,78
8.3.16	Junta de Desmontagem, FoFo, para água, DN 150,	***	pc	2	966,09	1.932,18	16,50%	1.125,49	2.250,98
8.3.17	Tubo, FoFo, para água, DN 80, com Flanges, PN 10, L=0,36m	***	pc	1	954,31	954,31	16,50%	1.111,77	1.111,77
8.3.18	Tubo, FoFo, para água, DN 80, Flange e Ponta, PN 10, L=1,35m	***	pc	1	880,22	880,22	16,50%	1.025,46	1.025,46
8.3.19	Curva 90, FoFo, para água, DN 80, com Bolsas	***	pc	2	140,52	281,04	16,50%	163,71	327,42
8.3.20	Tubo, FoFo, para água, DN 80, com Flanges, PN 10, L=1,39m	***	pc	1	1.211,96	1.211,96	16,50%	1.411,93	1.411,93
8.3.21	Tubo, FoFo, para água, DN 80, com Flanges, PN 10, L=5,11m	***	pc	1	2.442,10	2.442,10	16,50%	2.845,05	2.845,05
8.3.22	Tubo, FoFo, para água, DN 80, com Flanges, PN 10, L=1,2m	***	pc	1	1.211,96	1.211,96	16,50%	1.411,93	1.411,93
8.3.23	Tubo, FoFo, para água, DN 80, com Flanges, PN 10, L=1,95m	***	pc	1	1.369,25	1.369,25	16,50%	1.595,18	1.595,18
8.3.24	Curva 45, FoFo, para água, DN 80, com Flanges, PN 10	***	pc	1	165,32	165,32	16,50%	192,60	192,60


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**

Data base do orçamento:

**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**
**ABRIL DE 2019**

MUNICÍPIO: PANAMBI				XIX - ETA - CASA DAS CENTRÍFUGAS					
OBRA: AMPLIAÇÃO DO SAA (EAB, ADB, ETA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO)									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
8.4	<b>Fornecimento de válvulas - Transporte do lodo</b>								
8.4.1	Válvula de gaveta com flanges, volante e cunha de borracha, PN 10, DN 80	***	pç	3	521,82	1.565,46	16,50%	607,92	1.823,76
8.4.2	Válvula de esfera em bronze, 2", BSP	***	pç	2	209,17	418,34	16,50%	243,68	487,36
8.5	<b>Fornecimento de peças de ferro galvanizado - Lavagem das centrífugas</b>								
8.5.1	Curva 90 fêmea, Ferro Galvanizado, para água, 2 1/2", Rosca BSP	***	pç	20	120,80	2.416,00	16,50%	140,73	2.814,60
8.5.2	Tubo, Ferro Galvanizado, para água, 2 1/2", Rosca BSP, L=6,00m	***	pç	7	55,93	391,51	16,50%	65,16	456,12
8.5.3	Niple Duplo, Ferro Galvanizado, para água, 2 1/2", Rosca BSP	***	pç	31	28,33	878,23	16,50%	33,00	1.023,00
8.5.4	Tê, Ferro Galvanizado, para água, 2 1/2", Rosca BSP	***	pç	5	66,34	331,70	16,50%	77,29	386,45
8.5.5	Flange sextavado, Ferro Galvanizado, para água, 2 1/2", Rosca BSP	***	pç	5	51,96	259,80	16,50%	60,53	302,65
8.5.6	União Assento Plano, Ferro Galvanizado, para água, 2 1/2", Rosca BSP	***	pç	14	88,75	1.242,50	16,50%	103,39	1.447,46
8.6	<b>Fornecimento de peças em ferro fundido - Lavagem das centrífugas</b>								
8.6.1	Toco, FoFo, para água, DN 50, com Flanges, PN 10, L=0,25m	***	pç	1	193,61	193,61	16,50%	225,56	225,56
8.7	<b>Fornecimento de válvulas - Lavagem das centrífugas</b>								
8.7.1	Válvula de gaveta em bronze, 2 1/2", BSP	***	pç	8	267,56	2.140,48	16,50%	311,71	2.493,68
8.7.2	Válvula de retenção de fechamento rápido, PN 10, DN 50	***	pç	1	250,00	250,00	16,50%	291,25	291,25


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**

Data base do orçamento:

**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**
**ABRIL DE 2019**

MUNICÍPIO: PANAMBI				XIX - ETA - CASA DAS CENTRÍFUGAS						
OBRA: AMPLIAÇÃO DO SAA (EAB, ADB, ETA E REDE DE DISTRIBUIÇÃO)										
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)		
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL	
8.8	<b>Fornecimento de peças de PVC - Dosagem de polímero</b>									
8.8.1	Curva 90, PVC, para água fria, 1/2", Roscável	***	pç	10	3,07	30,70	16,50%	3,58	35,80	
8.8.2	Tê, PVC, para água fria, 1/2", Roscável	***	pç	2	2,26	4,52	16,50%	2,63	5,26	
8.8.3	Tubo, PVC, para água fria, 1/2", Roscável, L=6,00m	***	pç	2	5,19	10,38	16,50%	6,05	12,10	
8.8.4	Bucha de Redução, PVC, para água fria, 1/2" x 1", Roscável	***	pç	1	0,31	0,31	16,50%	0,36	0,36	
8.8.5	Niple, PVC, para água fria, 1", Roscável	***	pç	1	6,08	6,08	16,50%	7,08	7,08	
8.8.6	Bucha de Redução, PVC, para água fria, 2" x 1", Roscável	***	pç	1	3,06	3,06	16,50%	3,56	3,56	
8.8.7	Bucha de Redução, PVC, para água fria, 2 1/2" x 2", Roscável	***	pç	1	10,53	10,53	16,50%	12,27	12,27	
8.8.8	Flange sextavado, PVC, para água fria, 2 1/2", Roscável	***	pç	1	80,28	80,28	16,50%	93,53	93,53	
8.8.9	União, PVC, para água fria, 1/2", Roscável	***	pç	1	4,64	4,64	16,50%	5,41	5,41	
8.9	<b>Fornecimento de válvulas - Dosagem de polímero</b>									
8.9.1	Válvula de esfera, PVC, para água, 1/2", Roscável	***	pç	6	14,85	89,10	16,50%	17,30	103,80	
8.9.2	Válvula de retenção, PVC, para água, 1", Roscável	***	pç	1	19,54	19,54	16,50%	22,76	22,76	
8.10	<b>Fornecimento de peças de ferro galvanizado - Inspeção do lodo</b>									
8.10.1	Flange sextavado, Ferro Galvanizado, para água, 2 1/2", Rosca BSP	***	pç	2	51,96	103,92	16,50%	60,53	121,06	
8.10.2	Bucha de Redução, Ferro Galvanizado, para água, 2 1/2" x 1 1/2", Rosca BSP	***	pç	2	23,54	47,08	16,50%	27,42	54,84	
8.10.3	Niple Duplo, Ferro Galvanizado, para água, 1 1/2", Rosca BSP	***	pç	4	11,90	47,60	16,50%	13,86	55,44	
8.10.4	Curva 90 fêmea, Ferro Galvanizado, para água, 1 1/2", Rosca BSP	***	pç	2	41,80	83,60	16,50%	48,70	97,40	
8.11	<b>Fornecimento de válvulas - Inspeção do lodo</b>									
8.11.1	Válvula gaveta em bronze, 1 1/2", Rosca BSP	***	pç	2	92,62	185,24	16,50%	107,90	215,80	
<b>XIX - ETA - CASA DAS CENTRÍFUGAS</b>					<b>TOTAL SEM B.D.I.</b>		<b>R\$ 1.173.181,34</b>	<b>TOTAL COM B.D.I.</b>		<b>R\$ 1.384.064,42</b>

## ANEXO S – ORÇAMENTO LEITO DE DRENAGEM DE ENCRUZILHADA DO SUL



## COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO

## DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

Data base do orçamento:  
Julho de 2017

MUNICÍPIO: ENCRUZILHADA DO SUL					III - RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO				
OBRA: EXECUÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE LODO DA ETA									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
1	SERVIÇOS TÉCNICOS	02.00.00.00							
1.1	Locação e Cadastro	02.04.00.00							
1.1.1	Locação e nivelamento de obras localizadas	02.04.01.40	m2	59	5,40	318,60	24,00%	6,70	395,30
2	MOVIMENTO DE SOLO	04.00.00.00							
2.1	Escavação de Solo Localizada	04.01.00.00							
2.1.1	Escavação localizada mecânica, solo 0-2 m	04.01.02.42	m3	56	7,84	439,04	24,00%	9,72	544,32
2.2	Escavação de Rocha Dura Localizada	04.05.00.00							
2.2.1	Escavação em rocha dura localizada a fogo 0-6 m	04.05.01.06	m3	499	135,06	67.394,94	24,00%	167,47	83.567,53
2.3	Aterro, Reaterro, Lastro, Espalhamento e Nivelamento	04.09.00.00							
2.3.1	Reenchimento mecânico e compactação mecânica de vala, 0-2 m	04.09.02.22	m3	179	13,02	2.330,58	24,00%	16,14	2.889,06
2.3.2	Areia para aterro e reaterro incluindo carga, descarga e transporte ao local	###	m3	123	89,38	10.993,74	24,00%	110,83	13.632,09
2.4	Carga, Transporte, Descarga	04.10.00.00							
2.4.1	Carga e descarga de rocha para bota-fora	04.10.02.02	m3	499	6,48	3.233,52	24,00%	8,04	4.011,96
2.4.2	Transporte de rocha para bota-fora	04.10.02.41	m3xkt	40.836	3,53	144.151,08	24,00%	4,38	178.861,68
3	ESGOTAMENTO	06.00.00.00							
3.1	Esgotamento com Bombas	06.01.00.00							
3.1.1	Esgotamento com bomba auto-escorvante 8,0 HP, a gasolina	06.01.00.22	h	69	9,60	662,40	24,00%	11,90	821,10
4	FUNDAÇÃO E ESTRUTURA	08.00.00.00							
4.1	Lastro	08.03.00.00							
4.1.1	Lastro de concreto consumo mínimo de cimento 250 kg/m²	08.03.00.34	m3	4	400,31	1.601,24	24,00%	496,38	1.985,52
4.2	Fôrmas e Cimbramentos	08.04.00.00							
4.2.1	Fôrmas planas para fundações, com escoramento	08.04.00.22	m2	11	49,02	539,22	24,00%	60,78	668,58
4.2.2	Fôrmas curvas cilíndricas, estruturas correntes, com escoramento	08.04.00.43	m2	286	110,61	31.634,46	24,00%	137,16	39.227,76



## COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO

## DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

Data base do orçamento:  
Julho de 2017

MUNICÍPIO: ENCRUZILHADA DO SUL					III - RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO				
OBRA: EXECUÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE LODO DA ETA									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
4.3	Armaduras	08.05.00.00							
4.3.1	Armadura CA-50, 10,00 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.25	kg	4.510	7,66	34.546,60	24,00%	9,50	42.845,00
4.3.2	Armadura CA-50, 12,50 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.26	kg	455	6,25	2.843,75	24,00%	7,75	3.526,25
4.3.3	Armadura CA-50, 8,00 mm - Fomecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.24	kg	948	9,50	9.006,00	24,00%	11,78	11.167,44
4.4	Concreto	08.06.00.00							
4.4.1	Fomecimento concreto usinado bombeado Fck = 30 Mpa, inclusive bombeamento	08.06.00.90	m3	51	374,26	19.087,26	24,00%	464,08	23.668,08
4.4.2	Lançamento, adensamento e acabamento de concreto usinado bombeado	08.06.00.97	m3	51	25,76	1.313,76	24,00%	31,94	1.628,94
5	FECHAMENTO	12.00.00.00							
5.1	Dispositivos de Proteção e Acesso	12.06.00.00							
5.1.1	Guarda-corpo de PRFV (Plástico Reforçado em Fibra de Vidro)	12.06.03.30	m	24	614,75	14.754,00	24,00%	762,29	18.294,96
6	REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES	13.00.00.00							
6.1	Impermeabilização	13.02.00.00							
6.1.1	Impermeabilização com tinta betuminosa 3 demãos	13.02.00.42	m2	175	27,98	4.896,50	24,00%	34,70	6.072,50
6.1.2	Impermeabilizante flexível, bi-componente, para reservatórios	13.02.00.60	m2	190	96,55	18.344,50	24,00%	119,72	22.748,80
6.2	Pinturas	13.03.00.00							
6.2.1	Pintura acrílica 2 demãos e selador	13.03.00.18	m2	11	12,12	133,32	24,00%	15,03	165,33
7	INSTALAÇÕES DE PRODUÇÃO	15.00.00.00							
7.1	Instalação de montagem de materiais em ferro fundido	###	und	1	1.336,00	1.336,00	24,00%	1.656,64	1.656,64
7.2	Instalação e montagem de grupos motor bomba	###	und	1	1.782,88	1.782,88	24,00%	2.210,77	2.210,77
7.3	Instalação e montagem de equipamentos	###	und	1	3.079,52	3.079,52	24,00%	3.818,60	3.818,60


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

 Data base do orçamento:  
 Julho de 2017

MUNICÍPIO: ENCRUZILHADA DO SUL				III - RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO						
OBRA: EXECUÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE LODO DA ETA										
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)		
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL	
8	<b>FORNECIMENTO DE MATERIAIS</b>	<b>18.00.00.00</b>								
8.1	<b>Ferro Fundido</b>									
8.1.1	Curva 90° com flanges, PN 10, DN 100	***	pç	2	378,42	756,84	16,50%	440,86	881,72	
8.1.2	Tubo com flanges, PN 10, DN 100, L= 700 mm	***	pç	2	685,65	1.371,30	16,50%	798,78	1.597,56	
8.1.3	Válvula de retenção com portinhola única, PN 10, DN 100	***	pç	2	2.523,29	5.046,58	16,50%	2.939,63	5.879,26	
8.1.4	Toco com flange e ponta, PN 10, DN 100, L= 250 mm	***	pç	2	277,34	554,68	16,50%	323,10	646,20	
8.1.5	Redução Normal, PN 10, DN 150x100	***	pç	1	459,93	459,93	16,50%	535,82	535,82	
8.1.6	Junta Gibaut PN 10 DN 100	***	pç	2	125,24	250,48	16,50%	145,90	291,80	
8.1.7	Válvula borboleta tipo wafer, PN 10, DN 100 c/ volante	***	pç	2	4.664,81	9.329,62	16,50%	5.434,50	10.869,00	
8.1.8	Junção 45° com flanges PN 10, DN 150x100	***	pç	1	1.023,14	1.023,14	16,50%	1.191,96	1.191,96	
8.1.9	Curva 45° com flanges PN 10 DN 100	***	pç	1	350,40	350,40	16,50%	408,22	408,22	
8.1.10	Toco com flanges PN 10, DN 150, L= 250 mm	***	pç	1	590,63	590,63	16,50%	688,08	688,08	
8.1.11	Tê com flanges, PN 10, DN 150x80	***	pç	1	888,99	888,99	16,50%	1.012,37	1.012,37	
8.1.12	Válvula borboleta tipo wafer PN 10 DN 80, com volante	***	pç	1	4.557,31	4.557,31	16,50%	5.309,27	5.309,27	
8.1.13	Contra flange PN 10 DN 80	***	pç	1	252,26	252,26	16,50%	293,88	293,88	
8.1.14	Toco com flange e ponta, PN 10, DN 150, L= 700 mm	***	pç	1	901,36	901,36	16,50%	1.050,08	1.050,08	
8.2	<b>Grupo Motor Bomba</b>									
8.2.1	Bomba submersível Q= 5 Us e amt= 10,73 mca	***	cj	2	16.456,00	32.912,00	16,50%	19.171,24	38.342,48	
8.3	<b>Equipamento</b>									
8.3.1	Mangueira Flexível Ø 100 mm, com flanges, L= 5.400 mm	***	cj	2	174,76	349,52	16,50%	203,60	407,20	
8.3.2	Turbo misturador submerso 3600 W, 7 m	***	cj	1	43.283,00	43.283,00	16,50%	50.424,70	50.424,70	
<b>III - RESERVATÓRIO DE ACUMULAÇÃO</b>					<b>TOTAL SEM B.D.I.</b>		<b>R\$ 477.280,95</b>	<b>TOTAL COM B.D.I.</b>		<b>R\$ 584.235,81</b>


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

 Data base do orçamento:  
 Julho de 2017

MUNICÍPIO: ENCRUZILHADA DO SUL				IV - LEITOS DE SECAGEM					
OBRA: EXECUÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE LODO DA ETA									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
1	<b>SERVIÇOS TÉCNICOS</b>	<b>02.00.00.00</b>							
1.1	<b>Locação e Cadastro</b>	<b>02.04.00.00</b>							
1.1.1	Locação e nivelamento de obras localizadas	02.04.01.40	m2	575	5,40	3.105,00	24,00%	6,70	3.852,50
2	<b>MOVIMENTO DE SOLO</b>	<b>04.00.00.00</b>							
2.1	<b>Escavação de Solo Localizada</b>	<b>04.01.00.00</b>							
2.1.1	Escavação localizada mecânica, solo 0-2 m	04.01.02.42	m3	233	7,84	1.826,72	24,00%	9,72	2.264,76
2.2	<b>Escavação de Rocha Dura Localizada</b>	<b>04.05.00.00</b>							
2.2.1	Escavação em rocha dura localizada a fogo 0-3 m	04.05.01.03	m3	1.336	118,83	158.756,88	24,00%	147,35	196.859,60
2.2.2	Escavação em rocha dura localizada a fogo 0-4 m	04.05.01.04	m3	26	127,79	3.322,54	24,00%	158,46	4.119,96
2.3	<b>Aterro, Reaterro, Lastro, Espalhamento e Nivelamento</b>	<b>04.09.00.00</b>							
2.3.1	Reenchimento mecânico e compactação mecânica de vala, 0-2 m	04.09.02.22	m3	274	13,02	3.567,48	24,00%	16,14	4.422,36
2.3.2	Areia para aterro e reaterro incluindo carga, descarga e transporte ao local	###	m3	41	89,38	3.664,58	24,00%	110,83	4.544,03
2.4	<b>Carga, Transporte, Descarga</b>	<b>04.10.00.00</b>							
2.4.1	Carga e descarga de rocha para bota-fora	04.10.02.02	m3	1.362	6,48	8.825,76	24,00%	8,04	10.950,48
2.4.2	Transporte de rocha para bota-fora	04.10.02.41	t3xkt	111.684	3,53	394.244,52	24,00%	4,38	489.175,92
3	<b>ESGOTAMENTO</b>	<b>06.00.00.00</b>							
3.1	<b>Esgotamento com Bombas</b>	<b>06.01.00.00</b>							
3.1.1	Esgotamento com bomba auto-escorvante 8,0 HP, a gasolina	06.01.00.22	h	199	9,60	1.910,40	24,00%	11,90	2.368,10
4	<b>FUNDAÇÃO E ESTRUTURA</b>	<b>08.00.00.00</b>							
4.1	<b>Lastro</b>	<b>08.03.00.00</b>							
4.1.1	Lastro de concreto consumo mínimo de cimento 250 kg/m²	08.03.00.34	m3	52	400,31	20.816,12	24,00%	496,38	25.811,76
4.2	<b>Fôrmas e Cimbramentos</b>	<b>08.04.00.00</b>							
4.2.1	Fôrmas planas para lajes e paredes, com escoramento	08.04.00.24	m2	332	73,83	24.511,56	24,00%	91,55	30.394,60


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

 Data base do orçamento:  
 Julho de 2017

MUNICÍPIO: ENCRUZILHADA DO SUL				IV - LEITOS DE SECAGEM					
OBRA: EXECUÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE LODO DA ETA				CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)		
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	UNITÁRIO		TOTAL	UNITÁRIO	TOTAL
<b>4.3</b>	<b>Armaduras</b>	<b>08.05.00.00</b>							
4.3.1	Armadura CA-50, 10,00 mm - Fornecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.25	kg	366	7,66	2.803,56	24,00%	3.477,00	
4.3.2	Armadura CA-50, 12,50 mm - Fornecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.26	kg	290	6,25	1.812,50	24,00%	2.247,50	
4.3.3	Armadura CA-50, 8,00 mm - Fornecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.24	kg	1.739	9,50	16.520,50	24,00%	20.485,42	
4.3.4	Armadura CA-50, 6,30 mm - Fornecimento, corte (com perda de 7%), dobra e colocação	08.05.00.23	kg	1.165	10,20	11.883,00	24,00%	14.737,25	
4.3.5	Tela soldada Q92	###	kg	594	8,42	5.001,48	24,00%	6.201,36	
<b>4.4</b>	<b>Concreto</b>	<b>08.06.00.00</b>							
4.4.1	Fornecimento concreto usinado bombeado Fck = 30 MPa, inclusive bombeamento	08.06.00.90	m3	47	374,26	17.590,22	24,00%	21.811,76	
4.4.2	Concreto Fck=20 MPa, misturado em betoneira, fins hidráulicos	08.06.00.22	m3	37	486,75	18.009,75	24,00%	22.332,09	
4.4.3	Lançamento, adensamento e acabamento de concreto usinado bombeado	08.06.00.97	m3	84	25,76	2.163,84	24,00%	2.682,96	
<b>4.5</b>	<b>Serviços Complementares às Obras de Concreto</b>	<b>08.07.00.00</b>							
4.5.1	Lona plástica nas lajes dos leitos de secagem	###	m2	228	4,79	1.092,12	24,00%	1.354,32	
<b>5</b>	<b>ASSENTAMENTO, CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE</b>	<b>09.00.00.00</b>							
<b>5.1</b>	<b>Assentamento, Carga, Descarga e Transporte de Tubulação</b>	<b>09.01.00.00</b>							
5.1.1	Assentamento, carga, descarga e transporte de tubos de PVC DN 150	09.01.05.04	m	74	4,30	318,20	24,00%	394,42	
5.1.2	Assentamento, carga, descarga e transporte de tubos de PVC DN 200	09.01.05.05	m	176	4,97	874,72	24,00%	1.084,16	
5.1.3	Assentamento, carga, descarga e transporte de tubos concreto DN 500	09.01.10.11	m	130	30,51	3.966,30	24,00%	4.917,90	
<b>6</b>	<b>REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES</b>	<b>13.00.00.00</b>							
<b>6.1</b>	<b>Impermeabilização</b>	<b>13.02.00.00</b>							
6.1.1	Impermeabilização com tinta betuminosa 3 demãos	13.02.00.42	m2	98	27,98	2.742,04	24,00%	3.400,60	
6.1.2	Impermeabilizante flexível, bi-componente, para reservatórios	13.02.00.60	m2	66	96,55	6.372,30	24,00%	7.901,52	
<b>7</b>	<b>INSTALAÇÕES DE PRODUÇÃO</b>	<b>15.00.00.00</b>							
7.1	Instalação e montagem de materiais em ferro fundido	###	und	1	801,60	801,60	24,00%	993,98	
7.3	Instalação e montagem de materiais filtrantes	###	und	1	661,20	661,20	24,00%	819,89	


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

 Data base do orçamento:  
 Julho de 2017

MUNICÍPIO: ENCRUZILHADA DO SUL				IV - LEITOS DE SECAGEM					
OBRA: EXECUÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE LODO DA ETA				CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)		
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	UNITÁRIO		TOTAL	UNITÁRIO	TOTAL
<b>8</b>	<b>FORNECIMENTO DE MATERIAIS</b>	<b>18.00.00.00</b>							
<b>8.1</b>	<b>Ferro Fundido</b>								
8.1.1	Tubo com bolsa K7 DN 150 L= 3.000 mm	***	pç	2	2.256,13	4.512,26	16,50%	5.256,78	
8.1.2	Tubo com bolsa K7 DN 150 L= 2.700 mm	***	pç	2	2.840,16	5.680,32	16,50%	6.617,58	
8.1.3	Tubo com bolsa K7 DN 150 L= 2.500 mm	***	pç	2	2.632,15	5.264,30	16,50%	6.132,90	
<b>8.2</b>	<b>Tubos e Peças Pré-moldadas de Concreto</b>	<b>18.10.00.00</b>							
8.2.1	Tubo de concreto, EA2, PB, JE, anel de borracha, DN 500	18.10.01.05	m	130	241,84	31.413,20	16,50%	36.596,30	
<b>8.3</b>	<b>PVC</b>								
8.3.1	Tubo corrugado DN 150	***	m	74	20,39	1.508,86	16,50%	1.757,50	
8.3.2	Tubo corrugado DN 200	***	m	16	160,04	2.560,64	16,50%	2.983,20	
8.3.3	Tubo de PVC coletor de esgoto, JEI/ERI, DN 200, L=6m	18.05.01.20	br	2	326,74	653,48	16,50%	761,30	
<b>8.4</b>	<b>Materiais Filtrantes</b>								
8.4.1	Manta Geotêtil 2 mm	***	m²	210	9,94	2.087,40	16,50%	2.431,80	
8.4.2	Lastro de brita nº 2	08.03.00.14	m³	105	63,59	6.676,95	24,00%	8.279,25	
8.4.3	Areia Grossa	***	m³	63	55,00	3.465,00	16,50%	4.037,04	
<b>8.5</b>	<b>Caixa em alvenaria</b>								
8.5.1	Caixa de passagem subterrânea de alvenaria p/ eletrovia, 50x50x60cm (dimensões internas)	08.10.06.05	und	10	236,45	2.364,50	24,00%	2.932,00	
<b>IV - LEITOS DE SECAGEM</b>									
<b>TOTAL SEM B.D.I.</b>						<b>R\$ 783.351,80</b>		<b>TOTAL COM B.D.I.</b>	<b>R\$ 967.391,85</b>

## ANEXO T – ORÇAMENTO LEITO COM BAGS DE GARIBALDI



## COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO

Data base do orçamento:

## DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

Junho de 2018

MUNICÍPIO: GARIBALDI				V - LEITOS PARA BAG'S						
OBRA: Execução dos sistema de tratamento de lodo										
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)		
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL	
1	SERVIÇOS TÉCNICOS	02.00.00.00								
1.1	Locação e Cadastro	02.04.00.00								
1.1.1	Locação e nivelamento de obras localizadas	02.04.01.40	m2	239	5,40	1.290,60	24,00%	6,70	1.601,30	
1.1.2	Cadastro e desenho para obras localizadas	02.04.02.40	m2	239	4,44	1.061,16	24,00%	5,51	1.316,89	
2	MOVIMENTO DE SOLO	04.00.00.00								
2.1	Escavação de Solo Localizada	04.01.00.00								
2.1.1	Escavação localizada manual, solo 0-2 m	04.01.01.42	m3	83	36,27	3.010,41	24,00%	44,97	3.732,51	
2.2	Aterro, Reaterro, Lastro, Espalhamento e Nivelamento	04.09.00.00								
2.2.1	Reenchimento mecânico e compactação mecânica, localizado em pequenas áreas, 0-2 m	04.09.02.32	m3	11	13,37	147,07	24,00%	16,58	182,38	
2.3	Carga, Transporte, Descarga	04.10.00.00								
2.3.1	Carga e descarga de solo para bota-fora	04.10.02.01	m3	72	4,40	316,80	24,00%	5,46	383,12	
2.3.2	Transporte de solos para bota-fora até 30km	04.10.02.08	h3xkr	432	1,36	587,52	24,00%	1,69	730,08	
3	ESGOTAMENTO	06.00.00.00								
3.1	Esgotamento com Bombas	06.01.00.00								
3.1.1	Esgotamento com bomba auto-escurvante 3,5 HP, a gasolina	06.01.00.10	h	21	7,83	164,43	24,00%	9,71	203,91	
4	FUNDAÇÃO E ESTRUTURA	08.00.00.00								
4.1	Fundações	08.01.00.00								
4.1.1	Estaca escavada mecanicamente, sem fluido estabilizante, com 30 cm de diâmetro, até 9 m de comprimento	###	m	528	50,63	26.732,64	24,00%	62,78	33.147,84	
4.1.2	Arrasamento mecânico de estaca de concreto armado, diâmetros de até 40 cm. AF 11/2016	###	un	66	19,37	1.278,42	24,00%	24,02	1.585,32	
4.2	Lastro	08.03.00.00								
4.2.1	Lastro de concreto consumo mínimo de cimento 250 kg/m³	08.03.00.34	m3	17	417,14	7.091,38	24,00%	517,25	8.793,25	
4.3	Fôrmas e Cimbamentos	08.04.00.00								
4.3.1	Fôrmas planas para fundações, com escoramento	08.04.00.22	m2	70	50,74	3.551,80	24,00%	62,92	4.404,40	
<b>V - LEITOS PARA BAG'S</b>					<b>TOTAL SEM B.D.I.</b>		<b>R\$ 132.153,39</b>	<b>TOTAL COM B.D.I.</b>		<b>R\$ 162.707,20</b>



## COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO

Data base do orçamento:

## DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO

Junho de 2018

MUNICÍPIO: GARIBALDI				V - LEITOS PARA BAG'S						
OBRA: Execução dos sistema de tratamento de lodo										
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)		
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL	
4.4	Armaduras	08.05.00.00								
4.4.1	Armadura CA-50, 6,30 mm - Fornecimento, corte (com perda de 7%), dobra e colocação	08.05.00.23	kg	81	8,75	708,75	24,00%	10,85	878,85	
4.4.2	Armadura CA-50, 8,00 mm - Fornecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.24	kg	35	8,39	293,65	24,00%	10,40	364,00	
4.4.3	Armadura CA-50, 10,00 mm - Fornecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.25	kg	2.497	6,80	16.979,60	24,00%	8,43	21.049,71	
4.4.4	Armadura CA-50, 12,50 mm - Fornecimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.26	kg	3.066	6,03	18.487,98	24,00%	7,48	22.933,68	
4.5	Concreto	08.06.00.00								
4.5.1	Fornecimento concreto usinado bombeado Fok = 40 Mpa, inclusive bombeamento	08.06.00.94	m3	55	395,91	21.775,05	24,00%	490,93	27.001,15	
4.5.2	Lançamento, adensamento e acabamento de concreto usinado bombeado	08.06.00.97	m3	55	26,51	1.458,05	24,00%	32,87	1.807,85	
5	REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES	13.00.00.00								
5.1	Impermeabilização	13.02.00.00								
5.1.1	Impermeabilização com tinta betuminosa 3 demãos	13.02.00.42	m2	242	29,98	7.255,16	24,00%	37,18	8.997,56	
5.2	Pinturas	13.03.00.00								
5.2.1	Pintura acrílica 2 demãos e selador	13.03.00.18	m2	242	12,83	3.104,86	24,00%	15,91	3.850,22	
6	INSTALAÇÕES DE PRODUÇÃO	15.00.00.00								
6.1	Instalação e montagem de equipamentos - V	###	eq	1	1.247,04	1.247,04	24,00%	1.546,33	1.546,33	
7	FORNECIMENTO DE MATERIAIS	18.00.00.00								
7.1	Fornecimentos de Equipamentos									
7.1.1	BAG 3,80x15,24x3,10m (LARGURAxCOMPR.xCIRCUNFERÊNCIA)-78m3	***	cj	2	7.773,01	15.546,02	16,50%	9.055,56	18.111,12	
7.1.2	TÊ 90° DE50 C/ JUNTAS DE COMPRESSÃO, RESISTENTE UV, PEAD	***	cj	1	65,00	65,00	16,50%	75,73	75,73	
<b>V - LEITOS PARA BAG'S</b>					<b>TOTAL SEM B.D.I.</b>		<b>R\$ 132.153,39</b>	<b>TOTAL COM B.D.I.</b>		<b>R\$ 162.707,20</b>


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**

Data base do orçamento:

**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

Junho de 2018

MUNICÍPIO: GARIBALDI				VI - TANQUE DE EQUALIZAÇÃO DE LODO E BARRELA					
OBRA: Execução dos sistema de tratamento de lodo									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
1	<b>SERVIÇOS TÉCNICOS</b>	<b>02.00.00.00</b>							
1.1	<b>Locação e Cadastro</b>	<b>02.04.00.00</b>							
1.1.1	Locação de obras localizadas	02.04.01.30	m2	123	4,46	548,58	24,00%	5,53	680,19
1.1.2	Cadastro e desenho para obras localizadas	02.04.02.40	m2	123	4,44	546,12	24,00%	5,51	677,73
2	<b>MOVIMENTO DE SOLO</b>	<b>04.00.00.00</b>							
2.1	<b>Escavação de Solo Localizada</b>	<b>04.01.00.00</b>							
2.1.1	Escavação localizada manual, solo 0-2 m	04.01.01.42	m3	79	36,27	2.865,33	24,00%	44,97	3.552,63
2.1.1	Escavação localizada mecânica, solo 0-2 m	04.01.02.42	m3	7	8,32	58,24	24,00%	10,32	72,24
2.1.2	Escavação localizada mecânica, solo 0-5 m	04.01.02.45	m3	930	10,55	9.811,50	24,00%	13,06	12.164,40
2.2	<b>Aterro, Reaterro, Lastro, Espalhamento e Nivelamento</b>	<b>04.09.00.00</b>							
2.2.1	Reenchimento mecânico e compactação mecânica, localizado em pequenas áreas, 0-2 m	04.09.02.32	m3	2	13,37	26,74	24,00%	16,58	33,16
2.2.2	Reenchimento mecânico e compactação mecânica, localizado em pequenas áreas, 0-5 m	04.09.02.35	m3	522	8,11	4.233,42	24,00%	10,06	5.251,32
2.3	<b>Carga, Transporte, Descarga</b>	<b>04.10.00.00</b>							
2.3.1	Carga e descarga de solo para boca-fora	04.10.02.01	m3	482	4,40	2.164,80	24,00%	5,46	2.686,32
2.3.2	Transporte de solos para boca-fora até 30km	04.10.02.08	3xkm	2.949	1,36	4.010,64	24,00%	1,69	4.983,81
3	<b>ESCORAMENTO</b>	<b>05.00.00.00</b>							
3.1	<b>Escoramento Metálico</b>	<b>05.02.00.00</b>							
3.1.1	Escoramento de valas com pranchões metálicos - área cravada	05.02.00.30	m2	274	54,20	14.850,80	24,00%	67,21	18.415,54
4	<b>ESGOTAMENTO</b>	<b>06.00.00.00</b>							
4.1	<b>Esgotamento com Bombas</b>	<b>06.01.00.00</b>							
4.1.1	Esgotamento com bomba auto-escorvante 3,5 HP, a gasolina	06.01.00.10	h	254	7,83	1.988,82	24,00%	9,71	2.466,34


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**

Data base do orçamento:

**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

Junho de 2018

MUNICÍPIO: GARIBALDI				VI - TANQUE DE EQUALIZAÇÃO DE LODO E BARRELA					
OBRA: Execução dos sistema de tratamento de lodo									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
5	<b>FUNDAÇÃO E ESTRUTURA</b>	<b>08.00.00.00</b>							
5.1	<b>Lastro</b>	<b>08.03.00.00</b>							
5.1.1	Lastro de concreto consumo mínimo de cimento 250 kg/m³	08.03.00.34	m3	14	417,14	5.839,96	24,00%	517,25	7.241,50
5.2	<b>Fôrmas e Cimbramentos</b>	<b>08.04.00.00</b>							
5.2.1	Fôrmas planas para lajes e paredes, com escoramento	08.04.00.24	m2	680	77,23	52.516,40	24,00%	95,77	65.123,60
5.3	<b>Armaduras</b>	<b>08.05.00.00</b>							
5.3.1	Armadura CA-50, 6,30 mm - Forneimento, corte (com perda de 7%), dobra e colocação	08.05.00.23	kg	29	8,75	253,75	24,00%	10,85	314,65
5.3.2	Armadura CA-50, 8,00 mm - Forneimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.24	kg	1.027	8,39	8.616,53	24,00%	10,40	10.680,80
5.3.3	Armadura CA-50, 10,00 mm - Forneimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.25	kg	9.037	6,80	61.451,60	24,00%	8,43	76.181,91
5.3.4	Armadura CA-50, 12,50 mm - Forneimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.26	kg	622	6,03	3.750,66	24,00%	7,48	4.652,56
5.3.5	Armadura CA-50, 16,00 mm - Forneimento, corte (com perda de 11%), dobra e colocação	08.05.00.27	kg	284	5,56	1.579,04	24,00%	6,89	1.956,76
5.3.6	Armadura CA-50, 20,00 mm - Forneimento, corte (com perda de 14%), dobra e colocação	08.05.00.28	kg	823	5,07	4.172,61	24,00%	6,29	5.176,67
5.3.7	Armadura CA-60, 5,00 mm - Forneimento, corte (com perda de 7%), dobra e colocação	08.05.00.33	kg	12	10,15	121,80	24,00%	12,59	151,08
5.4	<b>Concreto</b>	<b>08.06.00.00</b>							
5.4.1	Forneimento concreto usinado bombeado Fck = 15 Mpa, inclusive bombeamento	08.06.00.80	m3	21	296,09	6.217,89	24,00%	367,15	7.710,15
5.4.2	Forneimento concreto usinado bombeado Fck = 40 Mpa, inclusive bombeamento	08.06.00.94	m3	128	395,91	50.676,48	24,00%	490,93	62.839,04
5.4.3	Lançamento, adensamento e acabamento de concreto usinado bombeado	08.06.00.97	m3	149	26,51	3.949,99	24,00%	32,87	4.887,63
5.5	<b>Caixas e Poços</b>	<b>08.10.00.00</b>							
5.5.1	Montagem, carga, descarga e transporte de tampão de ferro para PV	08.10.04.10	un	1	86,05	86,05	24,00%	106,70	106,70
6	<b>FECHAMENTO</b>	<b>12.00.00.00</b>							
6.1	<b>Avenarias</b>	<b>12.01.00.00</b>							
6.1.1	Avenaria de tijolos 6 furos sem revestimento, e=14cm	12.01.02.02	m2	65	82,99	5.394,35	24,00%	102,91	6.689,15
6.2	<b>Esquadrias e Ferragens</b>	<b>12.03.00.00</b>							
6.2.1	Porta em alumínio anodizado, 2 folhas, cada folha medindo 0,9x2,5	###	cj	1	3.002,11	3.002,11	24,00%	3.722,62	3.722,62
6.2.2	Veneziana fixa em alumínio anodizado, medindo 1,00x0,66 m	###	cj	2	607,28	1.214,56	24,00%	753,03	1.506,06
6.2.3	Janela fixa em alumínio anodizado, medindo 1,00x0,66 m	###	cj	2	649,78	1.299,56	24,00%	805,73	1.611,46


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**

Data base do orçamento:

**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

Junho de 2018

MUNICÍPIO: GARIBALDI				VI - TANQUE DE EQUALIZAÇÃO DE LODO E BARRELA					
OBRA: Execução dos sistema de tratamento de lodo									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
<b>6.3</b>	<b>Dispositivos de Proteção e Acesso</b>	<b>12.06.00.00</b>							
6.3.1	Guarda-corpo de PRFV (Plástico Reforçado em Fibra de Vidro)	12.06.03.30	m	47	638,39	30.004,33	24,00%	791,60	37.205,20
6.3.2	Escada de PRFV (Plástico Reforçado em Fibra de Vidro) com proteção	12.06.11.10	m	3	1.469,64	4.408,92	24,00%	1.822,35	5.467,05
6.3.3	Escada de PRFV (Plástico Reforçado em Fibra de Vidro) sem proteção	12.06.11.20	m	2	1.034,13	2.068,26	24,00%	1.282,32	2.564,64
<b>7</b>	<b>REVESTIMENTO E TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES</b>	<b>13.00.00.00</b>							
<b>7.1</b>	<b>Pisos, Forros e Paredes</b>	<b>13.01.00.00</b>							
7.1.1	Regularização com argam de cimento e areia 1:4 espessura 2 cm	13.01.01.16	m2	29	18,47	535,63	24,00%	22,90	664,10
7.1.2	Piso interno de cimento alisado espessura 2 cm	13.01.01.20	m2	29	26,49	768,21	24,00%	32,85	952,65
7.1.3	Chapisco com argamassa de cimento e areia 1:4, espessura média 5 mm	13.01.03.10	m2	130	7,64	993,20	24,00%	9,47	1.231,10
7.1.4	Emboço sem aditivo, espessura 15 mm	13.01.03.20	m2	63	28,62	1.803,06	24,00%	35,49	2.235,87
7.1.5	Emboço com aditivo impermeabilizante, espessura 15 mm	13.01.03.22	m2	67	29,81	1.993,87	24,00%	36,72	2.480,24
7.1.6	Reboco com argamassa fina	13.01.03.30	m2	130	23,40	3.042,00	24,00%	29,02	3.772,60
<b>7.2</b>	<b>Impermeabilização</b>	<b>13.02.00.00</b>							
7.2.1	Impermeabilização com tinta betuminosa 2 demãos	13.02.00.40	m2	248	19,98	4.955,04	24,00%	24,78	6.145,44
7.2.2	Impermeabilização com manta asfáltica com filme de alumínio	13.02.00.80	m2	56	72,82	4.077,92	24,00%	90,30	5.056,80
7.2.3	Impermeabilizante flexível, bi-componente, para reservatórios	13.02.00.60	m2	329	92,69	30.495,01	24,00%	114,94	37.815,26
<b>7.3</b>	<b>Pinturas</b>	<b>13.03.00.00</b>							
7.3.1	Pintura acrílica 2 demãos e selador	13.03.00.18	m2	163	12,83	2.091,29	24,00%	15,91	2.593,33
<b>8</b>	<b>INSTALAÇÕES DE PRODUÇÃO</b>	<b>15.00.00.00</b>							
8.1	Instalação e montagem de materiais em ferro fundido - VI	###	eq	1	1.886,08	1.886,08	24,00%	2.338,74	2.338,74
8.2	Instalação e montagem de materiais em PVC - VI	###	eq	1	134,72	134,72	24,00%	167,05	167,05
8.3	Instalação e montagem de equipamentos - VI	###	eq	1	3.897,00	3.897,00	24,00%	4.832,28	4.832,28
8.4	Instalação e montagem de grupo motor bomba - VI	###	eq	1	2.338,20	2.338,20	24,00%	2.899,37	2.899,37
8.5	Instalação e montagem de válvulas - VI	###	eq	1	404,16	404,16	24,00%	501,16	501,16
8.6	Instalação e montagem de materiais em aço carbono - VI	###	eq	1	134,72	134,72	24,00%	167,05	167,05


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**

Data base do orçamento:

**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

Junho de 2018

MUNICÍPIO: GARIBALDI				VI - TANQUE DE EQUALIZAÇÃO DE LODO E BARRELA					
OBRA: Execução dos sistema de tratamento de lodo									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
<b>9</b>	<b>FORNECIMENTO DE MATERIAIS</b>	<b>18.00.00.00</b>							
<b>9.1</b>	<b>Materiais em ferro fundido</b>								
9.1.1	TUBO COM PONTA E FLANGE COM PINTURA ANTI-CORROSIVA, PN 10, DN 80, L= 3.410 MM	***	pg	2	1.262,44	2.524,88	16,50%	1.470,74	2.941,48
9.1.2	CURVA 90° COM FLANGES, PN 10, DN 80	***	pg	9	152,45	1.372,05	16,50%	177,60	1.598,40
9.1.3	TUBO COM FLANGES, PN 10, DN 80, L= 700 MM	***	pg	2	948,29	1.896,58	16,50%	1.104,76	2.209,52
9.1.4	TUBO COM FLANGES, PN 10, DN 80, L= 372 MM	***	pg	2	948,29	1.896,58	16,50%	1.104,76	2.209,52
9.1.5	REDUÇÃO CONCÊNTRICA, PN 10, DN 80X50	***	pg	3	150,18	450,54	16,50%	174,96	524,88
9.1.6	TUBO COM FLANGES, PN 10, DN 80, L= 200 MM	***	pg	2	948,29	1.896,58	16,50%	1.104,76	2.209,52
9.1.7	TUBO COM FLANGE E PONTA, PN 10, DN 80, L=180 MM	***	pg	4	683,88	2.735,52	16,50%	796,72	3.186,88
9.1.8	JUNTA GIBAULT, PN 10, DN 80	***	pg	4	171,05	684,20	16,50%	199,27	797,08
9.1.9	TÊ COM FLANGES, PN 10, DN 80X80	***	pg	1	239,58	239,58	16,50%	279,11	279,11
9.1.10	CURVA 90° COM FLANGES, PN 10, DN 50	***	pg	1	104,92	104,92	16,50%	122,23	122,23
9.1.11	TUBO COM FLANGES, PN 10, DN 80, L=320 MM	***	pg	1	948,29	948,29	16,50%	1.104,76	1.104,76
9.1.12	REDUÇÃO CONCÊNTRICA COM PINTURA ANTI-CORROSIVA, PN 10, DN 80X50	***	pg	2	150,18	300,36	16,50%	174,96	349,92
9.1.13	TUBO COM FLANGES COM PINTURA ANTI-CORROSIVA, PN 10, DN 80, L= 2.480 MM	***	pg	2	1.297,00	2.594,00	16,50%	1.511,01	3.022,02
9.1.14	TUBO COM FLANGES, PN 10, DN 80, L= 754 MM	***	pg	2	948,29	1.896,58	16,50%	1.104,76	2.209,52
9.1.15	TUBO COM FLANGE E PONTA, PN 10 DN 80, L= 200 MM	***	pg	4	128,00	512,00	16,50%	149,12	596,48
9.1.16	TUBO COM FLANGES, PN 10, DN 80, L= 467 MM	***	pg	2	948,29	1.896,58	16,50%	1.104,76	2.209,52
9.1.17	JUNÇÃO COM FLANGES, PN 10, DN 80X80	***	pg	1	264,67	264,67	16,50%	308,34	308,34
9.1.18	TÊ COM FLANGES, PN 10, DN 80X50	***	pg	1	226,24	226,24	16,50%	263,57	263,57
9.1.19	CURVA 90° COM BOLSAS, PN 10, DN 80	***	pg	1	118,29	118,29	16,50%	137,81	137,81
9.1.20	TUBO COM PONTAS, PN 10, DN 150, L= 430 MM	***	pg	2	654,61	1.309,22	16,50%	762,62	1.525,24
9.1.21	HASTE DE PROLONGAMENTO, Ø L= 3.500 MM COM LUVA	***	pg	1	650,00	650,00	16,50%	757,25	757,25
9.1.22	HASTE DE PROLONGAMENTO, Ø L= 2.500 MM COM LUVA	***	pg	1	920,00	920,00	16,50%	1.071,80	1.071,80
9.1.23	PEDESTAL DE MANOBRA SIMPLES	***	pg	2	1.653,17	3.306,34	16,50%	1.925,94	3.851,88
9.1.24	CURVA 45° COM FLANGES, PN 10, DN 50	***	pg	1	126,00	126,00	16,50%	146,79	146,79
9.1.25	Tampão retangular estanque em duas folhas 148x106 cm	***	pg	2	4.079,70	8.159,40	16,50%	4.752,85	9.505,70


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

 Data base do orçamento:  
 Junho de 2018

MUNICÍPIO: GARIBALDI					VI - TANQUE DE EQUALIZAÇÃO DE LODO E BARRELA				
OBRA: Execução dos sistema de tratamento de lodo									
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)	
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL
9.2	<b>Materiais em PVC</b>								
9.2.1	TÊ COM UNIÃO DE COMPRESSÃO DN 50	***	pg	1	5,94	5,94	16,50%	6,92	6,92
9.2.2	JOELHO 90° SOLDÁVEL DN 40	***	pg	11	3,09	33,99	16,50%	3,60	39,60
9.2.3	TÊ SOLDÁVEL DN 40	***	pg	3	5,25	15,75	16,50%	6,12	18,36
9.2.4	TUBO SOLDÁVEL DN 40 L= 100 MM	***	pg	5	0,86	4,30	16,50%	1,00	5,00
9.2.5	TUBO SOLDÁVEL DN 40 L= 150 MM	***	pg	2	1,30	2,60	16,50%	1,51	3,02
9.2.6	TUBO SOLDÁVEL DN 40 L= 820 MM	***	pg	2	7,08	14,16	16,50%	8,25	16,50
9.2.7	TUBO SOLDÁVEL DN 40 L=880 MM	***	pg	1	8,47	8,47	16,50%	9,87	9,87
9.2.8	TUBO SOLDÁVEL DN 40 L= 3.600 MM	***	pg	1	31,10	31,10	16,50%	36,23	36,23
9.2.9	TUBO SOLDÁVEL DN 40 L= 2.000 MM	***	pg	1	17,28	17,28	16,50%	20,13	20,13
9.2.10	TUBO SOLDÁVEL DN 40 L= 250 MM	***	pg	1	2,16	2,16	16,50%	2,52	2,52
9.2.11	JOELHO 45° SOLDÁVEL DN 40	***	pg	2	1,36	2,72	16,50%	1,58	3,16
9.3	<b>Equipamentos</b>								
9.3.1	TANQUE DE MISTURA EM POLIPROPILENO OU SIMILAR, 2,5 M³	***	CJ	2	7.600,00	15.200,00	16,50%	8.854,00	17.708,00
9.3.2	AGITADOR PARA MISTURA DE POLÍMERO	***	CJ	2	4.030,00	8.060,00	16,50%	4.694,95	9.389,90
9.3.3	MISTURADOR SUBMERSÍVEL C/ ANTI-VÓRTICE, 2,3 HP, Ø210mm, C/ GUINDASTE	***	CJ	2	11.000,00	22.000,00	16,50%	12.815,00	25.630,00
9.3.4	MISTURADOR ESTÁTICO PARA 4,5 M³/H COM PONTO DE INJEÇÃO 1,5 PSI DN 25	***	cj	1	1.870,00	1.870,00	16,50%	2.178,55	2.178,55
9.3.5	GUINDASTE GIRATÓRIO COM TALHA MANUAL PARA 150 KG	***	cj	2	3.354,53	6.709,06	16,50%	3.908,03	7.816,06
9.4	<b>Grupo Motor Bomba</b>								
9.4.1	BOMBA HELICOIDAL, 4,5 m³/h, 4,0 BAR, 2,1 HP, 325 RPM	***	CJ	2	6.399,00	12.798,00	16,50%	7.454,84	14.909,68
9.4.2	BOMBA HELICOIDAL DOSADORA POLIELETROLITO, 100 L/H, 0,35 HP	***	CJ	2	4.027,00	8.054,00	16,50%	4.691,46	9.382,92
9.4.3	BOMBA SUBMERSÍVEL 2,2 HP, 1700 rpm, Q=4,1 L/s, AMT=13,18m	***	CJ	2	11.987,00	23.974,00	16,50%	13.964,86	27.929,72
9.5	<b>Válvulas</b>								
9.5.1	REGISTRO DE ESFERA VS COMPACTO ROSQUEÁVEL DN 40 - PVC	***	PÇ	6	45,06	270,36	16,50%	52,49	314,94
9.5.2	VÁLVULA DE RETENÇÃO DN 40 - PVC	***	PÇ	1	37,68	37,68	16,50%	43,90	43,90
9.5.3	VÁLVULA DE GAVETA C/ FLANGES, CUNHA DE BORRACHA C. CURTO, PN 10, DN 80	***	pg	6	397,48	2.384,88	16,50%	463,06	2.778,36
9.5.4	VÁLVULA DE RETENÇÃO, PN 10, DN 80	***	pg	4	807,40	3.229,60	16,50%	940,62	3.762,48


**COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO**
**DEMONSTRATIVO DA COMPOSIÇÃO DO CUSTO UNITÁRIO**

 Data base do orçamento:  
 Junho de 2018

MUNICÍPIO: GARIBALDI					VI - TANQUE DE EQUALIZAÇÃO DE LODO E BARRELA					
OBRA: Execução dos sistema de tratamento de lodo										
ITEM	DISCRIMINAÇÃO	CÓDIGO	UN	QTDE	CUSTO (SEM B.D.I.)		B.D.I. APLICADO	PREÇO MÁXIMO ADMISSÍVEL (COM B.D.I.)		
					UNITÁRIO	TOTAL		UNITÁRIO	TOTAL	
9.5.5	VÁLVULA DE GAVETA C/ FLANGES, CUNHA DE BORRACHA C. CURTO, PN 10, DN 50	***	pg	2	313,85	627,70	16,50%	365,64	731,28	
9.5.6	VÁLVULA DE GAVETA C/ BOLSAS, PN 10, DN 150	***	pg	2	750,00	1.500,00	16,50%	873,75	1.747,50	
9.6	<b>Aço Carbono</b>									
9.6.1	SINO DE SUÇÃO COM PINTURA ANTI-CORROSIVA 135,5X80 PN 10	***	pg	2	685,00	1.370,00	16,50%	798,03	1.596,06	
9.6.2	TUBO COM FLANGES, PN 10, DN 50, L= 637 MM	***	pg	1	119,30	119,30	16,50%	138,98	138,98	
9.8	<b>Tampões de Ferro Fundido</b>	18.15.00.00								
9.8.1	Tampão de ferro fundido dúctil, articulado, com travamento automático, DN 600	18.15.01.01	pg	1	487,51	487,51	16,50%	567,95	567,95	
<b>VI - TANQUE DE EQUALIZAÇÃO DE LODO E BARRELA</b>					<b>TOTAL SEM B.D.I.</b>	<b>R\$ 493.129,91</b>	<b>TOTAL COM B.D.I.</b>	<b>R\$ 600.542,76</b>		