

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Bruna Franciele Neumann

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ALTERNATIVAS DE  
IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA  
NO MUNICÍPIO DE CRUZEIRO DO SUL**

Santa Cruz do Sul

2015

Bruna Franciele Neumann

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ALTERNATIVAS DE  
IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA  
NO MUNICÍPIO DE CRUZEIRO DO SUL**

Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade de Santa Cruz do Sul para obtenção de título em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. M.sc Felipe Kruger Leal

Santa Cruz do Sul

2015

Bruna Franciele Neumann

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE ALTERNATIVAS DE  
IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA  
NO MUNICÍPIO DE CRUZEIRO DO SUL**

Este trabalho de conclusão foi apresentado ao Curso de Engenharia Civil, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

*Prof.M. Sc. Felipe Kruger Leal*  
Professor Orientador – UNISC

*Prof. Dr. Dionei Minuzzi Delevati*  
Professor Examinador - UNISC

*Prof. Dr<sup>a</sup> Rosi Cristina Espindola da Silveira*  
Professora Examinadora

Santa Cruz do Sul

2015

*Dedico este trabalho a minha família pelo apoio incondicional em todos os momentos.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para seguir sempre em frente e nunca desistir.

A esta universidade e a coordenação do curso de Engenharia Civil, que oportunizaram o desenvolvimento do meu conhecimento.

Ao meu orientador Felipe Kruger Leal, pela disponibilidade, paciência e atenção.

Agradeço aos meus pais, Gildo e Neusa pelo apoio e incentivo em todas as horas. A minha irmã Vitória por todo conforto e companheirismo.

Aos professores, amigos e colegas do Curso de Engenharia Civil, pelos ensinamentos e pela amizade.

E todos que de alguma forma participaram e incentivaram a conclusão de mais esta etapa.

## RESUMO

A água é um recurso natural que interferiu diretamente na trajetória da formação das populações, desde o início da existência do ser humano até a atualidade. Este bem precioso que é fundamental para a sobrevivência dos seres vivos, auxilia também na realização das tarefas do cotidiano, bem como no desenvolvimento das atividades comerciais, industriais, dentre outras. Desta forma o abastecimento de água deve garantir os aspectos quantitativos e qualitativos relativos à demanda da comunidade que abastece. Com base nisso, o projeto um sistema de abastecimento de água deve considerar também a verificação dos custos relacionados a essa implantação para que se avaliem a viabilidade econômica deste tipo de obra. Neste contexto com o presente trabalho foi possível aprimorar os conhecimentos sobre área de saneamento, mais precisamente quanto ao abastecimento de água. Este estudo tem por finalidade analisar a viabilidade de implantação de um sistema de abastecimento de água no município de Cruzeiro do Sul/RS. Utilizando o Rio Taquari como fonte de captação e através de três alternativas, sendo que a alternativa 01 é localizada a montante e nas proximidades da população abastecida, a alternativa 02 esta situada mais afastada da população e mais acima do rio e a alternativa 03 fica a jusante da população atendida. A metodologia utilizada teve por finalidade a apresentação dos métodos para os cálculos dos fatores técnicos e econômicos para cada alternativa. Na análise das alternativas, foi primeiramente estimada a população para o horizonte de projeto, as vazões e as áreas necessárias para as unidades. A partir disso, foram averiguadas as áreas disponíveis no município, os diâmetros a serem analisados e definidas as configurações dos sistemas, bem como foram realizados os cálculos para a definição da potência requerida pelas estações de bombeamento. Foram apurados os custos variáveis que são inerentes ao custo de energia, ao custo de operação e manutenção das unidades e também os custos fixos relativos ao custo de implantação da tubulação, custo do conjunto motor-bomba, custo de aquisição de terrenos e de construção das unidades, tudo isso com o objetivo de definição do custo total de implantação para cada alternativa. Realizado as verificações, conclui-se que a alternativa mais econômica é a 01 com a tubulação de diâmetro de 250 mm, seguido da alternativa 02 com a tubulação de 250mm e por fim a alternativa 03 também com a tubulação de 250mm.

**Palavras- chave:** Abastecimento de água; alternativas; custos.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Exemplo de sistema de abastecimento de água.	23
Figura 2 – Localização de estações elevatórias no sistema de abastecimento.	28
Figura 3- Técnicas de tratamento de água.	29
Figura 4- Exemplos de floculadores.	32
Figura 5 - Custos relacionados ao porte das bombas	40
Figura 6 - Mapa dos bairros de Cruzeiro do Sul	54
Figura 7- Mapa do município de Cruzeiro Sul.	55
Figura 8- Mapa do município de Lajeado	57
Figura 9 - Vista geral do relevo da área urbana de Cruzeiro do Sul	62
Figura 10 - Estrutura existente da CORSAN	63
Figura 11 - Cota da EBAT e Res. 01 e Res.02	64
Figura 12 - Conjunto de alternativas para implantação do sistema	65
Figura 13 - Alternativa 01.	66
Figura 14 - Alternativa 02	67
Figura 15 - Alternativa 03	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Indicadores de custo um sistema convencional.....	39
Tabela 2 - Coeficiente de segurança da bomba .....	50
Tabela 3 - População Cruzeiro do Sul .....	58
Tabela 4 - População Lajeado .....	58
Tabela 5 - Consumo per capita Lajeado / Cruzeiro do Sul.....	59
Tabela 6 - Vazões por etapas Cruzeiro do Sul / Lajeado.....	60
Tabela 7 - Vazão máxima e média para Cruzeiro do Sul .....	60
Tabela 8 - Diâmetro calculado para vazão Q1 .....	69
Tabela 9 - Diâmetro calculado para vazão Q2 .....	69
Tabela 10 - Preços de custo da tubulação e assentamento .....	70
Tabela 11 - Resumo de dados: Alternativa 01 .....	71
Tabela 12 - Cálculo de Potência para EBAT: Alternativa 01.....	72
Tabela 13 - Cálculo de Potência para EBAB: Alternativa 01 .....	72
Tabela 14 - Custo anual com energia para EBAT: Alternativa 01 .....	73
Tabela 15 - Custo anual com energia para EBAB: Alternativa 01.....	73
Tabela 16 – Cálculo do fator de atualização.....	73
Tabela 17 - Custo de energia atualizado EBAT: Alternativa 01 .....	73
Tabela 18 - Custo de energia atualizado EBAB: Alternativa 01 .....	74
Tabela 19 - Custo de operação e manutenção para EBAB: Alternativa 01.....	74
Tabela 20 - Custo de operação e manutenção por diâmetro - EBAB: Alternativa 01.....	75
Tabela 21 - Custo de operação e manutenção para EBAT: Alternativa 01 .....	75
Tabela 22 - Custo de operação e manutenção por diâmetro - EBAT: Alternativa 01 .....	76
Tabela 23 - Custos variáveis: Alternativa 01 .....	77
Tabela 24 - Custo da tubulação para EBAB: Alternativa 01.....	77
Tabela 25 - Custo da tubulação para EBAT: Alternativa 01 .....	78
Tabela 26 - Custo conjunto motor-bomba para EBAB: Alternativa 01 .....	78
Tabela 27 - Custo conjunto motor-bomba para EBAT: Alternativa 01 .....	78
Tabela 28 - Custo do terreno para ETA: alternativa 01.....	79
Tabela 29 - Custo do terreno para EBAB: Alternativa 01.....	79
Tabela 30 - Custo de construção da ETA .....	79



Tabela 31 - Custo de construção da EBAB .....	80
Tabela 32 - Custos Fixos: Alternativa 01 .....	80
Tabela 33 - Custo total para cada diâmetro: Alternativa 01 .....	81
Tabela 34 - Resumo de dados: Alternativa 02.....	81
Tabela 35 - Cálculo de Potência para EBAT: Alternativa 02.....	82
Tabela 36 - Cálculo de Potência para EBAB: Alternativa 02 .....	83
Tabela 37 - Custo anual com energia para EBAT: Alternativa 02.....	83
Tabela 38 - Custo anual com energia para EBAB: Alternativa 02.....	83
Tabela 39 - Custo de energia atualizado EBAT: Alternativa 02 .....	84
Tabela 40 - Custo de energia atualizado EBAB: Alternativa 02.....	84
Tabela 41 - Custo de operação e manutenção para EBAB: Alternativa 02.....	85
Tabela 42 - Custo de operação e manutenção por diâmetro - EBAB: Alternativa 02.....	85
Tabela 43 - Custo de operação e manutenção para EBAT: Alternativa 02.....	86
Tabela 44 - Custo de operação e manutenção por diâmetro - EBAT: Alternativa 02.....	86
Tabela 45 - Custos variáveis: Alternativa 02 .....	87
Tabela 46 - Custo da tubulação para EBAB: Alternativa de 02.....	87
Tabela 47 - Custo da tubulação para EBAT: Alternativa de 02 .....	88
Tabela 48 - Custo conjunto motor-bomba para EBAB: Alternativa 02 .....	88
Tabela 49 - Custo conjunto motor-bomba para EBAT: Alternativa 02 .....	88
Tabela 50 - Custo do terreno para ETA: alternativa 02.....	89
Tabela 51 - Custo do terreno para EBAB: Alternativa 02.....	89
Tabela 52 - Custos Fixos: Alternativa 02 .....	90
Tabela 53 - Custo total para cada diâmetro: Alternativa 02.....	91
Tabela 54 - Resumo de dados: Alternativa 03.....	91
Tabela 55 - Cálculo de Potência para EBAT: Alternativa 03.....	92
Tabela 56 - Cálculo de Potência para EBAB: Alternativa 03 .....	93
Tabela 57 - Custo anual com energia para EBAT: Alternativa 03 .....	93
Tabela 58 - Custo anual com energia para EBAB: Alternativa 03.....	93
Tabela 59 - Custo anual com energia para EBAT: Alternativa 03 .....	94
Tabela 60 - Custo anual com energia para EBAB: Alternativa 03.....	94
Tabela 61 - Custo de operação e manutenção para EBAB: Alternativa 03.....	95
Tabela 62 - Custo de operação e manutenção por diâmetro - EBAB: Alternativa 03.....	95

Tabela 63 - Custo de operação e manutenção para EBAT: Alternativa 03.....	96
Tabela 64 - Custo de operação e manutenção por diâmetro - EBAT: Alternativa 03.....	96
Tabela 65 - Custos variáveis: Alternativa 03 .....	97
Tabela 66 - Custo da tubulação para EBAB: Alternativa de 03.....	97
Tabela 67 - Custo da tubulação para EBAT: Alternativa de 03 .....	98
Tabela 68 - Custo conjunto motor-bomba para EBAB: Alternativa 03 .....	98
Tabela 69 - Custo conjunto motor-bomba para EBAT: Alternativa 03 .....	98
Tabela 70 - Custo do terreno para ETA: alternativa 03.....	99
Tabela 71 - Custo do terreno para EBAB: Alternativa 03.....	99
Tabela 72 - Custo do terreno para EBAT: Alternativa 03.....	99
Tabela 73 - Custos Fixos: Alternativa 03 .....	100
Tabela 74 - Custo total para cada diâmetro: Alternativa 03.....	101
Tabela 75 –Total custos fixos por diâmetro para cada alternativa .....	101
Tabela 76 - Total custos variáveis por diâmetro pra cada alternativa .....	101
Tabela 77 - Valor final por diâmetro para cada alternativa.....	102

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A	Área
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
$C_{anual}$	Custo de energia anual
$C_{energia}$	Custo de energia
$C_{energia\ atualizado}$	Custo de energia atualizado
$C_{ETA}$	Consumo de água da ETA
CORSAN	Companhia Rio-Grandense de Saneamento
CUB	Custo Unitário Básico
CV	Cavalo-vapor
D	Diâmetro
DN	Desnível geométrico
EBAB	Estação de Bombeamento de Água Bruta
EBAT	Estação de Bombeamento de Água Tratada
ETA	Estação de Tratamento de Água
e	Taxa de aumento de energia
$\epsilon$	Rugosidade do tubo
$f$	Coefficiente de atrito
$F_a$	Fator de atualização
g	Aceleração da gravidade
GTI	Guia de Transmissão de Imóveis
H	Altura manométrica
$h_f$	Perda de carga ao longo do conduto
i	Taxa de crescimento geométrico
i	Taxa de juros anual
K	Coefficiente de Bresse
km <sup>2</sup>	Quilômetros quadrados
KW	Quilowatt
K1	Coefficiente do dia de maior consumo
KPa	Kilopascals

Kg	Coeficiente para taxa do crescimento geométrico
L	Comprimento da tubulação
ln	Logaritmo neperiano
l/s	Litros por segundo
l/ hab. x dia	Litros por habitante por dia
m	Metros
m.c.a	Metros de coluna de água
mm	Milímetros
m/s	Metros por segundo
m <sup>3</sup> /s	Metro cúbico por segundo
m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> x dia	Metro cúbico por segundo por metro quadrado
η	Rendimento do conjunto elevatório
$N_b$	Número de horas de bombeamento
P	População em habitantes
$P_{ot}$	Potência
$P_{max}$	Potência máxima
$P_{méd}$	Potência média
$P_{inst}$	Potência Instalada
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
$P_0, P_1$ e $P_2$	Populações nos anos $t_0, t_1$ e $t_2$
$P_t$	População estimada para o ano (t)
ρ	Custo unitário de energia
Q	Vazão
Q1	Vazão da captação até a ETA
Q2	Vazão da ETA até o reservatório
$Q_{esp}$	Vazão específica
$Q_m$	Vazão média
qpc	Consumo <i>per capita</i>
$R_e$	Número de Reynolds
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TAS	Taxa de aplicação superficial

V	Velocidade
$V_{cs}$	Velocidade de sedimentação
$\nu$	Viscosidade cinemática

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 Área e limitação do tema .....</b>	<b>17</b>
<b>1.2 Justificativa.....</b>	<b>17</b>
<b>1.3 Objetivos .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3.1 Objetivos Gerais .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>18</b>
<b>1.4 Estrutura do trabalho .....</b>	<b>18</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1 Consumo de água .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2 Estudo da População.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3 Sistema de abastecimento de água.....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.1 Manancial .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.2 Captação .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.3 Adução.....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.4 Estações Elevatórias.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.5 Estação de Tratamento de Água.....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.6 Reservatório de Distribuição.....</b>	<b>37</b>
<b>2.3.7 Rede de Distribuição .....</b>	<b>38</b>
<b>2.4 Custos do sistema de abastecimento de água.....</b>	<b>38</b>
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>42</b>
<b>3.1 Considerações Iniciais.....</b>	<b>42</b>
<b>3.2 Considerações sobre o sistema de abastecimento de água .....</b>	<b>42</b>
<b>3.2.1 Projeção Populacional .....</b>	<b>42</b>
<b>3.2.2 Consumo <i>per capita</i> (qpc) .....</b>	<b>43</b>
<b>3.2.3 Vazão .....</b>	<b>44</b>

3.2.4	Determinação da área da ETA.....	45
3.3	Avaliações do sistema de abastecimento .....	46
3.3.1	Áreas disponíveis.....	46
3.3.2	Análise técnica - econômica das alternativas.....	46
4.	ANÁLISES DAS ALTERNATIVAS.....	53
4.1	Características Geopolíticas.....	53
4.1.1	Cruzeiro do Sul.....	53
4.1.2	Lajeado.....	56
4.2	Aplicação dos estudos .....	58
4.2.1	Projeções populacionais.....	58
4.2.2	Consumo <i>per capita</i> .....	58
4.2.3	Vazão .....	60
4.2.4	Determinação da área da ETA.....	61
4.3	Aplicação das análises.....	61
4.3.1	Estrutura da CORSAN existente.....	61
4.3.2	Análise das áreas disponíveis .....	65
4.3.3	Análise técnica - econômica.....	69
4.3.4	Comparativo das alternativas .....	101
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	103
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	105
	ANEXO 1 – Padrão de turbidez da água .....	108
	ANEXO 2 – Padrão de microbiológico da água .....	108
	ANEXO 3 – Padrão de cianotoxinas da água .....	108
	ANEXO 4 – Padrão de radioatividade da água.....	109
	ANEXO 5 – Padrão de organolético da água.....	109
	ANEXO 6 – Custo de operação de adutora de água tratada.....	110

<b>ANEXO 7 – Custo de manutenção de adutora de água tratada .....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXO 8 – Custo de operação adutora de água bruta.....</b>	<b>112</b>
<b>ANEXO 9 – Custo de manutenção adutora de água bruta .....</b>	<b>113</b>
<b>ANEXO 10 – Custo de operação para ETA .....</b>	<b>114</b>
<b>ANEXO 11 – Custo de manutenção para ETA.....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXO 12 – Alternativa 01: custo de operação da EBAT .....</b>	<b>116</b>
<b>ANEXO 13 – Alternativa 01: custo de manutenção da EBAT.....</b>	<b>117</b>
<b>ANEXO 14 – Alternativa 01: custo de operação da EBAB. ....</b>	<b>118</b>
<b>ANEXO 15 – Alternativa 01: custo de manutenção de EBAB.....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO 16 – Alternativa 02: custo de operação da EBAT. ....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXO 17 – Alternativa 02: custo de manutenção da EBAT .....</b>	<b>121</b>
<b>ANEXO 18 – Alternativa 02: custo de operação da EBAB. ....</b>	<b>122</b>
<b>ANEXO 19 – Alternativa 02: custo de manutenção da EBAB.....</b>	<b>123</b>
<b>ANEXO 20 – Alternativa 03: custo de operação da EBAT. ....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXO 21 – Alternativa 03: custo de manutenção da EBAT.....</b>	<b>125</b>
<b>ANEXO 22 – Alternativa 03: custo de operação de EBAB.....</b>	<b>126</b>
<b>ANEXO 23 – Alternativa 03: custo de manutenção da EBAB.....</b>	<b>127</b>



## 1. INTRODUÇÃO

As fontes de água foram fundamentais para a formação das sociedades antigas assim como as atuais. Deste modo as primeiras sociedades organizadas se desenvolveram junto a corpos de água. O que contribuiu também para o desenvolvimento das atividades agrícolas, pecuárias e posteriormente comerciais, indústrias e demais serviços.

Dessa maneira o uso da água é um fator preponderante para qualquer comunidade. Além de suprir as necessidades relativas à saúde e bem estar e para desenvolvimento das cidades é indispensável que o abastecimento de água seja proporcionado em quantidade e qualidade adequadas.

Também é preciso aprimorar as atividades relativas ao manejo das águas utilizadas para o abastecimento, todavia considerando a disponibilidade em volume deste recurso natural. Para tanto os sistemas abastecimento de água são encontrados com configurações diferentes como, por exemplo, quanto aos tipos e localização das partes do sistema, ao tipo manancial empregado, ao tipo de tratamento da água utilizado, ao armazenamento e ainda a forma de distribuição da água potável aos consumidores.

Outro aspecto considerável é o transporte de água que carece ser analisado quando salientada a questão do abastecimento de água, uma vez que é devido à energia que ocorre o transporte das águas nos sistemas municipais de tratamento de água. (GOLÇALVES, 2009).

O uso dos recursos hídricos e energéticos vem se tornando fato de grande relevância para a sociedade atual e futura. Observa-se aumento na demanda em função do elevado crescimento populacional mundial e pelo desenvolvimento econômico. O desenvolvimento desses setores, por um lado favorece a evolução das atividades econômicas em contrapartida contribuem para a degradação deste recurso.

Conseqüentemente este uso exagerado da água e a poluição destes recursos acarretam, além da deficiência quantitativa e qualitativa, em um gasto excessivo de reagentes para o tratamento dessas águas provocando a indisponibilidade de algumas bacias hidrográficas para o suprimento de demandas, além do evidente impacto ambiental.

Para tanto, as análises na fase de projeto são indispensáveis para escolha da melhor alternativa de configuração do sistema de abastecimento de água que possa garantir qualidade de água satisfatória.

Dessa forma o presente trabalho de conclusão de curso buscou avaliar os locais mais apropriados para a instalação de um sistema de abastecimento de água para o município de Cruzeiro do Sul.

### **1.1 Área e limitação do tema**

Este trabalho de conclusão de curso abrangeu a área de saneamento, mais especificamente o abastecimento de água. O tema limitou-se na análise de implantação de um sistema de abastecimento de água, constituído por redes, reservatórios, estações elevatórias e estações de tratamento de água para o município de Cruzeiro do Sul-RS. Com a finalidade de reduzir custos procurou-se manter nas alternativas de projeto as unidades existentes.

### **1.2 Justificativa**

Este trabalho foi elaborado partindo do anseio do município de Cruzeiro do Sul em avaliar a viabilidade econômica de implantação de um sistema abastecimento novo no município de Cruzeiro do Sul.

Tendo em vista também que Cruzeiro do Sul se localiza as margens do Rio Taquari. Devido a isto utilizaremos este como fonte de abastecimento para o sistema de abastecimento de água proposto por este trabalho.

O município atualmente é abastecido pela Companhia Rio-Grandense de Saneamento (CORSAN), a água é proveniente da estação de tratamento de água (ETA) de Lajeado. Esta capta água do Rio Taquari e a distribui para os municípios de Cruzeiro do Sul e Lajeado. A CORSAN detém a concessão deste serviço no município de Cruzeiro do Sul a partir da Lei 965-02/2010.

Dessa maneira o intuito se estenderá nas análises das alternativas possíveis para uma gestão mais compatível com a realidade dos recursos hídricos disponíveis para a implantação do sistema. Objetivando a redução de custos de construção, como por exemplo, a construção

das redes e da estação de tratamento de água, bem como os custos provenientes a operação do sistema, como é o caso da energia empregada e da manutenção.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivos Gerais**

Identificar e comparar qual a localização menos onerosa para a implantação de um sistema de abastecimento de água para o município de Cruzeiro do Sul – RS.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Identificar locais de provável instalação do sistema, priorizando estações por gravidade;
- Obter dados referentes ao custo e disponibilidade das áreas para implantação da ETA;
- Analisar as alternativas encontradas para implantação do sistema.

### **1.4 Estrutura do trabalho**

O presente trabalho de conclusão de curso é composto por quatro capítulos, sendo relatados da seguinte forma:

No capítulo 1, estão contemplados a introdução, a área e limitação do tema, a justificativa, os objetivos gerais e específicos, bem como a estrutura da trabalho.

No capítulo 2, foi abordado uma sucinta revisão bibliográfica com intuito de explicar as partes constituintes de um sistema de abastecimento de água e os requisitos básicos para a elaboração do projeto de seu sistema.

No capítulo 3, é composto pela metodologia proposta para este trabalho de conclusão, sendo constituída de um conjunto de análises da população, dos locais possíveis para implantação do sistema e viabilidade econômica dos cenários apresentados.

No capítulo 4, abrange os resultados obtidos na aplicação da metodologia proposta.

No capítulo 5, apresenta as considerações finais sobre o trabalho.

Por fim encontram-se as referências bibliográficas e os anexos abrangidos para elaboração deste trabalho de conclusão.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

O consumo de água interferiu na trajetória da humanidade, pois as primeiras aglomerações populacionais se situaram em locais de fácil acesso a obtenção de água. Dessa forma os grupos nômades tornaram-se sedentários e foi possível o desenvolvimento de culturas agrícolas juntamente com a produção animal. (HELLER e PÁDUA, 2006).

No decorrer da história, com avanço das sociedades e na instituição de novas formas de uso da água cada vez mais complexas, exigiram mudanças tecnológicas que refletiram no aumento das demandas de água. (HELLER e PÁDUA, 2006).

### **2.1 Consumo de água**

Conforme a Portaria nº 2914, do Ministério da Saúde aprovada em 12/12/2011, a água para consumo humano é definida como “[...] água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e a higiene pessoal [...]”.

De modo a conceder a provisão de água de maneira adequada no espaço urbano, a demanda é obtida através da população a ser atendida, dados estes adquiridos partir de estudos demográficos e em parâmetros de consumo por habitante que procedem de características socioeconômicas, naturais e tecnológicas. (FERNANDEZ e GARRIDO, 2002).

O consumo de água é reflexo da própria comunidade abastecida, sendo distinta de uma comunidade para outra, bem como dentro da comunidade também podem existir variações. Alguns aspectos que interferem no consumo podem ser citados como o clima, hábitos da população, nível socioeconômico da população, custo da tarifa, qualidade da água, pressão, dentre outros. (AZEVEDO NETTO et al, 1998).

De acordo com Heller e Pádua (2006), o sistema de abastecimento deve ser projetado de maneira a garantir o fornecimento de água a um grupo vasto e distinto de demandas, não apenas ao uso doméstico, todavia sendo este o grupo é o prioritário, mas também ao consumo comercial, público, industrial, ao próprio sistema e ainda deve considerar as perdas.

Como ressalva a NBR 12211 (1992), “Na determinação da demanda de água devem ser considerados o consumo das ligações medidas e não medidas e o volume de perdas no sistema”.

Com o passar dos anos ocorreram melhorias nas instalações sanitárias residenciais e avanço no desenvolvimento das cidades, estes fatores requereram a implantação de novas formas de consumo de água, da mesma maneira que maiores pressões. Por conseguinte, as perdas de água no sistema também aumentaram e foi constatado que o consumo por indivíduo eleva-se anualmente, por causa disso este aspecto deve estar incluso em concepções de longo alcance. (AZEVEDO NETTO, et al 1998).

Segundo Gonçalves (2009) a falta de estanqueidade nas tubulações faz com que o índice de perdas do sistema seja considerável, dessa maneira as companhias de saneamento se preocupam em melhorar suas instalações tanto na infraestrutura, como a idade do sistema e o tipo de material, para que os danos sejam minimizados como à energia gasta e o faturamento, porque este impacto reflete diretamente nos consumidores. O desempenho com eficiência, os custos, as perdas e a qualidade são analisados pelos indicadores.

De acordo com Gomes (2004) para o consumo doméstico é usualmente admitido uma variação do consumo de 100 a 200 l/ hab. x dia.

Outro aspecto importante segundo Fernandez e Garrido (2002, p.26) “[...] os consumos *per capita* de água crescem com o tamanho da população e com o progresso da mesma ao longo do tempo.”

Azevedo Netto et al (1998) considera que a taxa de consumo pode variar conforme o padrão de cidade abastecida, pois localidades com maiores recursos tendem a consumir mais água.

Ainda segundo com Azevedo Netto et al (1998), o consumo de água também pode apresentar oscilações dependendo do tempo, pois como no verão o consumo de água é superior a outros períodos do ano ou mesmo durante o dia em que os picos de maior consumo permanecem em torno do meio dia e a noite os limites ficam abaixo da média. Tendo em vista isso, essas variações podem ser divididas em diárias, horárias e instantâneas.

Como enfatiza Tsutiya (2005), a determinação do consumo de água é realizada com auxílio das leituras de hidrômetros. Com os dados coletados destas medições, como o consumo no período por tipo de economia e número de cada tipo de economia pode-se

descobrir o consumo efetivo *per capita* de água e o índice *per capita* de água, este considera as perdas.

## 2.2 Estudo da População

É natural que a população se modifique com passar do tempo e com isso a demanda por água, sendo assim é imprescindível a realização de um estudo da população.

Referente ao projeto de um sistema de abastecimento, como diz Von Sperling (2005) citado por Heller e Pádua (2006, p.111) “[...] é necessário o conhecimento da população de final de plano, bem como da sua evolução ao longo do tempo, para estudo das etapas de implantação”.

Como ressalta Tsutiya (2005), os métodos mais consagrados para análise demográfica são os:

- Método dos componentes demográficos: o qual correlaciona os parâmetros de nascimento, mortalidade e migração, fazendo uma projeção futura do comportamento.
- Métodos matemáticos: estipulam equações matemáticas através de informações coletadas. Podem se dividir nos modelos:

Aritmético; utilizado para previsões de curto alcance entre 1 a 5 anos.

Geométrico; admite para intervalos iguais de tempo a mesma porcentagem de aumento de população.

Curva logística; considera o crescimento assintótico da população em função do tempo em sentido ao valor limite de saturação;

- Método de extrapolação gráfica: baseia-se no esboço de uma curva aleatória a partir de referências de populações análogas, porém com maiores números de habitantes.

Conforme Tsutiya (2005), o estudo da população ocorre através da análise demográfica da população por um determinado período de anos. Este período é denominado de horizonte de projeto e que pode variar de 20 a 30anos.

Além disso, os métodos devem considerar a população flutuante que como define a NBR 12211 (1992, p.1), é “Aquela que, proveniente de outras comunidades, se transfere ocasionalmente para a área considerada, impondo ao sistema de abastecimento de água consumo análogo ao da população residente.”

Após a determinação do método de projeção populacional a ser utilizado é imprescindível à delimitação do período de alcance de projeto, visto que alcances muito pequenos ou muito grandes implicam em vantagens e desvantagens que necessitam ser analisadas dependendo do porte de sistema a ser implantado. (HELLER e PÁDUA, 2006).

### **2.3 Sistema de abastecimento de água**

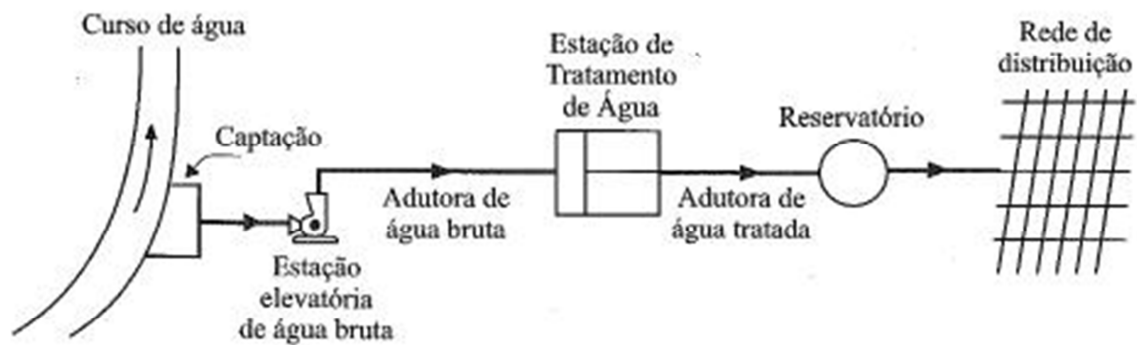
Conforme define Azevedo Netto et al (1998), um sistema de abastecimento é composto por um apanhado de obras e serviços designados a distribuição de água potável a população para o consumo nos mais variados fins.

Segundo Tsutiya (2005), um projeto de sistema de abastecimento de água é composto por um conjunto de instalações nas quais devem ser previstas os aspectos condicionantes para a implantação do sistema como as instalações já existentes, o dimensionamento prévio englobando as alternativas que melhor se adaptam a realidade do local, bem como definição dos parâmetros que nortearam a execução do projeto.

Na elaboração do projeto deste tipo de sistema é necessária a análise das variantes presentes e também as que podem interferir no futuro, pois as obras são planejadas para um período aproximado de 10 a 30 anos. (AZEVEDO NETTO et al, 1998).

As unidades de um sistema de abastecimento de água podem ser apresentadas da seguinte forma: o manancial, captação, adução, estação elevatória, estação de tratamento de água, reservatório e rede de distribuição, conforme Figura 01. (TSUTIYA, 2005).

**Figura 1- Exemplo de sistema de abastecimento de água.**



Fonte: Tsutiya (2005).

### 2.3.1 Manancial

Como relata Tsutiya (2005), um manancial trata-se de um corpo de água que pode se apresentar de forma superficial ou subterrânea, sendo a fonte para a captação da água para o abastecimento da população. O manancial é o responsável em dispor vazão suficiente para suprir a demanda esperada no projeto e atender a qualidade adequada.

Para Azevedo Netto et al (1998, p. 476) “ As águas desses mananciais deverão preencher requisitos mínimos no que tange à qualidade das mesmas no ponto de vista físico, químico, biológico e bacteriológico [...]”.

O padrão de potabilidade da água é normatizado pela Portaria nº 2914/2011, do Ministério da Saúde, que estabelece que a água destinada ao consumo humano deva satisfazer aos parâmetros de turbidez, microbiológico, de cianotoxinas, de radioatividade e organoléptico, conforme os Anexos 01 a 05, respectivamente. Além dos parâmetros ligados as substâncias nocivas à saúde tais como substâncias orgânicas, inorgânicas, agrotóxicos e desinfetantes.

Para atender os índices desejados e averiguar as condições de potabilidade da fonte de água que se deseja utilizar, são necessárias investigações como testes em laboratório que como enfatiza Richter e Azevedo Netto (1991, p.7) “[...] permitem melhorar tecnicamente os projetos, reduzir custos e oferecer maior segurança para as soluções adotadas.”.



Para Tsutiya (2005), na seleção do melhor manancial, é essencial a verificação quanto à disponibilidade de volume de água bem como as condições sanitárias, também quanto à localização do sistema de captação e a distância do consumo.

“Os mananciais próximos, mais caudalosos, capazes de atender à demanda por tempo maior e os mananciais com água de melhor qualidade e menos sujeitos à poluição apresentam condições ponderáveis no cotejo de soluções.” (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991).

Segundo Tsutiya (2005), a constante poluição das bacias hidrográficas, tem como principal foco causador o avanço desequilibrado do espaço urbano que acarreta um consumo elevado de agentes químicos para purificação das águas, afetando a sua qualidade e por vezes tornado economicamente inviável o seu tratamento.

De acordo com a Portaria nº 2914/2011, do Ministério da Saúde, as águas oriundas de corpos hídricos superficiais deverão passar por processos cloração e filtração. Enquanto às águas vindas de fontes subterrâneas deverá passar apenas por desinfecção.

### **2.3.2 Captação**

A captação é a designação para o conjunto de elementos construídos com intuito de extrair as águas provenientes de mananciais que podem ser subterrâneos, como é o caso das fontes, lençol freático ou lençol profundo; ou mananciais superficiais, como córregos, lagos, represas, rios, que se destinam ao abastecimento público. (AZEVEDO NETTO et al, 1998).

Heller e Pádua (2006) salientam que a escolha do manancial e a respectiva captação de suas águas reproduzem o êxito do sistema de abastecimento público, isso porque, a correta construção da captação e preservação do manancial fornece o suprimento necessário ao consumo.

O planejamento de um projeto de captação superficial deve mensurar uma análise detalhada, identificando as condições locais, custos com desapropriação, estações elevatórias de recalque, energia elétrica para os motores, dentre outros. (AZEVEDO NETTO et al, 1998).

Já a NBR 12213 (1992) enfatiza que para a implantação da captação é necessária além de um levantamento minucioso sobre a área abrangida é necessária inspeções em campo para

averiguar as condições hidráulicas e geológicas do manancial, bem como áreas de inundação e focos poluidores.

Existem alguns parâmetros para a escolha do local que melhor se adapta a instituição da captação dentre os quais se podem explicar conforme Héller e Pádua (2006):

- O local definido deve garantir vazão adequada;
- O local deve ser escolhido com qualidade condizente com a desejada para as técnicas de tratamento;
- A captação deve localizar-se de preferência acima da comunidade abastecida para que a adução seja feita por gravidade, sendo que dessa maneira o custo com bombeamento seria menos oneroso, entretanto a distância e o percurso da adução devem ser considerados neste aspecto;
- O local da captação deve ser de fácil acesso e permanente;
- Os elementos de captação devem permanecer protegidos da ação erosiva da água e alterações do nível e curso de água;
- Além de ocorrer o mínimo possível de modificações no curso de água devido à implantação da captação;

E outro fator importante é:

A captação de água deve ser localizada em trecho reto ou, quando em curva, junto à sua curvatura externa (margem côncava) onde a velocidade da água são maiores, evitando-se assim, os bancos de areia que poderiam obstruir as entradas de água. Nessa margem côncava as profundidades são sempre maiores e poderão oferecer melhor submersão da água. (TSUTIYA, 2005, p.77) Conforme Figura 08.

Conforme Azevedo Netto et al (1998) existem aspectos relevantes para elaboração de projetos de captação, como os exames que certificam os índices qualitativos e quantitativos das possíveis fontes de captação, tais como as informações hidrológicas da bacia; informações fluviométricas do curso da água levando em conta os dados sobre variações no nível de água em épocas de estiagem e enchentes; aspectos físicos, químicos e bacteriológicos da água a ser utilizada.

Os componentes mais usuais de um sistema de captação podem ser as seguintes estruturas, de acordo com a NBR 12213 (1992):

- Barragens de nível; estrutura construída com a finalidade de elevar o nível de água a uma cota fixada em projeto.
- Tomada de água, conjunto de dispositivos que transportam a água do corpo hídrico até os componentes de captação.
- Grades, conjunto de barras dispostas de forma paralela com a finalidade de impedir a passagens de materiais de grande dimensão.
- Telas, compostas fios arranjados em malhas que vedam a passagem de materiais não retidos pelas grades.
- Desarenador, designado a retirada de materiais com sedimentação igual ou maior a um valor estipulado.

Os componentes citados podem ser apresentados em combinações distintas, pois são inerentes a fatores como as condições dos cursos de água, a variação do nível de água, topografia, dentre outros. (TSUTYIA, 2005).

### **2.3.3 Adução**

Condizente com Azevedo Netto et al (1998), as adutoras são as tubulações que tem o intuito de transportar água entre elementos do sistema de abastecimento, localizados a montante da rede de distribuição. Podem ser identificadas quando unem o sistema de captação até a estação de tratamento de água (ETA) e esta até os reservatórios.

Segundo a NBR 12215 (1991) para o desenvolvimento do projeto de uma adutora alguns parâmetros são essenciais como a definição do trajeto da adutora compreendendo as condições topográficas, a determinação da vazão, o dimensionamento hidráulico e estrutural, estudos econômicos, verificação do golpe de aríete, bem como o desempenho dos elementos de segurança, operação e manutenção do sistema.

Conforme Tsutiya (2005), as adutoras podem ser categorizadas da seguinte forma:

Pela natureza da água transportada:

- Adutoras de águas brutas: conduzem águas provindas do corpo hídrico até a ETA;

- Adutoras de águas tratadas: conduzem águas da ETA até o reservatório;

Quanto à energia de movimentação da água:

- Adutoras por gravidade: a água escoar do ponto mais alto para o mais baixo, sendo que se for conduto forçado à água estará sob uma pressão superior à pressão atmosférica. Já se for conduto livre estará sob pressão atmosférica.
- Adutoras por recalque: transportam a água de um ponto mais baixo ao outro mais elevado, porém com auxílio de uma estação elevatória.
- Adutoras Mistas: compartilham segmentos em gravidade e em outros em recalque.

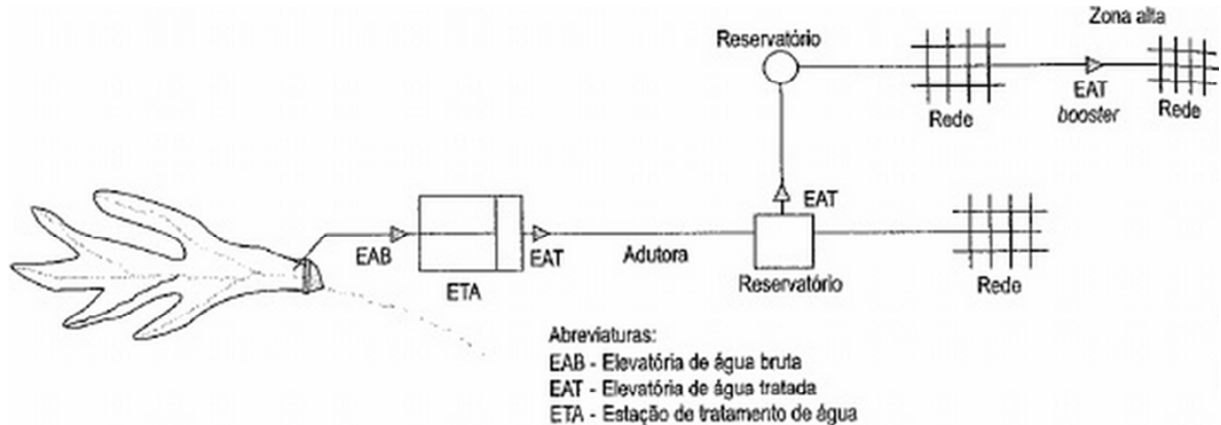
#### **2.3.4 Estações Elevatórias**

Conforme Heller e Pádua (2006), se os fluídos fossem transportados somente por gravidade, ocorreria uma atenuação no custo de energia, além da facilidade de operação e manutenção do sistema.

Porém em diversas ocasiões o uso de estações elevatórias se faz necessário, uma vez que, recalcam água para locais afastados ou altos, possibilitam a captação de águas superficiais ou ainda amplificar a vazão da linha adutora. (AZEVEDO NETTO et al, 1998).

Conforme Heller e Pádua (2006), estas estações elevatórias podem ser discernidas, quando levam água não tratada, denominadas como elevatória de água bruta. Do contrário, são chamadas de elevatória água tratada, conforme pode ser observado na Figura 02. Neste trabalho será adotado o termo mais usual na região, dessa forma são chamadas de estação de bombeamento de água bruta (EBAB) e estação de bombeamento de água tratada (EBAT).

**Figura 2 – Localização de estações elevatórias no sistema de abastecimento.**



Fonte: Heller e Pádua, 2006.

Para Tsutiya (2005) os elementos de uma estação elevatória podem estar separados distintamente em: equipamentos eletromecânicos (como a bomba e o motor); as tubulações, (de sucção, barrilete e recalque) e de construção civil (como o poço de sucção e a casa de bomba).

Para a elaboração do projeto da estação de bombeamento devem ser obedecidos os preceitos da NBR 12214 (1992), que ressalta algumas atividades como a definição da vazão de projeto, do tipo de estação, do trajeto e dos materiais das tubulações de sucção e recalque, considerações das condicionantes hidráulicas, determinação do sistema de operação da estação, dentre outras.

### 2.3.5 Estação de Tratamento de Água

Conforme a NBR 12216 (1992, p.01) uma estação de tratamento de água é definida como “Conjunto de unidades destinado a adequar as características da água aos padrões de potabilidade.”.

Dessa forma o abastecimento público de água deve suprir a demanda da localidade a qual alimenta, dentro das condições sanitárias adequadas. A partir das verificações físicas e bacteriológicas das águas do manancial serão determinadas as medidas a serem tomadas para os enquadramentos da potabilidade da água. (HELLER e PÁDUA, 2006).

Condizente com a NBR 12216 (1992), as águas podem apresentar diferentes qualidades dependendo da sua origem e devido a isso exigem tratamento diferenciado conforme a classe em que se enquadram como A, B, C ou D.

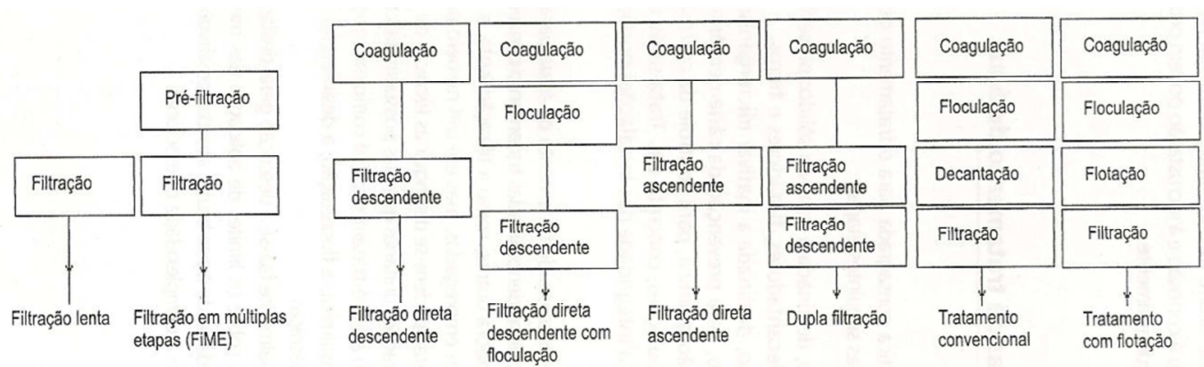
Condizente com a NBR 12216 (1992), as águas naturais destinadas ao consumo humano podem ser as seguintes:

- Tipo A, águas subterrâneas ou superficiais protegidas;
- Tipo B, águas subterrâneas ou superficiais não protegidas, mas que possam tornar-se potáveis através de processo que não requerer coagulação;
- Tipo C, águas superficiais não protegidas, mas que possam torna-se potáveis através dos processos que requererem coagulação.
- Tipo D, águas superficiais não protegidas, sujeitas a fontes poluidoras, mas que possam torna-se potáveis através dos processos especiais de tratamento.

Como ressalva Richter (2009), uma água potável é relativa à escolha dos procedimentos de tratamento que devem ser executados com o propósito de eliminar ou diminuir determinados componentes presentes na água bruta, uma vez que, deve-se observar a origem da água bruta bem como qualidade da água tratada.

Na Figura 03 estão dispostas concepções de técnicas de tratamento de água que podem ser encontradas.

**Figura 3- Técnicas de tratamento de água.**



Fonte: Heller e Pádua, 2006.

No Brasil, atualmente, existem três padrões de estações de tratamento de água mais empregadas sendo elas: estações de tratamento convencional, estações de filtração direta e estações de flotação de ar dissolvido. (RICHTER, 2009).

Para estações de tratamento convencional os processos mais consagrados podem ser classificados da seguinte forma:

- Coagulação

Segundo (2009), a coagulação é o procedimento que compreende na adição de produtos químicos na água com o intuito de minimizar as forças que tendem a deixar as partículas sólidas suspensas separadas. Dessa maneira a coagulação é caracterizada pela modificação física e química das partículas presentes na água, alterando assim a cor e a turbidez e reproduzindo partículas que possam ser separadas pelo processo de sedimentação.

Os coagulantes frequentemente utilizados nas ETA são, por exemplo, o sulfato de alumínio, o cloreto férrico e o sulfato ferroso, dentre outros. Este processo precisa ser feito de maneira adequada, pois caso contrário reflete no desempenho das unidades posteriores. (HELLER e PÁDUA, 2006).

Heller e Pádua (2006) enfatizam que a dissipação do coagulante na água não tratada é executada na unidade de mistura rápida que deve ser projetada e embasada nos critérios quanto ao tempo de detenção e o gradiente de velocidade, sendo que o gradiente de velocidade se refere à movimentação do líquido para uma dispersão satisfatória do coagulante.

Como enfatiza a NBR 12216 (1992), os elementos de mistura rápida podem ser qualquer canal ou canalização que gere carga satisfatória aos condicionantes previstos, difusores, agitadores mecânicos e entrada de bomba centrífuga.

Os misturadores podem ser distinguidos em hidráulicos como, por exemplo: o ressalto hidráulico e a calha Parshall; mecânicos como os agitadores de turbina e os pneumáticos, como os difusores de ar. (RICHTER, 2009).

- Floculação

A floculação é definida como o processo de aglutinação das partículas devido escoamento do líquido, formando partículas de dimensão maior. (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991).

De acordo com Heller e Pádua (2006), a aglutinação das partículas presentes na água após passagem pela mistura rápida, dá origem aos flocos. A unidade em que ocorre este processo é denominada de floculador, onde ocorre a mistura lenta, sendo que a água é posteriormente destinada aos decantadores.

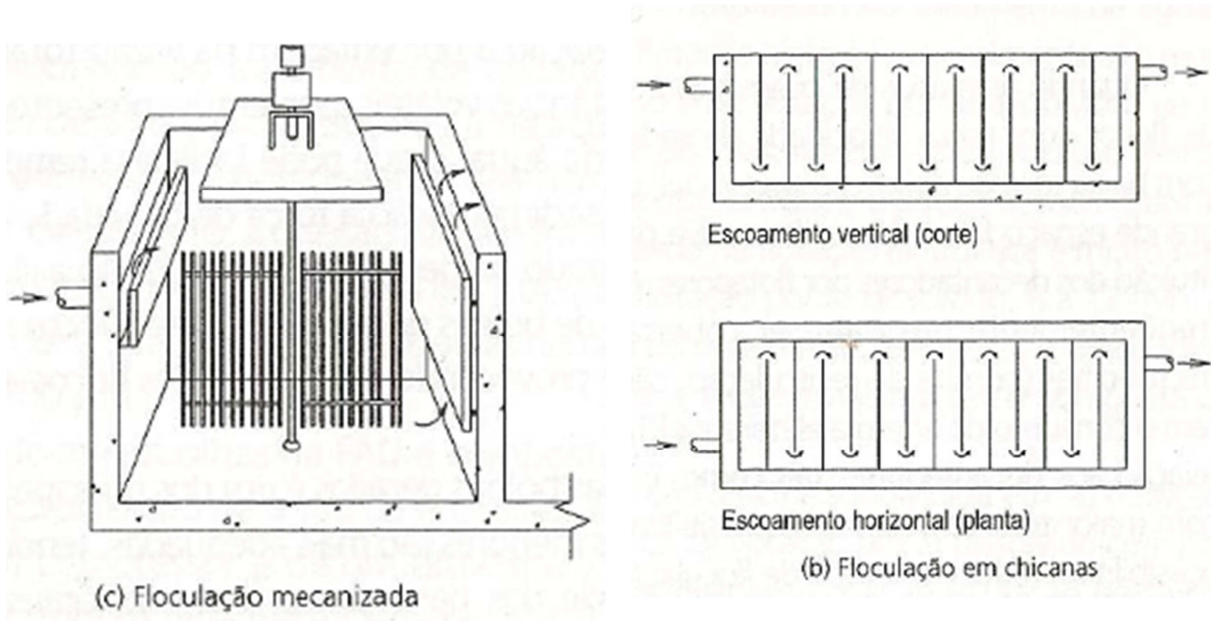
Richter (2009) enfatiza que o processo de floculação é de longe o mais empregado para a eliminação de impurezas que geram cor e turbidez na água. Esse processo é efetuado de forma compatível com a energia empregada que pode ser como na mistura rápida, de forma hidráulica, mecânica ou pneumática, no entanto diverge pelo grau de velocidade que nesse processo é menor. Conforme Figura 04.

Os floculadores hidráulicos podem ser diferenciados em: chicanas que consistem em dirigir o fluxo de água e podem se apresentar com escoamento horizontal ou vertical, os floculadores de ação de jato que são de fluxo helicoidal e os floculadores em meio poroso, os quais se fundamentam na passagem ascendente da água já com adição do coagulante por uma camada de material granular. Já os floculadores mecanizados podem ser separados em: giratórios de paletas, os giratórios de turbina ou os alternativos. (RICHTER, 2009)

A NBR 12216 (1992) determina que nos floculadores hidráulicos devam admitir valores de período de detenção entre 20 a 30 minutos e os floculadores mecanizados devem assumir valores de 30 a 40 minutos.



**Figura 4- Exemplos de flocladores.**



Fonte: Heller e Pádua, 2006. (adaptado pelo autor).

#### ▪ Decantação

Os processos de decantação e sedimentação ocorrem concomitantemente na mesma unidade, devido os flocos originados nas etapas anteriores serem mais densos que a água e por consequência disso se depositarem no fundo da unidade, isso caracteriza a sedimentação e a água livre de impurezas é retirada por vertedouros superficiais o que caracteriza a decantação. (AZEVEDO NETTO et al, 1998).

Conforme Heller e Pádua (2006), onde salientam que para comunidades pequenas a utilização da sedimentação plena, que seria um tratamento prévio do afluente a fim de se sobrepôr aos processos de coagulação e floclação, representaria em uma economia no custo operacional, pois os produtos químicos já não seriam mais utilizados e o lodo produzido teria uma melhor disposição final

O dimensionamento das unidades de decantação é baseado na Taxa de Aplicação Superficial (TAS) que como define a NBR 12216 (1992), é taxa obtida pela divisão da vazão passante pela área de decantação e também é relativo à velocidade de sedimentação.

Quando não for possível realizar os ensaios de laboratório para a determinação da velocidade de sedimentação e definição da TAS que é a relação de  $Q/A$ , utiliza-se a relação da NBR 12216 (1992):

- Para estações até  $1000\text{m}^3/\text{dia}$  adota uma TAS de  $25\text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$ ;
- Para estações entre  $1.000$  a  $10.000\text{ m}^3/\text{dia}$ , com bom controle usa-se a TAS de  $35\text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$ ; caso contrário adota-se uma TAS de  $25\text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$ ;
- Para estações acima de  $10.000\text{ m}^3/\text{dia}$  adota-se  $40\text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$ ;

Adota-se uma unidade de decantação para estações com capacidade inferior a  $1.000\text{m}^3/\text{dia}$  ou com capacidade até  $10.000\text{m}^3/\text{dia}$ , mas com período de funcionamento inferior às  $18\text{h}/\text{dia}$  e sendo que as unidades de decantação não são mecanizadas. Utiliza-se pelo menos duas unidades iguais, quando a capacidade da estação for superior a  $10.000\text{m}^3/\text{dia}$  ou com período de funcionamento maior que  $18\text{h}/\text{dia}$  e sendo que as unidades de decantação são mecanizadas. (NBR 12216, 1992).

Os decantadores são unidades que ocupam grandes espaços físicos nas ETAs, variando de 50 a 70% da área total da ETA.

Conforme Azevedo Netto et al (1998), os decantadores podem ser discernidos da seguinte maneira: em decantadores de fluxo horizontal, nos quais a movimentação da água ocorre de lado para o outro abrangendo toda extensão da unidade; os decantadores de fluxo vertical são aqueles em que a água decantada exerce um escoamento ascendente para a saída e por fim decantadores tubulares ou de alta taxa, são aqueles onde os módulos tubulares são posicionados de maneira inclinada.

#### ▪ Filtração

A filtração é designada ao procedimento de desagregação entre a parte líquida e sólida das águas objetivando a retirada de dejetos por um meio poroso. (RICHTER e AZEVEDO NETTO, 1991).

Conforme a Portaria nº 2914, do Ministério da Saúde aprovada em 12/12/2011, enfatiza que quaisquer águas oriundas de corpos hídricos superficiais deverão passar pelo processo de filtração.

Muitos são os materiais granulares empregados como meio poroso, tendo em vista que frequentemente a areia é mais utilizada, seguida do antracito, areia de granada, carvão ativado, dentre outros. É de suma importância a consideração dos fatores inerentes à boa filtração sendo eles o tamanho efetivo dos grãos do material usado, o coeficiente de uniformidade e a porosidade, pois interferem na remoção das impurezas. (RICHTER, 2009).

Os tipos de filtração para estações convencionais podem ser a filtração lenta ou rápida que diferem entre si pela taxa de filtração em que operam e pela técnica de limpeza dos filtros.

Os filtros lentos são ideais para águas que apresentam pouca turbidez, baixa cor, do tipo B ou que posterior ao tratamento se encaixe nesta classe e não exige que as águas sejam tratadas pela coagulação-sedimentação, visto que a velocidade é baixa e a limpeza é realizada por meio da remoção das camadas de forma consecutivas e após a lavagem elas são repostas. (AZEVEDO NETTO et al, 1998).

Além disso, os filtros lentos são compostos por um tanque onde é inserida uma camada de areia com espessura variável de 0,90 a 1,20 m, sobreposta a uma de camada de pedregulho com 0,20 a 0,45 m de espessura, sendo que ainda abaixo desta camada existe um sistema de drenagem de coleta de água filtrada. (HELLER e PÁDUA, 2006).

A NBR 12216 (1992) determina que a taxa de filtração para filtração lenta deva ser obtida através de testes em filtro-piloto para avaliar a qualidade da água. Caso não seja possível tais análises a norma regulamenta que se adote uma taxa não superior de  $6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$ .

De acordo com Heller e Pádua (2006), a filtração lenta por admitir baixas taxas de filtração necessita de espaço físicos maiores o que pode se tornar inconveniente em regiões densamente povoadas. Devido a isso é importante o planejamento urbano das comunidades para permitir a operação adequada do sistema de saneamento.

Por outro lado, a utilização da filtração lenta garante benefícios como, por exemplo, a retenção de organismos transmissores de doenças, que por vezes culminam em epidemias.

Já para os filtros rápidos a NBR 12216 (1992), determina que sejam projetados para reter impurezas presentes em águas que passaram pelos processos de coagulação e decantação ou em águas que tenham partículas que ocasionem turbidez inadequada.

Os filtros rápidos podem se apresentar com camada simples, composta apenas de areia; ou dupla que é constituída de areia seguida de antracito; de escoamento ascendente ou descendente, visto que o escoamento ascendente é sempre de camada simples. (NBR 12216, 1992)

A filtração rápida ocorrida nas camadas granulares é correlativa a atuação de três elementos sendo eles: o transporte, que carrega as partículas até perto dos grãos do leito granular; a aderência, que é resultado das forças de ação superficial e o desprendimento, que ocorre pelo aumento das forças cisalhantes que atuam sobre as partículas. Destacando ainda que a lavagem desses filtros pode ocorrer de quatro formas distintas sendo elas: apenas com água, com água e lavagem superficial ou subsuperficial, lavagem com ar seguido de água e lavagem de água e ar conjuntamente. (HELLER e PÁDUA, 2006).

Condizente com a NBR 12216(1992), a taxa de filtração rápida deve ser de  $180\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$  para filtros de camada simples e  $360 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$  para filtros de camada dupla.

Para outros processos de tratamento de água não convencionais existe também a filtração direta.

Segundo Richter (2009), é aquela a água já coagulada passa por um leito filtrante, com escoamento ascendente ou descendente. Se for de escoamento descendente, o decantador é suprimido, dessa forma a água coagulada é destinada diretamente aos filtros. Este tipo de filtração reflete pontos positivos como é o caso das instalações se apresentarem de forma condensada, economia com reagentes e redução de formação de lodo. No entanto apresenta pontos negativos como a dependência da qualidade das águas do afluente com as variações no decorrer do tempo e as lavagens mais frequentes dos filtros, o que aumenta o custo operacional deste tipo de filtração.

- Desinfecção

Conforme Richter e Azevedo Netto (1991, p.280) “A desinfecção tem por finalidade a destruição de microrganismos patogênicos presentes na água (bactérias, protozoários, vírus e vermes)”.

A Portaria nº 2914, do Ministério da Saúde aprovada em 12/12/2011, determina que qualquer água destinada ao consumo humano é obrigada a passar por processo de desinfecção ou cloração.

A desinfecção tem a finalidade de correção, no caso de dizimação dos microrganismos presentes na água e também como prevenção caso ocorra contaminação nas redes de distribuição. (HELLER e PÁDUA, 2006).

Os produtos para desinfecção mais amplamente utilizados nas redes de distribuição são o cloro, hipoclorito de sódio e a cal clorada. Visto que para acrescentar estes produtos à água é indispensável o uso de dosadores, condizente com o produto escolhido. (AZEVEDO NETTO et al, 1998).

- Fluoretação

Para Heller e Pádua (2006), adição do flúor na água tem escopo de precaver a destruição do esmalte dos dentes, sendo usado de forma concentrada ou diluída e a dosagem feita através de dispositivos de nível, bombas dosadoras, dentre outros.

- Remoção de lodo

Nas estações de tratamento de água o lodo é gerado nas unidades de decantação e filtração. A NBR 12216 (1992) ela estabelece que para o projeto de estações de tratamento de água também devem ser previsto a disposição o lodo gerado pelas unidades de decantação.

Para a remoção manual as unidades de decantação devem ser projetadas para acumular lodo resultante de 60 dias. Já para a retirada hidráulica do lodo é necessário que o fundo do decantador possua um ângulo superior a 50° formando um poço ou um cone invertido, o qual deve também contemplar uma válvula de descarga. A destinação do lodo gerado nas unidades

de decantação também deve ser prevista de acordo com a legislação vigente. (NBR 12216,1992).

### **2.3.6 Reservatório de Distribuição**

Os reservatórios são fundamentais para o sistema de abastecimento, pois tem a função de regularizar as vazões que recebem no sentido de equiparar a uma vazão média, armazenando o volume de água quando a demanda for inferior e provisionar vazão de água quando esta for acima da média; também deverão fornecer água mesmo havendo ruptura ou dano na adução, captação ou na ETA; poderão compatibilizar o volume esperado para reserva de incêndio e colaborar na regularização de pressão da rede. (TSUTIYA, 2005).

Os reservatórios podem ser distinguidos segundo Tsutiya (2005), quanto a:

- Localização do reservatório no sistema: onde são divididos ainda em reservatórios de montante, de jusante ou de posição intermediária.
- Localização no terreno: sendo enterrados, semi-enterrado, apoiado ou elevado.
- Sua forma: podem ser circulares ou retangulares, porém devem assegurar uma máxima economia nas etapas construtivas, no local de implantação, nos equipamentos a serem utilizados e na interligação com o restante do sistema.
- Materiais de construção: sendo os mais empregados o concreto armado (tanto o comum como o protendido), aço, poliéster armado com fibras de vidro, além de outros, como a madeira, borracha e alvenaria.

Quanto ao volume de reservação ele é obtido a partir da soma de todos os volumes úteis das unidades de uma determinada zona de pressão, sendo que o volume útil se localiza entre o valor máximo e mínimo do reservatório. Em consequência disso os valores coletados nestas unidades representam o maior nível de água em condições normais e a altura mínima da água para impedir o aparecimento de fenômenos hidráulicos como os vórtices, cavitação e o arraste de sedimentos. (HELLER e PÁDUA, 2006).

Conforme a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, deve-se garantir que a qualidade da água potável que foi produzida da estação de tratamento de água seja preservada até as ligações prediais, verificando a possível contaminação das águas por bactérias resistentes ao processo de desinfecção.

### **2.3.7 Rede de Distribuição**

Rede de distribuição é a constituída por tubulações e dispositivos complementares, situados em logradouros públicos com propósito de dispor água potável ao consumo residencial, comercial, industrial e demais serviços, de forma ininterrupta, em quantidade, qualidade e pressão apropriada. (HELLER e PÁDUA, 2006).

De acordo com a NBR 12218 (1994) determina que a pressão estática limite nas redes deva ser de 500 KPa e pressão dinâmica mínima de 100 KPa. Salientando que a pressão estática refere-se à pressão em um determinado ponto da rede em nível da via pública onde não há consumo, já a pressão dinâmica remete ao ponto da rede onde há consumo.

Segundo Azevedo Netto et al (1998), as tubulações que compõem a rede de distribuição são divididas: em condutos primários, sendo que esses tem a função de prover água para os condutos secundários e por conta disso possuem diâmetro maior, os condutos secundários tem a atribuição de conduzir a água até os pontos de consumo, uma vez que o diâmetro desses condutos é relativamente menor que o dos condutos primários.

De acordo com a configuração das tubulações primárias e o sentido das redes secundarias, as redes podem se apresentar de maneira ramificada, malhada e mista. (TSUTIYA, 2005).

O diâmetro mínimo para condutos secundários é estabelecido pela NBR 12218 (1994) e é de 50 mm. Esta norma também estipula a velocidade nos condutos, de maneira que não deva exceder a 3,5m/s e não ficar abaixo de 0,6m/s.

## **2.4 Custos do sistema de abastecimento de água**

Conforme Gomes (2004), os estudos econômicos são fundamentais em qualquer área da engenharia, ainda mais para o setor de saneamento que implicam em valores significativos quando instituída a implantação dos projetos, bem como a operação e a manutenção do sistema.

Nos sistema de abastecimento devem ser considerados os custos de implantação e operação de estações elevatórias, de implantação de adutoras e redes, assim como os custos com energia de bombeamento. Estes custos necessitam ser divididos em custos fixos ou

também denominados de investimentos, são mais evidentes no início da obra e os custos variáveis incidem ao longo da vida útil dos projetos. (GOMES, 2004).

Portanto é fundamental analisar os custos correspondentes a cada parte do sistema de abastecimento utilizado. Conforme Tsutiya (2005), na Tabela 01 estão demonstradas as porcentagens de cada uma dessas partes considerando um sistema convencional, sendo P a população em habitantes.

**Tabela 1 - Indicadores de custo um sistema convencional**

<b>Partes constituintes do sistema</b>	<b>Custo %</b>			
	<b>P ≤ 10.000</b>	<b>10.000 &lt; P ≤ 40.000</b>	<b>40.000 &lt; P ≤ 100.000</b>	<b>P &gt; 100.000</b>
<b>Captação</b>	30	20	8	3
<b>Adução</b>	8	9	11	11
<b>Bombeamento</b>	6	5	5	1
<b>Tratamento</b>	12	9	9	5
<b>Reservação</b>	6	6	6	4
<b>Distribuição</b>	38	51	61	76

Fonte: Tsutiya,2005. (Adaptado pelo autor)

Como pode ser observada na Tabela 1, para populações com menos de 10.000 habitantes os componentes do sistema de abastecimento como a captação e distribuição tem maior impacto sobre as outras partes. Entretanto para populações com mais de 100.000 habitantes os custos que mais são relevantes são os decorrentes a adução e a distribuição.

De acordo com Heller e Pádua (2006), a adução por gravidade é dentre as outras aduções o processo mais econômico de conduzir água, pois permite a redução de custos com bombeamento, no entanto este tipo de adução esta subordinada a um desnível topográfico satisfatório, de modo aprovisionar vazão para todos os pontos.

Quanto aos reservatórios para Tsutiya (2005), existem benefícios quando o bombeamento de água é realizado fora do pico elétrico ocasionam em uma redução no gasto com energia elétrica, além do progresso no rendimento com os conjuntos motor-bomba que passam a funcionar próximo ao seu ponto de rendimento máximo.

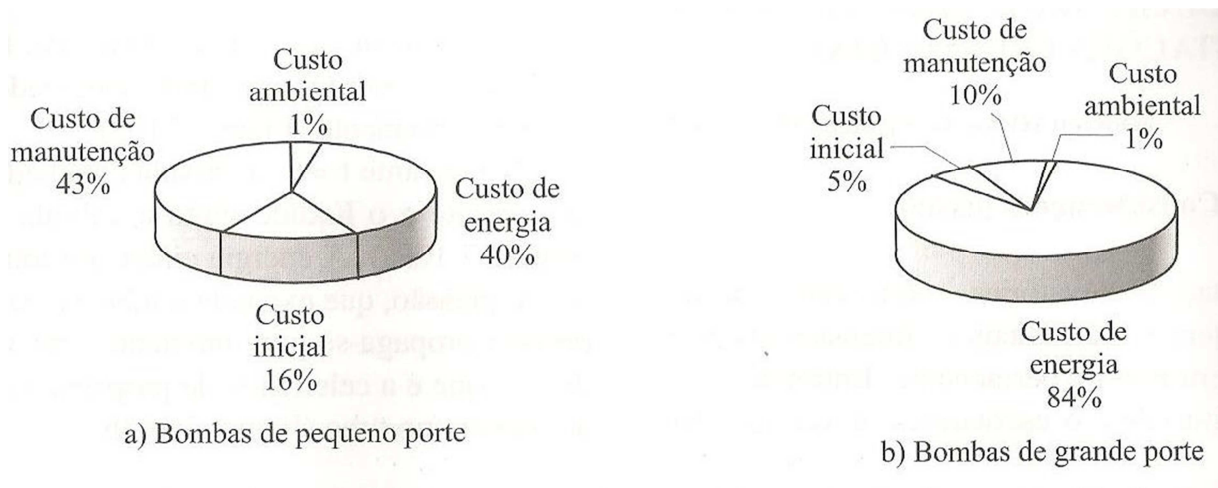
Um aspecto relevante constado por Tsutiya (2005) é o uso em grande escala de estações elevatórias em sistemas de abastecimento, o que tem tornado mais alto o custo de energia



elétrica para as companhias de saneamento básico e que resulta na elevação da tarifa paga pelo consumidor final.

Conforme Tsutiya (2005), na observação da viabilidade econômica de projetos de estações de elevatórias deve ser considerado os custos iniciais de compra dos equipamentos, operação e manutenção do sistema, energia, dentre outros, durante sua vida útil. Na Figura 10 estão esquematizados os custos relativos ao porte das bombas durante a vida útil.

**Figura 5 - Custos relacionados ao porte das bombas**



Fonte: Tsutiya (2005).

Um fator importante quando se observado a Figura 5, é que o custo inicial nos dois tipos de bomba é inferior aos custos de energia e de manutenção. (TSUTIYA, 2005).

Para Héller e Pádua (2006) a despesa com energia elétrica nos sistemas de abastecimento no país ainda varia de 12 a 20% e em alguns casos chegando a 25%, sendo que 95 % deste total são oriundos das estações de recalque, devido a isso têm sido elaboradas técnicas para solucionar estes inconvenientes de tempo de funcionamento dos reservatórios.

Já quanto a questão de implantação de redes, como menciona Tsutiya (2005, p. 389) “A rede de distribuição é em geral, o componente de maior custo do sistema de abastecimento, compreendendo cerca de 50 a 75% do custo total [...]”.

Dessa forma de acordo com Tsutiya (2005) é fundamental para as empresas de saneamento a introdução de medidas que busquem minimizar os custos com energia elétrica, pois estes custos vêm crescendo de forma muito acentuada. Sendo assim algumas medidas

que podem ser adotadas seria o total domínio do sistema tarifário, a diminuição da potencia de equipamento, modificação do sistema de operação e modernização de estações elevatórias.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Considerações Iniciais**

A metodologia proposta para este trabalho de conclusão de curso tem a finalidade de verificar a viabilidade de implantação de um sistema de abastecimento de água em Cruzeiro do Sul. Está foi feita através da avaliação das alternativas encontradas no local e condizente com a estimativa da população de projeto, além de propor que a disposição dos elementos constituintes do sistema seja feita da melhor forma e de maneira menos onerosa.

O abastecimento de água no município é concedido à companhia CORSAN do município de Lajeado. Este estudo foi planejado prevendo a permanência do vínculo de Cruzeiro do Sul com a CORSAN devido aos fatores de custo e de ordem técnica.

O fator correspondente ao custo é relativo ao valor da tarifa de água que para municípios pequenos é elevado quando não existe o vínculo com a companhia. A questão da ordem técnica se refere à equipe de funcionários já treinados para operação e manutenção de sistema de abastecimento de água e que estão à disposição da CORSAN.

Para tanto, foi necessário o conhecimento dos municípios que contemplam este estudo, bem como suas peculiaridades, informações sobre a projeção populacional estabelecida no horizonte de projeto e o seu comportamento ao longo do tempo, também as áreas disponíveis no município de Cruzeiro do Sul para implantação do sistema, os custos para soluções encontradas e o valor presente do custo operacional, conforme Gomes (2004).

#### **3.2 Considerações sobre o sistema de abastecimento de água**

##### **3.2.1 Projeção Populacional**

A estimativa do crescimento da população para os municípios de Cruzeiro do Sul e Lajeado foi realizada através do método geométrico, característico para populações médias.

Como enfatiza Heller e Pádua (2006) para o êxito da projeção populacional existem aspectos relevantes que devem ser contemplados neste estudo, tais como acontecimentos inesperados que podem interferir no curso estipulado para população; as variáveis sociais,

econômicas, geográficas e históricas; também deve ser considerada uma margem de segurança, além do bom censo do projetista.

De acordo com Gomes (2004), o método geométrico estabelece que a evolução da população ocorra de forma geométrica, ou seja, segue a mesma linha que as populações encontradas em anos anteriores. Para tanto é necessário o conhecimento de dois valores da população como  $P_1$  e  $P_2$  nos intervalos respectivos  $t_1$  e  $t_2$  em anos.

Baseado em Heller e Pádua (2006), a determinação da projeção populacional pelo método geométrico pode ser obtida a partir das equações abaixo:

$$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_0}{t_2 - t_0} \quad (1)$$

$$i = e^{K_g} - 1 \quad (2)$$

$$P_t = P_0 * (1 + i)^{t - t_0} \quad (3)$$

Onde:

$K_g$  = Coeficiente para taxa do crescimento geométrico

$i$  = Taxa de crescimento ;

$P_t$  = População estimada para o ano (t);

Foi feita a projeção para a população de Cruzeiro do Sul e Lajeado utilizando os dados censitários de 1991, 2000 e 2010. Para estas projeções foi estabelecido um período de alcance de projeto de 30 anos.

### 3.2.2 Consumo *per capita* (qpc)

A partir das projeções populacionais e o percentual de cobertura de abastecimento de água, foi estimado o consumo *per capita* por habitante, a partir da equação (4), conforme Heller e Pádua (2006).

$$Q = \frac{P * qpc}{86400} \quad (4)$$

Onde:

Q = Vazão em l/s;

P = População em habitantes;

qpc = Consumo per capita em L/hab. dia;

86400 = segundos de 1 dia;

### 3.2.3 Vazão

Tendo em vista que a vazão é calculada em função da população, os cálculos propostos por esta metodologia necessitam da vazão média atual da ETA de Lajeado, sendo esta de 235,92 l/s, conforme informação obtida junto à concessionária.

Houve dificuldade em obter a informação quanto á classificação das águas do Rio Taquari junto ao Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas para o município de Cruzeiro do Sul conforme a NBR 12216/1992, dessa forma foi adotada a situação mais desfavorável, sendo a ela a opção “D”.

Para Tsutyia (2005), a determinação da vazão foi realizada considerando as situações de demanda máxima, de modo a evitar problemas de insuficiência durante algumas alguns dias do ano.

Para determinar a vazão corresponde a cada período estabelecido no horizonte de projeto e condizente com a população, conforme Gomes (2004) é necessário o coeficiente do dia de maior consumo (k1) sendo que a para este trabalho foi adotado 1,2.

Conforme Heller e Pádua (2006), também devem ser previstos os consumos do próprio sistema de abastecimento de água como é o caso das lavagens das unidades que compõem a ETA e para a preparação dos produtos químicos. Tendo em vista isso e conforme Tsutyia (2005) a variação no consumo de água pela ETA pode ser 1 a 5%, dessa maneira para este trabalho foi adotado um valor médio para o consumo de 3% da vazão produzida.

Dessa forma, conforme Tsutyia (2005), as equações das vazões em cada etapa do sistema de abastecimento de água podem ser:

Vazão da captação, estação elevatória e adutora até a ETA em (l/s):

$$Q_1 = \left( \frac{P \cdot K_1 \cdot pqc}{86.400} + Q_{esp} \right) \times C_{ETA} \quad (5)$$

Vazão da ETA até o reservatório em (l/s):

$$Q_2 = \left( \frac{P \cdot K_1 \cdot pqc}{86.400} + Q_{esp} \right) \quad (6)$$

Sendo que:

P = População;

pqc = Consumo per capita;

k1 = Coeficiente do dia de maior consumo;

$Q_{esp}$  = Vazão específica;

$C_{ETA}$  = Consumo da ETA;

Para efeito de cálculo foi necessário a conversão da vazão  $Q_2$  que é a vazão máxima de l/s para m<sup>3</sup>/s. Também será necessário o a definição da vazão média  $Q_m$  pela fórmula:

$$Q_m = \left( \frac{P \cdot pqc}{86.400} \right) \quad (7)$$

### 3.2.4 Determinação da área da ETA

A determinação da área da ETA foi realizada através da relação da taxa de aplicação superficial (TAS) das unidades de decantação. Foi considerado que a área do decantador corresponde a 50% da área total da ETA, também foi adotado que a velocidade de sedimentação será 25m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x dia de acordo com a NBR 12216 (1992). Esta estimativa de área necessária para ETA é fundamental para determinação do custo com a construção da ETA.

Conforme Richter (2009) o dimensionamento das unidades de decantação foi realizado através da fórmula:

$$\frac{Q}{A} = V_{cs} \quad (8)$$

Onde:

Q = Vazão que passa pela unidade, m<sup>3</sup>/s.

$A$  = área de decantação, em  $m^2$ ;

$V_{cs}$  = Velocidade de sedimentação, em  $m/s$ .

### **3.3 Avaliações do sistema de abastecimento**

#### **3.3.1 Áreas disponíveis**

Após a determinação da estimativa da população foi feita uma análise de algumas áreas disponíveis no município de Cruzeiro do Sul para implantação do sistema, através da utilização de mapas e observando os condicionantes topográficos, a abrangência do maior número de economias a serem abastecidas, a escolha do melhor trajeto das linhas adutoras e rede de distribuição, bem como priorizando o abastecimento urbano sendo por gravidade por este apresentar menos falhas e repercutir em menos custos para o sistema devido principalmente pela inexistência do uso bombas.

Depois de identificadas as áreas potencialmente favoráveis à implantação do sistema, foram elaboradas alternativas com configurações distintas e que foram analisados e comparados entre si.

#### **3.3.2 Análise técnica - econômica das alternativas**

Para realizar este estudo de viabilidade econômica foi necessário primeiramente definir as perdas de carga para cada alternativa.

De acordo com Gomes (2004) no escoamento de um fluido em um conduto ocorre a redução de uma parcela de energia do líquido, devido à viscosidade do líquido ou o atrito interno e ainda a turbulência dentro do conduto ou a colisão das partículas, essa perda de energia é denominada perda de carga contínua ao longo do conduto.

Neste trabalho foram consideradas apenas as perdas de carga ao longo do conduto, sendo estas perdas foram calculadas apenas até o reservatório. Para esta determinação será necessário, conforme Tsutiya (2005) utilizar a fórmula de Bresse.

$$D = K * \sqrt{Q} \tag{09}$$

Sendo que:

$D$  = Diâmetro em m;

$Q$  = Vazão, m<sup>3</sup>/s;

$K$  = Coeficiente de Bresse;

O coeficiente de Bresse foi estimado em relação da velocidade econômica na adutora e pode ser calculado através da expressão 10, de acordo com Tsutiya (2005). Em geral adotam-se valores na ordem de 1,0 a 1,5m/s, neste trabalho optou-se por um valor médio sendo ele de 1,25m/s.

$$K = \sqrt{\frac{4}{\pi * V}} \quad (10)$$

Onde:

$D$  = Diâmetro em m;

$V$  = Velocidade econômica, m/s;

$K$  = Coeficiente de Bresse;

A perda de carga contínua ao longo do conduto depende das propriedades físicas como a viscosidade ( $\nu$ ) e a massa específica e também as propriedades geométricas do tubo, como o diâmetro ( $D$ ) e a rugosidade das paredes internas ( $\epsilon$ ). Foram utilizadas as fórmulas de Darcy-Weisbach, do número de Reynolds e do coeficiente de atrito. E para este trabalho foi adotado uma temperatura de 20°C ,  $\nu = 1,007 \times 10^{-6}$  e  $\epsilon = 0,001$  (Plástico).(GOMES, 2004)

Número de Reynolds

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (11)$$

Sendo que:

$Re$  = Número de Reynolds;

$V$  = Velocidade média de escoamento, em m/s;



$D$  = Diâmetro interno da tubulação, em m;

$\nu$  = Viscosidade cinemática em  $m^2/s$ .

Coefficiente de atrito

$$f = \frac{0,25}{[\log_{10} * (\frac{\epsilon}{3,7 * D} + \frac{5,74}{Re^{0,90}})]^2} \quad (12)$$

Sendo que:

$Re$  = Número de Reynolds;

$D$  = Diâmetro interno da tubulação, em m;

$f$  = Coeficiente de atrito

Para a utilização da equação (12) para cálculo do coeficiente de atrito, conforme Gomes (2004) foi obedecida a seguinte restrição:  $10^3 \leq Re \leq 10^8$  e  $10^{-6} \leq \epsilon/D \leq 10^{-2}$ .

Perda de carga ao longo do conduto

$$h_f = \frac{8 * f}{\pi^2 * g} * L * \frac{Q^2}{D^5} \quad (13)$$

Sendo que:

$h_f$  = Perda de carga ao longo do tubo, em m;

$L$  = comprimento da tubulação, em m;

$D$  = Diâmetro interno da tubulação, em m;

$f$  = Fator de atrito;

$g$  = Aceleração da gravidade, igual 9,8  $m/s^2$ ;

$Q$  = Vazão, em  $m^3/s$ ;

Foram calculadas as perdas de carga máxima e média, utilizando vazão máxima e média respectivamente. Também foi determinada a altura manométrica máxima e média através da fórmula:

$$H = DN + hf \quad (14)$$

Sendo que:

$DN$  = Desnível geométrico, em m.

$h_f$  = Perda de carga ao longo do tubo, em m;

Na escolha das áreas foram computados para cada alternativa os custos, que são divididos em custos fixos e os custos variáveis.

Custos Fixos: os custos fixos são compostos pelo valor de aquisição do imóvel, aquisição do conjunto motor – bomba e o valor referente à construção da rede e da ETA. (GOMES, 2004).

Foi utilizada a Guia de Transmissão de Imóvel (GTI) correspondente a localização da área no município de Cruzeiro do Sul para a estimativa do valor por m<sup>2</sup> de área de terreno e o valor por m<sup>2</sup> de área construída foi baseado no Custo Unitário Básico (CUB) com referência do mês de setembro de 2015.

Conforme Nuvolari (2011) o custo do conjunto completo de motor bomba é R\$ 14.000,00/KW para o ano de 2011, devido a isso este valor foi atualizado para o ano de 2015, através da correção monetária do Banco Central do Brasil.

Quanto ao custo da implantação da rede adutora, neste trabalho foi adotada a base de preços da construção civil da Caixa Econômica Federal, SINAPI de agosto de 2015, opção desonerado.

Custos Variáveis: Os custos variáveis serão atribuídos ao longo da vida útil do projeto, como o custo de operação e a manutenção do sistema e também os gastos relacionados à energia. (GOMES, 2004).

Para estimativa dos custos de operação e manutenção de cada alternativa foi utilizado o artigo de Fernandez, Soares e Nunes (2005). Neste artigo os autores consideraram as estimativas de custo para uma adutora de 10 km, devido a isso neste trabalho os valores foram corrigidos conforme as extensões adução de cada alternativa.

Para a determinação do custo de energia de bombeamento, conforme Gomes (2004) foi necessário o cálculo da potência requerida pela estação elevatória em KW. Foi calculada a potência máxima (P max) e potência média (P med), utilizando a vazão máxima e vazão média respectivamente, através da fórmula:

$$P_{ot} = \frac{9,81*Q*H}{\eta}$$

(15)

Sendo que:

$Q$  = Vazão requerida em m<sup>3</sup>/s;

$H$  = Altura manométrica de bombeamento, obtida a partir da soma do desnível geométrico e as perdas do sistema;

$\eta$  = Rendimento do conjunto elevatório, obtido através da resultante do produto do motor e bomba;

Também foi necessário calcular a potência instalada (P inst), conforme fórmula abaixo:

$$P_{inst} = P_{m\acute{a}x} * \text{Coeficiente de seguran\c{c}a da bomba} \quad (16)$$

Sendo que, o coeficiente de segurança da bomba é dado conforme Tabela 02.

**Tabela 2 - Coeficiente de segurança da bomba**

Coeficiente de segurança (%)	Potencia (cv)
50	< 2
30	2 a 5
20	5 a 10
15	10 a 20
10	> 20

Fonte: CEDAE (2006),(Adaptado pelo autor.)

Após a definição das potências é possível determinar o custo de energia de bombeamento:

$$C_{energia} = Pot * N_b * \rho \quad (17)$$

Onde:

$C_{energia}$  = Custo de energia em unidades monetárias (\$).

$N_b$  = Número de horas de bombeamento em horas;

$P$  = Potência requerida em kW;

$\rho$  = Custo unitário de energia, em \$/kWh

Conforme recomendações de Gomes (2004), o rendimento do conjunto elevatório pode variar de 60 a 85%. Para este trabalho o rendimento foi adotado 70%. Também foi adotado um bombeamento diário de 20 horas, sendo o bombeamento anual de 7.300 horas. Para cálculo do custo com energia anual utilizou-se o valor da tarifa disponível no site da Distribuidora Gaúcha de Energia (AESSUL) para o mês de setembro de 2015, no valor de 0,52535 centavos.

Após a determinação do custo de energia anual foi definido o fator de atualização (Fa) relativo ao custo de energia de bombeamento, conforme GOMES (2004). Foi considerada uma taxa de juros anual (i) de 12% e uma taxa de aumento de energia (e) de 9%.

$$Fa = \left[ \frac{(1+e)^n - (1+i)^n}{(1+e) - (1+i)} \right] * \left[ \frac{1}{(1+i)^n} \right] \quad (18)$$

Onde:

$Fa$  = Fator de atualização;

$e$  = Taxa de aumento de energia;

$i$  = Taxa de juros anuais;

$n$  = Número de anos do alcance de projeto;

Após isso, o valor do custo com energia anual será atualizado a partir da fórmula:

$$C_{energia\ atualizado} = C_{anual} * Fa \quad (19)$$

## **4. ANÁLISES DAS ALTERNATIVAS**

### **4.1 Características Geopolíticas**

Nos itens 4.1.1 e 4.1.2 estão descritos os dados mais relevantes aos municípios que contemplam este trabalho.

#### **4.1.1 Cruzeiro do Sul**

Cruzeiro do Sul está localizado às margens do Rio Taquari, fazendo divisa com os municípios de Santa Clara do Sul, Mato Leitão, Venâncio Aires, Bom Retiro do Sul, Estrela e Lajeado, como pode ser observado na Figura 12. Os dados mais relevantes ao município estão apresentados abaixo, conforme último censo de 2010:

- Superfície total do município (em km<sup>2</sup>): 155,551
- Área do perímetro urbano (em km<sup>2</sup>): 13,23
- População total (em habitantes): 12.320
- População urbana (em habitantes): 7.476 (60,68%)
- População rural (em habitantes): 4.844 (39,32%)

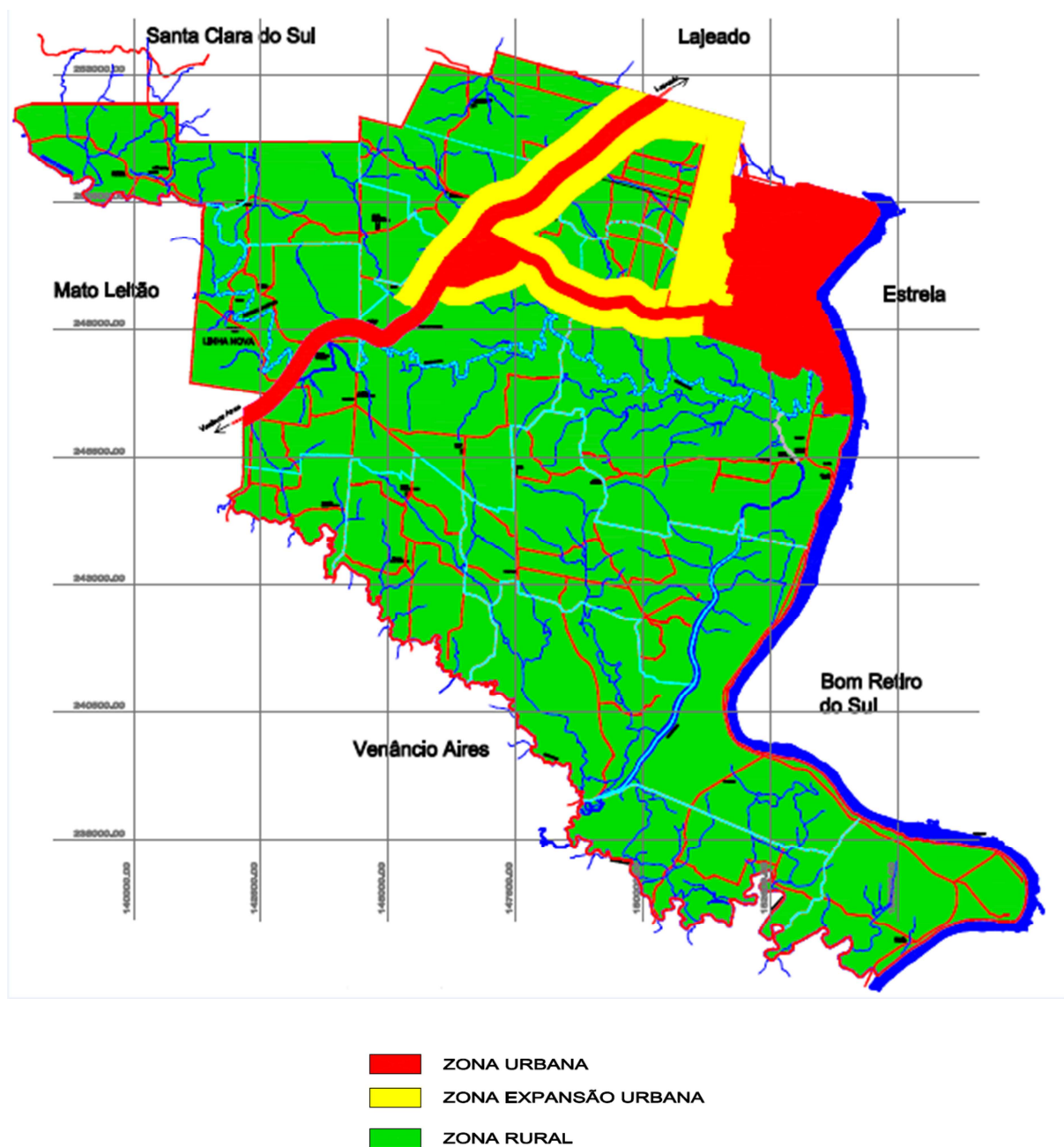
A análise sobre o abastecimento se estendeu somente de área urbana do município de Cruzeiro do Sul. Na Figura 6 apresenta a localização dos bairros que são utilizados neste trabalho, sendo eles o bairro Centro, Vila Zwirtes e Glucostarck

**Figura 6 - Mapa dos bairros de Cruzeiro do Sul**



Fonte: Prefeitura de Cruzeiro do Sul (2015). (Adaptado pelo Autor).

Figura 7- Mapa do município de Cruzeiro Sul.



Fonte: Prefeitura de Cruzeiro do Sul, 2015. (Adaptada pelo autor).

Na Figura 07 está apresentada a ordenação do município, onde podem ser observadas a superfícies da área urbana, de expansão urbana e rural.



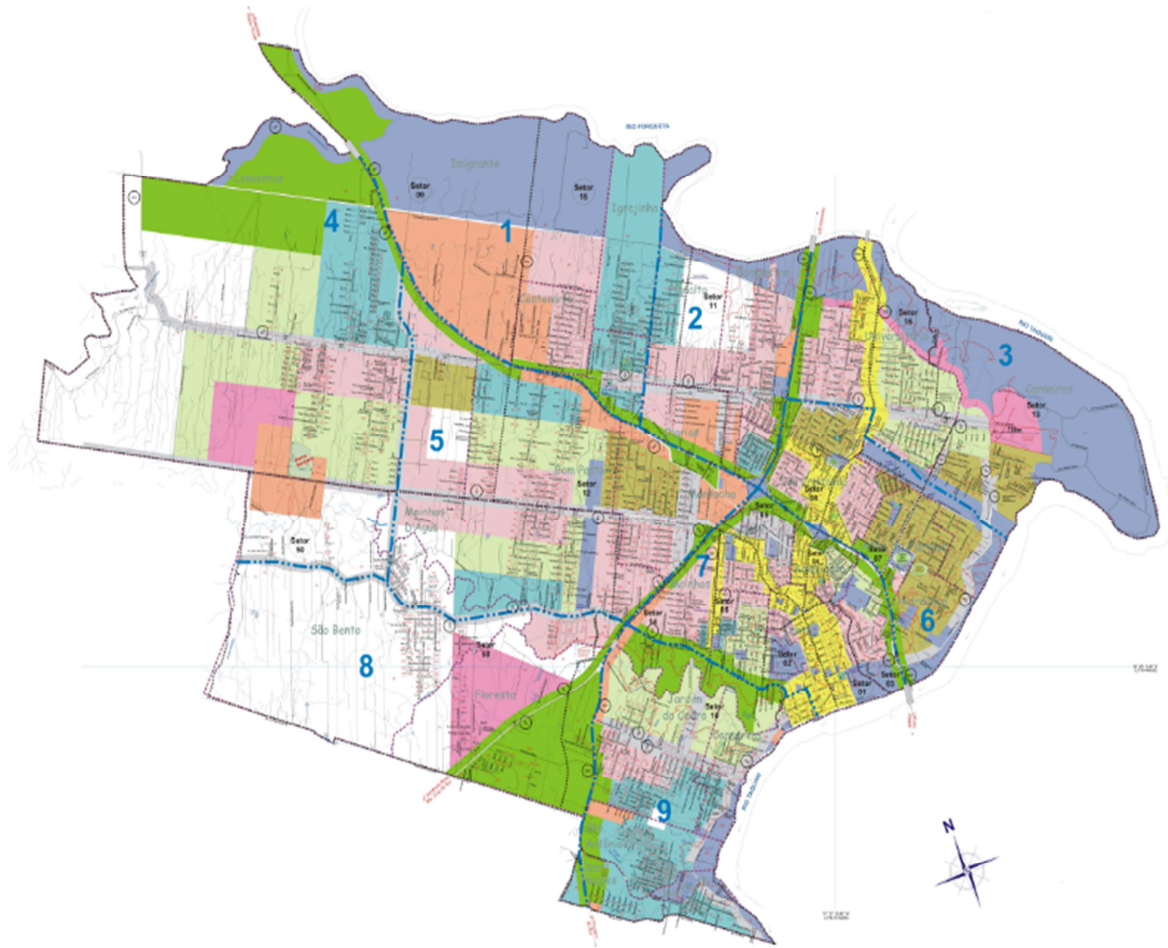
#### 4.1.2 Lajeado

O município de Lajeado está localizado às margens do Rio Taquari, fazendo divisa com os municípios de Cruzeiro do Sul, Santa Clara do Sul, Forquetinha, Marques de Souza, Arroio do Meio e Estrela como pode ser observado na Figura 8. Os dados mais relevantes ao município estão apresentados abaixo, conforme ultimo censo de 2010 e informações obtidas da Prefeitura de Lajeado:

- Superfície total do município (em km<sup>2</sup>): 90,42
- Área do perímetro urbano (em km<sup>2</sup>): 79,87
- População total (em habitantes): 71.445
- População urbana (em habitantes): 71180 (99,63%)
- População rural (em habitantes): 265 (0,37%)

Outra questão importante em relação ao sistema de distribuição de água utilizado pelos municípios é o percentual de perdas que atualmente conforme informação obtida através da concessionária é de 37%. Valor semelhante ao valor previsto no PMSB do município de Lajeado que é de 35,91%.

**Figura 8- Mapa do município de Lajeado**



- LEGENDA:**
- UTR Unidade Territorial Residencial
  - UTRU Unidade Territorial Residencial Unifamiliar
  - UTRP Unidade Territorial Residencial Popular
  - UTRE Unidade Territorial Residencial Especial
  - UTM Unidade Territorial Mista
  - UTCS Unidade Territorial de Comércio e Serviço
  - PCS Pólo de Comércio e Serviço
  - CCS Corredor de Comércio e Serviço
  - UTE Unidade Territorial Especial
  - UTRural Unidade Territorial Rural
  - UTI Unidade Territorial Industrial

- LEGENDA:**
- ..... Divisa de Setor
  - Divisa de Bairro

- - - - - Divisa de Bairro
- ..... Divisa de Setor
- Delimitação das áreas de cheias
- ■ ■ Delimitação das UTPs
- — — Delimitação das quadras da UTP 3 onde, exclusivamente, será utilizado o código 01 para a altura (Lei nº 9.769/15).

Obs.: Na UTP 3, Setor 16, quadras 62 e 17, a delimitação entre a UTM e a UTR fica estabelecida pelo limite entre as duas quadras.

Fonte: Prefeitura de Lajeado, 2015. (Adaptada pelo autor).

## 4.2 Aplicação dos estudos

Utilizando a metodologia exposta no capítulo anterior foram desenvolvidos os cálculos e encontrados os resultados da projeção populacional, consumo per capita, a vazão para cada etapa do sistema de abastecimento nos municípios de Cruzeiro do Sul e Lajeado e também foram determinados a área da ETA.

### 4.2.1 Projeções populacionais

Nas Tabelas 03 e 04 estão demonstradas as projeções da população total obtidas pelo método geométrico para os município de Cruzeiro do Sul e Lajeado.

**Tabela 3 - População Cruzeiro do Sul**

ANO	1991*	2000*	2010*	2015	2045
POPULAÇÃO	10798	11664	12320	12661	14917

\*Dados censitários.

Fonte: Elaborada pelo autor.

**Tabela 4 - População Lajeado**

ANO	1991*	2000*	2010*	2015	2045
POPULAÇÃO	63944	64133	71445	75410	104270

\*Dados censitários.

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 4.2.2 Consumo *per capita*

No Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Lajeado é previsto que o percentual de abastecimento de água é de 100% da população. Pela concessionária CORSAN é abastecido 89% e 11% pelo município em conjunto com particulares.

O Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Cruzeiro do Sul está em fase de elaboração, portanto para este trabalho de conclusão de curso será considerado que a cobertura prevista seja de 100% de abastecimento de água para a população urbana.

Os resultados dos cálculos da população atendida nos dois municípios ao longo do horizonte de projeto estão demonstrados na Tabela 05. Nesta tabela foi utilizada a vazão atual

da ETA de Lajeado de 235,92 l/s para estimativa do comportamento da vazão ao longo do tempo.

Como já mencionado, Gomes (2004) admite que o consumo doméstico varie entre 100 a 200 l/ hab. x dia. Neste estudo foi calculado o consumo *per capita* a partir dos dados obtidos junto a concessionária, sendo que foi encontrado um consumo *per capita* de 246,14 l/hab.dia, conforme Tabela 05.

**Tabela 5 - Consumo per capita Lajeado / Cruzeiro do Sul**

<b>CRUZEIRO DO SUL</b>	<b>2015</b>	<b>2045</b>
População total	12661	14917
Coeficiente de atendimento (população urbana)	60,68	60,68
População atendida	7683	9052
<b>LAJEADO</b>	<b>2015</b>	<b>2045</b>
População total	75410	104270
Coeficiente de atendimento (população urbana)	99,63	99,63
População atendida	75131	103884
População atendida pela ETA	82814	112936
Vazão da ETA (l/s)	235,92	321,74
Consumo <i>per capita</i> por habitante (l/hab.dia)	246,14	246,14

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Tabela 05 é possível observar que considerando o consumo por habitante constante ao longo do tempo a vazão cresce em função do crescimento da população.

Descontando do consumo *per capita* obtido na Tabela 5 o percentual de 37% relativo as perdas da concessionária, obteve-se o consumo de aproximadamente 156 l/s. Logo o consumo diário se enquadra na faixa de 100 a 200 l/hab. dia, conforme Gomes (2004).

### 4.2.3 Vazão

Determinada a população e o consumo *per capita* foi possível estimar as vazões correspondentes de cada parte do sistema, considerando que a vazão calculada para este trabalho será estimada até o reservatório, como pode ser observado na Tabela 06.

**Tabela 6 - Vazões por etapas Cruzeiro do Sul / Lajeado**

k1	1,2		
k2	1,5		
% CETA	1,03		
Qesp	0		
s/dia	86400		
qpc	246,14		
Q1	vazão da captação até a ETA (l/s)		
Q2	vazão da ETA até o reservatório (l/s)		
<b>CRUZEIRO DO SUL</b>		<b>VAZÕES</b>	
<b>Período</b>	<b>População</b>	<b>Q1</b>	<b>Q2</b>
2015	7683	27,05	26,27
2045	9052	31,87	30,95
<b>LAJEADO</b>		<b>VAZÕES</b>	
<b>Período</b>	<b>População</b>	<b>Q1</b>	<b>Q2</b>
2015	75131	264,55	256,84
2045	103884	365,79	355,14

Fonte: Elaborada pelo autor.

A vazão máxima em 2045 foi transformada de l/s para m<sup>3</sup>/s e também foi determinada a vazão média para 2045, conforme Tabela 07.

**Tabela 7 - Vazão máxima e média para Cruzeiro do Sul**

<b>Período</b>	<b>População</b>	<b>Vazão máxima (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Vazão média (m<sup>3</sup>/s)</b>
2045	9052	0,03095	0,02579

Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.2.4 Determinação da área da ETA

Como exposto na metodologia a determinação da área da ETA foi feita a partir da área do decantador, para isso, primeiramente foi preciso estimar esta área de decantação. Considerando que a ETA funcionará 24 horas por dia e conforme a NBR 12216, serão necessárias duas unidades iguais de decantação. A área do decantador pode ser obtida conhecendo a velocidade de sedimentação, que neste trabalho será de  $25\text{m}^3/\text{m}^2 \times \text{dia}$ .

$$25(\text{m}^3/\text{m}^2 * \text{dia}) = \frac{0,03095(\text{m}^3/\text{s}) \times 86400}{\text{Área do decantador} (\text{m}^2)} \quad (17)$$

A área de decantação obtida foi de  $106,96\text{m}^2$ , logo área de uma unidade de decantação é  $53,48\text{m}^2$ . Considerando que a decantação na ETA ocupa 50% da área total, a ETA terá uma área construída de  $213,92\text{m}^2$ . Será também considerado para este trabalho dois terrenos de área padrão, conforme Plano Diretor de  $12\text{m} \times 30\text{m}$  resultando em uma área total de lote para ETA de  $720\text{m}^2$ , considerando também uma futura ampliação da ETA.

Também em se tratando de área de terreno, este estudo abangerá o cálculo do custo de terreno para estações elevatórias, que conforme as Diretrizes para Implantação de Estação Elevatória de Esgoto - SANASA (2015), adota  $250,00\text{m}^2$ , logo neste estudo será considerado uma área de  $360\text{m}^2$ .

### 4.3 Aplicação das análises

No item 4.3.1 está enfatizado a apresentação da infra-estrutura existente de estação elevatória de água tratada e de reservatórios que operam em Cruzeiro do Sul e que são de posse da CORSAN do município de Lajeado. No item 4.3.2 é demonstrada a configuração de cada alternativa proposta por este trabalho. E no capítulo 4.3.3 está exposta os resultados da análise técnica – econômica pertinente a cada alternativa.

#### 4.3.1 Estrutura da CORSAN existente

Com auxílio da ferramenta Google Earth foi analisada a topografia da área urbana do município de Cruzeiro do Sul para a implantação do sistema de abastecimento água. A vista geral dessa área pode ser observada na Figura 09.

Uma consideração importante que foi adotada neste trabalho é quanto a captação, que será feita independentemente do local, pois foi considerada que a qualidade de água ao longo do Rio Taquari seja sempre constante.

**Figura 9 - Vista geral do relevo da área urbana de Cruzeiro do Sul**



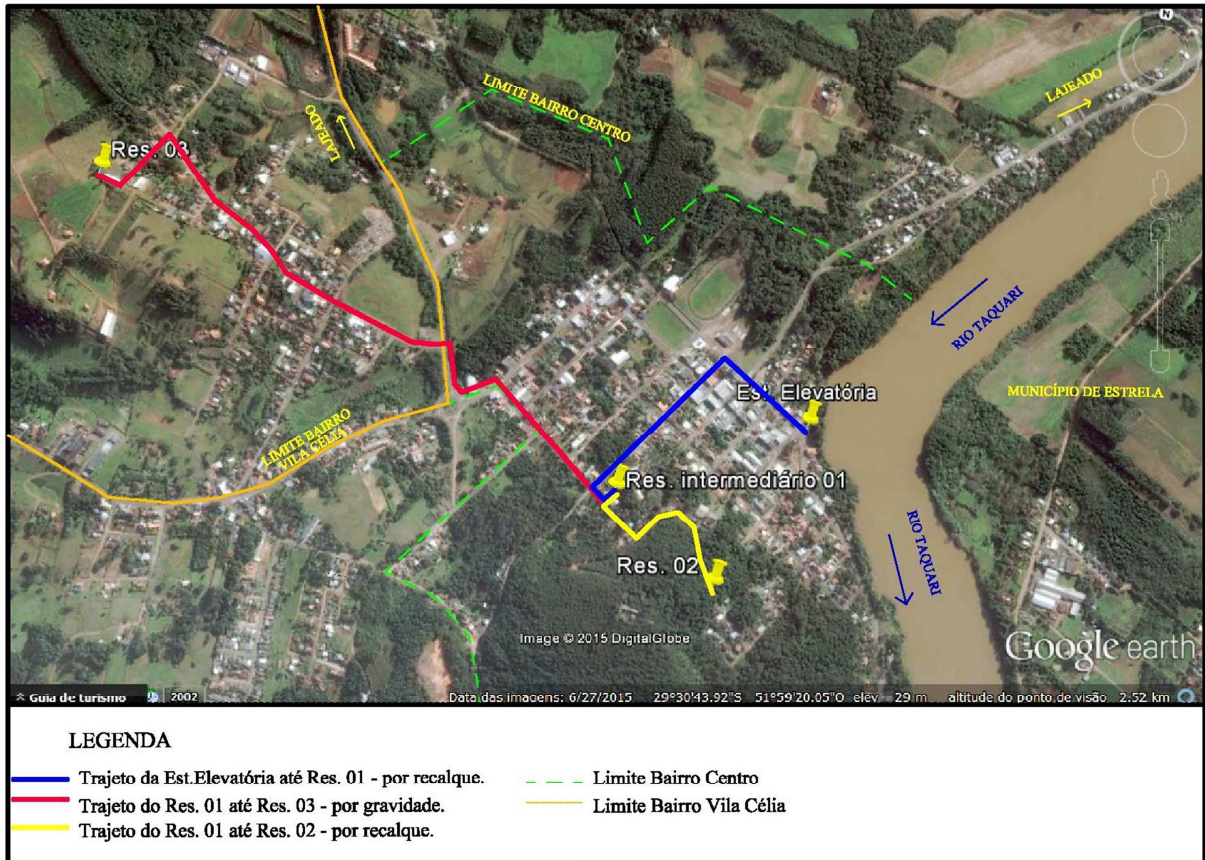
Fonte: Google Earth.

Na Figura 9 pode ser observado que o relevo principalmente na área central é muito acidentado e é nesta região que existe a maior concentração de residências e atividades comerciais.

Por esta razão nas três alternativas que foram apresentadas a seguir, o sistema de abastecimento de água contemplará a estação elevatória de recalque, a qual através do uso de bombas destinará a águas tratadas pela ETA até os reservatórios.

Para este trabalho foi considerado que o sistema de abastecimento usará a estrutura já existente de estação elevatória e os reservatórios de propriedade da CORSAN, como pode ser observado na Figura 10.

Figura 10 - Estrutura existente da CORSAN



Fonte: Google Earth (adaptada pelo autor).

Atualmente a água tratada pela ETA de Lajeado escoá até Cruzeiro por uma tubulação adjacente a Rua Rubem Feldens que está localizada as margens do Rio Taquari conforme a Figura 10. No bairro Centro estão localizadas a EBAT e os Reservatórios 01 e 02.

A EBAT destina a água tratada até um reservatório circular intermediário semienterrado (Res.01), localizado na Rua Conceição e deste ponto a água é destinada a dois reservatórios (Res. 02 e Res.03).

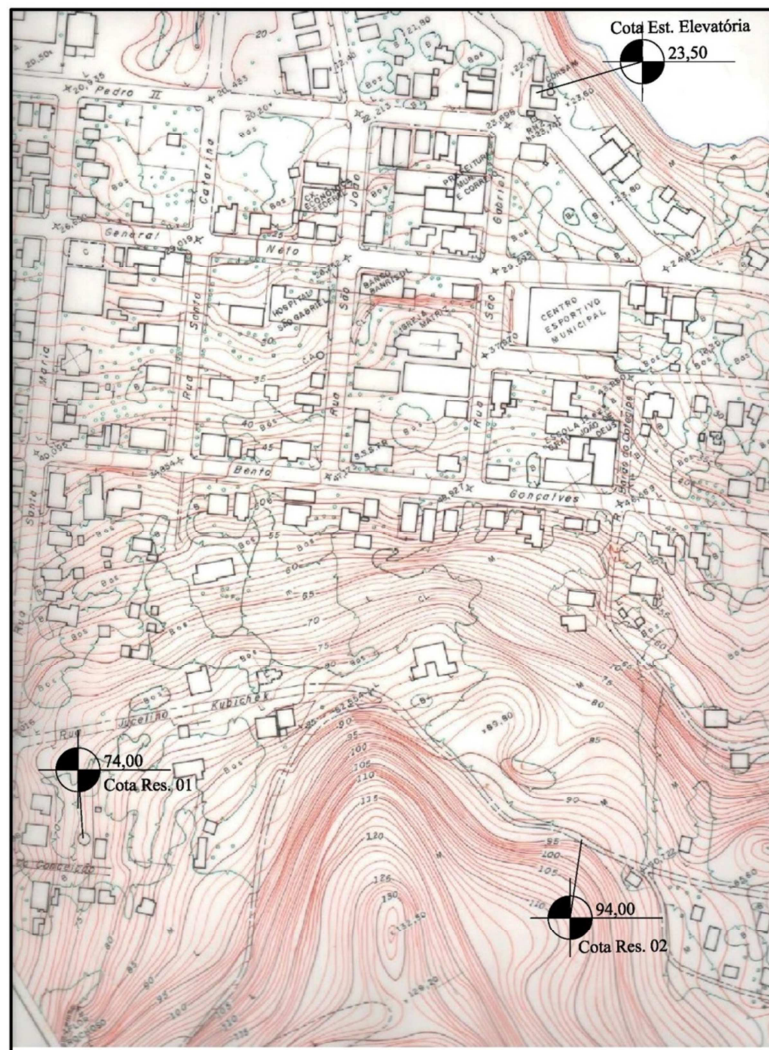
A água encaminhada ao Res. 02, que está localizado na Rua Juscelino Kubitscheck, necessita ser recalçada. Já a água destinada ao Res. 03 localizado na Rua Ida Helena Gregory, no bairro Vila Célia, escoá por gravidade a partir do reservatório 1.

Também será adotado que o conjunto de reservatórios atenderá suficientemente a demanda até o final do horizonte de projeto e a ETA a ser implantada será do tipo convencional.



As cotas aproximadas da EBAT e dos reservatórios 01 e 02 existentes estão demonstradas na Figura 11. Estas cotas foram extraídas das plantas cadastrais da Prefeitura Municipal de Cruzeiro do Sul, datadas de junho de 1989.

**Figura 11 - Cota da EBAT e Res. 01 e Res.02**



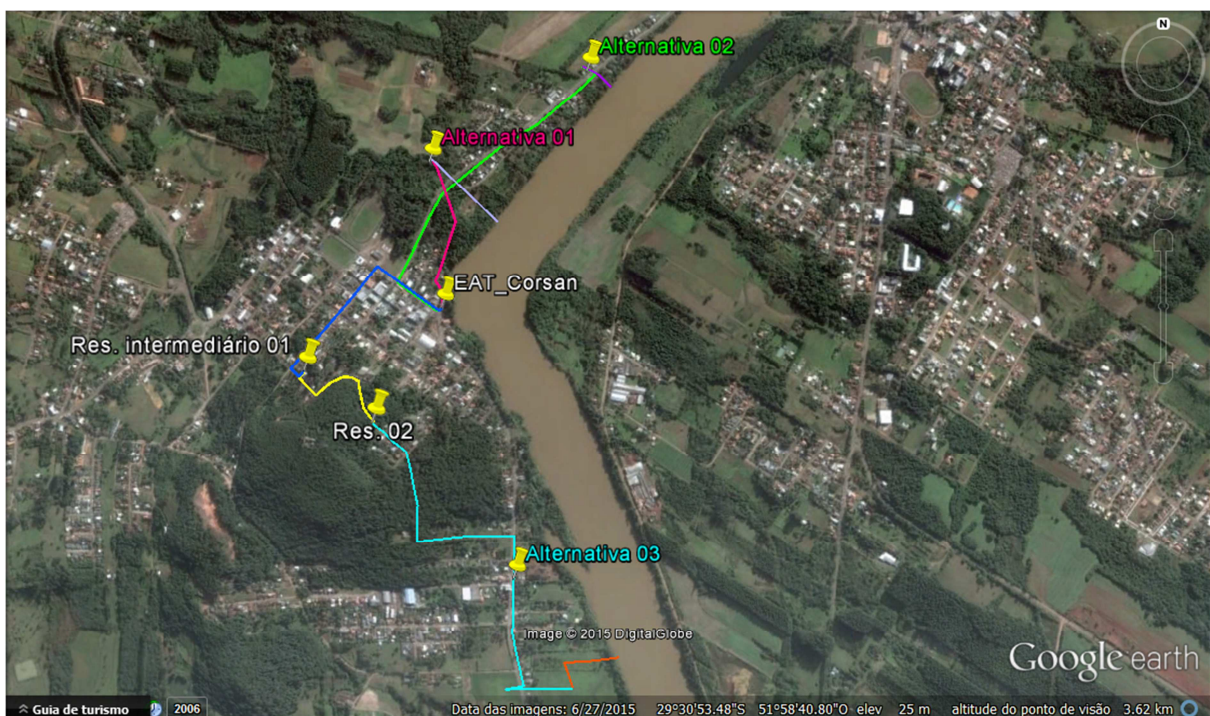
Fonte: Prefeitura de Cruzeiro do Sul (1989), (adaptada pelo autor).

### 4.3.2 Análise das áreas disponíveis

Para avaliar os locais de possível implantação do sistema de abastecimento de água, as alternativas abaixo se localizam na Vila Zwirtes e no bairro Glucostarck, sendo que a EBAT existente da CORSAN está situada no bairro Centro.

Na Figura 12 está demonstrada uma vista geral das alternativas propostas por este trabalho conjuntamente com a EBAT e os reservatórios da CORSAN.

**Figura 12 - Conjunto de alternativas para implantação do sistema**



Fonte: Google Earth.

#### Alternativa 01

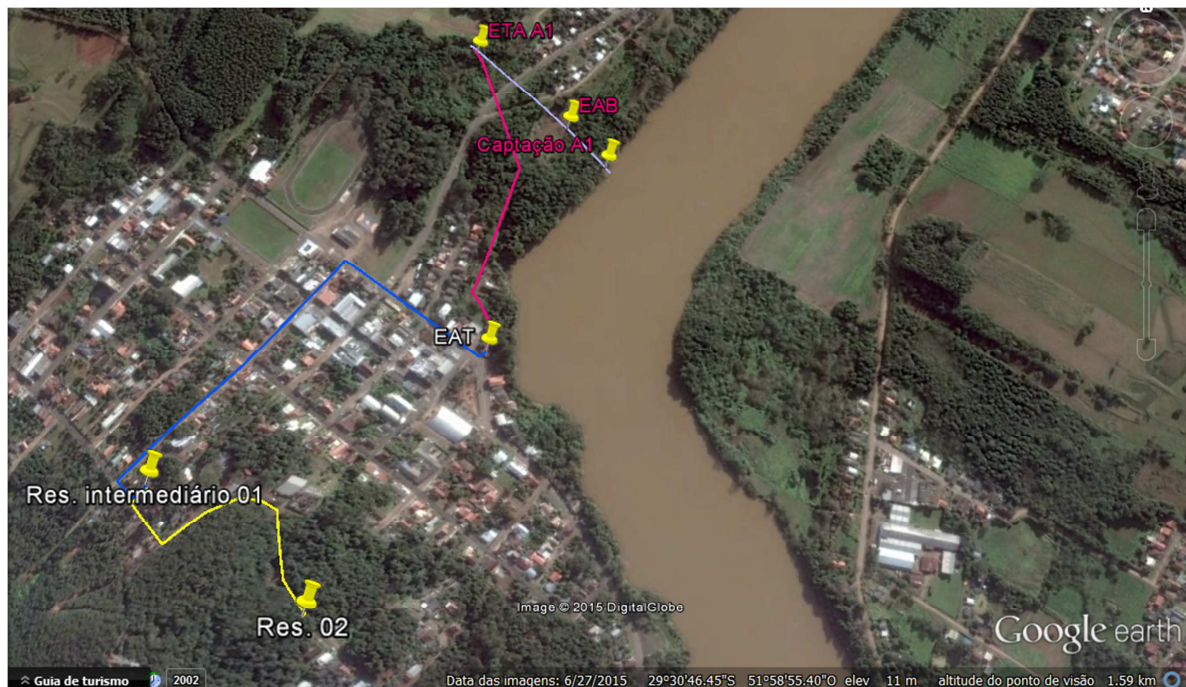
A alternativa 01 pode ser observada na Figura 13, localizada no início da Vila Zwirtes. Nessa alternativa a captação, a estação bombeamento de água bruta (EBAB) e a ETA estariam em áreas a serem adquiridas. A estação de bombeamento de água tratada (EBAT) e os reservatórios seriam os da CORSAN. O trecho da captação até a ETA é aproximadamente de 313 metros. O trecho entre a ETA até o reservatorio é de 1.729 metros.

Abaixo estão as cotas aproximadas dos locais:

- Captação: 18,00m
- EBAB: 25,00m
- ETA: 20,00m
- EBAT Corsan: 23,50 m
- Reservatório Corsan: 94,00m

O Desnível geométrico para cálculo da EBAB e EBAT é, respectivamente de 2 metros e 74 metros.

**Figura 13 - Alternativa 01.**



Fonte: Google Earth.

### Alternativa 02

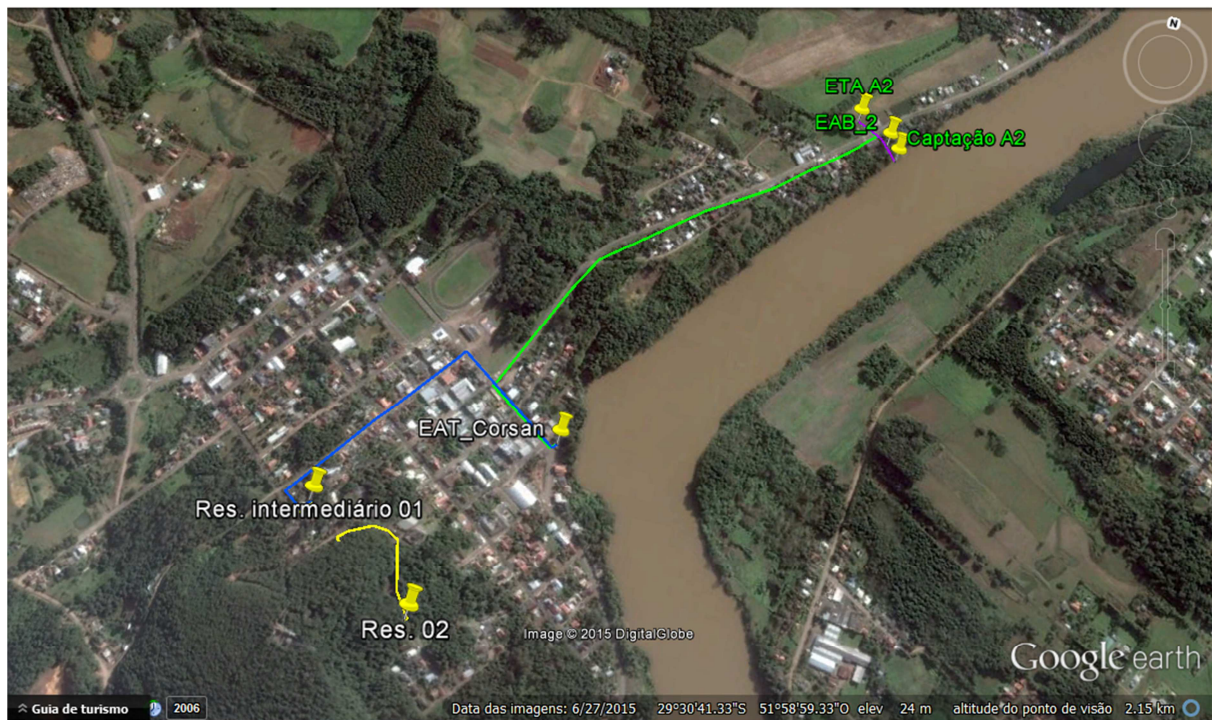
A alternativa 02 pode ser observada na Figura 14, localizada na Vila Zwirtes. Nessa alternativa as áreas para a captação, EBAB e da ETA necessitariam serem compradas. A EBAT e o reservatório permaneceriam em áreas de propriedade da Corsan. Nesta alternativa também foi encontrado um comprimento aproximado do trecho da captação até a ETA de 121 metros. O trecho entre a ETA até o reservatório é de 2.432 metros.

Abaixo estão as cotas aproximadas dos locais:

- Captação: 20,00m
- EBAB: 24,00m
- ETA: 24,00m
- EBAT Corsan: 23,50 m
- Reservatório Corsan: 94 m

O Desnível geométrico para cálculo da EBAB e EBAT é, respectivamente de 4 metros e 70 metros.

**Figura 14 - Alternativa 02**



Fonte: Google Earth.

### Alternativa 03

A alternativa 03 pode ser observada na Figura 15 e está localizada no bairro Glucostarck. Nesta alternativa a captação é feita a jusante da população abastecida. A áreas destinadas a captação, a EBAB, a ETA e a EBAT deverão ser compradas. Foi encontrado um

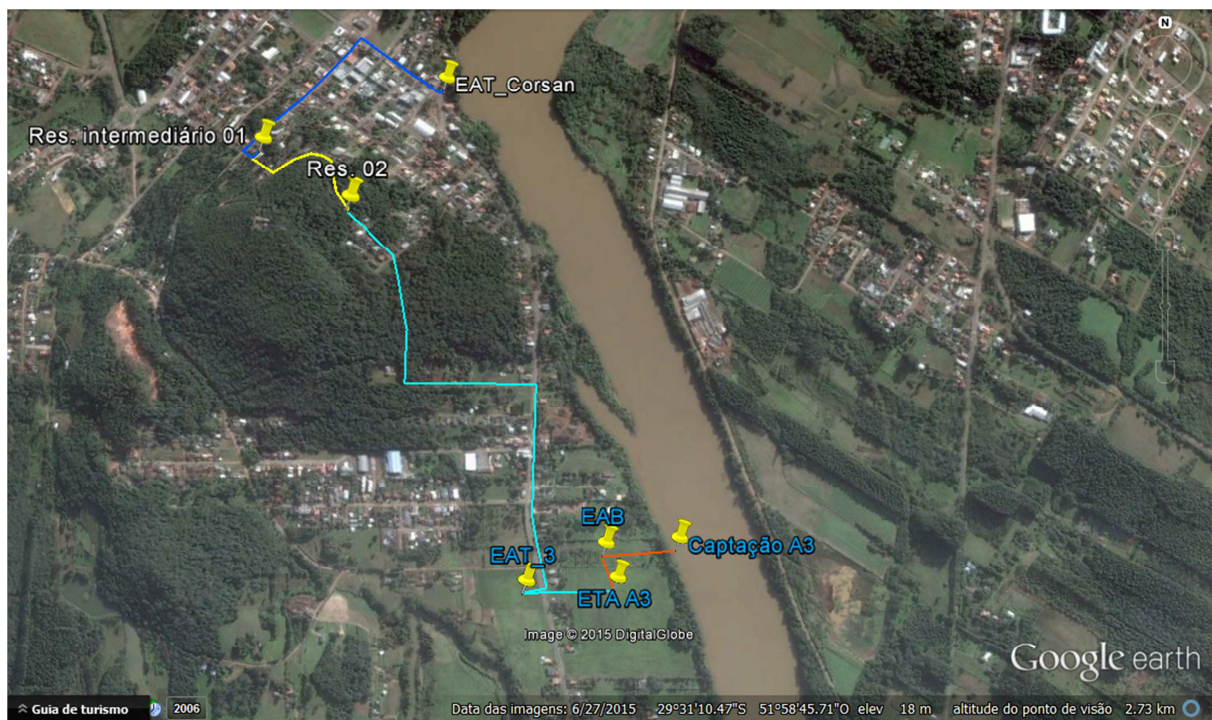
comprimento aproximado do trecho da captação até a ETA de 280 metros. O trecho entre a ETA até o reservatório é de 1.580 metros.

Abaixo estão as cotas aproximadas dos locais:

- Captação: 17,00m
- EBAB: 25
- ETA: 22,00m
- EBAT: 24 m
- Reservatório: 94 m

O Desnível geométrico para cálculo da EBAB e EBAT é, respectivamente de 5 metros e 72 metros.

**Figura 15 - Alternativa 03**



Fonte: Google Earth.

### 4.3.3 Análise técnica - econômica

Para análise das alternativas propostas por este trabalho foram realizados cálculos que tem o objetivo de determinar o custo final de cada alternativa possibilitando a comparação entre elas.

Os cálculos foram iniciados com a determinação do coeficiente de Bresse, para o qual foi adotada uma velocidade de 1,25 m/s e foram calculados com a vazão da captação até a ETA (Q1) e a vazão da ETA até o reservatório (Q2). Após isso foi estimado o diâmetro calculado, os resultados destes cálculos estão expostos na Tabela 08 e Tabela 09.

**Tabela 8 - Diâmetro calculado para vazão Q1**

Velocidade econômica, m/s; (1 a 1,5 m/s)	1,25
Coeficiente de Bresse (K)	1,26
Vazão, m <sup>3</sup> /s	0,03187
Diâmetro calculado (m)	0,225

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 9 - Diâmetro calculado para vazão Q2**

Velocidade econômica, m/s; (1 a 1,5 m/s)	1,25
Coeficiente de Bresse (K)	1,26
Vazão, m <sup>3</sup> /s	0,03095
Diâmetro calculado (m)	0,222

Fonte: Elaborado pelo autor.

Partindo dos diâmetros calculados foram analisados os diâmetros disponíveis no mercado. Para este trabalho os diâmetros nominais analisados serão de 150, 200, 250 e 300 milímetros de tubos de PVC do tipo DEFOFO para rede de água.

Foi elaborada uma composição do custo por metro de tubulação construída para cada diâmetro, a qual pode ser observada na Tabela 10. Sendo que para a escavação e o reaterro da

vala foi considerada que a dimensão da vala é 1,00 m x 1,00 m. Foi adotada a base de preços da Caixa Econômica Federal o SINAPI de agosto de 2015, opção desonerado.

**Tabela 10 - Preços de custo da tubulação e assentamento**

<b>DN</b>	<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unid.</b>	<b>Valor Unit.</b>
150	73888/004	Assentamento tubo PVC com junta elástica, DN 150mm - para água	M	2,56
	9828	Tubo PVC DEFOFO, JEI, 1 MPA, DN 150 MM, para rede de água	M	47,06
	3061	Escavação mecânica de vala	M <sup>3</sup>	5,02
	74015/001	Reaterro e compactação mecânico de vala	M <sup>3</sup>	23,2
<b>Custo do conjunto para DN 150</b>			<b>M</b>	<b>77,84</b>
200	73888/005	Assentamento tubo PVC com junta elástica, DN 200mm - para água	M	2,99
	9829	Tubo PVC DEFOFO, JEI, 1 MPA, DN 200 MM, para rede de água	M	83,78
	3061	Escavação mecânica de vala	M <sup>3</sup>	5,02
	74015/001	Reaterro e compactação mecânico de vala	M <sup>3</sup>	23,2
<b>Custo do conjunto para DN 200</b>			<b>M</b>	<b>114,99</b>
250	73888/006	Assentamento tubo PVC com junta elástica, DN 250mm - para água	M	3,42
	9826	Tubo PVC DEFOFO, JEI, 1 MPA, DN 250 MM, para rede de água	M	124,3
	3061	Escavação mecânica de vala	M <sup>3</sup>	5,02
	74015/001	Reaterro e compactação mecânico de vala	M <sup>3</sup>	23,2
<b>Custo do conjunto para DN 250</b>			<b>M</b>	<b>155,94</b>
300	73888/007	Assentamento tubo PVC com junta elástica, DN 300mm - para água	M	4,28
	9827	Tubo PVC DEFOFO, JEI, 1 MPA, DN 300 MM, para rede de água	M	180,65
	3061	Escavação mecânica de vala	M <sup>3</sup>	5,02
	74015/001	Reaterro e compactação mecânico de vala	M <sup>3</sup>	23,2
<b>Custo do conjunto para DN 300</b>			<b>M</b>	<b>213,15</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a definição da composição dos diâmetros foram realizados os cálculos de potência e de custos para cada alternativa.

### **ALTERNATIVA 01**

A Tabela 11 apresenta o resumo dos dados utilizados nos cálculos das EBAB e EBAT.

**Tabela 11 - Resumo de dados: Alternativa 01**

Velocidade econômica, m/s	1,25	Desnível (DN) metros - água tratada	74
Coefficiente de Bresse (K)	1,26	Número de horas de bombeamento (por dia)	20
Vazão máxima da ETA até reservatório, m <sup>3</sup> /s	0,03095	Número de horas de bombeamento anual (Nb)	7300
Vazão média, m <sup>3</sup> /s	0,02579	Rendimento ( $\eta$ )	0,7
Vazão máxima captação até ETA, m <sup>3</sup> /s	0,03187	Desnível (DN) metros - água bruta	2
Diâmetro calculado (m)	0,222	Custo unitário de energia ( $\rho$ ) em \$/kWh,	0,52535
Viscosidade cinemática ( $\nu$ )	0,000001007	Horizonte (anos)	30
Rugosidade ( $\epsilon$ )	0,001		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 12 estão apresentados os resultados dos cálculos para EBAT relativo ao número de Reynolds, ao coeficiente de atrito, as perdas de cargas máxima e média, a altura manométrica máxima e média e potência máxima e média.

Lembrando que para o cálculo de potência instalada foi necessário converter a potência máxima de KW para cavalo- vapor (CV) para definir o coeficiente de segurança da bomba na Tabela 02. Sendo que 1KW equivale a 1,36 CV.



**Tabela 12 - Cálculo de Potência para EBAT: Alternativa 01**

L1 (m)	1729			
Coeficiente de segurança da bomba (FS)	1,1			
<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
D(m)	0,15	0,2	0,25	0,3
Número de Reynolds (Re)	186196,62	248262,16	310327,71	372393,25
Coeficiente de atrito (f)	0,0169	0,0167	0,0166	0,0167
Perda de carga máxima (hf) em m	30,49	7,15	2,33	0,94
Perda de carga média (hf) em m	21,17	4,96	1,62	0,65
Altura manométrica máxima (H) m	104,49	81,15	76,33	74,94
Altura manométrica média (H) m	95,17	78,96	75,62	74,65
Potência máxima (KW)	45,32	35,2	33,11	32,5
Potência máxima (CV)	61,64	47,87	45,03	44,2
Potência média (KW)	34,4	28,54	27,33	26,98
Potência instalada (KW)	49,852	38,72	36,421	35,75

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 13 estão apresentados os resultados dos cálculos para EBAB do número de Reynolds, do coeficiente de atrito, das perdas de cargas máxima e média, a altura manométrica máxima e média e potência máxima e média. Aqui também para definição da potência instalada foi necessário converter a potência máxima de KW para cavalo- vapor (CV) para definir o coeficiente de segurança da bomba na Tabela 02.

**Tabela 13 - Cálculo de Potência para EBAB: Alternativa 01**

L1 (m)	313			
Coeficiente de segurança da bomba (FS)	1,3	1,3	1,5	1,5
<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
D(m)	0,15	0,2	0,25	0,3
Número de Reynolds (Re)	186197	248262,16	310327,71	372393,25
Coeficiente de atrito (f)	0,0169	0,0167	0,0166	0,0167
Perda de carga máxima (hf) em m	5,85	1,37	0,45	0,18
Perda de carga média (hf) em m	3,83	0,9	0,29	0,12
Altura manométrica máxima (H) m	7,85	3,37	2,45	2,18
Altura manométrica média (H) m	5,83	2,9	2,29	2,12
Potência máxima (KW)	3,51	1,51	1,09	0,97
Potência máxima (CV)	4,77	2,05	1,48	1,32
Potência média (KW)	2,11	1,05	0,83	0,77
Potência instalada (KW)	4,563	1,963	1,635	1,455

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após essas definições foi determinado o custo anual com energia para cada diâmetro para EBAT e EBAB, utilizando os valores de tarifa e o número de horas de bombeamento, conforme Tabela 11. Os valores estão demonstrados na Tabela 14 e 15.

**Tabela 14 - Custo anual com energia para EBAT: Alternativa 01**

<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
Custo de energia anual	R\$ 131.925,89	R\$ 109.452,47	R\$ 104.812,05	R\$ 103.469,78

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 15 - Custo anual com energia para EBAB: Alternativa 01**

<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
Custo de energia anual	R\$ 8.091,97	R\$ 4.026,81	R\$ 3.183,10	R\$ 2.952,99

Fonte: Elaborado pelo autor.

→ **Custos variáveis**

Energia

Na Tabela 16 foi calculado o fator de atualização do custo de energia anual. Na tabela 17 e 18 o fator de atualização foi multiplicado pelo custo de energia anual para EBAT e EBAB respectivamente.

**Tabela 16 – Cálculo do fator de atualização**

Taxa de juro anual (i)	0,12
Taxa de aumento energia (e)	0,09
Numero de anos de projeto(n)	30
Fator de Atualização (Fa)	18,57

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 17 - Custo de energia atualizado EBAT: Alternativa 01**

<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
Custo total de energia atualizado	R\$ 2.450.094,41	R\$ 2.032.723,68	R\$ 1.946.543,03	R\$ 1.921.614,75

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 18 - Custo de energia atualizado EBAB: Alternativa 01**

<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
Custo total de energia atualizado	R\$ 150.281,95	R\$ 74.784,86	R\$ 59.115,65	R\$ 54.842,23

Fonte: Elaborado pelo autor

### Operação e Manutenção

O valor do custo de operação e manutenção foi estabelecido com base nas figuras do artigo de Fernandez, Soares e Nunes (2005), de acordo com os anexos 6 até 11 e os anexos 12 até 15 referente à alternativa 01, onde estão destacados os valores utilizados para este trabalho. Enfatizando ainda que as figuras do artigo mencionado foram elaboradas para uma adutora de extensão de 10 km, desta forma os custos obtidos foram convertidos para a extensão correspondente a cada alternativa proposta.

Na Tabela 19 estão demonstrados os custos de operação e manutenção para a EBAB, sendo que para a determinação destes custos para a adutora e a ETA são utilizados a vazão em l/s e para EBAB é utilizada a potência instalada em CV, conforme os anexos A até V.

**Tabela 19 - Custo de operação e manutenção para EBAB: Alternativa 01**

<b>Componentes do sistema</b>		<b>OPERAÇÃO</b>		<b>MANUTENÇÃO</b>	
		Custo para 10km	Custo para 0,313km	Custo para 10km	Custo para 0,313km
Adutora de água bruta		R\$ 74.000,00	R\$ 2.316,20	R\$ 66.000,00	R\$2.065,80
EBAB	D 150mm	R\$ 125.400,00	R\$ 3.925,02	R\$ 68.000,00	R\$ 2.128,40
	D 200mm	R\$ 114.300,00	R\$ 3.577,59	R\$ 67.300,00	R\$ 2.106,49
	D 250mm	R\$ 113.000,00	R\$ 3.536,90	R\$ 67.200,00	R\$ 2.103,36
	D 300mm	R\$ 122.000,00	R\$ 3.818,60	R\$ 67.000,00	R\$ 2.097,10
ETA		R\$ 287.000,00	R\$ 8.983,10	R\$134.500,00	R\$ 4.209,85

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme a Tabela 19 foi possível a determinação do custo por diâmetro de operação e manutenção foi estabelecida a Tabela 20.

Tabela 20 - Custo de operação e manutenção por diâmetro - EBAB: Alternativa 01

<b>D 150mm</b>	<b>Operação</b>	<b>Manutenção</b>
Adutora	R\$ 2.316,20	R\$ 2.065,80
Es. Elev. D150mm	R\$ 3.925,02	R\$ 2.128,40
ETA	R\$ 8.983,10	R\$ 4.209,85
<b>Total</b>	<b>R\$ 15.224,32</b>	<b>R\$ 8.404,05</b>

<b>D 200mm</b>	<b>Operação</b>	<b>Manutenção</b>
Adutora	R\$ 2.316,20	R\$ 2.065,80
Es. Elev. D200mm	R\$ 3.577,59	R\$ 2.106,49
ETA	R\$ 8.983,10	R\$ 4.209,85
<b>Total</b>	<b>R\$ 14.876,89</b>	<b>R\$ 8.382,14</b>

<b>D 250mm</b>	<b>Operação</b>	<b>Manutenção</b>
Adutora	R\$ 2.316,20	R\$ 2.065,80
Es. Elev. D250mm	R\$ 3.536,90	R\$ 2.103,36
ETA	R\$ 8.983,10	R\$ 4.209,85
<b>Total</b>	<b>R\$ 14.836,20</b>	<b>R\$ 8.379,01</b>

<b>D 300mm</b>	<b>Operação</b>	<b>Manutenção</b>
Adutora	R\$ 2.316,20	R\$ 2.065,80
Es. Elev. D300mm	R\$ 3.818,60	R\$ 2.097,10
ETA	R\$ 8.983,10	R\$ 4.209,85
<b>Total</b>	<b>R\$ 15.117,90</b>	<b>R\$ 8.372,75</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Seguindo o esquema foi realizado para EBAB, foi definido dos custos para EBAT, conforme Tabela 21.

Tabela 21 - Custo de operação e manutenção para EBAT: Alternativa 01

<b>Componentes do sistema</b>		<b>OPERAÇÃO</b>		<b>MANUTENÇÃO</b>	
		Custo para 10km	Custo para 1,729km	Custo para 10km	Custo para 1,729km
Adutora de água tratada		R\$ 72.000,00	R\$ 12.448,80	R\$ 65.000,00	R\$ 11.238,50
EBAT	D 150mm	R\$ 317.000,00	R\$ 54.809,30	R\$ 73.300,00	R\$ 12.673,57
	D 200mm	R\$ 270.000,00	R\$ 46.683,00	R\$ 71.900,00	R\$ 12.431,51
	D 250mm	R\$ 260.000,00	R\$ 44.954,00	R\$ 71.600,00	R\$ 12.379,64
	D 300mm	R\$ 257.000,00	R\$ 44.435,30	R\$ 71.500,00	R\$ 12.362,35

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 22 - Custo de operação e manutenção por diâmetro - EBAT: Alternativa 01

<b>D 150mm</b>	<b>Operação</b>	<b>Manutenção</b>
Adutora	R\$ 12.448,80	R\$ 11.238,50
Es. Elev. D150mm	R\$ 54.809,30	R\$ 12.673,57
<b>Total</b>	<b>R\$ 67.258,10</b>	<b>R\$ 23.912,07</b>
<b>D 200mm</b>	<b>Operação</b>	<b>Manutenção</b>
Adutora	R\$ 12.448,80	R\$ 11.238,50
Es. Elev. D200mm	R\$ 46.683,00	R\$ 12.431,51
<b>Total</b>	<b>R\$ 59.131,80</b>	<b>R\$ 23.670,01</b>
<b>D 250mm</b>	<b>Operação</b>	<b>Manutenção</b>
Adutora	R\$ 12.448,80	R\$ 11.238,50
Es. Elev. D250mm	R\$ 44.954,00	R\$ 12.379,64
<b>Total</b>	<b>R\$ 57.402,80</b>	<b>R\$ 23.618,14</b>
<b>D 300mm</b>	<b>Operação</b>	<b>Manutenção</b>
Adutora	R\$ 12.448,80	R\$ 11.238,50
Es. Elev. D300mm	R\$ 44.435,30	R\$ 12.362,35
<b>Total</b>	<b>R\$ 56.884,10</b>	<b>R\$ 23.600,85</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os totais dos custos variáveis estão apresentados na Tabela 23.

**Tabela 23 - Custos variáveis: Alternativa 01**

D(mm)	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
<b>Água tratada</b>				
Custo total de energia atualizado	R\$ 2.450.094,41	R\$ 2.032.723,68	R\$ 1.946.543,03	R\$1.921.614,75
Custo de operação	R\$ 67.258,10	R\$ 59.131,80	R\$ 57.402,80	R\$ 56.884,10
Custo de manutenção	R\$ 23.912,07	R\$ 23.670,01	R\$ 23.618,14	R\$ 23.600,85
<b>Água bruta</b>				
Custo total de energia atualizado	R\$ 150.281,95	R\$ 74.784,86	R\$ 59.115,65	R\$ 54.842,23
Custo de operação	R\$ 15.224,32	R\$ 14.876,89	R\$ 14.836,20	R\$ 15.117,90
Custo de manutenção	R\$ 8.404,05	R\$ 8.382,14	R\$ 8.379,01	R\$ 8.372,75
<b>Totais Custos Variáveis</b>	<b>R\$ 2.715.174,91</b>	<b>R\$ 2.213.569,38</b>	<b>R\$2.109.894,83</b>	<b>R\$ 2.080.432,57</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

→ **Custos Fixos**

Tubulação

Para determinação deste custo, foi utilizado o preço do tubo por metro linear conforme Tabela 10 e o comprimento da tubulação.

**Tabela 24 - Custo da tubulação para EBAB: Alternativa 01**

DN (mm)	Extensão da adução (m)	Preço da tubulação	Custo da tubulação (R\$ x m)
150	313	R\$ 77,84	<b>R\$ 24.363,92</b>
200	313	R\$ 114,99	<b>R\$ 35.991,87</b>
250	313	R\$ 155,94	<b>R\$ 48.809,22</b>
300	313	R\$ 213,15	<b>R\$ 66.715,95</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 25 - Custo da tubulação para EBAT: Alternativa 01**

DN (mm)	Extensão da adução (m)	Preço da tubulação	Custo da tubulação (R\$ x m)
150	1729	R\$ 77,84	<b>R\$ 134.585,36</b>
200	1729	R\$ 114,99	<b>R\$ 198.817,71</b>
250	1729	R\$ 155,94	<b>R\$ 269.620,26</b>
300	1729	R\$ 213,15	<b>R\$ 368.536,35</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### Bomba

Conforme Nuvolari (2011) um conjunto motor bomba custa R\$ 14.000,00/KW, enfatizando que este valor é para o ano de 2011, devido a isso ele foi atualizado para 2015 através da correção monetária, resultando um valor de R\$ 18.805,36/KW. A estimativa de custo com o conjunto motor-bomba para as estações EBAB e EBAT está demonstrada Tabelas 26 e 27.

**Tabela 26 - Custo conjunto motor-bomba para EBAB: Alternativa 01**

DN (mm)	Custo da Bomba R\$/KW	Potência Instalada (KW)	Custo motor-bomba
150	R\$ 18.805,36	4,563	<b>R\$ 85.808,86</b>
200	R\$ 18.805,36	1,963	<b>R\$ 36.914,92</b>
250	R\$ 18.805,36	1,635	<b>R\$ 30.746,76</b>
300	R\$ 18.805,36	1,455	<b>R\$ 27.361,80</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 27 - Custo conjunto motor-bomba para EBAT: Alternativa 01**

DN (mm)	Custo da Bomba R\$/KW	Potência Instalada (KW)	Custo motor-bomba
150	R\$ 18.805,36	49,852	<b>R\$ 937.484,81</b>
200	R\$ 18.805,36	38,72	<b>R\$ 728.143,54</b>
250	R\$ 18.805,36	36,421	<b>R\$ 684.910,02</b>
300	R\$ 18.805,36	35,75	<b>R\$ 672.291,62</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### Terreno

Nesta alternativa foram necessários adquirir uma área de 360m<sup>2</sup> para instalação da EBAB e uma área de 720m<sup>2</sup> para a ETA. Foi utilizado também o custo aproximado da guia de transmissão de imóvel do município de Cruzeiro do Sul para a alternativa 01 que se localiza no início da Vila Zwirtes, conforme Tabelas 28 e 29.

**Tabela 28 - Custo do terreno para ETA: alternativa 01**

Área de terreno (m <sup>2</sup> )	720
Valor por m <sup>2</sup>	R\$ 70,00
Custo do terreno	R\$ 50.400,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 29 - Custo do terreno para EBAB: Alternativa 01**

Área terreno(m <sup>2</sup> )	360
Valor por m <sup>2</sup>	R\$ 70,00
Custo do terreno	R\$25.200,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

### Construção

O custo da construção da ETA é igual para todos os diâmetros. Para o cálculo deste item foi adotada a área da ETA já calculada anteriormente e o custo conforme o CUB conforme referencia setembro/2015. O resultado pode ser observado na Tabela 30.

**Tabela 30 - Custo de construção da ETA**

Área da ETA (m <sup>2</sup> )	213,92
Valor por m <sup>2</sup>	R 672,45
Custo da construção ETA	R\$ 143.850,50

Fonte: Elaborado pelo autor.

O custo da construção da EBAB também é igual para todos os diâmetros. Para calculo deste item foi adotada a área da EBAB já definida anteriormente e o custo conforme o CUB conforme referencia setembro/2015. O resultado pode ser observado na Tabela 31.



**Tabela 31 - Custo de construção da EBAB**

Área da EBAB (m <sup>2</sup> )	250,00
Valor por m <sup>2</sup>	R 672,45
Custo da construção EBAB	R\$ 168.112,50

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os totais dos custos fixos estão demonstrados na Tabela 32.

**Tabela 32 - Custos Fixos: Alternativa 01**

<b>D(mm)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
<b>EBAT</b>				
Custo da tubulação (R\$ x L)	R\$ 134.585,36	R\$ 198.817,71	R\$ 269.620,26	R\$ 368.536,35
Custo motor-bomba	R\$ 937.484,81	R\$ 728.143,54	R\$ 684.910,02	R\$ 672.291,62
<b>EBAB</b>				
Custo da tubulação (R\$ x L)	R\$ 24.363,92	R\$ 35.991,87	R\$ 48.809,22	R\$ 66.715,95
Custo motor-bomba	R\$ 85.808,86	R\$ 36.914,92	R\$ 30.746,76	R\$ 27.361,80
Custo do terreno	R\$ 25.200,00	R\$ 25.200,00	R\$ 25.200,00	R\$ 25.200,00
Construção EBAB	R\$ 168.112,50	R\$ 168.112,50	R\$ 168.112,50	R\$ 168.112,50
<b>ETA</b>				
Custo construção ETA	R\$ 143.850,50	R\$ 143.850,50	R\$ 143.850,50	R\$ 143.850,50
Custo do terreno	R\$ 50.400,00	R\$ 50.400,00	R\$ 50.400,00	R\$ 50.400,00
<b>Total Custos Fixos</b>	<b>R\$ 1.569.805,95</b>	<b>R\$ 1.387.431,04</b>	<b>R\$ 1.421.649,26</b>	<b>R\$ 1.522.468,72</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a definição dos custos variáveis e custos fixos, eles são somados para que se tenha o valor final correspondente para cada diâmetro da Alternativa 01. Estes dados estão expostos na Tabela 33.

**Tabela 33 - Custo total para cada diâmetro: Alternativa 01**

<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
Custos variáveis	R\$ 2.715.174,91	R\$ 2.213.569,38	R\$ 2.109.894,83	R\$ 2.080.432,57
Custos fixos	R\$ 1.569.805,95	R\$ 1.387.431,04	R\$ 1.421.649,26	R\$ 1.522.468,72
<b>Valor total</b>	<b>R\$ 4.284.980,85</b>	<b>R\$ 3.601.000,42</b>	<b>R\$ 3.531.544,10</b>	<b>R\$ 3.602.901,30</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

## **ALTERNATIVA 02**

A Tabela 34 apresenta o resumo dos dados utilizados para os cálculos das EBAB e EBAT.

**Tabela 34 - Resumo de dados: Alternativa 02**

Velocidade econômica, m/s;	1,25	Desnível (DN) - água tratada	70
Coefficiente de Bresse (K)	1,26	Número de horas de bombeamento (por dia)	20
Vazão máxima ETA até reservatório, m <sup>3</sup> /s	0,03095	Número de horas de bombeamento anual (Nb)	7300
Vazão média, m <sup>3</sup> /s	0,02579	Rendimento ( $\eta$ )	0,7
Vazão máxima captação até ETA, m <sup>3</sup> /s	0,03187	Desnível (DN) - água bruta	4
Diâmetro calculado (m)	0,222	Custo unitário de energia ( $\rho$ ) em \$/kWh	0,52535
Viscosidade cinemática ( $\nu$ )	0,000001007	Horizonte (anos)	30
Rugosidade ( $\epsilon$ )	0,001		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 35 estão apresentados os resultados dos cálculos para EBAT relativo ao número de Reynolds, ao coeficiente de atrito, as perdas de cargas máxima e média, a altura manométrica máxima e média e potência máxima e média.

Enfatizo que para o cálculo de potência instalada foi necessário converter a potência máxima de KW para cavalo- vapor (CV) para definir o coeficiente de segurança da bomba na Tabela 02. Sendo que 1KW equivale a 1,36 CV.

**Tabela 35 - Cálculo de Potência para EBAT: Alternativa 02**

L1 (m)	2432			
Coeficiente de segurança da bomba (FS)	1,1			
<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
D(m)	0,15	0,2	0,25	0,3
Número de Reynolds (Re)	186196,62	248262,16	310327,71	372393,25
Coeficiente de atrito (f)	0,0169	0,0167	0,0166	0,0167
Perda de carga máxima (hf) em m	42,88	10,06	3,28	1,32
Perda de carga média (hf) em m	29,78	6,98	2,27	0,92
Altura manométrica máxima (H) m	112,88	80,06	73,28	71,32
Altura manométrica média (H) m	99,78	76,98	72,27	70,92
Potência máxima (KW)	48,96	34,73	31,78	30,93
Potência máxima (CV)	66,59	47,23	43,22	42,06
Potência média (KW)	36,06	27,82	26,12	25,63
Potência instalada (KW)	53,856	38,203	34,958	34,02

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 36 estão apresentados os resultados dos cálculos para EBAB do número de Reynolds, do coeficiente de atrito, das perdas de cargas máxima e média, a altura manométrica máxima e média e potência máxima e média. Aqui também para definição da potência instalada foi necessário converter a potência máxima de KW para cavalo- vapor (CV) para definir o coeficiente de segurança da bomba na Tabela 02.

**Tabela 36 - Cálculo de Potência para EBAB: Alternativa 02**

L1 (m)	121			
Coeficiente de segurança da bomba (FS)	1,3	1,3	1,3	1,3
<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
D(m)	0,15	0,2	0,25	0,3
Número de Reynolds (Re)	186196,62	248262,16	310327,71	372393,25
Coeficiente de atrito (f)	0,0169	0,0167	0,0166	0,0167
Perda de carga máxima (hf) em m	2,26	0,53	0,17	0,07
Perda de carga média (hf) em m	1,48	0,35	0,11	0,05
Altura manométrica máxima (H) m	6,26	4,53	4,17	4,07
Altura manométrica média (H) m	5,48	4,35	4,11	4,05
Potência máxima (KW)	2,8	2,02	1,86	1,82
Potência máxima (CV)	3,81	2,75	2,53	2,48
Potência média (KW)	1,98	1,57	1,49	1,46
Potência instalada (KW)	3,64	2,626	2,418	2,366

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após esses cálculos foi determinado o custo anual com energia para cada diâmetro para EBAT e EBAB, utilizando os valores de tarifa e o número de horas de bombeamento, conforme Tabela 34. Os valores estão demonstrados na Tabela 37 e 38.

**Tabela 37 - Custo anual com energia para EBAT: Alternativa 02**

<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
Custo de energia anual	R\$138.292,08	R\$ 106.691,23	R\$ 100.171,64	R\$ 98.292,46

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 38 - Custo anual com energia para EBAB: Alternativa 02**

<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
Custo de energia anual	R\$ 7.593,41	R\$ 6.021,04	R\$ 5.714,23	R\$ 5.599,18

Fonte: Elaborado pelo autor.

→ **Custos variáveis**

Energia

Conforme já calculado na Tabela 16, o fator de atualização é de 18,57. Nas Tabelas 39 e 40 demonstram os valores do custo de energia anual atualizado em 30 anos para cada diâmetro.

**Tabela 39 - Custo de energia atualizado EBAT: Alternativa 02**

<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
Custo total de energia atualizado	R\$ 2.568.325,71	R\$ 1.981.442,63	R\$ 1.860.362,38	R\$ 1.825.462,78

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 40 - Custo de energia atualizado EBAB: Alternativa 02**

<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
Custo total de energia atualizado	R\$ 141.022,88	R\$ 111.821,17	R\$ 106.123,28	R\$ 103.986,57

Fonte: Elaborado pelo autor.

Operação e Manutenção

O valor do custo de operação e manutenção foi estabelecido com base nas figuras do artigo de Fernandez, Soares e Nunes (2005), de acordo com os anexos 6 até 11 e os anexos 16 até 19 referentes à alternativa 02, onde estão destacados os valores utilizados para este trabalho. Enfatizando ainda que as figuras do artigo mencionado foram elaboradas para uma adutora de extensão de 10 km, desta forma os custos obtidos foram convertidos para a extensão correspondente a cada alternativa proposta.

Na Tabela 41 estão demonstrados os custos de operação e manutenção para a EBAB, sendo que para a determinação destes custos para a adutora e a ETA são utilizados a vazão em l/s e para EBAB é utilizada a potência instalada em CV.

Tabela 41 - Custo de operação e manutenção para EBAB: Alternativa 02

Componentes do sistema		OPERAÇÃO		MANUTENÇÃO	
		Custo para 10km	Custo para 0,121km	Custo para 10km	Custo para 0,121km
Adutora de água bruta		R\$ 74.000,00	R\$ 895,40	R\$ 66.000,00	R\$ 798,60
EBAB	D 150mm	R\$ 121.400,00	R\$ 1.468,94	R\$ 67.500,00	R\$ 816,75
	D 200mm	R\$ 117.200,00	R\$ 1.418,12	R\$ 67.200,00	R\$ 813,12
	D 250mm	R\$ 116.300,00	R\$ 1.407,23	R\$ 67.200,00	R\$ 813,12
	D 300mm	R\$ 116.100,00	R\$ 1.404,81	R\$ 67.300,00	R\$ 814,33
ETA		R\$ 287.000,00	R\$ 3.472,70	R\$ 134.500,00	R\$ 1.627,45

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 42 - Custo de operação e manutenção por diâmetro - EBAB: Alternativa 02

D 150mm	Operação	Manutenção
Adutora	R\$ 895,40	R\$ 798,60
Es. Elev. D150mm	R\$ 1.468,94	R\$ 816,75
ETA	R\$ 3.472,70	R\$ 1.627,45
<b>Total</b>	<b>R\$ 5.837,04</b>	<b>R\$ 3.242,80</b>

D 200mm	Operação	Manutenção
Adutora	R\$ 895,40	R\$ 798,60
Es. Elev. D200mm	R\$ 1.418,12	R\$ 813,12
ETA	R\$ 3.472,70	R\$ 1.627,45
<b>Total</b>	<b>R\$ 5.786,22</b>	<b>R\$ 3.239,17</b>

D 250mm	Operação	Manutenção
Adutora	R\$ 895,40	R\$ 798,60
Es. Elev. D250mm	R\$ 1.407,23	R\$ 813,12
ETA	R\$ 3.472,70	R\$ 1.627,45
<b>Total</b>	<b>R\$ 5.775,33</b>	<b>R\$ 3.239,17</b>

D 300mm	Operação	Manutenção
Adutora	R\$ 895,40	R\$ 798,60
Es. Elev. D300mm	R\$ 1.404,81	R\$ 814,33
ETA	R\$ 3.472,70	R\$ 1.627,45
<b>Total</b>	<b>R\$ 5.772,91</b>	<b>R\$ 3.240,38</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Seguindo o esquema foi realizado para EBAB, foi definido dos custos para EBAT, conforme Tabela 43. Na tabela 44 estão demonstrados os custos de operação e manutenção por diâmetro para a EBAT desta alternativa.

**Tabela 43 - Custo de operação e manutenção para EBAT: Alternativa 02**

Componentes do sistema		OPERAÇÃO		MANUTENÇÃO	
		Custo para 10km	Custo para 2,432km	Custo para 10km	Custo para 2,432km
Adutora de água tratada		R\$ 72.000,00	R\$ 17.510,40	R\$ 65.000,00	R\$15.808,00
EBAT	D 150mm	R\$ 334.000,00	R\$ 81.228,80	R\$ 74.000,00	R\$17.996,80
	D 200mm	R\$ 267.500,00	R\$ 65.056,00	R\$ 71.800,00	R\$17.461,76
	D 250mm	R\$ 254.000,00	R\$ 61.772,80	R\$ 71.400,00	R\$17.364,48
	D 300mm	R\$ 250.000,00	R\$ 60.800,00	R\$ 71.300,00	R\$17.340,16

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 44 - Custo de operação e manutenção por diâmetro - EBAT: Alternativa 02**

<b>D 150mm</b>	<b>Operação</b>	<b>Manutenção</b>
Adutora	R\$ 17.510,40	R\$ 15.808,00
Es. Elev. D150mm	R\$ 81.228,80	R\$ 17.996,80
<b>Total</b>	<b>R\$ 98.739,20</b>	<b>R\$ 33.804,80</b>
<b>D 200mm</b>	<b>Operação</b>	<b>Manutenção</b>
Adutora	R\$ 17.510,40	R\$ 15.808,00
Es. Elev. D200mm	R\$ 65.056,00	R\$ 17.461,76
<b>Total</b>	<b>R\$ 82.566,40</b>	<b>R\$ 33.269,76</b>
<b>D 250mm</b>	<b>Operação</b>	<b>Manutenção</b>
Adutora	R\$ 17.510,40	R\$ 15.808,00
Es. Elev. D250mm	R\$ 61.772,80	R\$ 17.364,48
<b>Total</b>	<b>R\$ 79.283,20</b>	<b>R\$ 33.172,48</b>
<b>D 300mm</b>	<b>Operação</b>	<b>Manutenção</b>
Adutora	R\$ 17.510,40	R\$ 15.808,00
Es. Elev. D300mm	R\$ 60.800,00	R\$ 17.340,16
<b>Total</b>	<b>R\$ 78.310,40</b>	<b>R\$ 33.148,16</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os totais dos custos variáveis estão apresentados na Tabela 45.

**Tabela 45 - Custos variáveis: Alternativa 02**

D(mm)	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
<b>Água tratada</b>				
Custo total de energia atualizado	R\$ 2.568.325,71	R\$ 1.981.442,63	R\$ 1.860.362,38	R\$ 1.825.462,78
Custo de operação	R\$ 98.739,20	R\$ 82.566,40	R\$ 79.283,20	R\$ 78.310,40
Custo de manutenção	R\$ 33.804,80	R\$ 33.269,76	R\$ 33.172,48	R\$ 33.148,16
<b>Água bruta</b>				
Custo total de energia atualizado	R\$ 141.022,88	R\$ 111.821,17	R\$ 106.123,28	R\$ 103.986,57
Custo de operação	R\$ 5.837,04	R\$ 5.786,22	R\$ 5.775,33	R\$ 5.772,91
Custo de manutenção	R\$ 3.242,80	R\$ 3.239,17	R\$ 3.239,17	R\$ 3.240,38
<b>Total Custos Variáveis</b>	<b>R\$ 2.850.972,43</b>	<b>R\$ 2.218.125,35</b>	<b>R\$ 2.087.955,84</b>	<b>R\$ 2.049.921,20</b>

Fonte :Elaborado pelo autor.

→ **Custos Fixos**

Tubulação

Para determinação deste custo, foi utilizado o preço do tubo por metro linear conforme Tabela 10 e o comprimento da tubulação.

**Tabela 46 - Custo da tubulação para EBAB: Alternativa de 02**

DN (mm)	Extensão da adução (m)	Preço da tubulação	Custo da tubulação (R\$ x m)
150	121	R\$ 77,84	<b>R\$ 9.418,64</b>
200	121	R\$ 114,99	<b>R\$ 13.913,79</b>
250	121	R\$ 155,94	<b>R\$ 18.868,74</b>
300	121	R\$ 213,15	<b>R\$ 25.791,15</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.



**Tabela 47 - Custo da tubulação para EBAT: Alternativa de 02**

DN (mm)	Extensão da adução (m)	Tubulação	Custo da tubulação (R\$ x m)
150	2432	R\$ 77,84	<b>R\$ 189.306,88</b>
200	2432	R\$ 114,99	<b>R\$ 279.655,68</b>
250	2432	R\$ 155,94	<b>R\$ 379.246,08</b>
300	2432	R\$ 213,15	<b>R\$ 518.380,80</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### Bomba

Conforme Nuvolari (2011) um conjunto motor bomba custa R\$ 14.000,00/KW, enfatizando que este valor é para o ano de 2011, devido a isso ele foi atualizado para 2015 através da correção monetária, resultando um valor de R\$ 18.805,36/KW. A estimativa de custo com o conjunto motor-bomba para as estações EBAB e EBAT estão demonstrada tabelas Telas 48 e 49.

**Tabela 48 - Custo conjunto motor-bomba para EBAB: Alternativa 02**

DN (mm)	Custo da Bomba R\$/KW	Potência Instalada (KW)	Custo motor-bomba
150	R\$ 18.805,36	3,64	<b>R\$ 68.451,51</b>
200	R\$ 18.805,36	2,626	<b>R\$ 49.382,88</b>
250	R\$ 18.805,36	2,418	<b>R\$ 45.471,36</b>
300	R\$ 18.805,36	2,366	<b>R\$ 44.493,48</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 49 - Custo conjunto motor-bomba para EBAT: Alternativa 02**

DN (mm)	Custo da Bomba R\$/KW	Potência Instalada (KW)	Custo motor-bomba
150	R\$ 18.805,36	53,856	<b>R\$ 1.012.781,47</b>
200	R\$ 18.805,36	38,203	<b>R\$ 718.421,17</b>
250	R\$ 18.805,36	34,958	<b>R\$ 657.397,77</b>
300	R\$ 18.805,36	34,02	<b>R\$ 639.758,35</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

### Terreno

Nesta alternativa foram necessários adquirir uma área de 360m<sup>2</sup> para instalação da EBAB e uma área de 720m<sup>2</sup> para a ETA. Foi utilizado também o custo aproximado da guia de transmissão de imóvel do município de Cruzeiro do Sul para a alternativa 2 que se localiza na Vila Zwirtes, conforme Tabelas 50 e 51.

**Tabela 50 - Custo do terreno para ETA: alternativa 02**

Área de terreno (m <sup>2</sup> )	720
Valor por m <sup>2</sup>	R\$ 112,00
Custo do terreno	R\$ 80.640,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 51 - Custo do terreno para EBAB: Alternativa 02**

Área terreno(m <sup>2</sup> )	360
Valor por m <sup>2</sup>	R\$ 112,00
Custo do terreno	R\$40.320,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

### Construção

O custo da construção da ETA e da EBAB é igual para todas as alternativas e diâmetros, sendo o valor respectivamente de R\$ 143.850,50 e R\$ 168.112,50.

Os totais dos custos fixos estão demonstrados na Tabela 52.

Tabela 52 - Custos Fixos: Alternativa 02

D(mm)	150	200	250	300
<b>EBAT</b>				
Custo da tubulação (R\$ x L)	R\$ 189.306,88	R\$ 279.655,68	R\$ 379.246,08	R\$ 518.380,80
Custo motor-bomba	R\$ 68.451,51	R\$ 49.382,88	R\$ 45.471,36	R\$ 44.493,48
<b>EBAB</b>				
Custo da tubulação (R\$ x L)	R\$ 9.418,64	R\$ 13.913,79	R\$ 18.868,74	R\$ 25.791,15
Custo motor-bomba	R\$ 68.451,51	R\$ 49.382,88	R\$ 45.471,36	R\$ 44.493,48
Custo do terreno	R\$ 40.320,00	R\$ 40.320,00	R\$ 40.320,00	R\$ 40.320,00
Construção EBAB	R\$ 168.112,50	R\$ 168.112,50	R\$ 168.112,50	R\$ 168.112,50
<b>ETA</b>				
Custo construção ETA	R\$ 143.850,50	R\$ 143.850,50	R\$ 143.850,50	R\$ 143.850,50
Custo do terreno	R\$ 80.640,00	R\$ 80.640,00	R\$ 80.640,00	R\$ 80.640,00
<b>Total Custos Fixos</b>	<b>R\$ 1.712.881,50</b>	<b>R\$ 1.494.296,52</b>	<b>R\$ 1.533.906,96</b>	<b>R\$1.661.346,78</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Determinados os custos variáveis e custos fixos ambos foram somados para que se tenha o valor final correspondente para cada diâmetro da Alternativa 02. Estes dados estão expostos na Tabela 53.

Tabela 53 - Custo total para cada diâmetro: Alternativa 02

<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
Custos variáveis	R\$ 2.850.972,43	R\$ 2.218.125,35	R\$ 2.087.955,84	R\$ 2.049.921,20
Custos fixos	R\$ 1.712.881,50	R\$ 1.494.296,52	R\$ 1.533.906,96	R\$ 1.661.346,78
<b>Valor total</b>	<b>R\$ 4.563.853,93</b>	<b>R\$ 3.712.421,87</b>	<b>R\$ 3.621.862,80</b>	<b>R\$ 3.711.267,98</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

**ALTERNATIVA 03**

Esta alternativa se difere das anteriores, pois considera a construção de uma nova EBAT, além dos outros componentes já previstos nas alternativas anteriores. A Tabela 54 apresenta o resumo dos dados utilizados para os cálculos das EBAB e EBAT.

Tabela 54 - Resumo de dados: Alternativa 03

<b>Descrição</b>	<b>valor</b>	<b>Descrição</b>	<b>valor</b>
Velocidade econômica, m/s	1,25	Desnível (DN) - água tratada	72
Coefficiente de Bresse (K)	1,26	Número de horas de bombeamento (por dia)	20
Vazão máxima ETA até reservatório, m <sup>3</sup> /s	0,03095	Número de horas de bombeamento anual (Nb)	7300
Vazão média, m <sup>3</sup> /s	0,02579	Rendimento ( $\eta$ )	0,7
Vazão máxima captação até ETA, m <sup>3</sup> /s	0,03187	Desnível (DN) - água bruta	5
Diâmetro calculado (m)	0,222	Custo unitário de energia ( $\rho$ ) em \$/kWh,	0,52535
Viscosidade cinemática ( $\nu$ )	0,000001007	Horizonte (anos)	30
Rugosidade ( $\epsilon$ )	0,001		

Fonte: Elaborado pelo autor

Na Tabela 55 estão apresentados os resultados dos cálculos para EBAT relativo ao número de Reynolds, ao coeficiente de atrito, as perdas de cargas máxima e média, a altura manométrica máxima e média e potência máxima e média.

Para o cálculo de potência instalada foi necessário converter a potência máxima de KW para cavalo- vapor (CV) para definir o coeficiente de segurança da bomba na Tabela 02. Sendo que 1KW equivale a 1,36 CV.

**Tabela 55 - Cálculo de Potência para EBAT: Alternativa 03**

L1 (m)	1580			
Coeficiente de segurança da bomba (FS)	1,1			
<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
D(m)	0,15	0,2	0,25	0,3
Número de Reynolds (Re)	186196,62	248262,16	310328	372393
Coeficiente de atrito (f)	0,0169	0,0167	0,0166	0,0167
Perda de carga máxima (hf) em m	27,86	6,53	2,13	0,86
Perda de carga média (hf) em m	19,34	4,54	1,48	0,6
Altura manométrica máxima (H) m	99,86	78,53	74,13	72,86
Altura manométrica média (H) m	91,34	76,54	73,48	72,6
Potência máxima (KW)	43,31	34,06	32,15	31,6
Potência máxima (CV)	58,9	46,32	43,72	42,98
Potência média (KW)	33,01	27,66	26,56	26,24
Potência instalada (KW)	47,641	37,466	35,365	34,76

Fonte: Elaborado pelo autor

Na Tabela 56 estão apresentados os resultados dos cálculos para EBAB do número de Reynolds, do coeficiente de atrito, das perdas de cargas máxima e média, a altura manométrica máxima e média e potência máxima e média. Aqui também para definição da potência instalada foi necessário converter a potência máxima de KW para cavalo- vapor (CV) para definir o coeficiente de segurança da bomba na Tabela 02.

**Tabela 56 - Cálculo de Potência para EBAB: Alternativa 03**

L1 (m)	280			
Coeficiente de segurança da bomba (FS)	1,2	1,3	1,3	1,3
<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
D(m)	0,15	0,2	0,25	0,3
Número de Reynolds (Re)	186196,6 2	248262,16	310327,71	372393,25
Coeficiente de atrito (f)	0,0169	0,0167	0,0166	0,0167
Perda de carga máxima (hf) em m	5,24	1,23	0,4	0,16
Perda de carga média (hf) em m	3,43	0,8	0,26	0,11
Altura manométrica máxima (H) m	10,24	6,23	5,4	5,16
Altura manométrica média (H) m	8,43	5,8	5,26	5,11
Potência máxima (KW)	4,57	2,78	2,41	2,3
Potência máxima (CV)	6,22	3,78	3,28	3,13
Potência média (KW)	3,05	2,1	1,9	1,85
Potência instalada (KW)	5,484	3,614	3,133	2,99

Fonte: Elaborado pelo autor

Após esses cálculos foi determinado o custo anual com energia para cada diâmetro para EBAT e EBAB, utilizando os valores de tarifa e o número de horas de bombeamento, conforme Tabela 34. Os valores estão demonstrados na Tabela 57 e 58.

**Tabela 57 - Custo anual com energia para EBAT: Alternativa 03**

<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
Custo de energia anual	R\$ 126.595,17	R\$ 106.077,62	R\$ 101.859,06	R\$ 100.631,84

Fonte: Elaborado pelo autor

**Tabela 58 - Custo anual com energia para EBAB: Alternativa 03**

<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
Custo de energia anual	R\$ 11.696,92	R\$ 8.053,62	R\$ 7.286,60	R\$ 7.094,85

Fonte: Elaborado pelo autor

→ **Custos variáveis**

Energia

Conforme já calculado na Tabela 16, o fator de atualização é de 18,57. Nas Tabelas 59 e 60 demonstra os valores do custo de energia anual atualizado em 30 anos para cada diâmetro.

**Tabela 59 - Custo anual com energia para EBAT: Alternativa 03**

<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
Custo total de energia atualizado	R\$ 2.351.093,50	R\$ 1.970.046,84	R\$ 1.891.700,80	R\$1.868.909,23

Fonte: Elaborado pelo autor

**Tabela 60 - Custo anual com energia para EBAB: Alternativa 03**

<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
Custo total de energia atualizado	R\$ 217.232,21	R\$ 149.569,72	R\$ 135.324,98	R\$ 131.763,80

Fonte: Elaborado pelo autor

Operação e Manutenção

O valor do custo de operação e manutenção foi estabelecido com base nos dados obtidos a partir de Fernandez, Soares e Nunes (2005), de acordo com os anexos 6 até 11 e os anexos 20 até 23 referentes à alternativa 03, onde estão destacados os valores utilizados para este trabalho. Enfatizando ainda que as figuras do artigo mencionado foram elaboradas para uma adutora de extensão de 10 km, desta forma os custos obtidos foram convertidos para a extensão correspondente a cada alternativa proposta.

Na Tabela 61 estão demonstrados os custos de operação e manutenção para a EBAB, sendo que para a determinação destes custos para a adutora e a ETA são utilizados a vazão em l/s e para EBAB é utilizada a potência instalada em CV.

Tabela 61 - Custo de operação e manutenção para EBAB: Alternativa 03

Componentes do sistema		OPERAÇÃO		MANUTENÇÃO	
		Custo para 10km	Custo para 0,28km	Custo para 10km	Custo para 0,28km
Adutora de água bruta		R\$ 74.000,00	R\$ 2.072,00	R\$ 66.000,00	R\$ 1.848,00
EBAB	D 150mm	R\$ 129.300,00	R\$ 3.620,40	R\$ 67.600,00	R\$ 1.892,80
	D 200mm	R\$ 121.400,00	R\$ 3.399,20	R\$ 67.400,00	R\$ 1.887,20
	D 250mm	R\$ 119.300,00	R\$ 3.340,40	R\$ 67.300,00	R\$ 1.884,40
	D 300mm	R\$ 118.700,00	R\$ 3.323,60	R\$ 67.300,00	R\$ 1.884,40
ETA		R\$ 287.000,00	R\$ 8.036,00	R\$ 134.500,00	R\$ 3.766,00

Fonte: Elaborado pelo autor

Tabela 62 - Custo de operação e manutenção por diâmetro - EBAB: Alternativa 03

D 150mm	Operação	Manutenção
Adutora	R\$ 2.072,00	R\$ 1.848,00
Es. Elev. D150mm	R\$ 3.620,40	R\$ 1.892,80
ETA	R\$ 8.036,00	R\$ 3.766,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 13.728,40</b>	<b>R\$ 7.506,80</b>

D 200mm	Operação	Manutenção
Adutora	R\$ 2.072,00	R\$ 1.848,00
Es. Elev. D200mm	R\$ 3.399,20	R\$ 1.887,20
ETA	R\$ 8.036,00	R\$ 3.766,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 13.507,20</b>	<b>R\$ 7.501,20</b>

D 250mm	Operação	Manutenção
Adutora	R\$ 2.072,00	R\$ 1.848,00
Es. Elev. D250mm	R\$ 3.340,40	R\$ 1.884,40
ETA	R\$ 8.036,00	R\$ 3.766,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 13.448,40</b>	<b>R\$ 7.498,40</b>

D 300mm	Operação	Manutenção
Adutora	R\$ 2.072,00	R\$ 1.848,00
Es. Elev. D300mm	R\$ 3.323,60	R\$ 1.884,40
ETA	R\$ 8.036,00	R\$ 3.766,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 13.431,60</b>	<b>R\$ 7.498,40</b>

Fonte: Elaborado pelo autor



Seguindo o esquema foi realizado para EBAB, foi definido dos custos para EBAT, conforme Tabela 63. Na tabela 64 estão demonstrados os custos de operação e manutenção por diâmetro para a EBAT desta alternativa.

**Tabela 63 - Custo de operação e manutenção para EBAT: Alternativa 03**

Componentes do sistema		OPERAÇÃO		MANUTENÇÃO	
		Custo para 10km	Custo para 1,58km	Custo para 10km	Custo para 1,58km
Adutora de água tratada		R\$ 72.000,00	R\$ 11.376,00	R\$ 65.000,00	R\$ 10.270,00
EBAT	D 150mm	R\$307.400,00	R\$ 48.569,20	R\$ 73.300,00	R\$ 11.581,40
	D 200mm	R\$ 264.400,00	R\$ 41.775,20	R\$ 71.700,00	R\$ 11.328,60
	D 250mm	R\$ 255.600,00	R\$ 40.384,80	R\$ 71.500,00	R\$ 11.297,00
	D 300mm	R\$ 253.000,00	R\$ 39.974,00	R\$ 71.400,00	R\$ 11.281,20

Fonte: Elaborado pelo autor

**Tabela 64 - Custo de operação e manutenção por diâmetro - EBAT: Alternativa 03**

D 150mm	Operação	Manutenção
Adutora	R\$ 11.376,00	R\$ 10.270,00
Es. Elev. D150mm	R\$ 48.569,20	R\$ 11.581,40
<b>Total</b>	<b>R\$ 59.945,20</b>	<b>R\$ 21.851,40</b>
<b>D 200mm</b>		
	<b>Operação</b>	<b>Manutenção</b>
Adutora	R\$ 11.376,00	R\$ 10.270,00
Es. Elev. D200mm	R\$ 41.775,20	R\$ 11.328,60
<b>Total</b>	<b>R\$ 53.151,20</b>	<b>R\$ 21.598,60</b>
<b>D 250mm</b>		
	<b>Operação</b>	<b>Manutenção</b>
Adutora	R\$ 11.376,00	R\$ 10.270,00
Es. Elev. D250mm	R\$ 40.384,80	R\$ 11.297,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 51.760,80</b>	<b>R\$ 21.567,00</b>
<b>D 300mm</b>		
	<b>Operação</b>	<b>Manutenção</b>
Adutora	R\$ 11.376,00	R\$ 10.270,00
Es. Elev. D300mm	R\$ 39.974,00	R\$ 11.281,20
<b>Total</b>	<b>R\$ 51.350,00</b>	<b>R\$ 21.551,20</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Os totais dos custos variáveis estão apresentados na Tabela 65.

**Tabela 65 - Custos variáveis: Alternativa 03**

D(mm)	150	200	250	300
Água tratada				
Custo total de energia atualizado	R\$ 2.351.093,50	R\$ 1.970.046,84	R\$ 1.891.700,80	R\$ 1.868.909,23
Custo de operação	R\$ 59.945,20	R\$ 53.151,20	R\$ 51.760,80	R\$ 51.350,00
Custo de manutenção	R\$ 21.851,40	R\$ 21.598,60	R\$ 21.567,00	R\$ 21.551,20
Água bruta				
Custo total de energia atualizado	R\$ 217.232,21	R\$ 149.569,72	R\$ 135.324,98	R\$ 131.763,80
Custo de operação	R\$ 13.728,40	R\$ 13.507,20	R\$ 13.448,40	R\$ 13.431,60
Custo de manutenção	R\$ 7.506,80	R\$ 7.501,20	R\$ 7.498,40	R\$ 7.498,40
<b>Total Custos Variáveis</b>	<b>R\$ 2.671.357,51</b>	<b>R\$ 2.215.374,76</b>	<b>R\$ 2.121.300,38</b>	<b>R\$ 2.094.504,22</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

→ **Custos Fixos**Tubulação

Para determinação deste custo, foi utilizado o preço do tubo por metro linear conforme Tabela 10 e o comprimento da tubulação.

**Tabela 66 - Custo da tubulação para EBAB: Alternativa de 03**

DN (mm)	Extensão da adução (m)	Preço da tubulação	Custo da tubulação (R\$ x m)
150	280	R\$ 77,84	<b>R\$ 21.795,20</b>
200	280	R\$ 114,99	<b>R\$ 32.197,20</b>
250	280	R\$ 155,94	<b>R\$ 43.663,20</b>
300	280	R\$ 213,15	<b>R\$ 59.682,00</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

**Tabela 67 - Custo da tubulação para EBAT: Alternativa de 03**

DN (mm)	Extensão da adução (m)	Tubulação	Custo da tubulação (R\$ x m)
150	1580	R\$ 77,84	<b>R\$ 122.987,20</b>
200	1580	R\$ 114,99	<b>R\$ 181.684,20</b>
250	1580	R\$ 155,94	<b>R\$ 246.385,20</b>
300	1580	R\$ 213,15	<b>R\$ 336.777,00</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

### Bomba

Conforme Nuvolari (2011) um conjunto motor bomba custa R\$ 14.000,00/KW, enfatizando que este valor é para o ano de 2011, devido a isso ele foi atualizado para 2015 através da correção monetária, resultando um valor de R\$ 18.805,36/KW. A estimativa de custo com o conjunto motor-bomba para as estações EBAB e EBAT está demonstrada tabelas Telas 68 e 69.

**Tabela 68 - Custo conjunto motor-bomba para EBAB: Alternativa 03**

DN (mm)	Custo da Bomba R\$/KW	Potência Instalada (KW)	Custo motor-bomba
150	R\$ 18.805,36	5,484	<b>R\$ 103.128,59</b>
200	R\$ 18.805,36	3,614	<b>R\$ 67.962,57</b>
250	R\$ 18.805,36	3,133	<b>R\$ 58.917,19</b>
300	R\$ 18.805,36	2,99	<b>R\$ 56.228,03</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 69 - Custo conjunto motor-bomba para EBAT: Alternativa 03**

DN (mm)	Custo da Bomba R\$/KW	Potência Instalada (KW)	Custo motor-bomba
150	R\$ 18.805,36	47,641	<b>R\$ 895.906,16</b>
200	R\$ 18.805,36	37,466	<b>R\$ 704.561,62</b>
250	R\$ 18.805,36	35,365	<b>R\$ 665.051,56</b>
300	R\$ 18.805,36	34,76	<b>R\$ 653.674,31</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### Terreno

Nesta alternativa foram necessários adquirir uma área de 360m<sup>2</sup> para instalação da EBAB, uma área de 360m<sup>2</sup> para a EBAT e uma área de 720m<sup>2</sup> para a ETA. Foi utilizado também o custo aproximado da guia de transmissão de imóvel do município de Cruzeiro do Sul para a alternativa 3 que se localiza bairro Glucostarck, conforme Tabelas 70,71 e 72.

**Tabela 70 - Custo do terreno para ETA: alternativa 03**

Área terreno (m <sup>2</sup> )	720
Valor por m <sup>2</sup>	R\$ 140,00
Custo do terreno	R\$ 100.800,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 71 - Custo do terreno para EBAB: Alternativa 03**

Área terreno(m <sup>2</sup> )	360
Valor por m <sup>2</sup>	R\$ 140,00
Custo do terreno	R\$ 50.400,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

**Tabela 72 - Custo do terreno para EBAT: Alternativa 03**

Área terreno(m <sup>2</sup> )	360
Valor por m <sup>2</sup>	R\$ 140,00
Custo do terreno	R\$ 50.400,00

Fonte: Elaborado pelo autor

### Construção

Foi utilizado valor já calculado anteriormente do custo da construção da ETA e da EBAB, também nesta alternativa foi adotado a construção de uma EBAT. Foi utilizada a área de construção pelo preço do CUB- referencia mês de setembro/2015. O valor da construção da ETA, EBAB e EBAT é respectivamente de R\$ 143.850,50, R\$ 168.112,50 e R\$ 168.112,50 reais.

Os totais dos custos fixos estão demonstrados na Tabela 73.

Tabela 73 - Custos Fixos: Alternativa 03

<b>D(mm)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
<b>EBAT</b>				
Custo da tubulação (R\$ x L)	R\$ 122.987,20	R\$ 181.684,20	R\$ 246.385,20	R\$ 336.777,00
Custo motor-bomba	R\$ 895.906,16	R\$ 704.561,62	R\$ 665.051,56	R\$ 653.674,31
Custo do terreno	R\$ 50.400,00	R\$ 50.400,00	R\$ 50.400,00	R\$ 50.400,00
Construção EBAT	R\$ 168.112,50	R\$ 168.112,50	R\$ 168.112,50	R\$ 168.112,50
<b>EBAB</b>				
Custo da tubulação (R\$ x L)	R\$ 21.795,20	R\$ 32.197,20	R\$ 43.663,20	R\$ 59.682,00
Custo motor-bomba	R\$ 103.128,59	R\$ 67.962,57	R\$ 58.917,19	R\$ 56.228,03
Custo do terreno	R\$ 50.400,00	R\$ 50.400,00	R\$ 50.400,00	R\$ 50.400,00
Construção EBAB	R\$ 168.112,50	R\$ 168.112,50	R\$ 168.112,50	R\$ 168.112,50
<b>ETA</b>				
Custo construção ETA	R\$ 143.850,50	R\$ 143.850,50	R\$ 143.850,50	R\$ 143.850,50
Custo do terreno	R\$ 100.800,00	R\$ 100.800,00	R\$ 100.800,00	R\$ 100.800,00
<b>Total Custos Fixos</b>	<b>R\$ 1.825.492,65</b>	<b>R\$ 1.668.081,09</b>	<b>R\$ 1.695.692,65</b>	<b>R\$1.788.036,84</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

Finalizada a determinação dos custos variáveis e custos fixos ambos foram somados para que se tenha o valor final correspondente para cada diâmetro da Alternativa 03. Estes dados estão expostos na Tabela 74.

**Tabela 74 - Custo total para cada diâmetro: Alternativa 03**

<b>D(m m)</b>	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
Custos variáveis	R\$ 2.671.357,51	R\$ 2.215.374,76	R\$ 2.121.300,38	R\$ 2.094.504,22
Custos fixos	R\$ 1.825.492,65	R\$ 1.668.081,09	R\$ 1.695.692,65	R\$ 1.788.036,84
<b>Valor total</b>	<b>R\$ 4.496.850,17</b>	<b>R\$ 3.883.455,85</b>	<b>R\$ 3.816.993,04</b>	<b>R\$ 3.882.541,07</b>

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.3.4 Comparativo das alternativas

Depois de concluída a apuração dos custos variáveis e fixos para cada alternativa proposta, os resultados foram reunidos e podem ser conferidos nas Tabelas 75 e 76.

**Tabela 75 –Total custos fixos por diâmetro para cada alternativa**

<b>Alternativas</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>			
	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
<b>1</b>	R\$ 1.569.805,95	R\$ 1.387.431,04	R\$ 1.421.649,26	R\$ 1.522.468,72
<b>2</b>	R\$ 1.712.881,50	R\$ 1.494.296,52	R\$ 1.533.906,96	R\$ 1.661.346,78
<b>3</b>	R\$ 1.825.492,65	R\$ 1.668.081,09	R\$ 1.695.692,65	R\$ 1.788.036,84

Fonte: Elaborado pelo autor

**Tabela 76 - Total custos variáveis por diâmetro pra cada alternativa**

<b>Alternativas</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>			
	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>
<b>1</b>	R\$ 2.715.174,91	R\$ 2.213.569,38	R\$ 2.109.894,83	R\$ 2.080.432,57
<b>2</b>	R\$ 2.850.972,43	R\$ 2.218.125,35	R\$ 2.087.955,84	R\$ 2.049.921,20
<b>3</b>	R\$ 2.671.357,51	R\$ 2.215.374,76	R\$ 2.121.300,38	R\$ 2.094.504,22

Fonte: Elaborado pelo autor

Na Tabela 77 estão demonstrados os valores finais totais respectivos a cada alternativa.

**Tabela 77 - Valor final por diâmetro para cada alternativa**

Alternativas	Diâmetro (mm)			
	150	200	250	300
<b>1</b>	R\$ 4.284.980,85	R\$ 3.601.000,42	R\$ 3.531.544,10	R\$ 3.602.901,30
<b>2</b>	R\$ 4.563.853,93	R\$ 3.712.421,87	R\$ 3.621.862,80	R\$ 3.711.267,98
<b>3</b>	R\$ 4.496.850,17	R\$ 3.883.455,85	R\$ 3.816.993,04	R\$ 3.882.541,07

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando a Tabela 75, é observado que a em todas as alternativas a tubulação de diâmetro de 300 mm apresenta valor próximo ao custo de implantação da tubulação de 200 mm e que o diâmetro de 250 mm foi o mais econômico encontrado em cada alternativa. Resultando em um menor custo na implantação da Alternativa 01 do diâmetro 250 mm.

Referente aos valores obtidos na Tabela 75 e partindo da população estimada é possível definir qual componente do sistema de abastecimento que tem o maior custo de implantação.

Sendo assim a população estimada para Cruzeiro do Sul no ano de 2045 foi de 14.917 habitantes, sendo 9.052 habitantes que serão atendidos pelo abastecimento proposto. Conforme a Tabela 01 se enquadra na faixa entre  $10.000 \leq P$  (habitantes), nesta faixa é característico que o maior custo de implantação do sistema convencional é das redes de distribuição que possui 38% seguido pela captação que detém 30% do custo.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo foi realizado partindo do anseio do município de Cruzeiro do Sul em averiguar a viabilidade econômica para a implantação de um sistema de abastecimento novo no município de Cruzeiro do Sul.

Com base nisso neste capítulo estão demonstradas as conclusões obtidas a partir das análises realizadas e dos resultados encontrados para a implantação do sistema.

Quanto aos sistemas propostos, as alternativas 01 e 02 possuem configurações semelhantes, pois a captação é feita a montante do bairro Centro, também utilizariam a EBAT já existente, apenas necessitando a construção da ETA e EBAB. Já a alternativa 03 está localizada a jusante do bairro Centro dessa forma além da construção da ETA e da EBAB nesta alternativa será preciso à construção de uma nova EBAT.

Relativos aos custos apurados nas alternativas propostas para o sistema de abastecimento de água foram analisados quatro diâmetros, sendo eles de 150 mm, 200 mm, 250 mm e 300 mm. Depois de realizada as verificações técnicas elaboradas as condições econômicas de cada alternativa.

É importante salientar que o custo para disposição do lodo gerado nas unidades será igual para todas as alternativas estudadas e portando desconsiderado na compatibilização dos custos relativos a cada alternativa.

Partindo disso para a definição do custo total de implantação do sistema, foram somados os custos fixos e custos variáveis. Analisando o total obtido foi constatado que diâmetro de 300 mm apresenta valor próximo ao custo de implantação da tubulação de 200 e que de todas as opções verificadas o diâmetro de 250 mm foi o mais econômico.

A alternativa 01 é a menos onerosa para implantação do sistema mesmo que nesta opção o comprimento da tubulação é superior que a alternativa 03 que representa o menor comprimento analisado entre todas as alternativas. Já alternativa 02 mostrou-se um pouco mais onerosa e a alternativa 03 localizada a jusante da população é a que apresenta custo superior de todas as analisadas, tendo em vista que nesta opção foi necessário compatibilizar a construção de uma nova EBAT.



Portanto, a implantação de um sistema novo de abastecimento em Cruzeiro do Sul é uma opção interessante, uma vez que, a ETA de Lajeado atinja o seu limite de operação e deixe de atender suficientemente a demanda para os municípios de Cruzeiro do Sul e Lajeado. Outro fator importante é que este estudo pode a ser um parâmetro para negociações entre a CORSAN e o município de Cruzeiro do Sul.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12211*: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro, 1992.

\_\_\_\_\_. NBR 12213 – Projeto de captação água de superfície para abastecimento público 1992.

\_\_\_\_\_. NBR 12214 – Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público 1992.

\_\_\_\_\_. NBR 12215 – Projeto de adutora de água para abastecimento público 1991.

\_\_\_\_\_. NBR 12216 – Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público 1992.

\_\_\_\_\_. NBR 12218 – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público 1994.

AESSUL, Distribuidora Gaúcha de Energia. Disponível em: <https://www.aessul.com.br/areacliente/servicos/taxase.bt.asp> > Acesso em: 26 de set. de 2015.

AZEVEDO NETTO, J.M. et al: *Manual de Hidráulica*. 8ª. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1998.

BANCO CENTRAL DO BRASIL, Calculadora do cidadão. Disponível em: < <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPublico/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice>> Acesso em: 12 de nov. de 2015.

BRASIL, Portaria nº 2914, 12 de dezembro de 2011. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 14 dez. 2011. Disponível em: <[http://www.cvs.saude.sp.gov.br/zip/Portaria\\_MS\\_2914-11.pdf](http://www.cvs.saude.sp.gov.br/zip/Portaria_MS_2914-11.pdf) > Acesso em: 20 de março de 2015.

CAIXA, Caixa Econômica Federal. Disponível em: <[http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2014-rs/SINAPI\\_Custo\\_ref\\_Composicoes\\_RS\\_082015\\_Desonerado.pdf](http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2014-rs/SINAPI_Custo_ref_Composicoes_RS_082015_Desonerado.pdf)>; Acesso em: 31 de out. de 2015.

CAIXA, Caixa Econômica Federal. Disponível em: <[http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2014-rs/SINAPI\\_Precos\\_Ref\\_Insumos\\_RS\\_082015\\_Desonerado.pdf](http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2014-rs/SINAPI_Precos_Ref_Insumos_RS_082015_Desonerado.pdf)>. Acesso em: 31 de out. de 2015

CEDAE, Companhia Estadual das Águas e Esgotos. *Norma geral para projeto e construção de estações elevatórias de água*. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em < <http://www.cedae.com.br/div/normacedaelevatoriaagua.pdf>> Aceso em: 31 de out. de 2015.

CRUZEIRO DO SUL. Lei nº 965-02/2010. *Autoriza a realização de Convênios de Cooperação com o Estado do Rio Grande do Sul e com a Agência Estadual de Regulação dos*

*Serviços Públicos Delegados do Rio Grande do Sul, a celebração de Contrato de Programa com a CORSAN e dá outras providências.* Cruzeiro do Sul, 2010.

CRUZEIRO DO SUL, Prefeitura Municipal de Cruzeiro do Sul. Disponível em: <<http://www.cruzeiro.rs.gov.br/site/docs/mapas/mapUrbano.pdf?440bc8>> Acesso em: 05 de nov. de 2015.

FERNANDEZ, J.C.; GARRIDO, R.J. *Economia dos Recursos Hídricos*. 1ª. ed. Salvador: Edufba, 2003.

FERNANDEZ, M. F; SOARES. S.R. A; NUNES, C.M. *Estimativas de preços de implantação, operação e manutenção de unidades e de sistemas de adução, de bombeamento e de tratamento de água*. Revista AIDIS, 2005 Disponível em: <[http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR02272\\_Fernandez.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR02272_Fernandez.pdf).> Acesso em: 30 de out. de 2015.

GOLÇAVES, Ricardo Franci (Coord) et al: *PROSAB: Uso racional da água e energia: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água*. 1ª ed. Vitória: ABES, 2009. Disponível em <<http://www.finep.gov.br/prosab/produtos.htm>> Acesso em: 03 de março de 2015.

GOOGLE EARTH, Disponível em: < <http://www.google.com/earth/>>.

GOMES, Heber Pimentel. *Sistemas de Abastecimento de Água: Dimensionamento Econômico e Operação de Redes e Elevatórias*. 2ª ed. João Pessoa: Editora Universitária, 2004.

HELLER, L.; PÁDUA, V.L. *Abastecimento de água para consumo humano*. 1ª ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

IBGE, Desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=430620&search=||infográfic:informações-completas>> Acesso em: 23 de jun. de 2015

IBGE, Desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=431140&search=rio-grande-do-sul|lajeado>> Acesso em: 23 de jun. de 2015

LAJEADO, Prefeitura Municipal de Lajeado. Disponível em:<<http://www.lajeado.rs.gov.br/?template=abreAnexos&arquivo=MapaLajeado2015-Zoneamento.zip&nomeArquivo=Mapa%20de%20Zoneamento%20do%20Uso%20do%20Solo%20Urbano%20-%20atualizado%20em%2020/08/2015>> Acesso em: 20 de ago.de 2015.

LAJEADO, Prefeitura Municipal de Lajeado. Disponível em:<<http://www.lajeado.rs.gov.br/?template=abreAnexos&arquivo=PMSB.pdf&nomeArquivo=Plano%20Municipal%20de%20Saneamento>> Acesso em : 03 de set. de 2015.

NUVOLARI, Ariovaldo. *Esgoto Sanitário-Coleta, Transporte, Tratamento e Reúso Agrícola*.2ªed. Editora: Brochura,2011.

RICHTER, Carlos A. *Água: métodos e tecnologia de tratamento*. 1ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2009.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J.M. *Tratamento de Água: tecnologia atualizada*. 1ª.ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1991.

SANASA, Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento. *Diretrizes para implantação de Estação Elevatória de Esgoto*. Disponível em: <<http://www.sanasa.com.br/document/docsanasa/3010.pdf>> Acesso em: 05 de nov. de 2015.

SINDUSCON, Sindicato da Indústria da Construção Civil. Disponível em:<<http://www.sinduscon-rs.com.br/wp-content/uploads/2015/09/VALORES-DOS-CUBS.pdf>> Acesso em: 30 de out. de 2015.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. *Abastecimento de Água*. 2.ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

### ANEXO 1 – Padrão de turbidez da água

Tratamento da água	VMP <sup>(1)</sup>
Desinfecção (para águas subterrâneas)	1,0 uT <sup>(2)</sup> em 95% das amostras
Filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta)	0,5 <sup>(3)</sup> uT <sup>(2)</sup> em 95% das amostras
Filtração lenta	1,0 <sup>(3)</sup> uT <sup>(2)</sup> em 95% das amostras

NOTAS:

(1) Valor máximo permitido.

(2) Unidade de Turbidez.

(3) Este valor deve atender ao padrão de turbidez de acordo com o especificado no § 2º do art. 30.

Fonte: Portaria 2914/MS, 2011.

### ANEXO 2 – Padrão de microbiológico da água

Tipo de água		Parâmetro	VMP <sup>(1)</sup>	
Água para consumo humano		Escherichia coli <sup>(2)</sup>	Ausência em 100 mL	
Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais <sup>(3)</sup>	Ausência em 100 mL	
	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Escherichia coli	Ausência em 100 mL	
		Coliformes totais <sup>(4)</sup>	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.

NOTAS:

(1) Valor máximo permitido.

(2) Indicador de contaminação fecal.

(3) Indicador de eficiência de tratamento.

(4) Indicador de integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede).

Fonte: Portaria 2914/MS, 2011.

### ANEXO 3 – Padrão de cianotoxinas da água

CIANOTOXINAS		
Parâmetro <sup>(1)</sup>	Unidade	VMP <sup>(2)</sup>
Microcistinas	µg/L	1,0 <sup>(3)</sup>
Saxitoxinas	µg equivalente STX/L	3,0

NOTAS:

(1) A frequência para o controle de cianotoxinas está prevista na tabela do Anexo XII.

(2) Valor máximo permitido.

(3) O valor representa o somatório das concentrações de todas as variantes de microcistinas.

Fonte: Portaria 2914/MS, 2011.

### ANEXO 4 – Padrão de radioatividade da água

Parâmetro <sup>(1)</sup>	Unidade	VMP
Rádio-226	Bq/L	1
Rádio-228	Bq/L	0,1

NOTAS: (1) Sob solicitação da Comissão Nacional de Energia Nuclear, outros radionuclídeos devem ser investigados.

Fonte: Portaria 2914/MS, 2011.

### ANEXO 5 – Padrão de organolético da água

Parâmetro	CAS	Unidade	VMP <sup>(1)</sup>
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia (como NH <sub>3</sub> )	7664-41-7	mg/L	1,5
Cloreto	16887-00-6	mg/L	250
Cor Aparente <sup>(2)</sup>		uH	15
1,2 diclorobenzeno	95-50-1	mg/L	0,01
1,4 diclorobenzeno	106-46-7	mg/L	0,03
Dureza total		mg/L	500
Etilbenzeno	100-41-4	mg/L	0,2
Ferro	7439-89-6	mg/L	0,3
Gosto e odor <sup>(3)</sup>		Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	mg/L	0,12
Sódio	7440-23-5	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais		mg/L	1000
Sulfato	14808-79-8	mg/L	250
Sulfeto de hidrogênio	7783-06-4	mg/L	0,1
Surfactantes (como LAS)		mg/L	0,5
Tolueno	108-88-3	mg/L	0,17
Turbidez <sup>(4)</sup>		uT	5
Zinco	7440-66-6	mg/L	5
Xilenos	1330-20-7	mg/L	0,3

NOTAS:

(1) Valor máximo permitido.

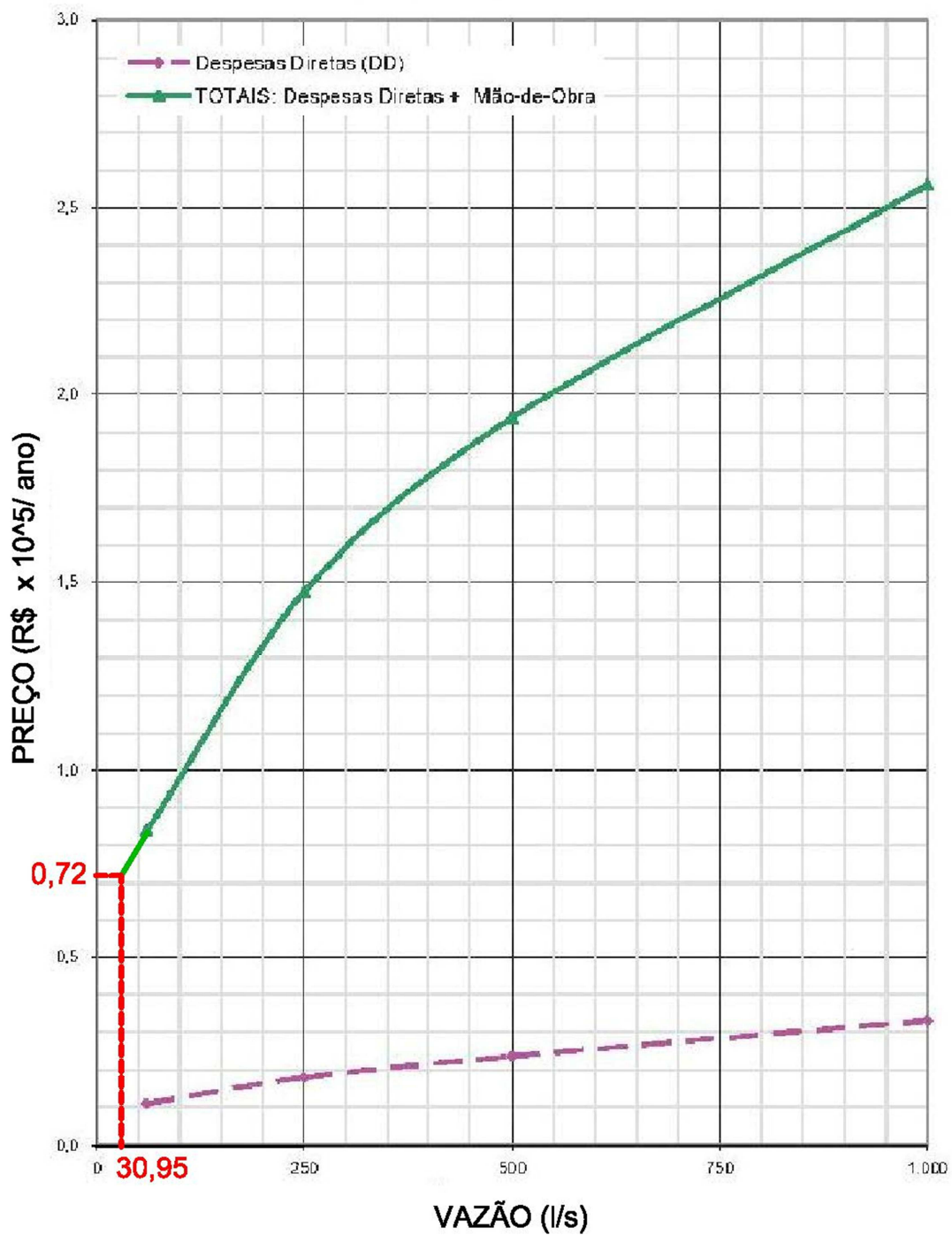
(2) Unidade Hazen (mgPt-Co/L).

(3) Intensidade máxima de percepção para qualquer característica de gosto e odor com exceção do cloro livre, nesse caso por ser uma característica desejável em água tratada.

(4) Unidade de turbidez.

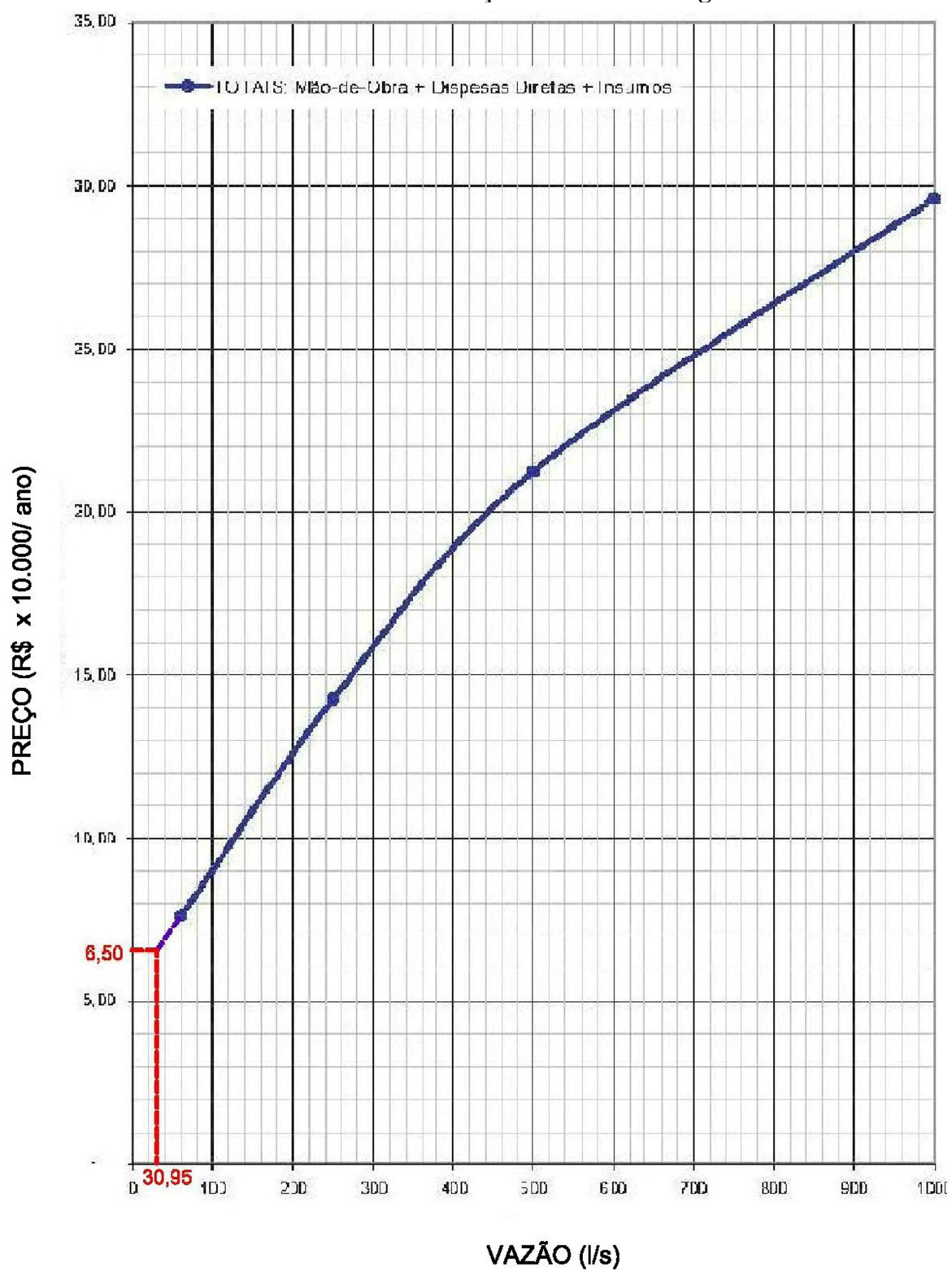
Fonte: Portaria 2914/MS, 2011.

### ANEXO 6 – Custo de operação de adutora de água tratada



Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)

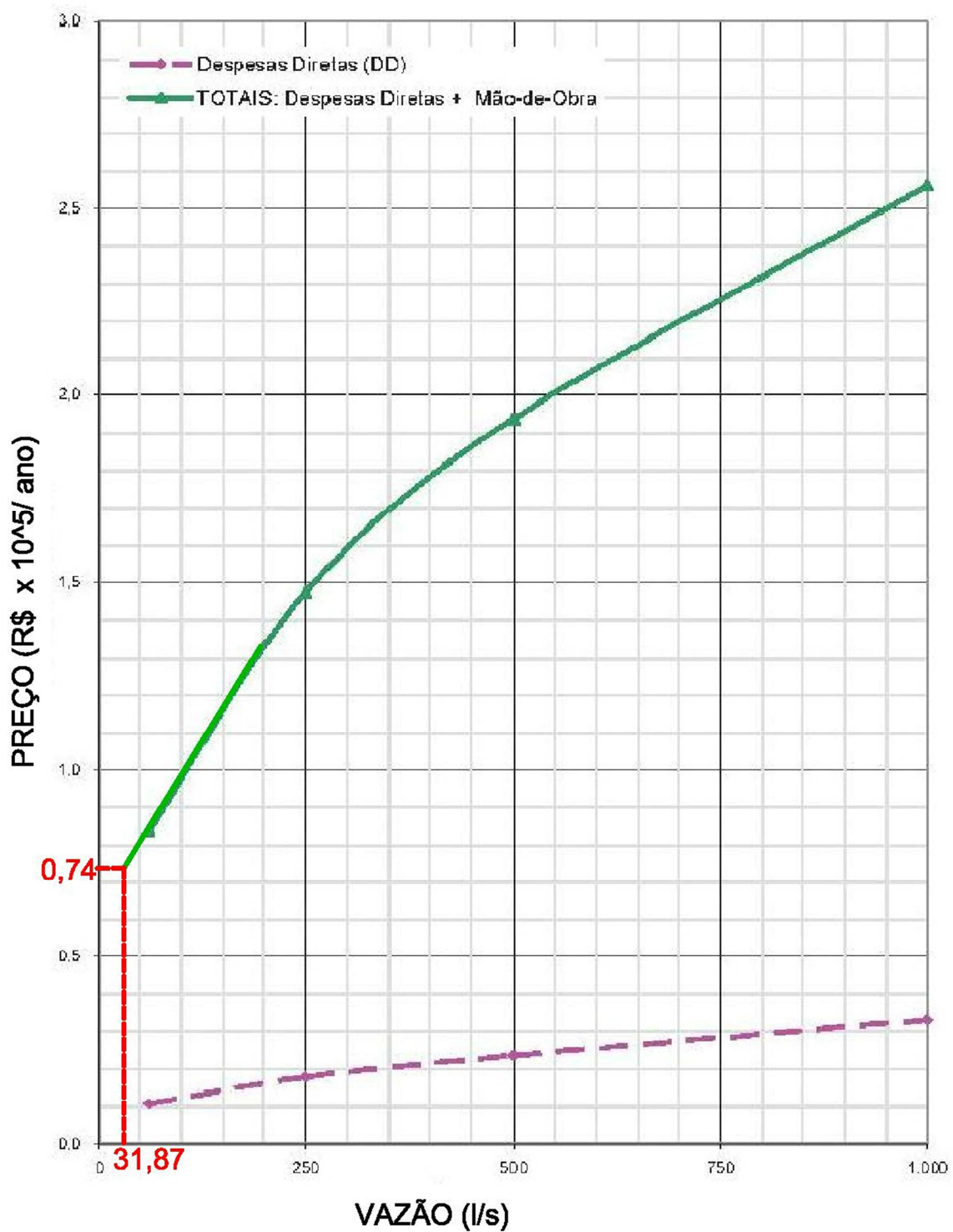
### ANEXO 7 – Custo de manutenção de adutora de água tratada



Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)

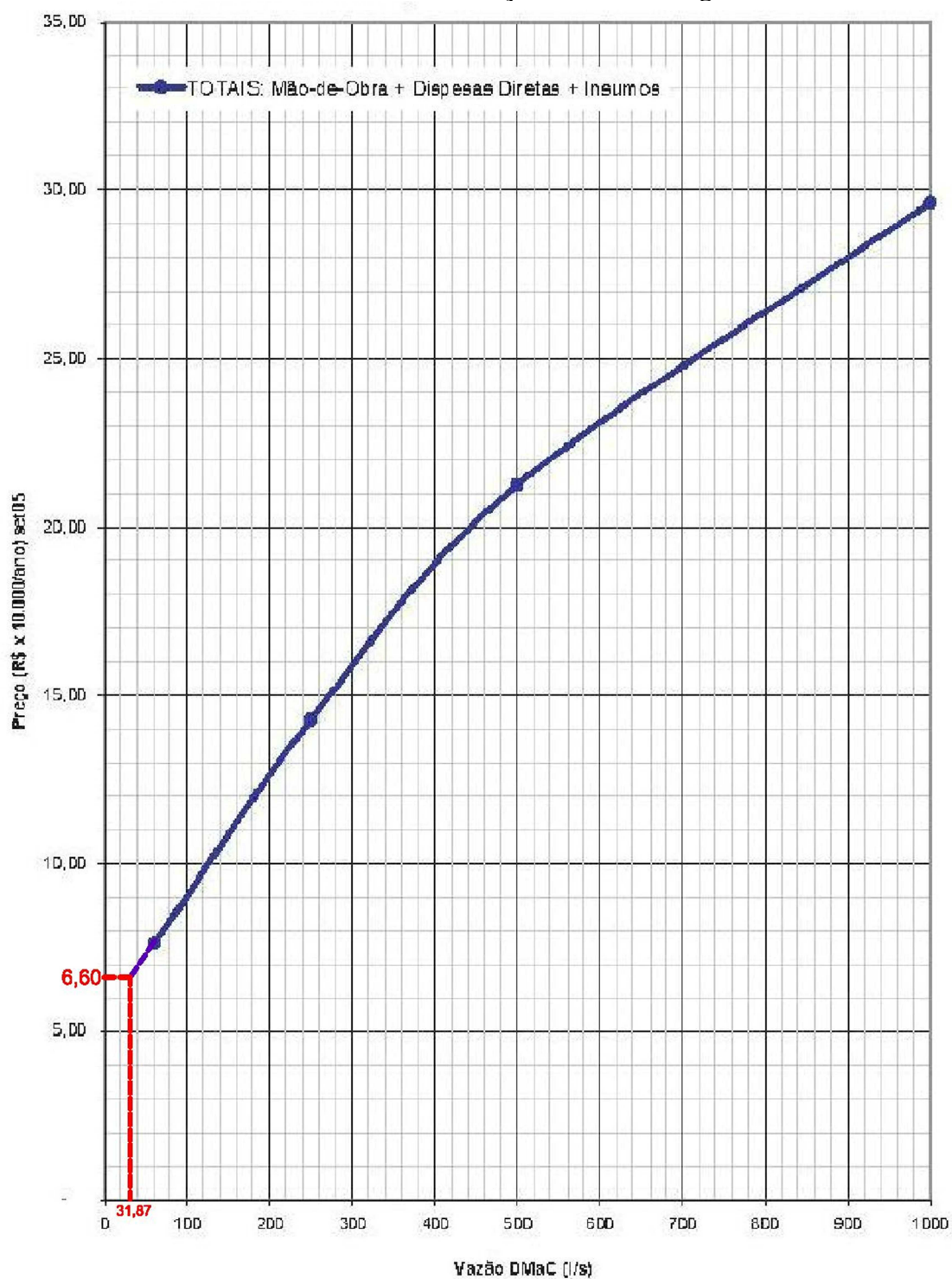


### ANEXO 8 – Custo de operação adutora de água bruta



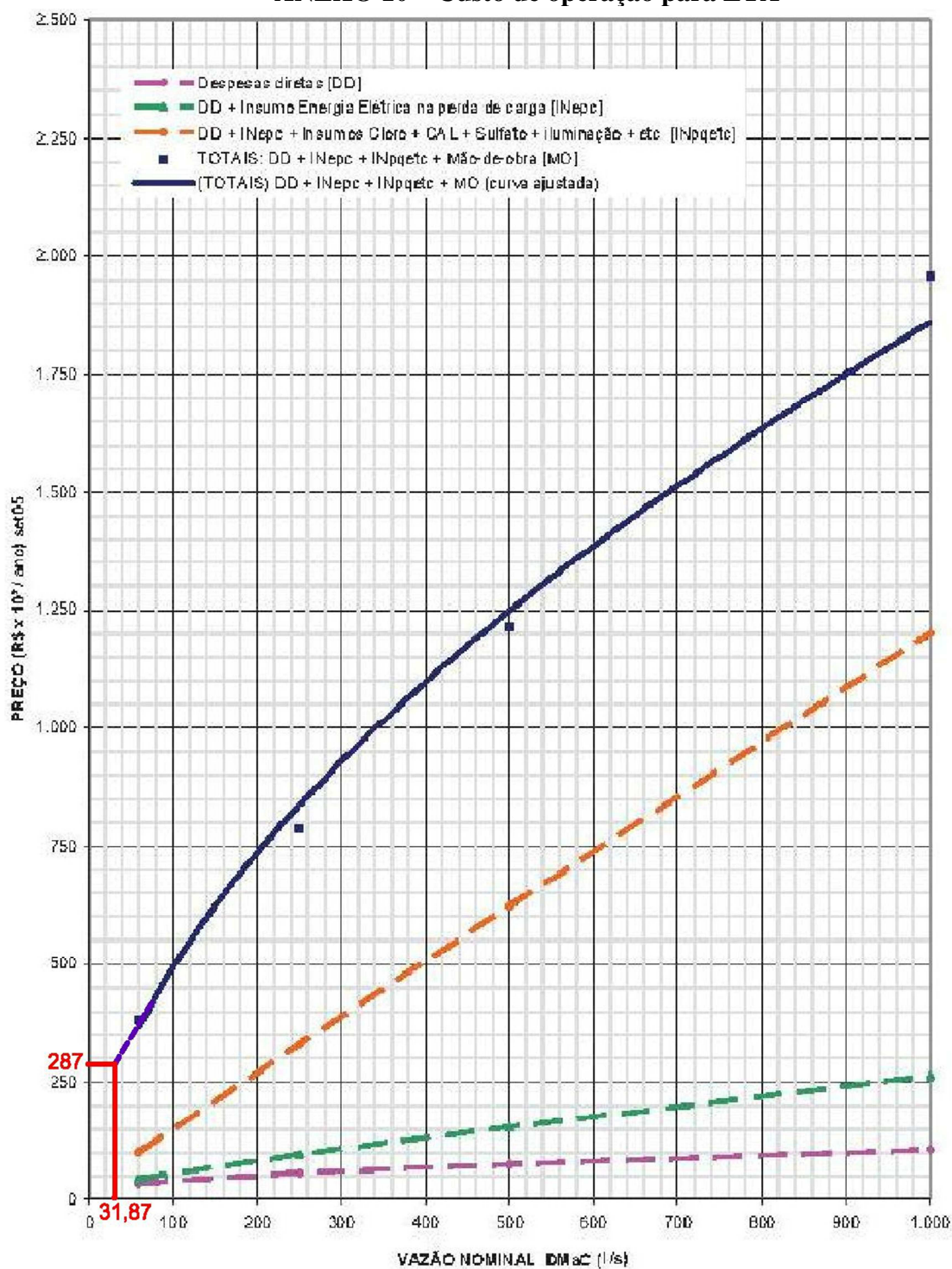
Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)

### ANEXO 9 – Custo de manutenção adutora de água bruta



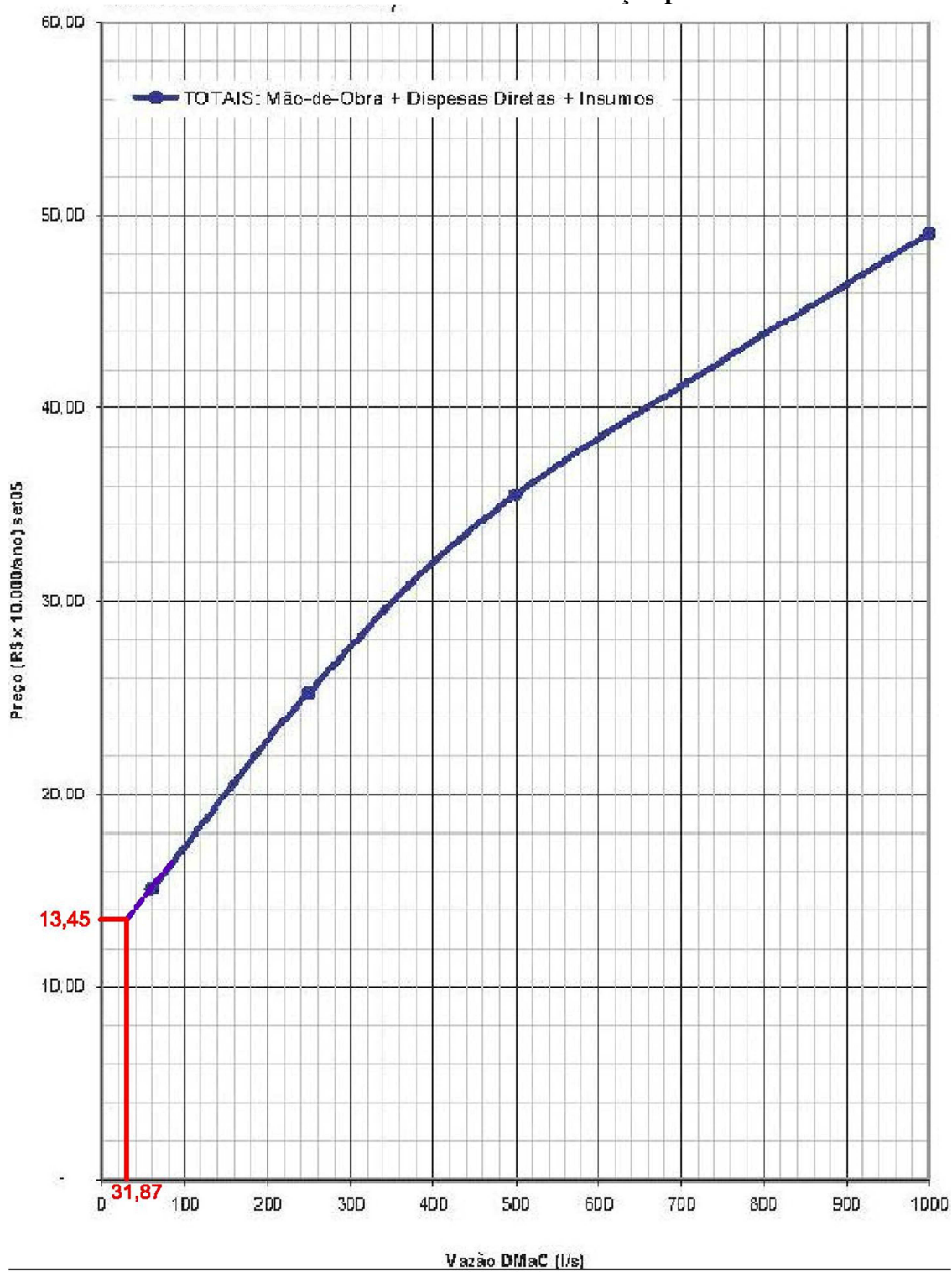
Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)

### ANEXO 10 – Custo de operação para ETA



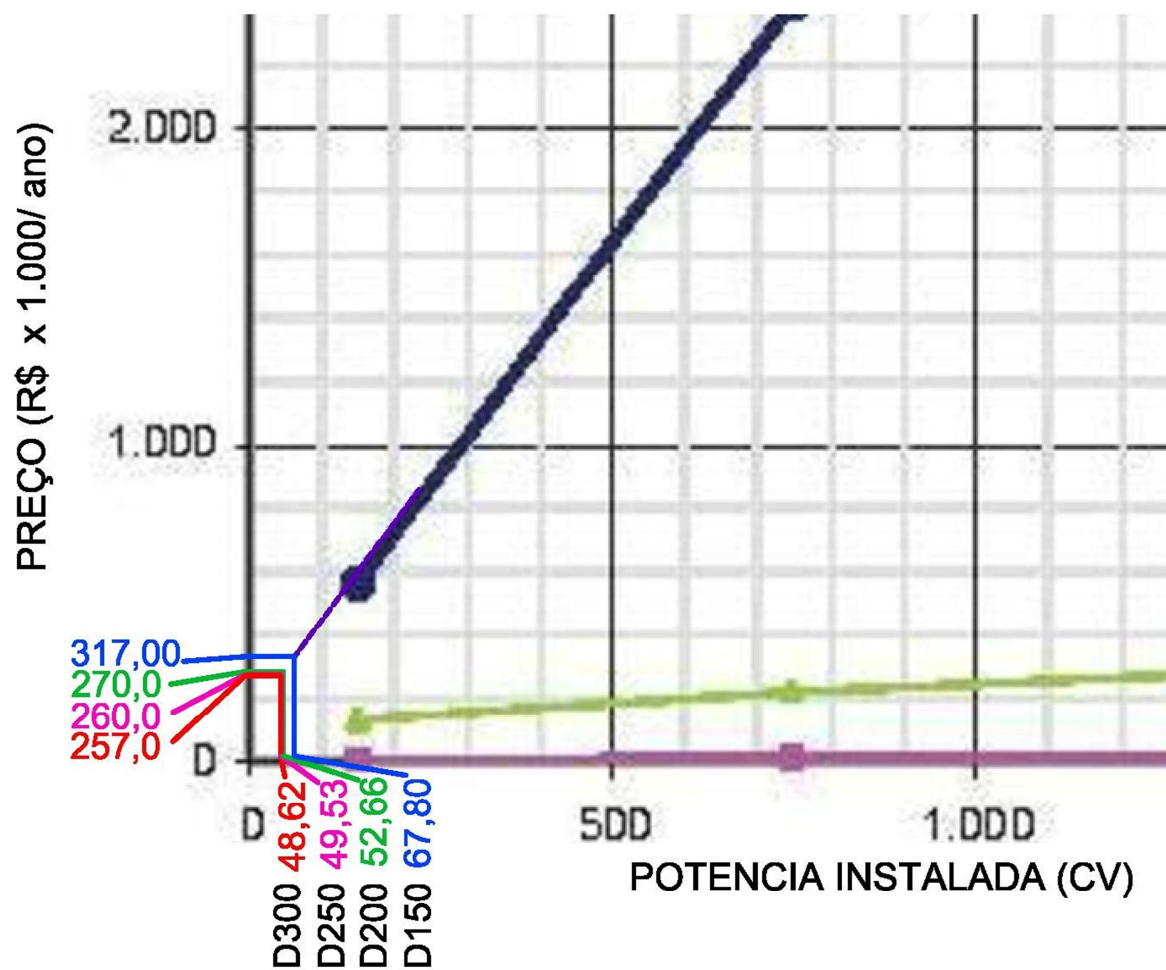
Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)

### ANEXO 11 – Custo de manutenção para ETA



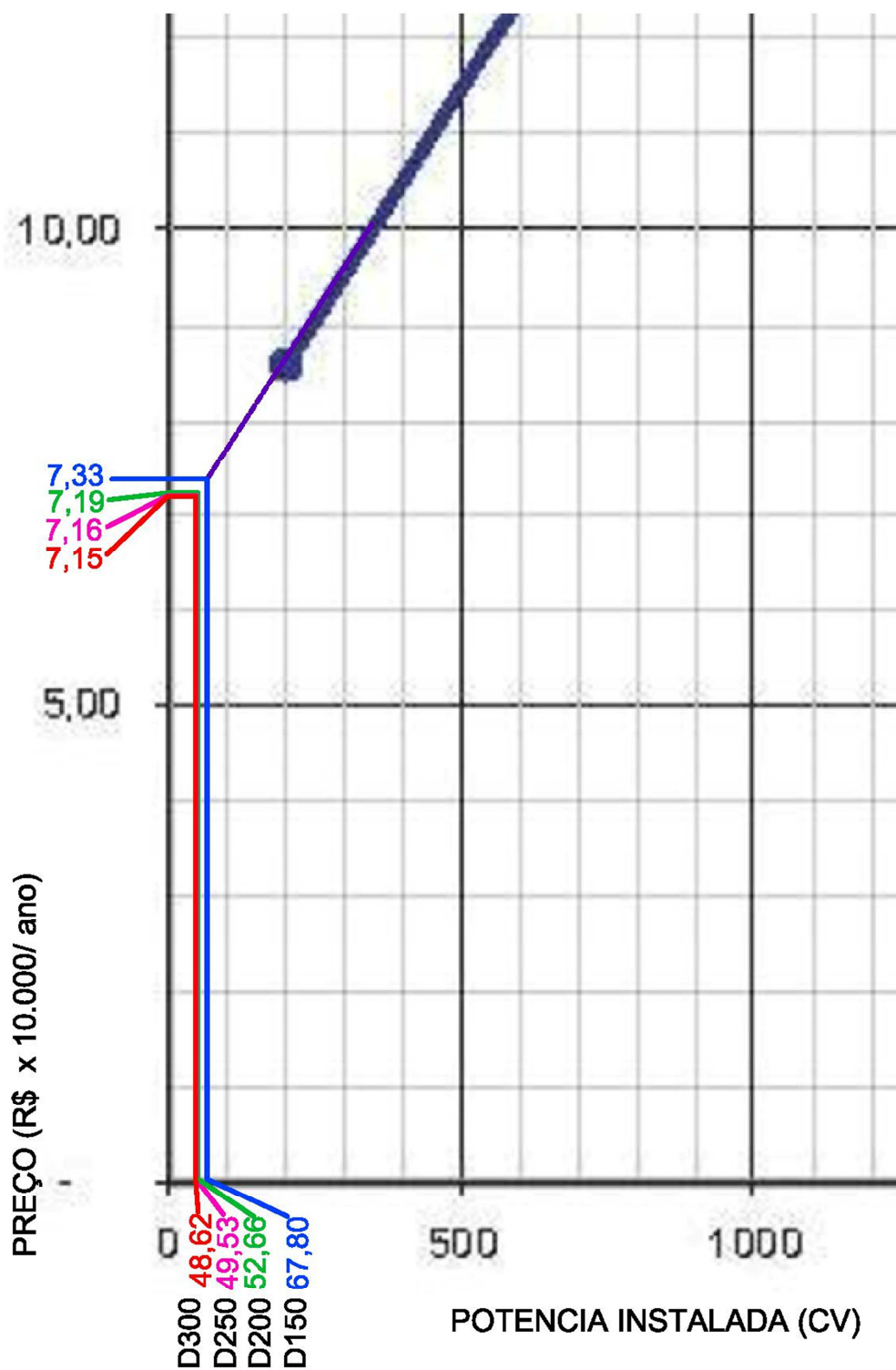
Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)

### ANEXO 12 – Alternativa 01: custo de operação da EBAT



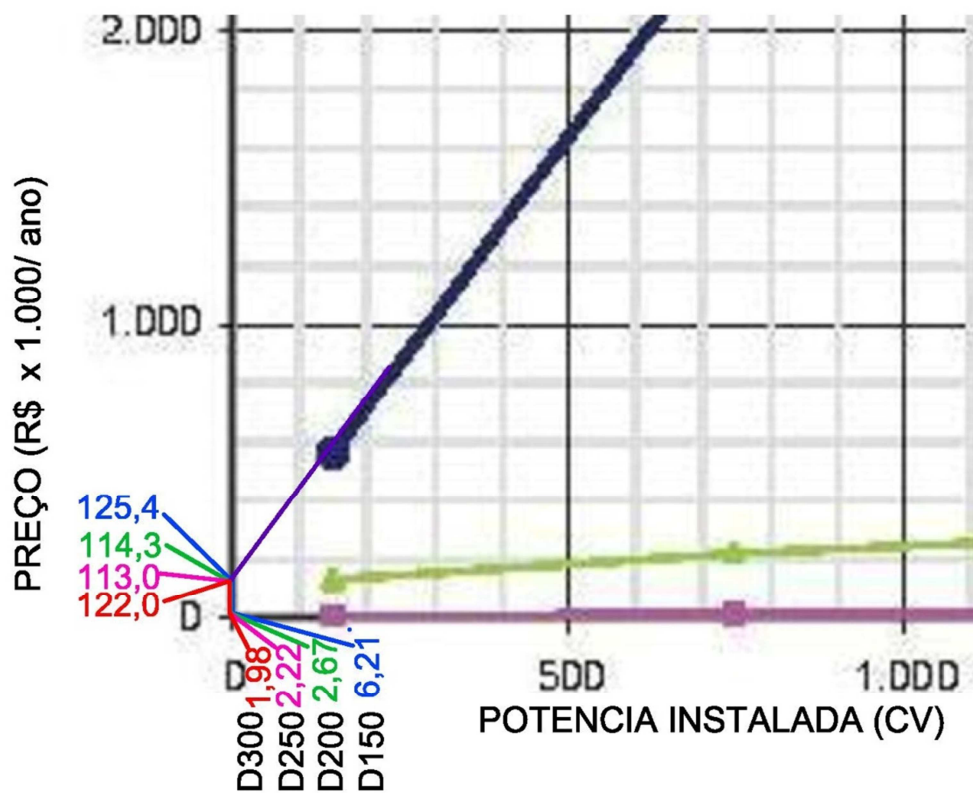
Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)

### ANEXO 13 – Alternativa 01: custo de manutenção da EBAT.



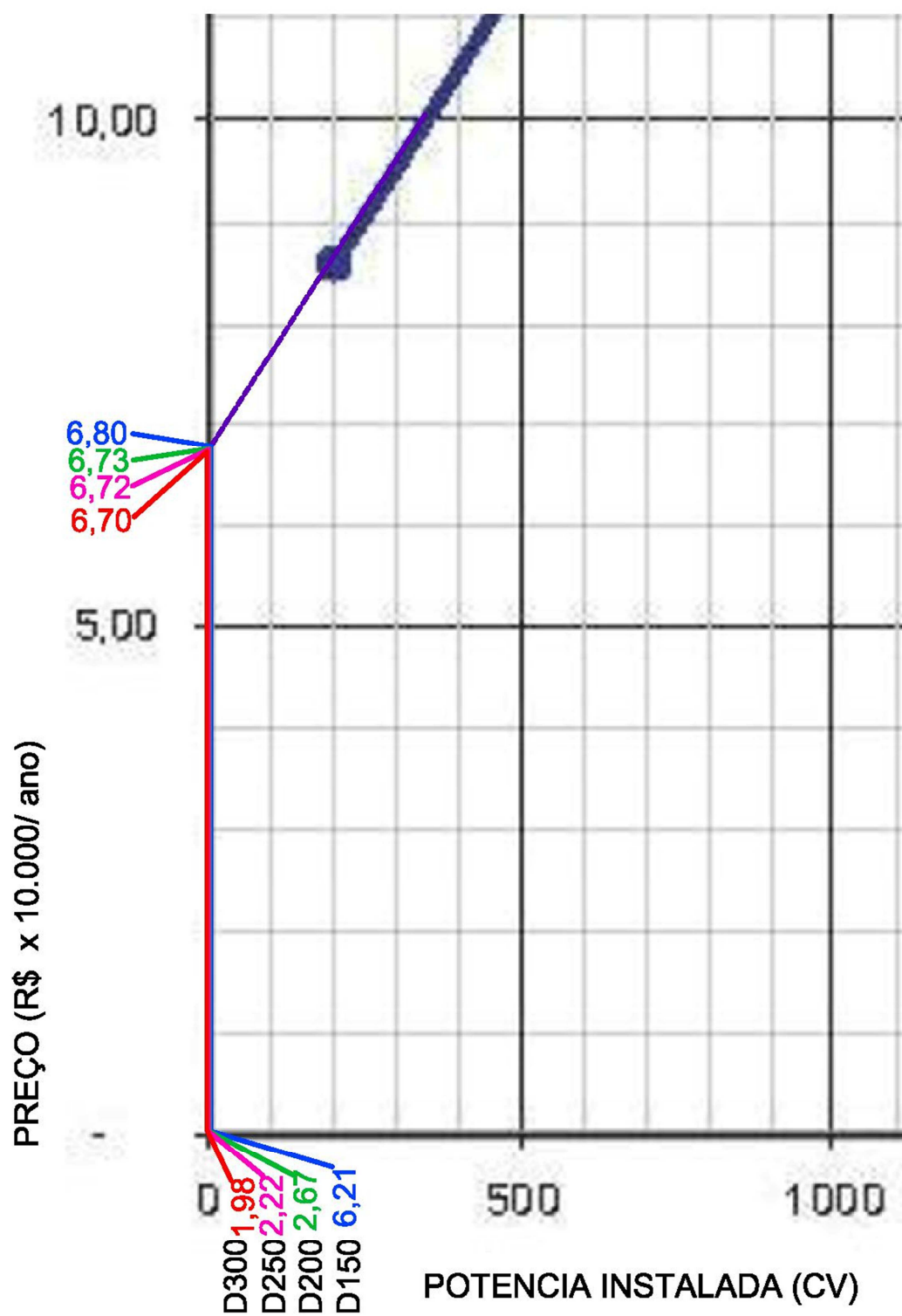
Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)

### ANEXO 14 – Alternativa 01: custo de operação da EBAB.



Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)

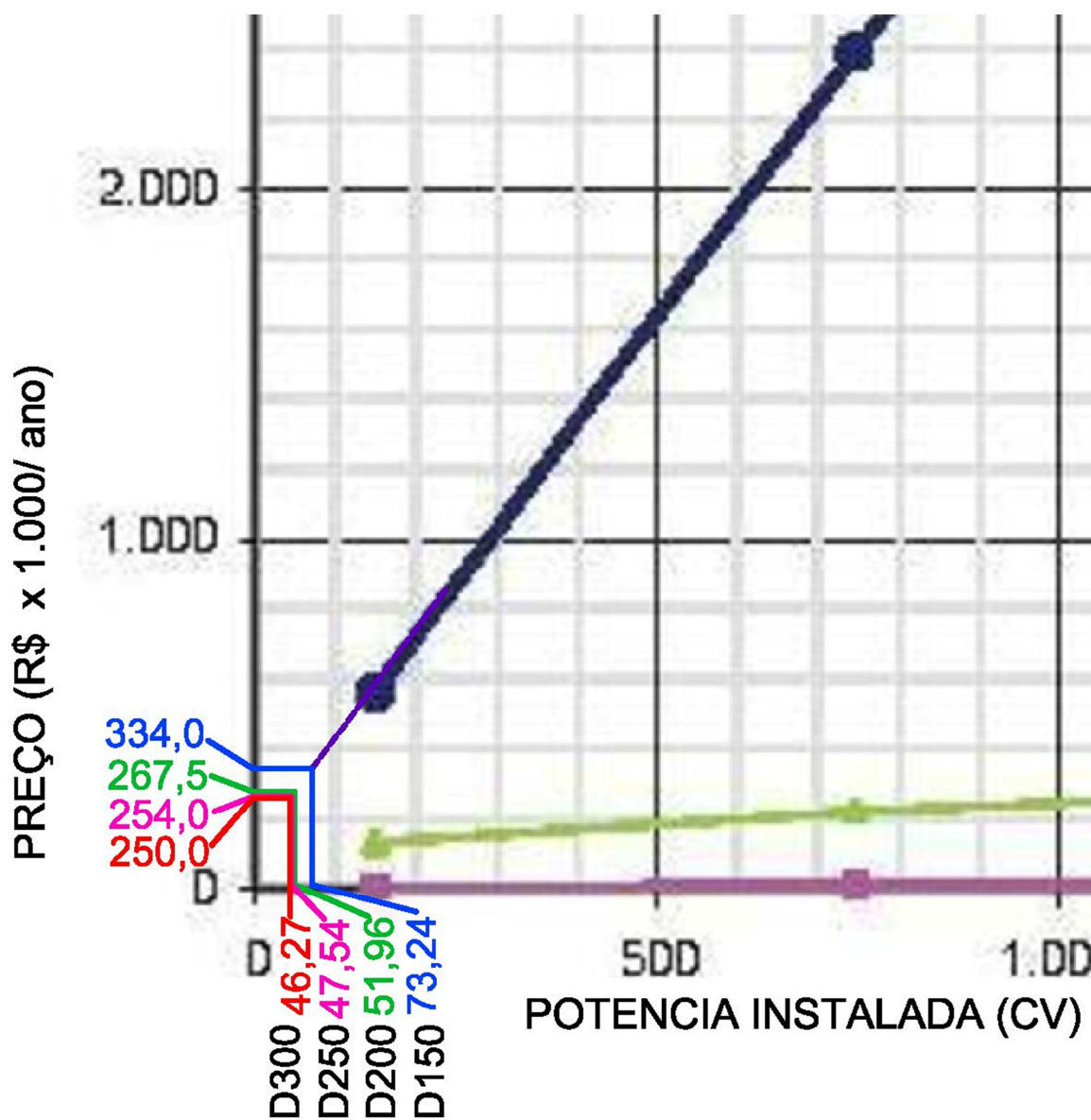
**ANEXO 15 – Alternativa 01: custo de manutenção de EBAB.**



Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)

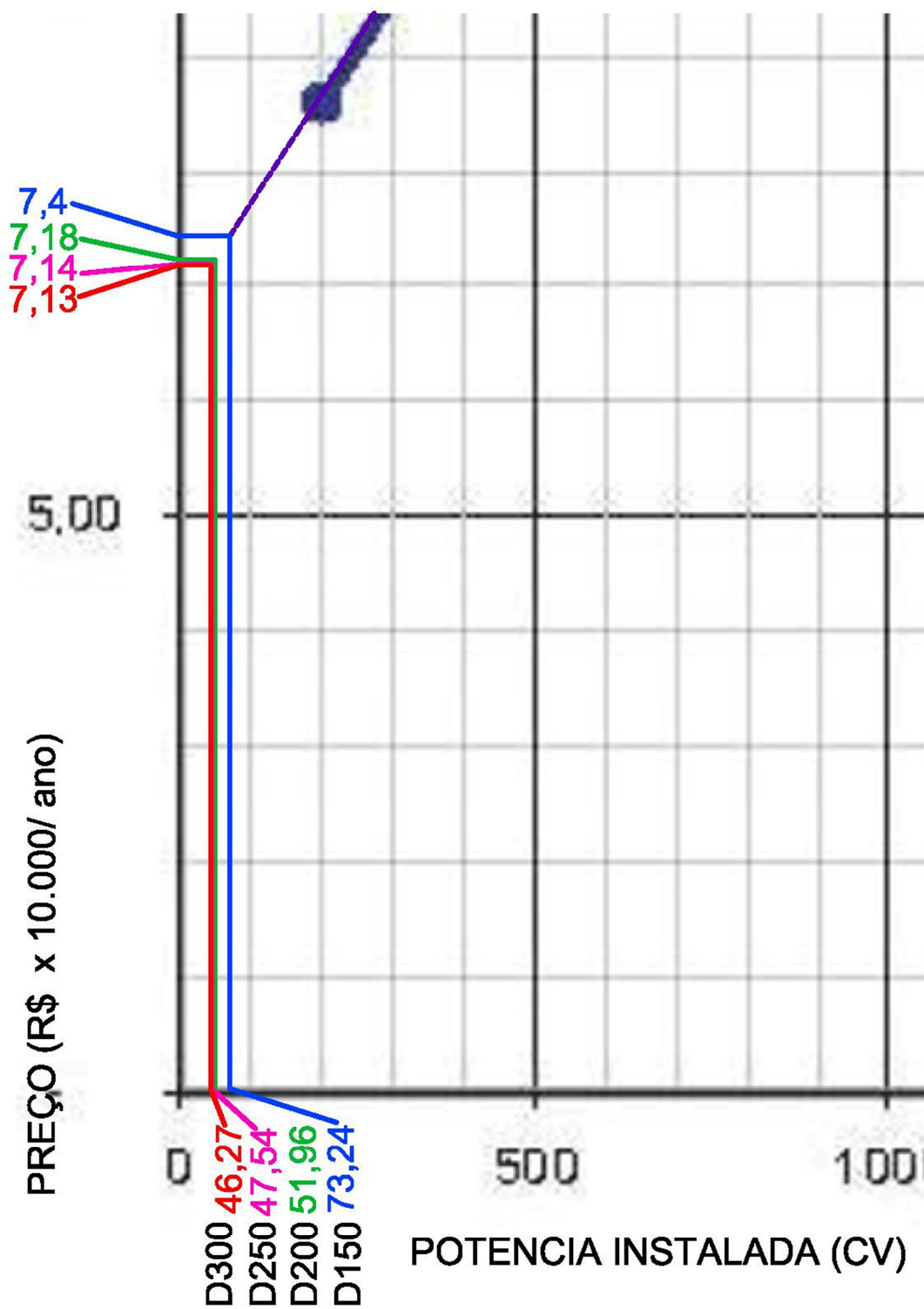


**ANEXO 16 – Alternativa 02: custo de operação da EBAT.**



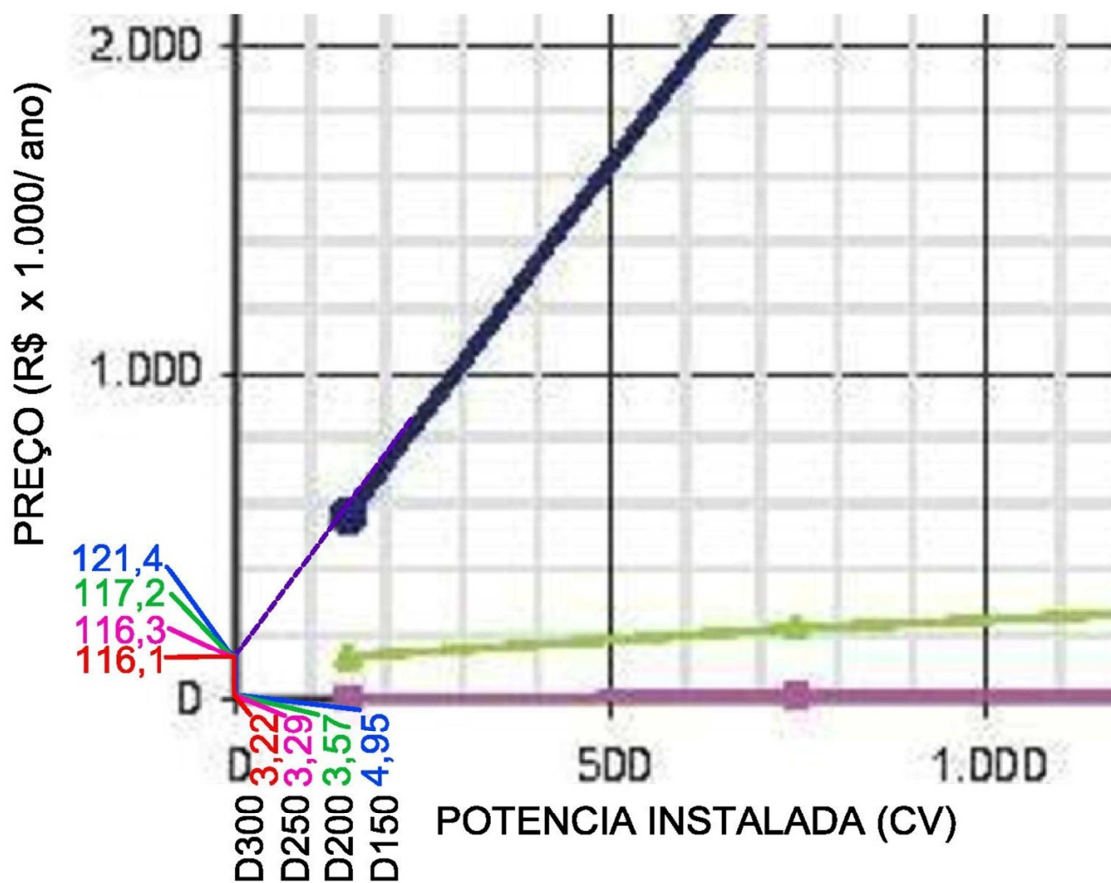
Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)

## ANEXO 17 – Alternativa 02: custo de manutenção da EBAT



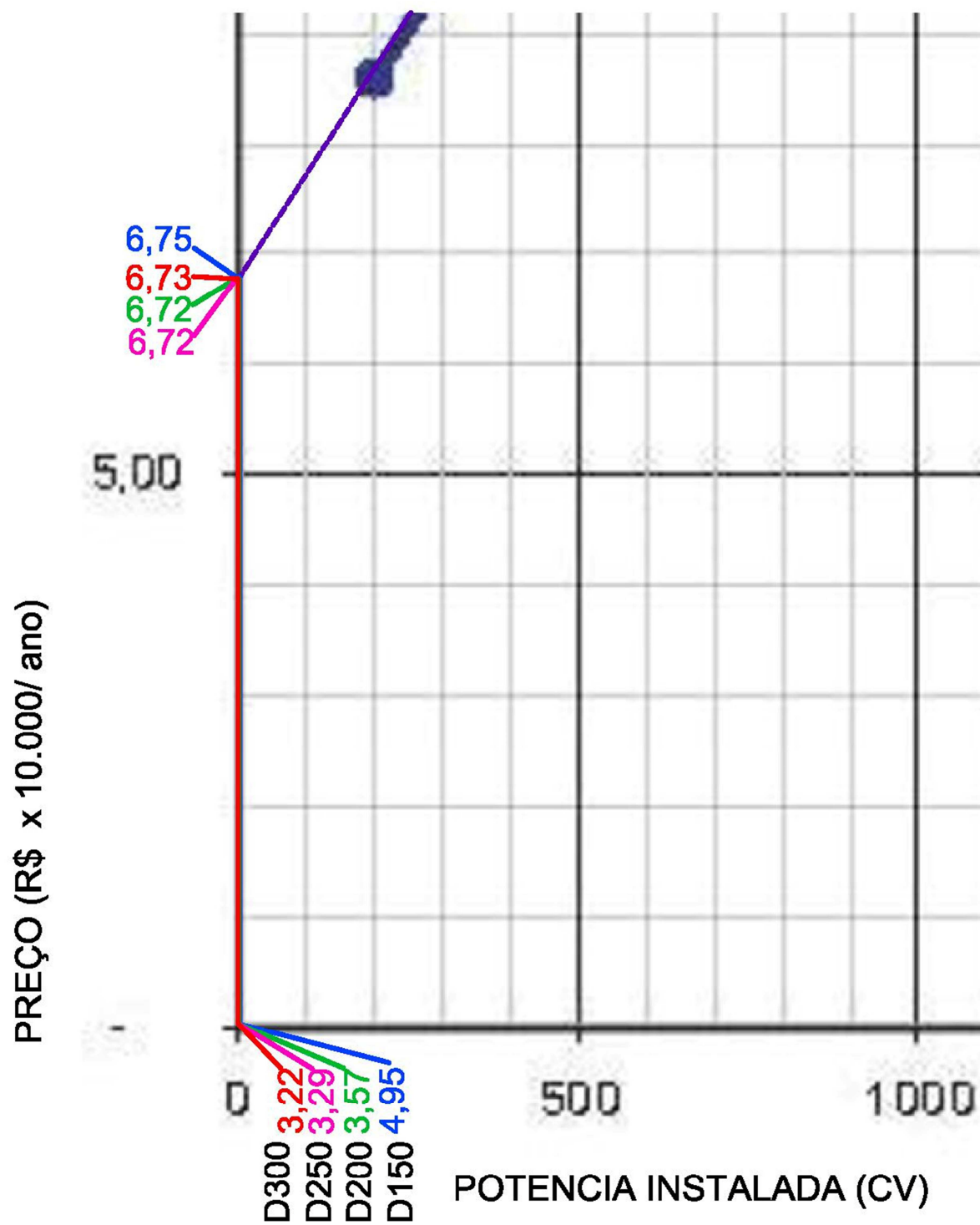
Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)

### ANEXO 18 – Alternativa 02: custo de operação da EBAB.



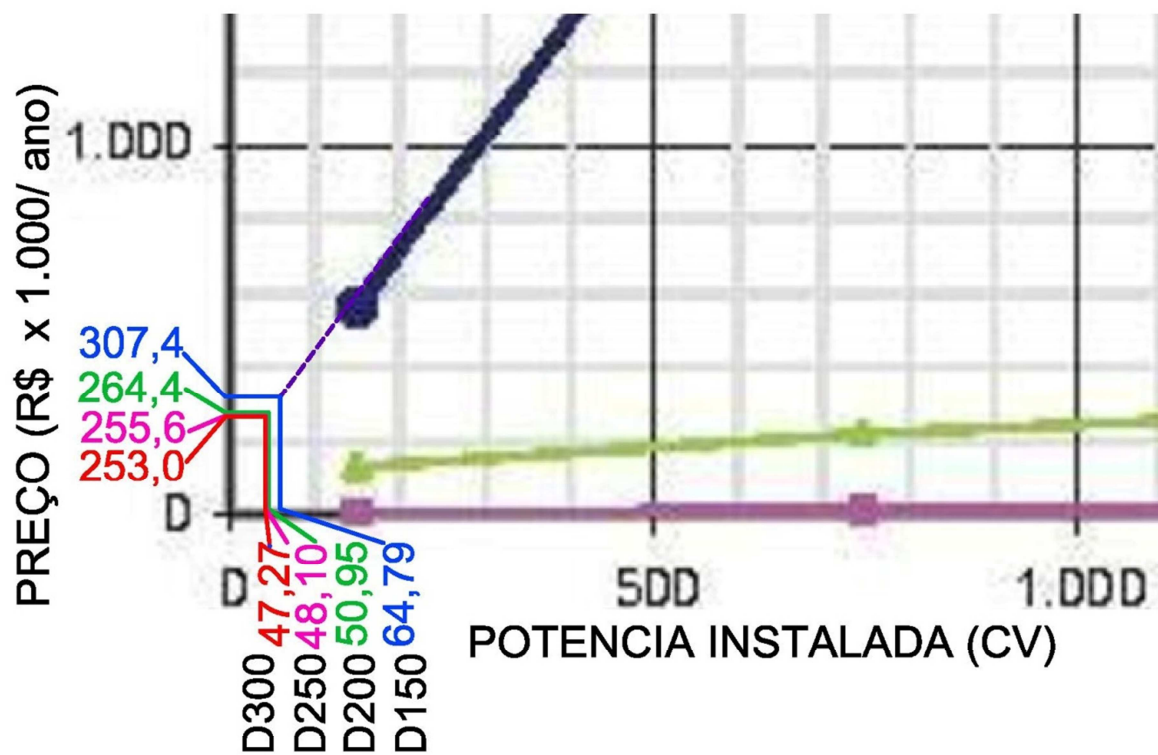
Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)

**ANEXO 19 – Alternativa 02: custo de manutenção da EBAB.**



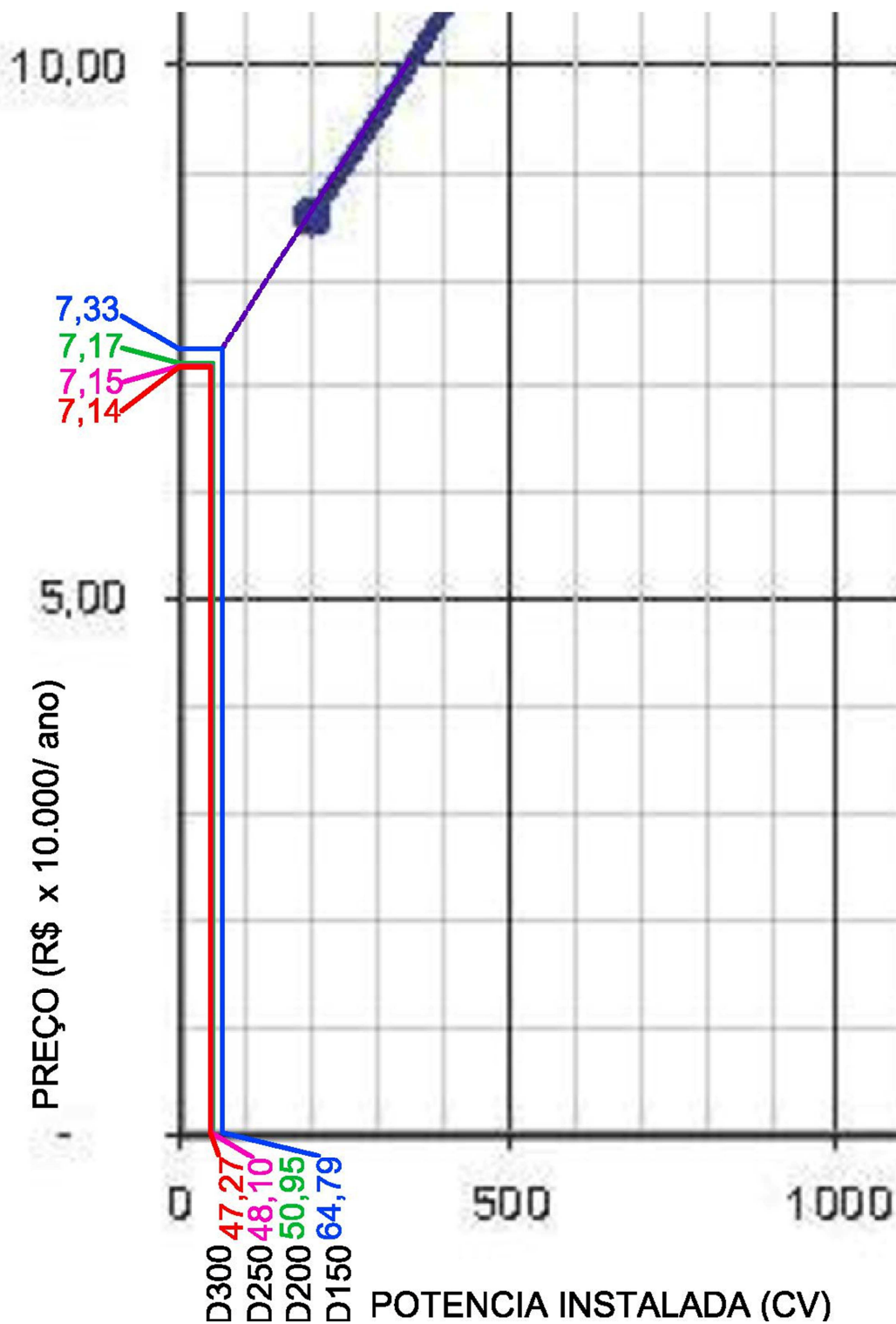
Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)

ANEXO 20 – Alternativa 03: custo de operação da EBAT.



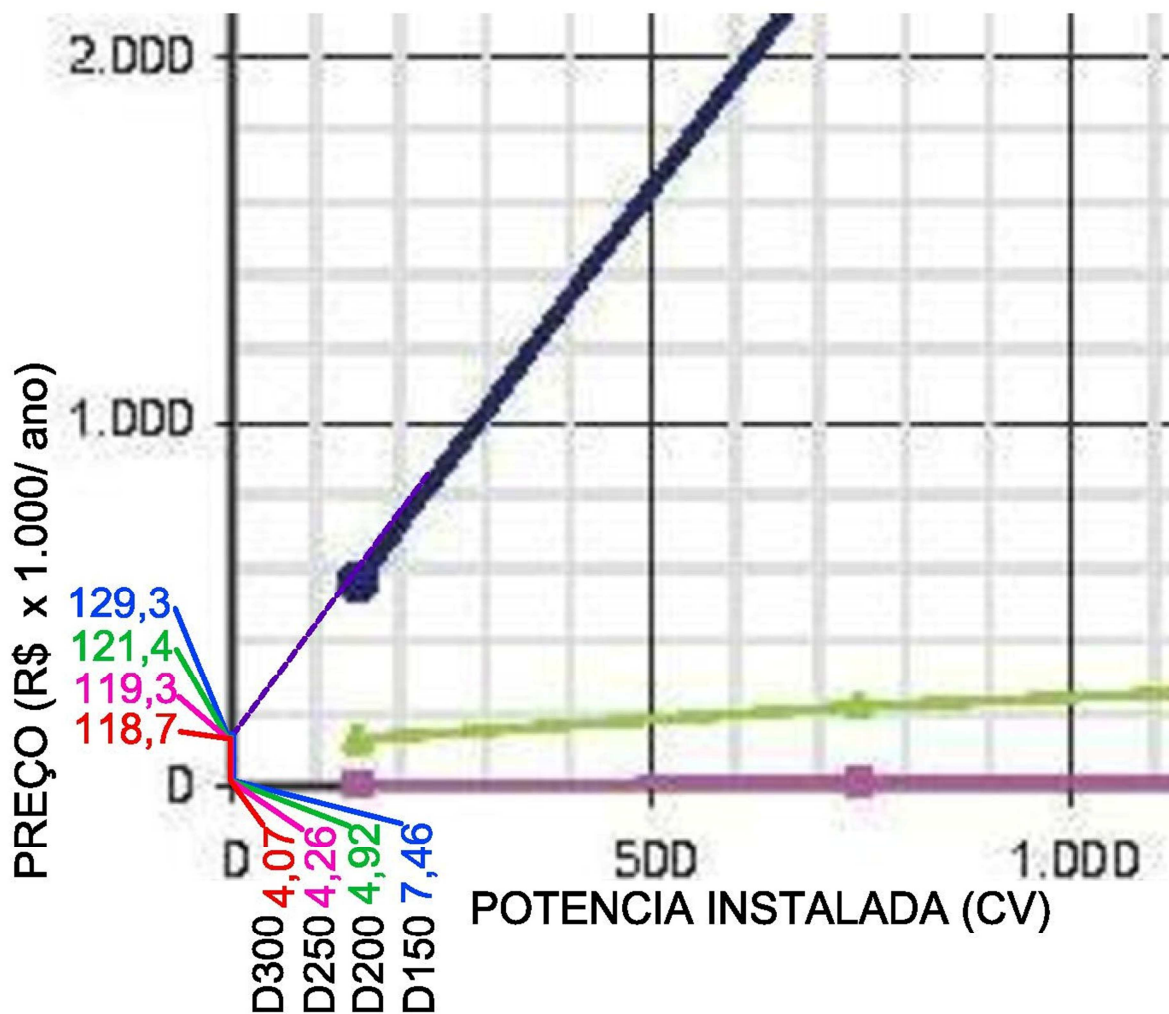
Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)

**ANEXO 21 – Alternativa 03: custo de manutenção da EBAT.**



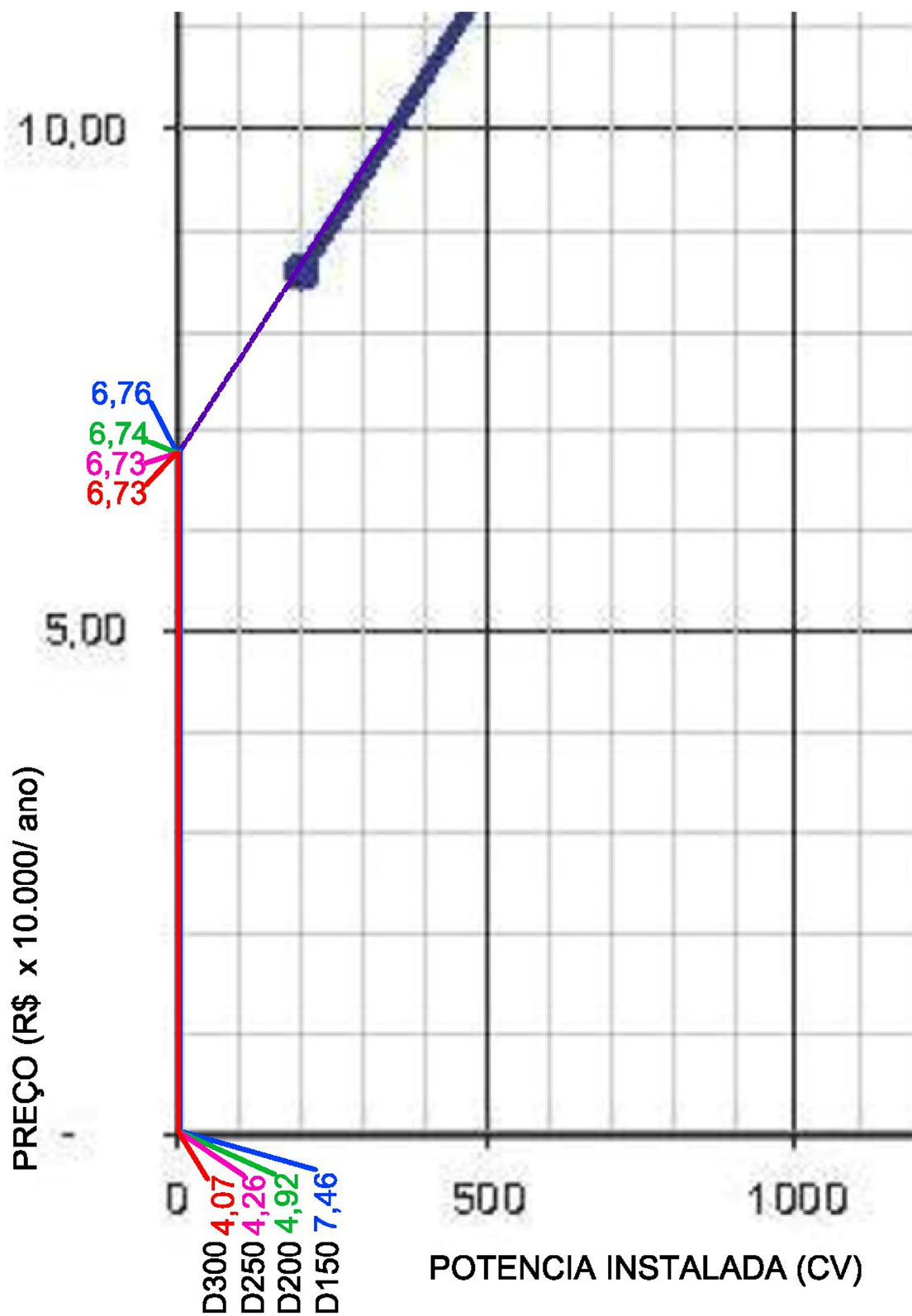
Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)

ANEXO 22 – Alternativa 03: custo de operação de EBAB.



Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)

**ANEXO 23 – Alternativa 03: custo de manutenção da EBAB.**



Fonte: Fernandez, Soares e Nunes (2005)(Adaptado pelo autor)