

JEVERSON LUIZ AZEVEDO CARLOS

**ANÁLISE DO DESEMPENHO TECNOLÓGICO DAS ESTAÇÕES DE
TRATAMENTO DE ESGOTOS DE PALMAS - TO**

PALMAS - TO

2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

JEVERSON LUIZ AZEVEDO CARLOS

**ANÁLISE DO DESEMPENHO TECNOLÓGICO DAS ESTAÇÕES DE
TRATAMENTO DE ESGOTOS DE PALMAS - TO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins para a obtenção do Título de Mestre em Ciências do Ambiente.

ORIENTADORA: LILIANA PENA NAVAL, D Sc

CO-ORIENTADOR: APARECIDO OSDIMIR BERTOLIN, D Sc

PALMAS - TO

2005

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C284a Carlos, Jeverson Luiz Azevedo:

Análise do Desempenho Tecnológico das Estações de Tratamento de Esgotos de Palmas - TO. / Jeverson Luiz Azevedo Carlos. – Palmas: UFT, 2005.

154 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Tocantins, Curso de Pós-Graduação em Ciência do Ambiente, 2005.

Orientador: D Sc Liliana Pena Naval

Co-Orientador: D Sc Aparecido Osdimir Bertolin.

1. tecnologia – esgoto. 2. análise. 3. multicritério. 4. eficiência. 5. tratamento. I.Título.

CDU 504

Bibliotecário: Paulo Roberto Moreira de Almeida
CRB-2 / 1118

Candidato (a): Jeverson Luiz Azevedo Carlos

Título da Dissertação: Análise do Desempenho Tecnológico das Estações de Tratamento de Esgotos de Palmas - TO

A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa da Dissertação de Mestrado, em sessão pública realizada a ____/____/____ considerou o candidato (a):

Aprovado (a)

Reprovado (a)

1) **Examinador (a):** _____

2) **Examinador (a):** _____

3) **Presidente:** _____

Dedicação.

Cida: O destino nos reservou momentos ímpares: “amor e dor”. Ana Luisa e Marina as estrelas brilham por vocês.

AGRADECIMENTOS

- A Deus, por mais uma etapa vencida na minha vida, sem Ele nada poderia ter acontecido;
- A Prof^a Dra. Liliana Pena Naval, pela amizade, pela paciência, incentivo, segurança transmitida e pela orientação no desenvolvimento deste estudo.
- A minha família, meus pais: Argy Carlos Aires e Enecy Azevedo Aires exemplo de vida e de fraternidade.
- Meus irmãos: Everson, Geisa, Gislane e Luciano o crescimento através do conhecimento é o maior legado das gerações de nossa família.
- À Companhia de Saneamento do Tocantins (SANEATINS), pela disponibilidade e viabilizando a realização deste estudo. Em especial a Eng^a Maria Lúcia Vieira pela amizade e confiança.
- Ao Eng^o Waterloo Fonseca a sua dedicação ao causa do saneamento.
- Aos Amigos e Colegas da Saneatins, que nos diversos momentos auxiliaram na realização deste trabalho, minha gratidão.
- A Eng^a Adriana Soraya Trajano e ao Professor Francisco Humberto Cunha os agradecimentos pelas recomendações para realização deste trabalho.
- Aos amigos que ajudaram muito neste trabalho: Giulliano Guimarães, Tatiana Wanderley, Sérgio, Gabriela, Ricardo, Bruno, Eder, Fábio Batista meus sinceros agradecimentos. Vocês são muito importantes.
- A Universidade Federal do Tocantins pelo apoio prestado;
- Aos professores integrantes da banca do Exame Geral de Qualificação o Prof^o Dr. Aparecido Osdimir Bertolin e Prof^o Dr. Leonardo Collier pelas sugestões e considerações que muito contribuíram para o aperfeiçoamento deste trabalho.
- Aos meus colegas de turma pela amizade, apoio e pelos momentos que passamos juntos, aprendemos muito com os embates e debates em sala.
- Aos professores do Mestrado em Ciências do Ambiente, pelos conhecimentos passados e pelo auxílio prestado.

RESUMO

Autor: JEVERSON LUIZ AZEVEDO CARLOS

Orientador: D Sc LILIANA PENA NAVAL

Trata o presente trabalho de análise de desempenho das tecnologias utilizadas para tratamento de esgotos implantadas em Palmas - TO, utilizando análise multicritério: método ELECTRE III e que tem sido uma das ferramentas adequadas e, recomendada para este tipo de abordagem. Os estudos que resultaram na implantação destas ETEs foram baseados na análise custo-benefício sendo direcionada para a abordagem financeira. Neste caso, devido às questões envolvidas durante a operação e monitoramento foi possível avaliar que outros aspectos são também relevantes e que não foram contemplados nos estudos de implantação e que devem ser reavaliada a sua importância neste tipo de abordagem. Neste trabalho, foram avaliadas três estações de tratamento de esgotos, constituídas com as seguintes configurações: UASB seguido de lagoa facultativa, UASB seguido de filtro anaeróbio de fluxo ascendente e um sistema com lagoas de estabilização. Foram realizadas avaliação de desempenho através da abordagem: técnica, ambiental, econômica-financeira, sanitária-epidemiológica e urbana. O período de monitoramento dos dados compreendem os anos de 2001 a 2003 sendo realizada a sistematização e agrupamento por critérios. Através dos resultados obtidos foram elaborados os indicadores que refletissem melhor cada critério, ajustando-os com os seus respectivos pesos. Com isso, realizou-se a simulação através do método ELECTRE III, obtendo uma análise separada por critério e uma global. A ETE que apresentou o melhor desempenho tecnológico foi a ETE Aurenny, sendo que a tecnologia empregada para tratamento é lagoa de estabilização, demonstrando a eficiência deste tipo de tratamento. A utilização do método ELECTRE III possibilitou avaliar as unidades de tratamento nas suas diferentes performances permitindo verificar a eficiência dos sistemas implantados.

Palavras Chave: tecnologia-esgoto, análise, multicritério, eficiência, tratamento

ABSTRACT

Author: JEVERSON LUIZ AZEVEDO CARLOS
Orientation: D Sc LILIANA PENA NAVAL

This research deals with the analysis of performance of the technologies used for the sewer treatments, introduced in Palmas - TO, using a multi-criterion analysis: the ELECTRE III method, which has been one of the right and recommended tools, for this kind of approach. The studies which resulted on the introduction of these ETEs were based on the cost-benefit analysis, being directed to the financial approach. In this case, due to the questions that were involved during the operation and monitoring, it was possible to assess that, although other aspects were also relevant, they weren't considered in the studies of introduction, becoming necessary to reassess their importance to this kind of approach. In this research, three stations of sewer treatments were analyzed, constituted with the following configurations: UASB followed by optional lagoon, UASB followed by anaerobic filter of rising flow and one system with stabilization lagoons. It was carried out performance assesses through the approach: technical, environmental, financial-economic, sanitary-epidemiologic and urban. The period of data monitoring was from the years 2001 to 2003, in which the systematization and grouping were carried out by criteria. Through the obtained results, it was created the indicators which best reflected each criterion, adjusting them with their respective weights. With this, a simulation was done, through the ELECTRE III method, obtaining a separated analysis by criterion, as well as a global one. The ETE which has presented the best technological performance was the Auren's ETE, in which the technology used for treatment is the stabilization lagoon, demonstrating the efficiency of this kind of treatment. The use of the ELECTRE III treatment enabled the evaluation of the treatment units on their different performances, allowing us to verify the efficiency of the introduced systems.

Key Words: technologies – sewer, analysis, multi-criterion, efficiency, treatment

LISTA DE FIGURAS

1. . Construção do índice de concordância.....	22
2. Construção do índice de discordância.....	23
3. Localização esquemática das estações de tratamento de esgotos de Palmas –TO.....	34
4. Dados a montante e jusante de oxigênio dissolvido no córrego Brejo Comprido no período 2.001-2.003.....	36
5. Dados a montante e jusante de oxigênio dissolvido no Ribeirão Taquarussu no período 2.001-2.003.....	37
6. Dados do ponto de coleta a montante e jusante de análise de oxigênio dissolvido no córrego Água Fria / Lago Lajeado no período 2.001-2.003.....	37
7. Dados a montante e jusante da demanda bioquímica de oxigênio do córrego Brejo Comprido no período 2.001-2.003.....	39
8. Dados a montante e jusante da demanda bioquímica de oxigênio no Ribeirão Taquarussu no período 2.001-2.003.....	39
9. Dados a montante e jusante de da demanda bioquímica de oxigênio no córrego Água Fria / Lago Lajeado no período 2.001-2.003.....	40
10. Dados a montante e jusante de pH no córrego Brejo Comprido no período 2.001-2.003.....	41
11. Dados a montante e jusante de pH no Ribeirão Taquarussu no período 2.001-2.003.....	42

12. Dados a montante e jusante de pH no córrego Água Fria / Lago Lajeado no período 2.001-2.003.....	42
13. Dados a montante e jusante de nitrogênio amoniacal no córrego Brejo Comprido no período 2.001-2.003.....	44
14. Dados a montante e jusante de nitrogênio amoniacal no Ribeirão Taquarussu no período 2.001-2.003.....	44
15. Dados a montante e jusante de nitrogênio amoniacal no córrego Água Fria / Lago Lajeado no período 2.001-2.003.....	45
16. Dados a montante e jusante de nitrito no córrego Brejo Comprido no período 2.001-2.003.....	46
17. Dados a montante e jusante de nitrito no Ribeirão Taquarussu no período 2.001-2.003.....	47
18. Dados a montante e jusante de nitrito no córrego Água Fria / Lago Lajeado no período 2.001-2.003.....	47
19. Dados a montante e jusante de nitrato no córrego Brejo Comprido no período 2.001-2.003.....	49
20. Dados a montante e jusante de nitrato no córrego Machado no período 2.001-2.003.....	49
21. Dados a montante e jusante de nitrato no córrego Água Fria / Lago Lajeado no período 2.001-2.003.....	50
22. Dados a montante e jusante de fósforo no córrego Brejo Comprido no período 2.001-2.003.....	51

23. Dados a montante e jusante de fósforo no córrego Taquarussu no período 2.001-2.003.....	52
24. Dados a montante e jusante de fósforo no córrego Água Fria / Lago Lajeado no período 2.001-2.003.....	52
25. Dados de DBO ₅ ETE Brejo Comprido no período 2.001-2.003.....	54
26. Dados de DBO ₅ ETE Aurenny no período 2.001-2.003.....	55
27. Dados de DBO ₅ ETE Vila União no período 2.001-2.003.....	55
28. Dados de DQO ETE Brejo Comprido no período 2.001-2.003.....	57
29. Dados de DQO ETE Aurenny no período 2.001-2.003.....	57
30. Dados de DQO ETE Vila União no período 2.001-2.003.....	58
31. Dados de pH ETE Brejo Comprido no período 2.001-2.003.....	59
32. Dados de pH ETE Aurenny no período 2.001-2.003.....	59
33. Dados de pH ETE Vila União no período 2.001-2.003.....	60
34. Dados de temperatura ETE Brejo Comprido no período 2.001-2.003.....	61

35. Dados de temperatura ETE Aurenny no período 2.001-2.003.....	61
36. Dados de temperatura ETE Vila União no período 2.001-2.003	62
37. Dados de sólidos totais, voláteis e fixos da ETE Brejo Comprido no período 2.001-2.003.....	64
38. Dados de sólidos totais, voláteis e fixos da ETE Aurenny no período 2.001-2.003.....	64
39. Dados de sólidos totais, voláteis e fixos da ETE Vila União no período 2.001-2.003.....	65
40. Dados de nitrato da ETE Brejo Comprido no período 2.001-2.003.....	66
41. Dados de nitrato da ETE Aurenny no período 2.001-2.003.....	66
42. Dados de nitrato da ETE Vila União no período 2.001-2.003.....	67
43. Dados de nitrito da ETE Brejo Comprido no período 2.001-2.003.....	68
44. Dados de nitrito da ETE Aurenny no período 2.001-2.003.....	68
45. Dados de nitrito da ETE Vila União no período 2.001-2.003.....	69
46. Dados de nitrogênio amoniacal da ETE Brejo Comprido no período 2.001-2.003.....	70

47. Dados de nitrogênio amoniacal da ETE Aurenny no período 2.001-2.003.....	71
48. Dados de nitrogênio amoniacal da ETE Vila União no período 2.001-2.003.....	71
49. Dados de fósforo da ETE Brejo Comprido no período 2.001-2.003.....	72
50. Dados de fósforo da ETE Aurenny no período 2.001-2.003.....	73
51. Dados de fósforo da ETE Vila União no período 2.001-2.003.....	73
52. Consumo de energia em 2.002 nas ETEs.....	76
53. Gráfico de consumo de energia em 2.002 nas ETEs.....	76
54. Gráfico de consumo de energia em 2.003 nas ETEs.....	77
55. Gráfico de consumo de energia em 2.003 nas ETEs.....	77
56. Investimentos por ETEs.....	78
57. Localização esquemática das áreas atendidas com coleta e tratamento de esgoto correlacionando com notificação de ocorrências de diarréias no período de 2.003.....	79
58. População atendida e não atendida com esgoto nas bacias: Brejo Comprido, Vila União e Aurenny no período de 2.003.....	80
59. Casos de diarréia nas áreas de abrangência das ETEs.....	81

60. Localização esquemática do raio de estudo de influência urbana nas ETES Brejo Comprido, Aureny e Vila União.....	84
61. Localização esquemática do sentido dos ventos com influência urbana nas ETES Brejo Comprido, Aureny e Vila União.....	86
62. Indicador de DBO a montante e de jusante do córrego Brejo Comprido.....	90
63. Indicador de oxigênio dissolvido a montante e a jusante das ETES.....	91
64. Indicador de pH no corpo receptor a montante e a jusante das ETES.....	92
65. Indicador de nitrito nos corpos receptores a montante e a jusante das ETES.....	93
66. Indicador de nitrato nos corpos receptores a montante e a jusante das ETES.....	94
67. Indicador de nitrogênio amoniacal nos corpos receptores a montante e a jusante das ETES.....	95
68. Indicador de fósforo - P nos pontos a montante e a jusante do lançamento dos efluentes das ETES nos corpos receptores.....	96
69. Indicador de DBO (mg/L) dos efluentes das ETES Brejo Comprido, União e Aureny	98
70. Indicador de DQO (mg/L) dos efluentes das ETES Brejo Comprido, União e Aureny.	98

71. Indicador de O ₂ dos efluentes das ETEs Brejo Comprido, União e Aurenny	99
72. Indicador de pH dos efluentes das ETEs Brejo Comprido, União e Aurenny.....	100
73. Indicador de nutrientes (NO ₃ , NH ₃ , NO ₂) dos efluentes das ETEs Brejo Comprido, União e Aurenny.....	101
74. Indicador de fósforo os efluentes das ETEs Brejo Comprido, União e Aurenny.....	102
75. Índice de consumo de energia por volume tratado de esgotos.....	103
76. Indicador de custo de energia por volume tratado de esgotos nas ETEs Brejo Comprido, União e Aurenny.....	104
77. Índice de atendimento por coleta e tratamento de esgotos nas áreas de abrangência das ETEs.....	106
78. Indicador de casos de diarreias por áreas atendidas por ETEs.....	107
79. Índice de Atendimento por Coleta e Tratamento de Esgotos nas áreas de abrangência das ETEs.....	108
80. Gráfico com índice de influência urbana nas ETEs: Brejo Comprido, Vila União e Aurenny.....	109
81. Índice de influências nas ETEs quanto aos ventos predominantes.....	110
82. Resultados da simulação com classificação para o critério técnico através do método ELECTRE III.....	114

83. Resultados da simulação com classificação para o critério ambiental através do método ELECTRE III.....	115
84. Resultados da simulação com classificação para o critério econômico através do método ELECTRE III.....	116
85. Resultados da simulação com classificação para o critério sanitário e epidemiológico através do método ELECTRE III.....	117
86. Resultados da simulação com classificação para o critério urbano através do método ELECTRE III.....	118
87. Resultados da simulação global com classificação do desempenho das ETES através do método ELECTRE III.....	119

LISTA DE TABELAS

1. Problemática decisórias de referência.....	17
2. Matriz critérios x opções.....	21
3. Lista de aspectos adotados.....	28
4. Ordenamento de importância com os pesos dos critérios.....	29
5. Pesos dos critérios para as avaliações de desempenho parciais e avaliação de desempenho global, bem como variações dos pesos, na opinião dos especialistas.....	30
6. Características das Estações de Tratamento de Esgotos de Palmas - TO.....	31
7. Parâmetros analisados para a monitoração e respectiva avaliação da eficiência das ETEs.....	32
8. Áreas sujeitas a Influências das ETEs para os raios de 500, 1000 e 1500 m...	85
9. Áreas sujeitas a Influências de Ventos Predominantes nas ETEs para os raios de 500, 1000 e 1500 m.....	87
10. DBO (mg/L) / DBO _r (mg/L).....	90
11. Indicador de OD: O ₂ (mg/L) / O _{2r} (mg/L).....	91
12. Faixa de Indicador de pH.....	92
13. Valores dos Indicadores de nitrito.....	93
14. Valores dos Indicadores de nitrato.....	94

15. Valores dos Indicadores de nitrogênio amoniacal.....	95
16. Valores dos Indicadores de fósforo.....	96
17. Valores dos Indicadores de DBO e DQO.....	98
18. Valores dos Indicadores de OD.....	99
19. Valores dos Indicadores de pH.....	100
20. Valores dos Indicadores de Nitrogênio.....	101
21. Valores dos Indicadores de Fósforo.....	102
22. Tabela com Investimentos, População de Projetos e Indicador.....	103
23. Índice de consumo de energia por volume tratado de esgotos (kwh/m ³).....	104
24. Índice de custo de energia por volume tratado de esgotos (R\$/m ³).....	104
25. TIR calculada para os investimentos nas ETEs.	105
26. Índice de atendimento por Coleta e Tratamento de Esgotos.....	106
27. Índice de notificação de casos de diarreias / População	107
28. Índice de atendimento por Coleta e Tratamento de Esgotos.....	108
29. Índice de influência urbana nas ETEs.....	109

30. Indicador do Índice de Influência nas ETEs dos ventos predominantes.....	110
31. Matriz dos valores da avaliação do desempenho das ETEs em relação aos indicadores.....	112
32. Classificação final da avaliação de desempenho tecnológico das ETEs através da simulação no método ELECTRE III.....	113

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
ETEs	Estações de Tratamento de Esgotos
IPA	Índice de Pressão Antrópica
IQA	Índice de Qualidade das Águas
NH ₃	Nitrogênio Amoniacal
NO ₂	Nitrito
NO ₃	Nitrato
OCDE	Organização de Cooperação de Desenvolvimento Econômico
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial de Saúde
OPAS	Organização Panamericana de Saúde
pH	Potencial Hidrogênionico
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PO ₄	Fosfato Total
SANEATINS	Companhia de Saneamento do Tocantins
ST	Sólidos Totais
STF	Sólidos Totais Fixos
STV	Sólidos Totais Voláteis
SS	Sólidos Suspensos
SST	Sólidos Suspensos Totais
SSF	Sólidos Suspensos Fixos
SSF	Sólidos Suspensos Fixos
UASB	“Upflow Anaerobic Sludge Blanket”//Reator Anaeróbio de Manta de Lodo

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xvii
LISTA DE FIGURAS.....	xx
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	viii

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Geral.....	3
2.2 Específicos.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1 Desenvolvimento, sustentabilidade urbana e saneamento.....	4
3.2 As tecnologias de tratamento de esgoto implantadas em Palmas - TO.....	5
3.2.1. Classificação das lagoas de estabilização.....	7
3.2.2 Sistema de lagoas de estabilização em série.....	7
3.2.3 Lagoa anaeróbia.....	8
3.2.4 Lagoa facultativa	9
3.2.5 Lagoa de maturação.....	11
3.3 Reator de manta de lodo (UASB) seguido de lagoa facultativa.....	12
3.4 Reator de manta de lodo (UASB) seguido de filtro anaeróbio.....	12
3.5 Métodos e ferramentas de suporte à decisão	14
3.6 Família de métodos ou ferramentas baseados nas aproximações hierárquicas.....	17
3.7 Métodos família ELECTRE.....	18
3.8 Método ELECTRE II.....	19

3.9 Método ELECTRE III.....	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
4.1 Área de Abrangência dos Estudos.....	25
4.1.1 ETE Brejo Comprido.....	25
4.1.2 ETE Vila União.....	26
4.1.3 ETE Aurenny.....	26
4.2 Criação da grade de critérios.....	27
4.3 Escalas de avaliação de critérios.....	28
4.4 Determinação de pesos.....	29
4.5 Características das unidades para aplicação dos modelos.....	31
4.6 Obtenção de dados.....	31
4.7 Suporte metodológico	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
5.1 Resultados do monitoramento das ETES.....	35
5.2. Valoração dos critérios.....	35
5.2.1 Aspectos Ambientais.....	35
5.2.2 Oxigênio Dissolvido.....	36
5.2.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	38
5.2.4 Potencial Hidrogeniônico – pH.....	41
5.2.5 Nitrogênio amoniacal.....	43
5.2.6 Nitrito (NO ₂ -).....	46
5.2.7 Nitrato (NO ₃).....	48
5.2.8 Fósforo Total (P).....	51
5.3 Aspectos técnicos.....	53
5.3.1 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO ₅).....	54
5.3.2 Demanda química de oxigênio (DQO).....	56
5.3.3 Potencial Hidrogeniônico -pH.....	58
5.3.4 Temperatura.....	60
5.3.5 Sólidos totais, sólidos voláteis e sólidos fixos.....	62
5.3.6 Nitrato (NO ₃).....	65
5.3.7 Nitrito (NO ₂).....	67

5.3.8 Nitrogênio amoniacal (NH ₃).....	69
5.3.9 Fósforo (P).....	72
5.4 Aspectos econômico.....	73
5.5 Aspectos sanitário / epidemiológico.....	78
5.6 Aspectos urbanos.....	82
5.7 Determinação dos indicadores.....	88
5.7.1 Indicadores ambientais.....	90
5.7.2 Índice de demanda bioquímica de oxigênio.....	90
5.7.2 Índice de oxigênio dissolvido (OD).....	91
5.7.3 Indicador de pH.....	92
5.7.4 Indicadores de nitrogênio: nitrogênio amoniacal (NH ₃) nitrito (NO ₂) e nitrato (NO ₃).....	93
5.7.5 Indicador de fósforo.....	95
5.8 Indicador técnico.....	96
5.8.1 Indicador de eficiência para remoção de DBO e de DQO.....	97
5.8.2 Indicador de eficiência quanto a oxigênio dissolvido no efluente das ETEs..	99
5.8.3 Indicador de pH.....	100
5.8.4 Indicador na remoção de nutrientes: nitrogênio amoniacal (NH ₃), nitrito (NO ₂) e nitrato (NO ₃).....	100
5.8.5 Indicador de eficiência para remoção de fósforo.....	101
5.9 Indicador econômico-financeiro.....	102
5.9.1 Índice de investimentos per capita nas ETEs.....	103
5.9.2 Índice de consumo de energia elétrica pelo volume tratado de esgotos.....	103
5.9.3 Índice de custos de energia elétrica pelo volume tratado de esgotos.....	104
5.9.4 Análise da taxa interna de retorno de cada empreendimento.....	105
5.10 Indicador sanitário / epidemiológico.....	105
5.11 Indicador urbano.....	107
5.11.1 Índice de atendimento por coleta e tratamento de esgotos.....	107
5.11.2 Índice de ocupação urbana sujeita a influência das ETEs.....	108
5.11.3 Índice de ocupação urbana / área de entorno da ETE.....	109
5.12 Aplicação do método ELECTRE III.....	111
5.13 Resultados da simulação.....	113
5.13.1 Considerações gerais.....	113
5.13.2 Análise de desempenho por critério.....	114

5.13.3 Análise de desempenho das ETEs global.....	119
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	120
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122
ANEXOS.....	131
ANEXO A.....	132
ANEXO B.....	139

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho realizou a aplicação de modelo de avaliação de Estações de Tratamento de Esgotos segundo uma abordagem dos desempenhos técnicos, ambientais, social-urbano, sanitários e econômico-financeiro.

Considerando que a implantação de Estações de Tratamento de Esgotos tem como objetivo melhorar a qualidade de vida das populações atendidas com os serviços de saneamento, é cada vez mais necessário a obtenção de critérios para tornar, durante a fase de operação e nos estudos de unidades a ser implantadas que sejam mais adequadas e eficientes para atendimento da legislação ambiental.

SOUZA (2001) discute que a análise tecnológica de alternativas de tratamento de águas residuárias municipais, e, de forma específica, tem o objetivo de prognosticar, para uma dada situação real, quais das alternativas teriam um melhor desempenho quando definitivamente implantadas em um local determinado. A vantagem da aplicação de uma metodologia para análise tecnológica de processos de tratamento fica evidente, uma vez que ela favorece um processo de decisão consciente, em que benefícios e possíveis inconvenientes provocados pela implantação do tipo selecionado de estação de tratamento de esgoto são explicitados. Sendo assim, a alternativa escolhida proporcionará, em comparação às outras, um maior grau de “satisfação” relativo aos vários objetivos identificados para o caso.

Diante dos desafios para ter instalações que contemplem vários objetivos e critérios próprios para cada tipo de tecnologia a ser utilizada existe a necessidade de equilíbrio na escolha da alternativa a ser implantada, onde freqüentemente existem interesses conflitantes entre os diversos atores envolvidos, existindo a necessidade de uma análise da escolha do tratamento de esgoto que venha a atender aos múltiplos objetivos envolvidos.

A análise com múltiplos objetivos permite a utilização de variáveis chaves com relações lógicas ou físicas que juntas facilitam a análise efetiva auxiliando uma abordagem mais abrangente dos aspectos pertinentes ao tipo de tecnologia de tratamento de esgoto escolhido.

Assim, a aplicação de modelos para avaliar o desempenho de ETEs visa conhecer as performances de cada unidade implantada. Com isso, torna-se uma ferramenta útil em avaliações, auxiliando nos projetos para implantação de outras unidades, podendo ser utilizado pelos órgãos fiscalizadores, agentes financiadores e pelas empresas que operam estas unidades.

Justifica-se, deste modo, a utilização de modelo de análise com múltiplos objetivos para avaliar as tecnologias de tratamento de esgoto implantadas em Palmas - TO, buscando o funcionamento e ou a reabilitação adequada das mesmas. Neste contexto o trabalho propõe e estabelece critérios através de indicadores para escolha da tecnologia de tratamento de esgotos mais eficiente.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o desempenho das tecnologias implantadas para tratamento de águas residuárias em Palmas - TO, definindo um nível de desempenho para cada unidade a partir dos dados de monitoramento e comparar a performance no cumprimento de seus vários propósitos.

2.2 Específicos

- Avaliar as tecnologias implantadas através de critérios técnicos: eficiência do sistema.
- Discutir e avaliar os impactos ambientais quanto: cumprimento da Resolução CONAMA Nº 357/05 através das análises dos corpos receptores quanto as parâmetros de DQO (mg/L), DBO₅ (mg/L), OD (mg/L), pH, nitrogênio amoniacal, nitrito (mg/L), nitrato (mg/L) e Fosfato Total (mg/L);
- Analisar e discutir os aspectos social-urbano através do índice de atendimento da população urbana com tratamento de esgoto e por interferência no entorno urbano;
- Discutir e correlacionar a situação sanitária através dos dados do perfil epidemiológico: casos de notificação de diarreia nas áreas atendidas com tratamento de esgoto.
- Discutir os aspectos econômico-financeiros através de avaliação dos valores de consumo de energia elétrica, custo de implantação e análise da taxa interna de retorno de cada empreendimento.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Desenvolvimento, Sustentabilidade Urbana e Saneamento

O processo de urbanização que vem passando a humanidade fez com que considerável parte da humanidade passasse a compartilhar o mesmo espaço, espaço este com diversas interfaces e sendo o local determinante das principais atividades humanas.

No século XX houve um acentuado processo de reorganização e planejamento das cidades, tendo como marco a reestruturação das cidades européias destruídas na I e II Guerra Mundial.

Nota-se que desde o início do Século XX surgiram várias cidades planejadas com destaques as cidades dos países em desenvolvimento. Dentro desta visão de cidades planejadas, a Cidade de Palmas -TO surge com o propósito de ser uma cidade ecológica.

Dentro desta nova visão ambiental o planejamento da cidade de Palmas - TO é advento das influências da nova lógica ambiental e que teve o seu marco através do “Clube de Roma”, reunião que alerta sobre as condições ambientais e sobre a deterioração da qualidade de vida do planeta.

Até os anos 60, as análises de impactos provenientes da ação antrópica eram, primordialmente, entendidas sob o enfoque técnico-social com utilização do método tipo custo/benefício (ZUFFO, 1998), notando-se que os estudos para implantação da infraestrutura da cidade de Palmas - TO, especificamente o Sistema de Esgotamento Sanitário foi realizado baseado ainda neste enfoque.

Através desta nova visão A necessidade de pensar a infra-estrutura de saneamento tendo em vista o desenvolvimento sustentável fica evidente face a sua importância para a qualidade do meio ambiente e as ameaças que sua ausência causa tanto ao meio quanto à saúde humana (AGENDA 21).

Ressalta-se que na fase inicial as tecnologias de tratamento de esgotos implantadas em Palmas - TO, não visavam o tratamento para o lançamento em lago, como também, procurou-se nos estudos de implantação a melhor relação custo x benefício.

Visando discutir a eficiência das Estações de Tratamento de Esgoto implantadas foi feita a opção pela análise multicritérios para o apoio à decisão sendo justificada por pelo menos dois aspectos: a capacidade de lidar com múltiplos objetivos e pontos de vista simultaneamente e a estrutura formal rigorosa que estabelece uma linguagem comum para referenciar o debate que acompanha o processo de tomada de decisão nessas condições.

Considerando que a implantação de ETEs tem como objetivo melhorar a qualidade de vida das populações atendidas com os serviços de saneamento é cada vez mais necessário obter critérios para torná-las mais eficiente quando implantadas.

A análise tecnológica de alternativas de tratamento de águas residuárias municipais tem o objetivo de prognosticar, para uma dada situação real, quais alternativas teriam um melhor desempenho quando implantadas. A vantagem da aplicação de uma metodologia para análise tecnológica de processos de tratamento é que ela favorece um processo de decisão consciente, em que benefícios e possíveis inconvenientes provocados pela implantação do tipo selecionado de ETE são explicitados. Sendo assim, a alternativa escolhida proporcionará, em comparação às outras, um maior grau de *satisfação* relativo aos vários objetivos identificados para o caso (SOUZA, 2001).

Diante dos desafios, a ter instalações que contemplem vários objetivos e tendo critérios próprios para cada situação e equilíbrio na escolha destas alternativas, onde frequentemente existem interesses conflitantes entre os diversos atores envolvidos, existe a necessidade de uma análise para escolha do tratamento de esgoto que venha a atender aos múltiplos objetivos envolvidos e conseqüentemente avaliar as unidades já implantadas.

3.2 Tecnologias de Tratamento de Esgoto Implantadas em Palmas

Novas tecnologias de tratamento de águas residuárias buscam soluções eficientes e de custo compatível para minimizar o grande problema gerado pelo lançamento de despejos domésticos e industriais em corpos de água receptores, visto que a legislação torna-se cada

vez mais exigente devido à escassez crescente desses recursos e a busca do desenvolvimento sustentado.

Em 1901, uma lagoa de armazenamento de esgotos foi construída em San Antonio, Texas para uso do efluente para irrigação, observando que houve tratamento do esgoto. Em 1924, Santa Rosa, Califórnia foi lançado os efluentes em um leito natural de pedra tendo detectado também o tratamento GLOYNA (1973).

As lagoas de estabilização estavam neste período sendo utilizadas na Austrália e na Europa, sendo que no Estados Unidos a primeira lagoa a ser projetada foi 1948 em Maddok, North Dakota. Em 1940, em Melbourne na Austrália foram iniciadas pesquisas para depuração de esgoto bruto com uso de Lagoas de Estabilização GLOYNA (1973).

No Brasil em 1960, as lagoas foram introduzidas por Victoretti com execução em São José dos Campos com disseminação de lagoas de estabilização em todo o país. São relevantes as pesquisas realizadas pela EXTRABES na Universidade Federal de Campina Grande, PB.

Atualmente são utilizadas diversas tecnologias para o tratamento de águas residuárias domésticas. Podemos considerar como os tipos de sistemas mais usualmente empregados em regiões de clima tropical, os compostos por reatores anaeróbios e lagoas de estabilização, para estes verifica-se uma grande variedade de alternativas para pós-tratamentos e até mesmo a combinação dos mesmos. Pode-se justificar esta ampla aplicação de reatores anaeróbios e lagoas de estabilização por possuírem um custo de implantação e de operação relativamente baixos e uma alta eficiência nas regiões de clima tropical.

Palmas (TO), conta hoje com quatro (04) Sistemas de Tratamento de Águas Residuárias em funcionamento, sendo três delas com reatores anaeróbios de fluxo ascendente (UASB), e um sistema de lagoa de estabilização. Os reatores apresentam todos eles pós-tratamento, sendo um deles seguido de lagoa e os demais de filtro anaeróbio.

A utilização de lagoas de estabilização para o pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios tem sido a forma mais usual no Brasil, objetivando dar polimento em termos de patogênicos, nutrientes e remoção complementar de DBO. Entretanto QUEIROZ (2001), relata que as lagoas de estabilização passaram a ter seu uso limitado em função da presença substancial de sólidos suspensos (SS) em seus efluentes, que pode provocar conseqüências

indesejáveis no corpo receptor, como o aumento na demanda de oxigênio, ou, no caso do reuso de água (direto ou indireto), o surgimento de problemas de cor, odor e sabor na água, interferência na floculação e decantação, obstrução de filtros, floração das águas, fixação às paredes de reservatórios, corrosão e toxicidade.

3.2.1 Classificação das Lagoas de Estabilização

A classificação de lagoas de estabilização baseia-se na predominância relativa dos dois processos bioquímicos (oxidação aeróbia e digestão anaeróbia) sobre os quais o material orgânico é degradado (OLIVEIRA, 1990).

Para KELLNER & PIRES (1998), de acordo com a forma predominante pela qual se dá a estabilização da matéria orgânica a ser tratada, as lagoas costumam ser classificadas em: anaeróbia, facultativa e de maturação, que as definem pela faixa de cargas orgânicas a que estão submetidas.

Nas lagoas anaeróbias predominam processos de fermentação anaeróbia, sendo responsável pelo tratamento primário dos esgotos com altas cargas orgânicas; as lagoas facultativas referem-se à dualidade ambiental: aeróbias na superfície e anaeróbio no fundo; e as lagoas de maturação são predominantemente aeróbio devido às baixas cargas orgânicas, usadas como refinamento do tratamento prévio das lagoas, ou outro processo biológico; reduz bactérias, sólidos em suspensão, nutrientes e uma parcela negligenciável da DBO.

3.2.2 Sistema de Lagoas de Estabilização em Série

Sistemas de lagoas de estabilização têm sido amplamente utilizados na prática de tratamento de esgoto sanitário em todo o Brasil, tendo-se observado resultados satisfatórios em termos da qualidade do efluente, sempre quando o projeto é tecnicamente adequado e existe um mínimo de operação e manutenção. Como diz o próprio nome, o objetivo principal de lagoas de estabilização é estabilizar, ou seja, transformar em produtos mineralizados o material orgânico presente na água residuária a ser tratada. Para atingir este objetivo, utilizam-se processos de tratamento que se baseiam na atividade metabólica de microrganismos, particularmente bactéria e algas. As algas produzem oxigênio através da fotossíntese e este oxigênio pode ser usado por bactérias aeróbicas para oxidar o material orgânico biodegradável.

Alternativamente, na ausência de oxigênio, bactérias anaeróbias podem transformar o material orgânico em biogás, por meio do processo de digestão anaeróbia.

3.2.3 Lagoa Anaeróbia

As lagoas anaeróbias são usadas principalmente como um tratamento primário para as águas residuárias concentradas, com elevado teor de sólidos suspensos. De acordo com MARA & PEARSON (1986), valores de DBO_5 e sólidos em suspensão maiores que 300 mg/L representam concentrações adequadas à obtenção de melhores resultados com a utilização deste tipo de lagoa e os melhores desempenho destas lagoas estão diretamente relacionados com a temperatura. Para ELLIS (1983), considera que elas são “um fenômeno de climas quente”. De fato, em temperaturas abaixo de 15°C funcionam como um tanque de sedimentação acumulando muito mais lodo contrastando com o aumento de DBO_5 e diminuição do lodo acumulando para as temperaturas acima de 15°C.

SILVA (1982), trabalhando com lagoas em escala-piloto no Nordeste do Brasil observou remoções de DBO_5 de 68 % a 80 % para temperaturas acima de 20°C.

MARA (1976) afirma, também, que para a operação de lagoas anaeróbias ser bem sucedida é necessário que exista um delicado equilíbrio entre as atividades das bactérias formadoras de ácidos e bactérias metanogênicas para tanto são necessárias temperaturas acima de 15°C e o valor do pH deve ser ligeiramente acima de 7,0 pois valores em torno de 6,0 indicam que o processo pode entrar em colapso.

A presença da lagoa anaeróbia em uma série de lagoas representa economia considerável de terreno, visto que, a maior parte da matéria orgânica biodegradável do efluente é removida nessa unidade, (ARAÚJO 1993).

A lagoa é mantida anaeróbia pela aplicação de uma elevada carga orgânica (100 a 400 g DBO_5/m^3 dia, MARA, 1976; ARTHUR, 1983), impedindo dessa forma, a produção de oxigênio fotossintético, onde a biomassa de algas é muito limitada, podendo formar apenas um filme superficial, com predominância de gêneros flagelados (PEARSON, 1987).

MARA (1976) e OLIVEIRA (1990), recomendam profundidades na faixa de 2 a 5 m para lagoas anaeróbias; ARTHUR (1983) considera que, teoricamente não há limites para a profundidade, sugerindo 4 m como a mais adequada e que menos de 2,5 m deve ser evitado. Entretanto, SILVA (1982), pesquisando lagoas anaeróbias em escala piloto, com profundidade variando de 1,25 a 1,75 m observaram que elas funcionaram, de fato, como lagoas anaeróbias. MALINA JR. & RIOS (1976), salientam que a maior profundidade das lagoas anaeróbias proporciona vantagens entre as quais a racionalização do uso do terreno e a proteção das bactérias metanogênicas da exposição ao oxigênio dissolvido.

Para ARAÚJO (1993), as lagoas anaeróbias por apresentarem características ainda indesejáveis, tais como, elevadas quantidades de matéria orgânica e microorganismos, os efluentes das lagoas anaeróbias necessitam de tratamento posterior antes da sua disposição final. Ainda para o mesmo autor o odor desagradável que é o maior problema relacionado ao uso de lagoas anaeróbias pode ser atenuado ainda na fase de projeto com a adoção de cargas orgânicas apropriadas, desde que o teor de sulfato do esgoto bruto seja inferior a 500 mg/L, pois o odor é causado principalmente, pelo gás sulfídrico (H_2S) oriundo da redução do sulfato.

3.2.4 Lagoa Facultativa

As lagoas facultativas são reatores biológicos que apresentam seu conteúdo líquido caracterizado por uma camada aeróbia superficial, uma zona facultativa intermediária e uma camada anaeróbia na parte inferior (PEARSON, 1987; KELLNER & PIRES, 1998 e OLIVEIRA, 1990). Neste tipo de lagoa desenvolvem-se simultaneamente processos de oxidação aeróbia e digestão anaeróbia. Na camada entre 30 a 50 cm, da superfície onde a penetração da luz é efetiva (zona fótica) a matéria orgânica da água residuária se converte em material celular, dióxido de carbono e água, pela ação das bactérias na presença de oxigênio dissolvido, na zona intermediária, descrita como aeróbia e parte anaeróbia, esta conversão é feita principalmente por bactérias facultativas e na camada do fundo, a matéria orgânica em sólidos sedimentáveis é decomposta na ausência de oxigênio por bactérias anaeróbias, com liberação de metano, sulfeto de hidrogênio, nitrogênio amoniacal e dióxido de carbono que na massa líquida movem-se para cima, em direção à superfície onde boa parte escapa para atmosfera (OLIVEIRA, 1990; REIS, 1995; SOUZA FILHO, 1996).

Ainda para os mesmos autores, as *Pseudomonas* sp, *Flavobacterium* sp e *Alcaligenes* sp são as principais bactérias envolvidas no processo oxidativo da matéria orgânica, no qual parte do carbono serve como fonte de energia para os organismos, e a outra parte, juntamente com o nitrogênio (NH_4^+) e fósforo (PO_4^{-2}), forma novas células de algas. Estas, em presença de energia solar, ao utilizarem o CO_2 desprendido pelas bactérias, concomitantemente sintetizam a matéria necessária ao seu próprio desenvolvimento e liberam oxigênio para o meio líquido, que vai ser utilizado pelas bactérias durante a oxidação da matéria orgânica, fechando dessa forma o ciclo. As algas também utilizam o oxigênio dissolvido para atender sua demanda nos períodos onde não ocorrem incidências de luz sobre a lagoa.

Os fatores como a energia solar, intensidade luminosa sobre todo o espelho d'água, bem como temperatura, a ação do vento e a própria área superficial exercem uma grande influência em relação ao seu papel principal que é a remoção da matéria orgânica, é comum alcançar reduções entre 60 % e 80 % da DBO_5 (PEARSON, 1987; REIS 1995).

Quanto às águas residuárias afluentes nas lagoas facultativas, podem ser brutas ou pré-tratadas, sendo denominadas de primárias e secundárias, respectivamente. As lagoas facultativas primárias desenvolvem uma camada considerável de lodo na região do fundo, na qual é verificada uma intensa atividade anaeróbia. SILVA et al. (1992), relatam que em lagoas facultativas observa-se, de forma acentuada, o fenômeno de estratificação térmica e todas as conseqüências provocadas, desde a perda da eficiência do sistema (tanto pelo curto circuito hidráulico, quando pela falta de homogeneidade da massa líquida) à redução da quantidade de oxigênio produzido (pela falta de fotossíntese advinda do auto-sombreamento provocado pela espessa camada de algas flageladas causada pelos movimentos de convecção da massa líquida), e sua distribuição da massa líquida, ampliando a camada anaeróbia.

Para MARA & PEARSON (1986), a profundidade das lagoas facultativas varia de 1,0 a 2,0 m, sendo que, no geral, sua profundidade 1,5 m. Esta medida para muitos autores permite a coexistência de ambos os processos de degradação da matéria orgânica num mesmo reator, ou seja, a oxidação aeróbia ocorrendo na camada superior e a digestão anaeróbia nas camadas da porção inferior da lagoa. Já SILVA (1982), argumenta que as lagoas facultativas profundas (1,70 – 2,0 m) mostram-se como uma opção de economia de terreno de cerca de 50% em relação às rasas (1,0 – 1,30 m) visto que os aumentos nas taxas de decaimento de coliformes obtidos nas lagoas mais rasas não foram suficientes para compensar a perda de volume

causada pela diminuição da profundidade. O desempenho e a eficiência de qualquer lagoa de estabilização é julgado pela qualidade do efluente que produz.

3.2.5 Lagoa de Maturação

O objetivo principal de incluir uma lagoa de maturação em uma série de lagoas, é a remoção organismos patogênicos, especialmente bactérias e vírus (Mara apud REIS, 1995). Ainda este mesmo autor relata que este tipo de reator biológico contribui na eliminação de parasitas intestinais, além de reduzir sólidos em suspensão, nutrientes e metais pesados, ou ainda promover uma razoável remoção de DBO₅ SILVA (1982); OLIVEIRA (1990) E REIS (1995), sugerem que as lagoas de maturação devem ser dimensionadas baseadas na cinética de primeira ordem e na suposição de mistura completa da massa líquida.

As lagoas de maturação são projetadas para receber o efluente de lagoas facultativas, ou de outros processos de tratamento, objetivando melhorar a qualidade daquele efluente. Seu efluente pré-tratado, parcialmente clarificado, permite a penetração de luz solar até as camadas mais profundas, o que, conseqüentemente, assegura condições aeróbias (ANDRADE NETO, 1997). Com isso a sua principal função é a destruição de organismos patogênicos. As bactérias fecais e os vírus morrem em razoável espaço de tempo, devido ao que é para eles um meio inóspito. As lagoas de maturação com adequado dimensionamento pode-se conseguir remoções de coliformes fecais maiores do que 99,99% (SILVA & MARA, 1979).

Em lagoas de maturação, a atividade fotossintética do fitoplâncton supera a atividade degradadora das bactérias. Como conseqüência, há predomínio de elevados valores de oxigênio dissolvido e pH contribuindo significativamente para eliminação de microorganismos patogênicos (PEARSON, 1987; OLIVEIRA, 1990; ARAÚJO, 1993).

As lagoas de maturação também removem nutrientes solúveis, devido a relativamente alta atividade de síntese algológica. Associado a este mecanismo, o pH elevado favorece a volatilização de amônia e a precipitação de fosfato (ANDRADE NETO, 1997).

3.3 Reator de Manta de Lodo (UASB) seguido de Lagoa Facultativa

O pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios através de lagoa de estabilização tem sido a forma mais usual no Brasil. A utilização de lagoas como unidades finais do sistema de tratamento objetiva dar polimento a qualquer tipo de efluente, seja em termos de remoção de patogênicos e de nutrientes, ou mesmo para um polimento em termos de DQO.

O aspecto da remoção de patogênicos tem sido negligenciado em nosso meio, mas vale apenas destacar os inúmeros problemas de doenças de vinculação hídrica associados aos lançamentos de esgotos existentes no Brasil. A remoção de patogênicos por lagoas constitui-se em uma alternativa natural e econômica com relação à opção de desinfecção efetuada com cloração, que pode causar problemas relacionados à geração de compostos cancerígenos.

As lagoas de estabilização são reatores dimensionados levando em contas critérios que favorecem o decaimento dos organismos patogênicos. Os organismos patogênicos vivem bem no intestino humano ou de animais, e fatores adversos tais como temperatura, radiação solar, compostos tóxicos, competitividade de espécies e pH podem ser fatais para eles. Estes fatores devem ser levados em consideração nos projetos das lagoas.

Nos caso das lagoas facultativas, sabe-se que o conhecimento acumulado sobre o seu funcionamento já se encontra bastante consolidado, particularmente no Brasil, onde diversas pesquisas contribuíram para a determinação de critérios de projeto e de operação dessa modalidade de tratamento. Além disso, essa tem sido a principal opção adotada nas pequenas comunidades para a depuração dos despejos gerados, o que tem propiciado a acumulação de um precioso acervo de informações práticas, contribuindo para um maior conhecimento e difusão dessa tecnologia de tratamento de esgotos.

3.4 Reator de Manta de Lodo (UASB) seguido de Filtro Anaeróbio

Os filtros anaeróbios são utilizados para tratamento de esgotos pelo menos desde 1950, mas constituem ainda uma tecnologia em franco desenvolvimento. A busca de alternativas para o material de enchimento, que é responsável pela maior parcela dos custos e pelo volume, e o aperfeiçoamento de detalhes construtivos, incluindo o sentido do fluxo e a facilidade de remoção do lodo de excesso, são os aspectos que merecem maior atenção no desenvolvimento

tecnológico dos filtros anaeróbios. Porém, o fato de ser uma tecnologia ainda em desenvolvimento não impede a aplicação dos filtros anaeróbios em escala real, com grande sucesso e ótimos resultados.

Os filtros anaeróbios vêm sendo aplicados no Brasil para pós-tratamento (polimento) de efluentes de reatores anaeróbios de manta de lodo, com vazões de até mais de 40 L/s (GONÇALVES et al., 2001).

Para ANDRADE NETO et al., (2001), filtros anaeróbios são reatores biológicos com fluxo através do lodo aderido e retido em um leito fixo de material inerte. Portanto, apresentam as vantagens dos reatores anaeróbios com fluxo através do lodo ativo, inclusive na remoção da matéria orgânica dissolvida. Ademais, o podem ser utilizados para esgotos concentrados ou diluídos; resistem bem às variações de vazão afluyente; perdem pouco sólidos biológicos; permitem várias opções de forma, sentido de fluxo e materiais de enchimento; e têm construção e operação muito simples,

Ainda para o mesmo autor as principais limitações dos filtros anaeróbios decorrem do risco de obstrução do leito (entupimento ou colmatação dos interstícios) e do volume relativamente grande devido ao espaço ocupado pelo material inerte de enchimento.

A principal finalidade do material de enchimento é permitir o acúmulo de grande quantidade de biomassa, com o conseqüente aumento do tempo de retenção celular; melhorar o contato entre os constituintes do despejo afluyente e os sólidos biológicos contidos no reator; atuar como uma barreira física, evitando que os sólidos sejam carreados para fora do sistema de tratamento; e ajudar a promover uniformização do escoamento no reator (ANDRADE NETO et al., 1999).

O material mais utilizado para enchimento de filtros anaeróbios no Brasil é a pedra britada N° 4, que é um material muito pesado e relativamente caro, devido ao custo da classificação granulométrica. Outros materiais já foram estudados e experimentados no enchimento de filtros anaeróbios no Brasil: gomos de bambu (COUTO & FIGUEIREDO, 1993; NOUR et al., 2000); escória de alto forno de siderúrgicas (CHERNICHARO, 1997); vários tipos e granulometria de pedras; tijolos cerâmicos vazados comuns e anéis de eletroduto corrugado de plástico (ANDRADE NETO et al., 2000). Estes estudos têm demonstrado que anéis de eletroduto (conduíte cortado) é um bom material para enchimento de filtros anaeróbios.

A eficiência dos filtros na remoção da carga orgânica e sólidos está associada à atividade biológica, fortemente influenciada pela temperatura, e, principalmente, por duas variáveis de projeto: tempo de retenção celular (θ_c), ou tempo de retenção de sólidos biológicos no interior do filtro, e tempo de detenção hidráulica. Ocorre que o θ_c depende do tipo de meio filtrante (e sua capacidade de retenção) e do θ_h . Sendo este último de mais fácil determinação e, para leituras semelhantes, determinante do θ_c , mostra-se como o mais importante, e disponível, parâmetro de projeto. (ANDRADE NETO, 1997).

3.5 Métodos e Ferramentas de Suporte à Decisão

Análise multicritério historicamente tem início com o trabalho de PARETO em 1896 examinando um problema de agregação de critérios dentro de um critério simples, definindo também o conceito da eficiência entre duas alternativas de decisão ZUFFO (1998).

Foram relatados por BARBOSA (1997) pelo menos 50 diferentes técnicas multiobjetivo e ZUFFO (1998) mais de 96 diferentes métodos multicritérios e multiobjetivos. O emprego de cada método e técnica dependerá de uma série de fatores, tais como: disponibilidade de informações, natureza do problema (ex.: discreto ou contínuo), cenário decisório, condicionantes institucionais etc.

A análise multicritério é uma análise visando explicitar uma família coerente de critérios permitindo interpretar as diferentes consequências de uma ação, sendo que a abordagem tradicional de seleção de alternativas de planejamento em recursos hídricos, baseada na análise benefício-custo, tem buscado a utilização de uma análise mais abrangente. Neste caso a análise multicritério trata cada objetivo na unidade de mensuração mais adequada, sem a distorção introduzida pela conversão em unidades monetárias como feito na análise benefício-custo. BARBOSA (1997)

Segundo ZUFFO (1998), durante a Segunda Guerra Mundial os ingleses e americanos desenvolveram pesquisa operacional com ferramentas matemáticas para tomada de decisão. Com o fim da guerra vários pesquisadores foram absorvidos pela iniciativa privada e na administração pública podendo aplicar estes conhecimentos também nos processos de gestão das empresas como também nas decisões nos diversos níveis da administração pública.

Dentro destas pesquisas de tomada de decisão podem-se comparar as duas linhas de pesquisas: americana e a européia considerando que:

a) O objetivo principal da abordagem americana, que é a de descobrir ou descrever algo que é visto como uma entidade fixa ou sempre analítica exata de uma função utilidade, por um parâmetro ótimo a a ser buscado, ou ainda, por valores e ponderações sobre os *pontos de vista* a serem usados nesta agregação. Discute-se também é quanto aos esforços dos pesquisadores em buscar a otimização das funções objetivas, baseando-se em teoremas, corolários, conceitos e axiomas na procura da tão esperada *solução ótima*. Isso poderia levar a uma imposição do resultado do *Decisor*, como sendo a *melhor solução* ou a *solução mais racional*, pois esta foi direcionada segundo as preferências levantadas. Em muitos casos, consideram ainda a existência de uma função de preferências que representaria o pensamento do decisor, podendo essas preferências ser divididas em três técnicas (ZUFFO, 1998) e/ou grupos distintos (BARBOSA et al., 1996):

- Técnicas que geram o conjunto das soluções dominadas; estas técnicas consideram um vetor de função objetivo, utilizando-o para gerar um conjunto de soluções não dominadas. Essas técnicas não consideram as preferências do decisor, baseando-se somente nas restrições físicas do problema.

- Técnicas que incorporam preferências do decisor; esses métodos captam progressivamente as preferências do decisor, oferecendo uma sequência de soluções, que convergem a uma solução final. As variáveis de decisão podem ser contínuas ou discretas, dependendo do tipo do problema. Algumas técnicas são aplicadas exclusivamente aos problemas contínuos e outros aos discretos, mas também existem aquelas que agregam ambos.

- Técnicas que utilizam uma articulação progressiva das preferências: a esse conjunto de métodos estão aqueles que trabalham com uma função dinâmica de valor e param quando se atingiu uma situação em que o decisor está satisfeito com a solução encontrada.

b) A abordagem européia através das ferramentas dos *Métodos Multicriteriais de Auxílio a Decisão* (MCDA – MultiCriteria Decision-Aid) busca com a utilização dos métodos multicriteriais, a *Solução de Melhor Compromisso*, não necessariamente a solução mais racional como pregada pela *Escola Americana*. Os principais conceitos da *Escola Européia* são:

- A não existência de um problema isolado;
- Cada observador vê o problema de forma diferente segundo seu sistema de valores;
- Dependência do observador para a elaboração e estruturação do problema;
- A não segregação dos elementos objetivos dos subjetivos, pois, dentro do processo decisório, eles possuem interconexão;
- O decisor pode modificar os seus pontos de vista iniciais à medida que vai aumentando, durante o processo de seleção de alternativas, seu conhecimento sobre o problemas.

Segundo tipologia proposta por VINCKE (1992) apud SOUZA et al.(2001) pode-se identificar: os métodos aditivos, inspirados da teoria de utilidade multi-atributo, os métodos de classificação e os métodos interativos. A adoção de um ou outro grupo é normalmente justificada por argumentos ditados pela natureza do problema a analisar.

Considerando que existem diversos métodos multicritério e de características tão variadas que tornando difícil uma classificação de aceitação geral. POMPERMAYER (2003) apud Harada (1999). Na seleção e levantamento de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental realizado por ZUFFO (1998) foi adotada a classificação proposta por PARDALOS et al. (1995), sendo:

- CLASSE I: Família de Métodos Baseados na Programação Matemática Multiobjetivo,
- CLASSE II: Família de Métodos Baseados na Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT),
- CLASSE III: Família de Métodos ou Ferramentas Baseados nas Aproximações Hierárquicas,
- CLASSE IV: Família de Métodos Baseados nas Aproximações de Desagregação de Preferências.

A abordagem, a seguir será da família de métodos ou ferramentas baseados nas aproximações hierárquicas que inclui os Métodos Electre III.

3.6 Família de Métodos ou Ferramentas Baseados nas Aproximações Hierárquicas

O conceito desta família de métodos hierárquicos ou ferramentas de auxílio à tomada de decisão nasceu das dificuldades encontradas em diversos problemas concretos. O método ELECTRE I (Elimination Et Coix Traduisant la Réalité), baseia-se na representação relacional das preferências do decisor. A partir de então foram criadas várias derivações do método gerando assim a família ELECTRE. Outros métodos hierárquicos também foram desenvolvidos, mas não derivam diretamente da família ELECTRE. Esta categoria de métodos é muito utilizada pela *Escola Européia* por não incluir, em seu arcabouço, um direcionamento ou um “vício”, que seria considerado como sendo as preferências do(s) tomador (es) de decisão representando através de funções (ZUFFO, 1998).

Os métodos de desclassificação surgiram nos anos sessenta com a influência de pesquisadores franceses. Neste período, os estudos iniciais foram do método ELECTRE foram realizados por ROY & BOUYSSOU (1993), o qual é o protótipo dos métodos de desclassificação.

Existe um grande número de métodos pertencentes a essa família, sendo classificados de acordo com as seguintes problemáticas decisórias de referência: α , β , γ . Para cada problemática foi identificada um objetivo, conseqüentemente o seu resultado e seus procedimentos são resumidos conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Problemática decisórias de referência.

Problemática	Objetivo	Resultado	Procedimento
A (alfa)	Escolha de um subconjunto contendo as melhores ações ou, na ausência dessa possibilidade, as satisfatórias.	escolha	Seleção
B (beta)	Triagem por alocação de ações em categorias pré-definidas.	triagem	Alocação
Γ (gama)	Definição, por ordenação completa ou parcial, de classes de equivalência, compostas por ações que se comparam entre si.	seqüência	classificação

Fonte: adaptado de MAYSTRE et al. (1994) apud GENERINO (1998) apud POMPERMAYER (2003)

Das problemáticas apresentadas, a mais significativa é a α (alfa) desempenhando a função *colocar o problema em termos de melhor escolha*. Neste caso, a escolha da alternativa com maior preferência entre os critérios. POMPERMAYER (2003)

A seguir, uma descrição conceitual dos Métodos da família ELECTRE.

3.7 Métodos da Família ELECTRE

Os métodos ELECTRE têm como idéia principal separar, do conjunto total de alternativas, aquelas que são preferidas na maioria dos critérios de avaliação e que não causam um nível inaceitável de descontentamento nos outros critérios. Para isso, são introduzidos os conceitos de concordância e discordância em comparações entre alternativas, duas a duas HARADA, (1999).

O Método ELECTRE-I foi desenvolvido por BENAYUOUN et al. (1966) e por ROY & BERTIER (1971) apud SOUZA (1997) especialmente para problemas com um número discreto de alternativas, com valores cardinais ou ordinais dos atributos, portanto servindo para o caso em que se tem critério qualitativo e comparativo. Ele pode ser classificado como um método de eliminação seqüencial.

O Método ELECTRE-I baseia-se em comparações par a par entre alternativas, para eliminar as alternativas menos desejáveis e para escolher as alternativas mais preferidas de acordo com a maioria dos critérios sem provocar níveis insatisfatórios em nenhum critério (GERSHON et al., 1982 apud SOUZA, 1997). Este procedimento de eliminação e escolha de alternativas é realizado basicamente por intermédio de três conceitos:

- a) O primeiro conceito é a *concordância* ou *índice de concórdia*;
- b) O segundo conceito utilizado é o de *discordância* ou *índice de discórdia*;
- c) O terceiro conceito envolve os valores limites de concordância e de discordância.

Existem vários algoritmos para resolver o Método ELECTRE-I. No algoritmo de FLORES e GOICOECHEA apud GOICOECHEA (1982), tanto os índices de concordância como de discordância são calculados para todos os pares possíveis de alternativas e para todos os critérios utilizados, formando duas matrizes quadradas, a matriz de concordância e a matriz de discordância.

Uma variante do Método ELECTRE-I foi introduzida por SOUZA (1997) com o objetivo de classificar as alternativas por ordem de preferência para todos os pares de valores utilizados, seguindo a sugestão de TECLE et al (1988) apud SOUZA (1997): *a adequabilidade de cada*

alternativa é medida por sua frequência de aparição em todos os conjuntos de alternativas aceitas para diferentes pares de valores, isto é, a alternativa que participa mais vezes do cerne do gráfico é considerada como a solução do problema.

3.8 Método ELECTRE II

O método ELECTRE II foi elaborado com o intuito de produzir uma ordenação completa das alternativas analisadas. Esse método baseia-se nas mesmas considerações do ELECTRE I, e utiliza ainda outros conceitos acessórios como relações de comparação *forte* e *fraca*, e condições de concordância e discordância distintas. O processo de ordenação das alternativas é realizado em três etapas: da pior alternativa para a melhor, da melhor para a pior; e uma ordenação final construída a partir da média aritmética das anteriores.

3.9 Método ELECTRE III

Dentre os métodos destacados para análise multicritério, o método Electre III (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité) tem sido o mais adequado para a seleção de o problema da seleção de prioridades a partir das informações obtidas. ZACKIEWICK (2003)

Este método foi utilizado por GENERINO & CORDEIRO NETTO (1999), para desenvolvimento de metodologias multicritérios para procedimentos de avaliação em auditorias ambientais: aplicação para estações de tratamento de esgotos em Brasília/DF.

BROSTEL (2002), também utiliza o método desta família ELECTRE III para Formulação de Modelo de Avaliação de Desempenho Global de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) porque mostrou-se o mais adaptado porque apresentou a possibilidade de trabalhar com critérios que utilizam diferentes formas de mensuração sendo compatível com o atual modelo de avaliação de desempenho, que recomenda o uso de formas de medição múltiplas, dentre outros motivos.

POMPERMEYER (2003), através de avaliação de sete sub-bacias hidrográficas no Estado de São Paulo e com a utilização de vinte indicadores, por meio do modelo de agregação multicritério Electre III forneceu resultados coerentes.

As preferências são modeladas a partir de quatro relações binárias I, P, Q e R, formalizadas como axiomas, seguindo as propriedades:

I (indiferença): reflexiva e simétrica;

P (preferência estrita): irreflexiva e antissimétrica;

Q (preferência fraca): irreflexiva e antissimétrica;

R (incomparabilidade): irreflexiva e simétrica.

O importante neste método é a existência do conceito de pseudo-critério (ROY & BOUYSSOU, 1993).

Um critério verdadeiro seria aquele a qual sempre se pode associar uma função g que discrimine perfeitamente qualquer par de alternativas a e b. Um pseudo-critério, por sua vez, admite que a função g que o associa às alternativas o faça de maneira imperfeita e, portanto, em certos casos a comparação se torne nebulosa. Na prática, isso significa que alguns de seus métodos apresenta o recurso de variar a nitidez da escala de um critério segundo o valor assumido pela alternativa. Assim, ao invés de considerar indiferentes apenas duas alternativas que assumem o mesmo valor em determinado critério, a noção de indiferença entre as alternativas é expandida para um intervalo da escala de medida utilizada. Desse modo, a noção de critério mais frouxa do ponto de vista cognitivo torna-se um pseudo-critério (ZACKIEWICK, 2003).

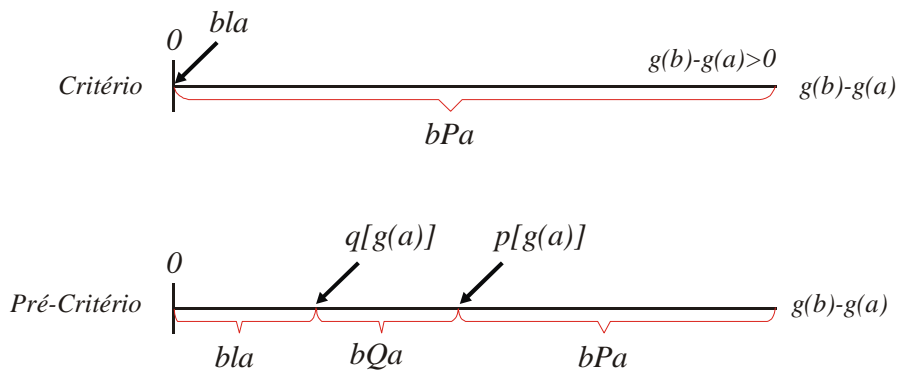
A definição da transição entre indiferença e preferência forte, passando pela preferência fraca, é dada pelos valores atribuídos a coeficientes especiais chamados de limiar de preferência (p) e limiar de indiferença (q) para cada critério j, tal que:

$$g_j(b) - g_j(a) > p_j [g_j(a)] \rightarrow (bPa)$$

$$q_j[g_j(a)] < g_j(b) - g_j(a) < p_j[g_j(a)] \rightarrow (bQa)$$

$$0 \leq g_j(b) - g_j(a) \leq q_j[g_j(a)] \rightarrow (bla)$$

Estes coeficientes permitem flexibilizar a ordenação gerando uma região difusa (fuzzy) entre os valores assumidos pelas alternativas a e b frente ao critério j. Isto torna a modelização das preferências mais realista e adaptada às características intrínsecas de cada critério.



Será utilizado o termo critério mesmo quando se tratar de pseudo-critérios. Fica implícito pelo valores atribuídos a q e p quando se trata de um caso ou outro (se q e p são nulos o critério é verdadeiro).

São atribuídos valores a cada critério e os seus respectivos pesos são hierarquizados através da matriz de desempenho que considera as alternativas estudadas. A matriz, tabela 2 é constituída tendo nas linhas os critérios e as nas colunas as alternativas, gerando, portanto um grupo de funções com suas respectivas imagens.

Tabela 2: Matriz critérios x opções

Critérios	1	2	-	-	-	N
Opções						
A	G 1 (a)	-	-	-	-	g n (a)
A	g 1 (b)	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
M	g 1 (m)	-	-	-	-	g n (m)

FONTE: (VALLÉ & ZIELNIEWICZ, 1994):

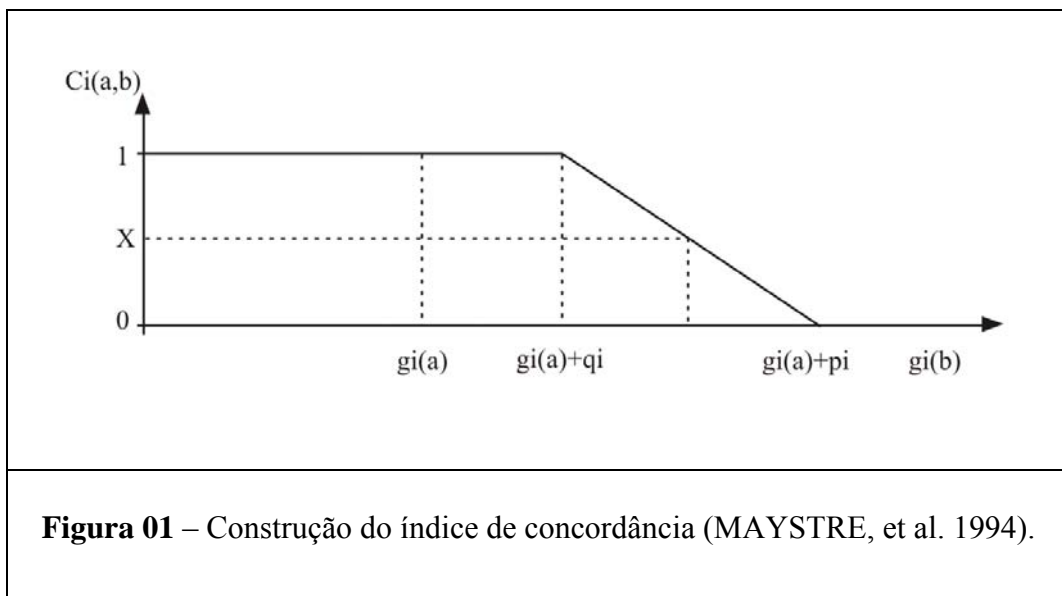
É realizada a ordenação das alternativas através de uma relação chamada superação (S) que consiste em admitir para qualquer par de opções a e b que uma supera a outra quando são satisfeitas pelo menos uma condição de concordância e uma de discordância. A concordância quantifica o grau de dominação da alternativa a sobre b; a discordância quantifica o grau de não dominação da alternativa b sobre a. As comparações são feitas entre todas alternativas par a par, considerando os valores de cada critério separadamente. É então construída uma matriz auxiliar, chamada matriz de credibilidade contendo todos os valores $c_j(a,b)$ calculados a partir da condição de concordância definida pelo método.

O método Electre III adota o seguinte algoritmo (VALLÉ & ZIELNIEWICZ, 1994):

a) condição de concordância:

$$C(a,b) = \frac{\sum_{j=1}^m K_j C_j(a,b)}{\sum_{j=1}^m K_j}, e$$

$$C_j(a,b) = \frac{p_j [g_j(a)] - \min[g_j(b) - g_j(a); P_j [g_j(a)]]}{p_j [g_j(a)] - \min[g_j(b) - g_j(a); q_j [g_j(a)]]}$$

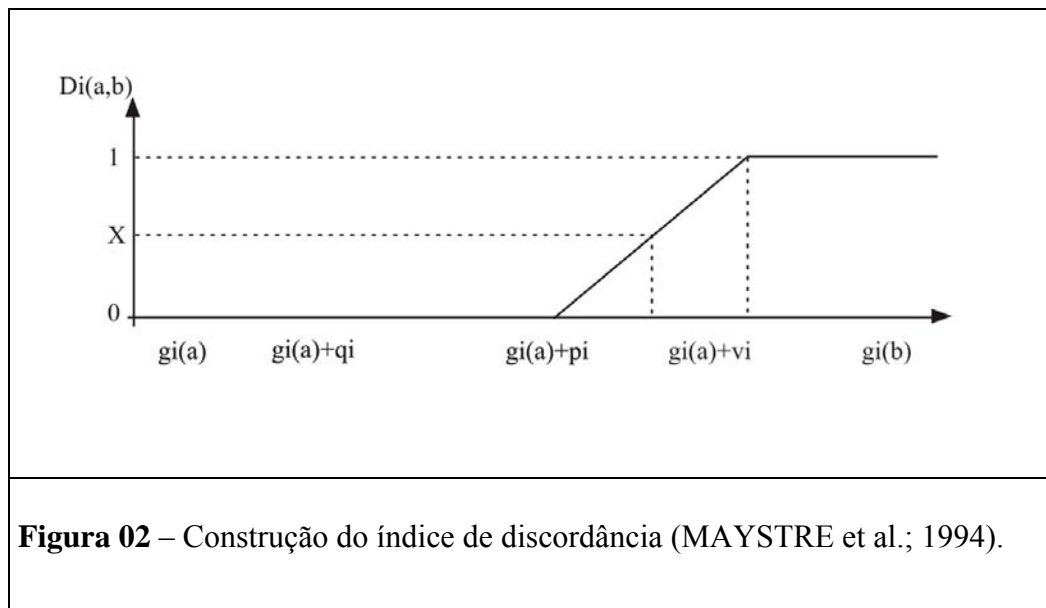


onde $C(a,b)$ é a medida as performances de a e b para cada um dos critérios estão em concordância com a proposição “a supera b”, isto é, a S_b (4) e k_j denota o peso atribuído ao critério j. O peso pondera o cálculo do índice de concordância $C(a,b)$.

b) condição de discordância:

$$D_j(a, b) = \text{Min} \left[1; \text{Max} \left[0; \frac{g_j(b) - g_j(a) - p_j[g_j(a)]}{v_j[g_j(a)] - p_j[g_j(a)]} \right] \right]$$

Para cada valor $D_j(a, b)$ exprime em que medida o critério j refuta a asserção “ a é no mínimo tão bom quanto b ”. No cálculo de D entra para cada critério j um coeficiente de veto v .



Em seguida, o método ELECTRE III realiza o cálculo que consolida a relação de superação difusa, caracterizada para cada par de alternativas (a, b) por um grau de credibilidade $d(a, b)$, e exprime finalmente em que medida “ a supera b ” globalmente tendo em conta os índices de concordância e discordância.

O grau de credibilidade $d(a, b)$ é o próprio índice de concordância $C(a, b)$ quando nenhum dos índices de discordância $D_j(a, b)$ para cada critério é maior que $C(a, b)$. Quando isso acontecer, o grau de credibilidade é descontado progressivamente quanto maior o número de critério em que ocorrerem discordância. Escrevendo estas duas situações matematicamente, tem-se:

$$\overline{F}(a, b) = \{j \in F / D_j(a, b) > C(a, b)\} = \Phi \rightarrow d(a, b) = C(a, b)$$

$$\overline{F}(a, b) \neq \Phi \Rightarrow d(a, b) = C(a, b) \cdot \prod_{j \in F(a, b)} \frac{1 - D_j(a, b)}{1 - C(a, b)}$$

Nos métodos sob essa axiomatização, os pesos não necessitam somar 1, eles apenas atuam como coeficientes de ponderação para estabelecer a importância relativa de cada critério frente ao modelo como um todo.

Na prática, os pesos, a orientação da preferência e os demais parâmetros do modelo (coeficientes p , q e v) podem ser entendidos como parâmetros para a cenarização de distintos contextos. O estudo do comportamento da ordenação das alternativas frente a tais cenários se converte em um interessante procedimento de apoio à decisão, com alcance qualitativamente distinto dos esforços de otimização de busca à melhor alternativa (ZACKIEWICK, 2003).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de Abrangência dos Estudos

A área urbana de abrangência deste estudo esta limitada na faixa de atendimento de três (3) ETEs implantadas em Palmas, Estado do Tocantins e que atendem parcialmente a demanda urbana com o tratamento dos efluentes de águas residuárias domésticas.

Dentro desta ocupação urbana tem os seguintes tributários do Rio Tocantins, sendo os seguintes corpos receptores: Córrego Brejo Comprido, Córrego Água Fria e Córrego Taquarussu.

As Estações de Tratamento de Esgotos têm a seguinte abrangência na área urbana:

4.1.1 ETE Brejo Comprido

A Estação de Tratamento de Esgotos - ETE Brejo Comprido localiza-se na área Central do Plano Diretor de Palmas, tendo abrangência para o atendimento das seguintes Quadras: 105 N, 109 N, 103N, 104 N, 101S, 201S, 401S, 501S, 105S, 107S, 203S, 205S, 207S, 303S, 305S, 403S, 405S, 503S, 104S, 102S, 202S, 402S, 402S, 502S, 106S, 108S, 204S, 206S, 208S, 210S, 304S, 306S, 308S, 404S, 504S, 504S, 506S, 112S, 212S, 312S, 412S e 512S.

O processo de tratamento apresenta as seguintes características:

- Tratamento Preliminar: Gradeamento, Caixa de Areia Manual e Caixa de Gordura;
- Estação Elevatória de Esgotos;
- Tratamento Primário Anaeróbio: através do UASB;
- Tratamento Secundário Anaeróbio: através de Filtros de Fluxo Ascendente com Leito de Bambu;
- Tratamento da Parte Sólida: Leitos de Secagem de lodo por desidratação.

4.1.2 ETE Vila União

A Estação de Tratamento de Esgotos - ETE Vila União localiza-se na área Norte e visa atendimento das seguintes Quadras: 105N, 107N, 203N, 205N, 207N, 303N, 305N, 307N, 403N, 405N, 407N, 409N, 503N, 503N, 505N, 505N, 507N, 103N, 101N, 301N, 401N, 501N, 601N, 101S, 106N, 108N, 110N, 204N, 206N, 304N, 404N, 406N, 408N, 504N, 506N, 508N, 604N, 510N, 302N, 402N, 502N, 602N, 104N, 202N, 302N, 112N, 212N, 412N e 512N.

O processo de tratamento apresenta as seguintes características:

- Tratamento Preliminar: Gradeamento, Caixa de Areia Manual e Caixa de Gordura;
- Estação Elevatória de Esgotos;
- Tratamento Primário Anaeróbio: através de UASB;
- Tratamento Secundário Aeróbio: através de Lagoa Facultativa;
- Tratamento da Parte Sólida: Leitões de Secagem de lodo por desidratação.

4.1.3 ETE Vila Aurenny

A Estação de Tratamento de Esgotos - ETE Aurenny localiza-se na área Sul para atendimento da região dos Aurenys – Taquaralto, e visa o atendimento dos seguintes Setores: Aurenny I, II, III e IV.

O processo de tratamento apresenta as seguintes características:

- Tratamento Preliminar: Gradeamento, Caixa de Areia Manual e Lagoa de Sedimentação para efluentes de Fossas Sépticas;
- Tratamento Primário Anaeróbio: através de Lagoa Anaeróbia;
- Tratamento Secundário Aeróbio: através de Lagoa Facultativa;
- Tratamento Terciário: Lagoa de Maturação.

Os dados para realização do presente trabalho foram coletados nas seguintes instituições:

- *Dados Técnicos e Ambientais*: Companhia de Saneamento do Tocantins e Laboratório de Saneamento da UFT;
- *Dados Epidemiológicos/Notificação de Diarréia*: Secretaria Municipal de Saúde da Prefeitura Municipal de Palmas – TO;
- *Dados Econômicos/Financeiro/Social*: Companhia de Saneamento do Tocantins.

4.2 Criação da grade de Critérios

Os critérios foram divididos englobando cinco grandes aspectos: técnicos, ambientais, social-urbano, sanitários e econômico-financeiros, resumidos na Tabela 03.

Os aspectos ambientais foram avaliados a partir da adoção de parâmetros físicos e químicos, monitorados no corpo receptor a montante e a jusante do ponto de lançamento do efluente, empregando como referência os valores preconizados pela Resolução CONAMA Nº 357/05.

Os aspectos sanitários foram avaliados adotando-se as notificações de diarréia na área de abrangência e de atendimento das ETEs, permitindo identificar também a importância dos indicadores de saúde com os de saneamento, apresentando elementos que permitirão uma melhor interferência da gestão pública na área de saneamento.

Os aspectos econômicos e financeiros, foram abordados verificando-se os investimentos na fase de execução e também a partir da avaliação das unidades com menores custos em energia elétrica e manutenção e operação, apontando para unidades que tenham baixos custos de manutenção.

Quanto ao aspecto sócio-urbano são apresentados parâmetros que permitem uma análise da interface da ocupação urbana com as unidades de tratamento. Neste caso, foram avaliadas as distâncias mínimas recomendadas entre as unidades de tratamento e áreas de ocupação urbana.

Tabela 03: Lista de aspectos adotados

Aspectos técnicos
- Complexidade da operação: avalia o grau de dificuldade para operar cada tipo de tecnologia utilizada.
- Eficiência do sistema: Remoção de matéria orgânica – DBO ₅ e DQO (mg/L), fósforo, Nitrogênio, Sólidos suspensos totais e análise dos parâmetros de pH, OD (mg/L).
Aspectos Ambientais
- Impactos nos recursos hídricos (lançamento do efluente de acordo com o preconizado na Resolução CONAMA N° 357 de 17/03/2005: DQO (mg/L), DBO ₅ (mg/L), OD(mg/L), pH, Fosfato Total (mg/L P), nitrito(mg/L), nitrogênio amoniacal(mg/L) e nitrato (mg/L).
Aspectos social-urbano
- Aceitabilidade física do empreendimento: distância mínima de residências.
- Atendimento da População Urbana com tratamento de Esgotos.
- Impactos localizados: direcionamento dos ventos.
Aspectos sanitários
- Avaliação do perfil epidemiológico: Notificação de casos de diarreias nas áreas atendidas por coleta e tratamento de esgoto.
Aspectos econômico-financeiros
- Custos de implantação (R\$);
- Custo de operação: energia elétrica (R\$/anual);
- Análise da Taxa de Retorno (%) de cada empreendimento.

4.3 Escalas de avaliação de critérios

De acordo com os critérios apresentados, foi avaliada a valoração de cada critério através da Resolução CONAMA nº 357/2005 e com discussão técnica das tecnologias estudadas. Considerando que cada unidade de tratamento apresenta eficiências relativas optou-se por considerar as características físico químicas dos efluentes, no caso critério ambiental, como o mais relevante.

De acordo com o grau de importância sendo alguns parâmetros mensuráveis: objetivos e outros são de natureza subjetiva e que não possuem uma escala clara de valores que possa ser utilizada como recurso de comparação. Como, nesses critérios, as diferenças entre uma ou outra alternativa podem ser sutis e de difícil mensuração, será adotado o uso de algumas classes de comparação, que permitem aliar simplicidade da análise a uma maior garantia de objetividade.

4.4 Determinação de pesos

Os critérios envolvidos para avaliar o desempenho das ETEs refletem os valores dos atores presente no contexto, sendo que cada participantes tem valores para cada critério analisado. Sobre esta lógica, BROSTEL, 2002 desenvolveu uma pesquisa para formulação dos pesos a ser utilizados em cada critério de ETEs. Foram avaliados e considerados os seguintes níveis de importância aos pesos dos critérios:

- (1) pouco importante;
- (2) medianamente importante;
- (3) importante;
- (4) muito importante.

Nos valores obtidos, de acordo com Tabela 04, nenhum dos critérios apresentado foi considerado pouco importante e que somente o critério de eficiência no processo foi considerado muito importante por todos os especialistas.

Foi constatado também, que a eficiência do processo, sob o ponto de vista dos especialistas, é o aspecto mais importante em termo de desempenho. Seguindo os critérios associados à confiabilidade ambiental. O critério de consumo de energia teve como avaliação pouca importância, necessitando, portanto de uma melhor conscientização dos profissionais em relação a este aspecto.

Tabela 04 – Ordenamento de importância com os pesos dos critérios.

CRITÉRIO	PESO
Eficiência do processo	4,0
Impacto ambiental	3,8
Confiabilidade	3,7
Gestão dos resíduos sólidos, Legislação Ambiental	3,6
Monitoramento e controle operacional	3,4
Benefícios socioeconômicos	3,3
Gestão de saúde e segurança do trabalho	3,2
Custo operacional, gestão ambiental e sustentável	3,1
Gestão de manutenção	3,0
Gestão de recursos humanos, sistema de informação, gestão organizacional, viabilidade financeira	2,9
Especificidade da ETE	2,4
Consumo de energia, participação social	2,3

Fonte : BROSTEL, 2002.

Neste trabalho, os pesos adotados são os pesos relativos, coluna 3 da tabela 05.

Tabela 05 – Pesos dos critérios para as avaliações de desempenho parciais e avaliação de desempenho global, bem como variações dos pesos, na opinião dos especialistas.

Critério de Avaliação (1)	Peso médio atribuído na pesquisa (2)	Pesos relativos adotados (3)	Coefficiente de Variação (4)	Pesos relativos máximos (5)	Pesos relativos mínimos (6)	Peso percentual médio global (7)
Sistema de monitoramento e controle operacional	3,4	1,5	0,21	1,9	1,2	6,1
Confiabilidade	3,7	1,6	0,14	1,9	1,4	6,5
Eficiência do processo	4,0	1,8	0,00	1,8	1,8	7,1
Conservação de energia	2,3	1,0	0,21	1,3	0,8	4,1
Sistema de manutenção	3,0	1,3	0,17	1,6	1,1	5,3
Gestão de resíduos sólidos	3,6	1,6	0,15	1,8	1,3	6,3
Especificidades da ETE	2,4	1,1	0,22	1,3	0,9	4,3
Soma	22,4	10,0				
Gestão de segurança e saúde no trabalho	3,2	2,7	0,26	3,4	2,0	5,7
Gestão de recursos humanos	2,9	2,4	0,21	2,9	1,9	5,1
Sistema de informação	2,9	2,4	0,21	2,9	1,9	5,1
Gestão organizacional	2,9	2,4	0,21	2,9	1,9	5,1
Soma	11,9	10,0				
Custo de O&M	3,1	5,2	0,25	6,5	3,9	5,5
Viabilidade Financeira	2,9	4,8	0,27	6,1	3,5	5,1
Soma	6,0	10,0				
Legislação ambiental	3,6	3,4	0,20	4,1	2,7	6,3
Impacto ambiental	3,8	3,6	0,12	4,0	3,2	6,7
Gestão ambiental e sustentável	3,1	3,0	0,19	3,6	2,4	5,5
Soma	10,4	10,0				
Benefícios socioeconômicos	3,3	5,9	0,15	6,8	5,0	5,9
Participação social	2,3	4,1	0,30	5,4	2,9	4,1
Soma	5,7	10,0				
Soma	5,7	10,0				100

FONTE: (Adaptado da Brostel, 2002).

4.5 Características das Unidades para Aplicação dos Modelos

A escolha das unidades para a aplicação do modelo implicou em análise que diferenciasssem em relação aos seguintes aspectos: diferenças no processo de tratamento, características dos corpos hídricos onde são lançados os efluentes e localização das unidades.

A tabela 06 apresenta as características das ETEs estudada, já a figura 03 mostra a localização esquemática das ETEs.

Tabela 06 – Características das Estações de Tratamento de Esgotos de Palmas

<i>Unidades de Tratamento</i>	<i>Características</i>
Estação de Tratamento de Esgoto Vila União	Composta de Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente com pós-tratamento através de Lagoa Facultativa, com capacidade de projeto para tratamento de uma vazão média de 112,50 L/s com lançamento do efluente tratado no córrego Água Fria.
Estação de Tratamento de Esgoto Brejo Comprido	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente com pós-tratamento através de Filtro Anaeróbio com leito de bambu, com capacidade de projeto para tratamento de uma vazão média de 108,60 L/s com lançamento do efluente tratado no córrego Brejo Comprido.
Estação de Tratamento de Esgoto Aurenny	Lagoas de Estabilização: Lagoa Anaeróbia, Lagoa Facultativa e Lagoa de Maturação, com capacidade de projeto para tratamento de uma vazão média de 40,00 L/s com lançamento no efluente tratado no córrego Taquarussu.

FONTE: SANEATINS

4.6 Obtenção de dados

Os dados técnicos e ambientais de monitoramento das estações de tratamento de esgotos foram organizados no Protocolo de Dados sendo apresentados no Anexo B deste trabalho e foram realizados pelo Laboratório de Saneamento da UFT do período de janeiro de 2001 a dezembro de 2003.

Os dados relativos à avaliação econômico-financeira, urbanos foram obtidos na SANEATINS sendo resumidos no Anexo B.

Os dados dos casos de notificação de diarreia foram obtidas através da Secretaria Municipal de Saúde de Palmas, sendo resumido no Anexo B.

O monitoramento das ETEs seguiram as seguintes metodologias, conforme descrição dos parâmetros demonstrados na tabela 07, a seguir.

Tabela 07 – Parâmetros analisados para a monitoração e respectiva avaliação da eficiência das ETEs.

PARÂMETROS FÍSICOS				
Parâmetro	Local de Coleta*	Frequência **	Técnica	Referência
Sólidos Totais	EB e efl. de todas as ETEs/CR	Semanal	Evaporação e secagem a 105°C	APHA (1998)
Temperatura	EB e efl. de todas as ETEs/CR	Semanal	Imersão direta	APHA (1998)
PARÂMETROS QUÍMICOS				
Parâmetro	Local de Coleta*	Frequência **	Técnica	Referência
DQO	EB e efl. de todas as ETEs/CR	Semanal	Refl. Com dicromato	APHA (1998)
DBO	EB e efl. de todas as ETEs/CR	Semanal	Frascos múltiplos	APHA (1998)
Ph	EB e efl. de todas as ETEs/CR	Semanal	Leitura direta	APHA (1998)
Nitrato	EB e efl. de todas as ETEs/CR	Mensal	Espectrof. Visível	APHA (1998)
Nitrogênio amoniacal	EB e efl. de todas as ETEs/CR	Mensal	Espectrof. Visível	APHA (1998)
Nitrito	EB e efl. de todas as ETEs/CR	Mensal	Espectrof. Visível	APHA (1998)
Fósforo total	EB e efl. de todas as ETEs/CR	Mensal	Espectrof. Visível	APHA (1998)
Oxigênio dissolvido	EB e efl. de todas as ETEs/CR	Semanal	Leitura direta	APHA (1998)

*EB – Esgoto Bruto *CR – Corpo Receptor **S – semanal **M – mensal

4.7 Suporte Metodológico

O modelo de avaliação de desempenho das ETEs seguiu a estruturação utilizada por BROSTEL (2002), sendo dividido em 6 (seis) etapas, identificadas em função do tipo de atividade envolvida. A estrutura básica aplicada por BROSTEL (2002) no Modelo ELECTRE III, segue os seguintes atividades envolvidas, sendo:

- **Estrutura básica do modelo** – Denominou-se de estrutura básica do modelo o conjunto de planilhas utilizadas para entrada de dados, planilhas de avaliação e tabelas de apoio e referência, o qual constitui o Protocolo de Avaliação de Desempenho de ETEs.

- **1ª Etapa: Coleta de Dados e reconhecimento da ETEs** – Nesta etapa, foi realizada a avaliação geral de cada ETE para reconhecimento e identificação das instalações. Em seguida, foram coletados os dados básicos das ETEs, como população atendida e de projeto, vazão e tipo de tratamento.

- **2ª Etapa: Avaliações do Desempenho da ETE nos critérios** – Foi realizada a avaliação dos critérios através dos resultados e discussão de acordo com a metodologia estabelecida para cada um, definindo os desempenhos chamados de individuais, os quais foram reunidos item 5 dos resultados e discussões sendo apresentado através de gráficos e tabela de resumos para a formulação dos indicadores.

- **3ª Etapa: Confirmação dos parâmetros do modelo e pesos dos critérios** – Para cada parâmetro dos critérios analisados se estabeleceu correlação com os exigidos na Legislação Ambiental e na fundamentação técnica das tecnologias avaliadas. A avaliação foi realizada seguindo inicialmente para os pesos dos critérios, os parâmetros de entrada do método ELECTRE-III e as categorias de desempenho.

- **4ª Etapa: Determinação dos desempenhos parciais das ETEs** – Fundamentado nos desempenhos individuais da ETE nos critérios, obtidas na 2ª etapa, e nos parâmetros

estabelecidos, o método ELECTRE-III procede à alocação do desempenho da ETE, para cada uma dos 5 (cinco) critérios estabelecidos: técnica, ambiental, social-urbano, sanitária e econômica-financeira.

- **5ª Etapa: Determinação do desempenho tecnológico das ETEs** – Foram simulados os desempenhos por critério das ETEs, como também, o desempenho global com simulações através do método ELECTRE-III. Estes dados fazem parte da Tabela 31 e 32.

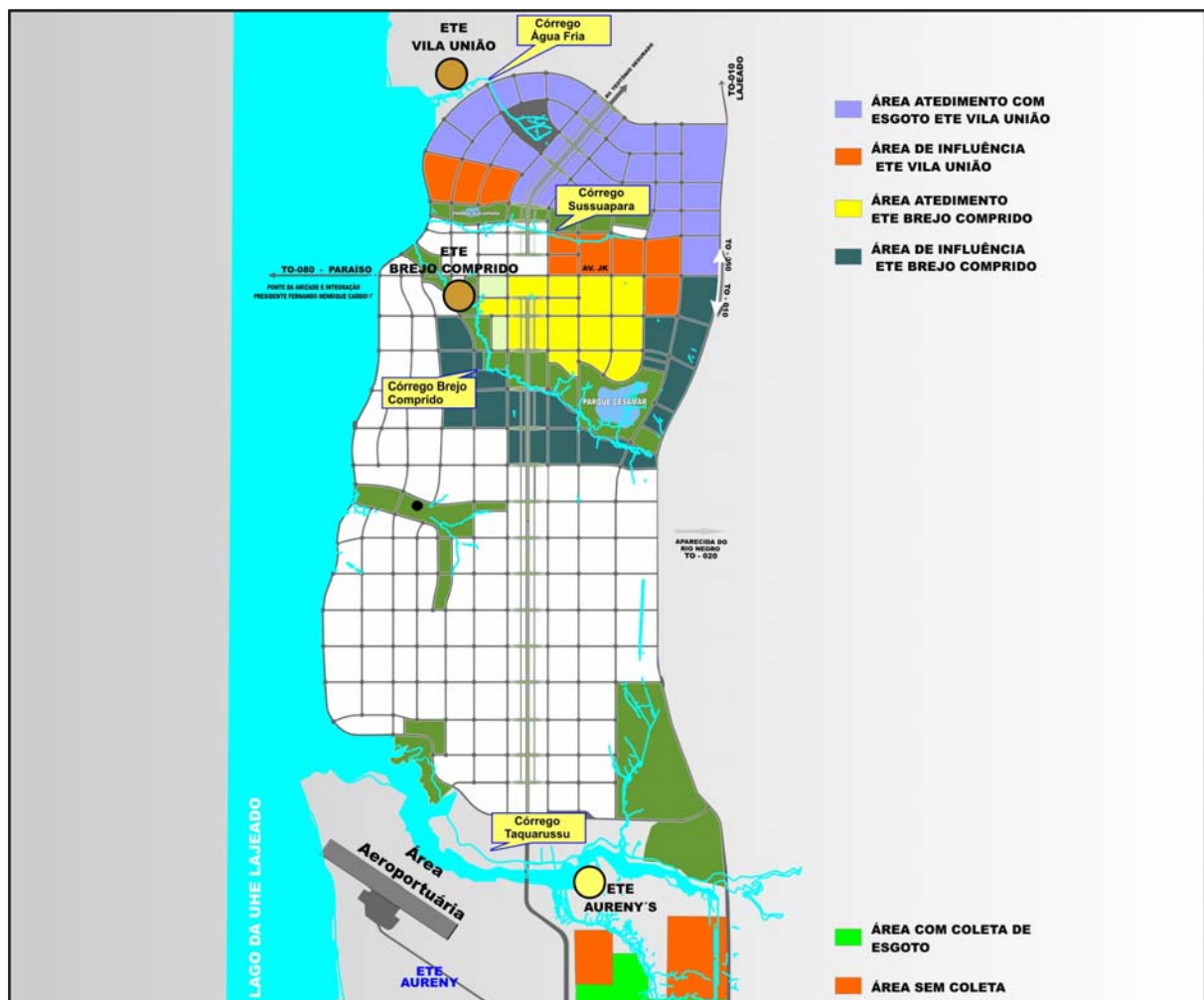


FIGURA 03 - Localização esquemática das estações de tratamento de esgotos de Palmas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Resultados do Monitoramento das ETEs

Os dados que discutidos a seguir, foram obtidos através do monitoramento das ETEs, constituídas pela ETE Brejo Comprido, ETE Vila União e ETE Aurenny. O período de monitoramento compreende os anos de 2001, 2002 e 2003, sendo a discussão para avaliação através da avaliação dos seguintes aspectos: técnicos, ambientais, sócio-urbano, sanitário e econômico-financeiro.

5.2 Valoração dos Critérios

5.2.1 Aspectos Ambientais

A discussão ambiental e a avaliação deste aspecto estão baseadas na Resolução CONAMA Nº 357/05. Esta resolução dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

No monitoramento dos sistemas em estudo foram coletadas amostras a montante e a jusante do lançamento dos efluentes de cada ETE, sendo possível estabelecer e avaliar os impactos provocados pelos efluentes no corpo receptor.

Considerando que no estado do Tocantins, os corpos d'água ainda não se encontram classificados através da legislação estadual, os corpos receptores são consideradas de Classe 2 seguindo os critérios de enquadramento da legislação federal.

Através de análises de parâmetros físicos e químicos obtendo os resultados expostos nas Figuras 04 a 24; para os parâmetros oxigênio dissolvido (mg/L), DBO_5 a 20 °C até 5 mg/L O_2 , pH, fósforo total (mg/L), nitrato(mg/L), nitrito (mg/L) e nitrogênio amoniacal (mg/L).

5.2.2 Oxigênio Dissolvido (O_2)

A determinação do oxigênio é de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como a eutrofização e a poluição orgânica. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio.

As Figuras 4, 5 e 6 mostram os resultados das concentrações de oxigênio dissolvido no corpo receptor no período de 2001 a 2003, para a ETE Brejo Comprido, Aurenly e Vila União, respectivamente.

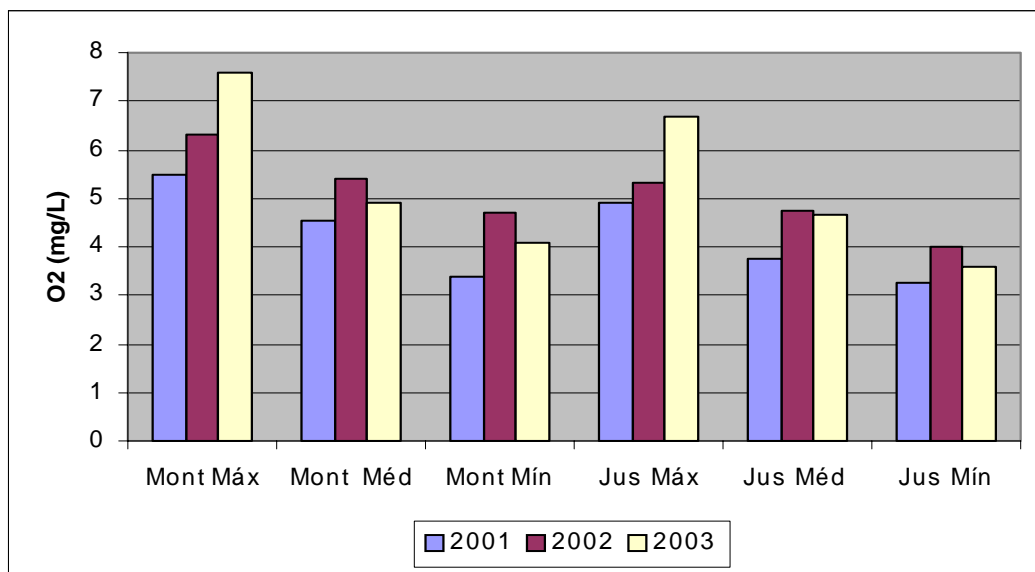


FIGURA 04 – Dados a montante e jusante de oxigênio dissolvido no córrego Brejo Comprido no período de 2.001-2.003

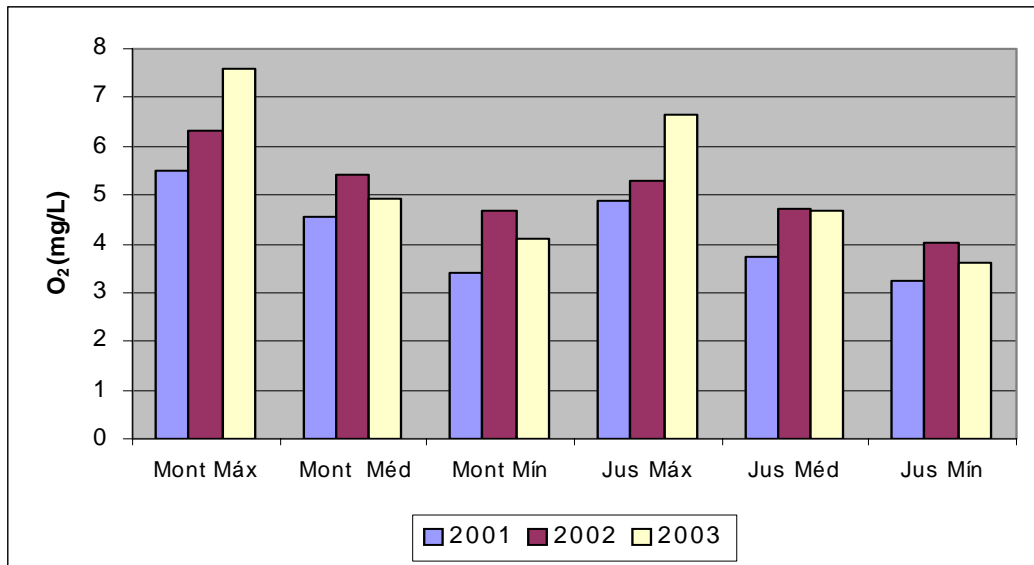


FIGURA 05 – Dados a montante e jusante de oxigênio dissolvido no córrego Taquarussu – no período de 2.001-2.003

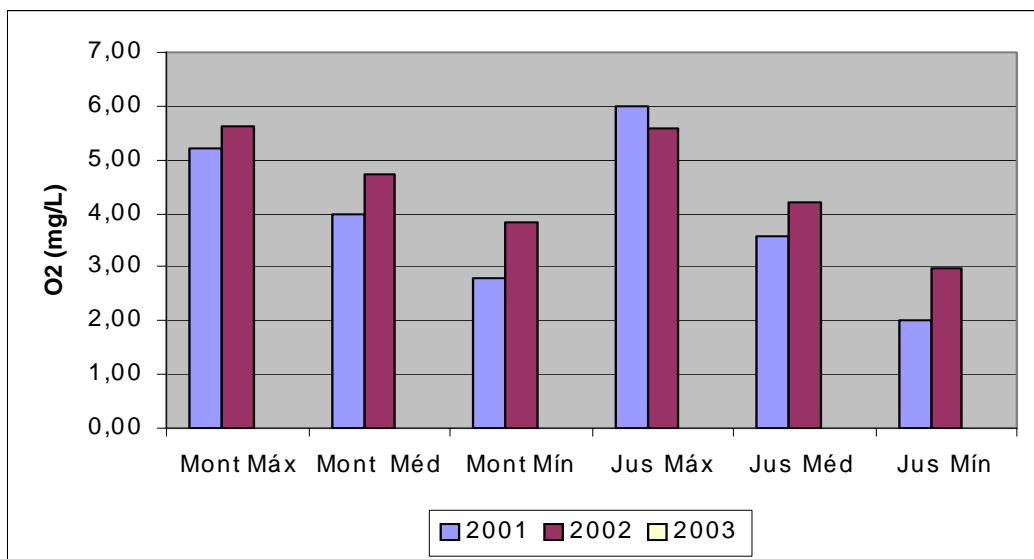


FIGURA 06 – Dados ponto de coleta a montante e jusante de análise de oxigênio dissolvido no córrego Água Fria / Lago Lajeado no período de 2.001-2.003

Observando-se as Figuras 04, 05 e 06 e possível verificar que as concentrações a montante do lançamento apresentou médias anuais, para o córrego Brejo Comprido, de 4,54 mg/L, 5,41 mg/L, 4,92 mg/L em 2001, 2002 e 2.003 e para o córrego Água Fria de 3,98 mg/L, 4,73 mg/L em 2001 e 2002 e de 4,49 mg/L, 5,96 mg/L e 6,09 mg/L em 2001, 2002 e 2003.

As concentrações a jusante do lançamento dos efluentes das ETEs mostram que as médias anuais para o córrego Brejo Comprido foram de 4,54 mg/L, 5,41 mg/L e 4,92 em 2001, 2002 e 2003. E para o córrego Água Fria os valores médios foram de 3,56 mg/L e 4,73 mg/L nos anos de 2001 e 2002. Já o Ribeirão Taquarussu, apresentou concentrações médias de 4,41 mg/L, 6,03 mg/L e 6,52 mg/L nos anos de 2001, 2002 e 2003.

De modo geral os corpos d'água apresentaram concentrações de oxigênio dissolvido fora dos padrões da Resolução CONAMA Nº 357/2005, demonstrando comprometimento na qualidade da água do corpo receptor antes do lançamento dos efluentes, ou seja, não caracterizando poluição oriunda dos lançamentos provenientes de efluentes da ETEs.

Dos córregos avaliados o que teve comprometimento mais significativo a montante foi o Brejo Comprido, possivelmente por atravessar a área central do Plano Diretor de Palmas, sendo acometido pelas ações antrópicas: urbana e rural em sua bacia.

No entanto, verifica-se que durante o período estudado houve alteração nas concentrações de oxigênio dissolvido, nos corpos receptores após o lançamento dos efluentes, caracterizando aporte de matéria carbonácea biodegradável, mesmo após o tratamento.

5.2.3 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅), é uma análise mais representativa de matéria orgânica do que a DQO, pois ela quantifica a matéria orgânica biodegradável, ou seja, a matéria orgânica que é assimilável pelos microorganismos.

A DBO₅ é o parâmetro usado para o controle da poluição das águas por matéria orgânica. Nas águas naturais a DBO₅ apresenta a demanda potencial de oxigênio dissolvido que poderá ocorrer devido à estabilização dos compostos orgânicos biodegradáveis, o que poderá levar os níveis de oxigênio nas águas, abaixo dos exigidos por organismos aquáticos, levando-os à morte. É, portanto, importante padrão de classificação das águas naturais METCALF & EDDY (1991). As Figuras 07, 08 e 09 mostram os resultados das concentrações de DBO no corpo receptor no período de 2001 a 2003, a montante e a jusante do ponto de lançamento dos efluentes.

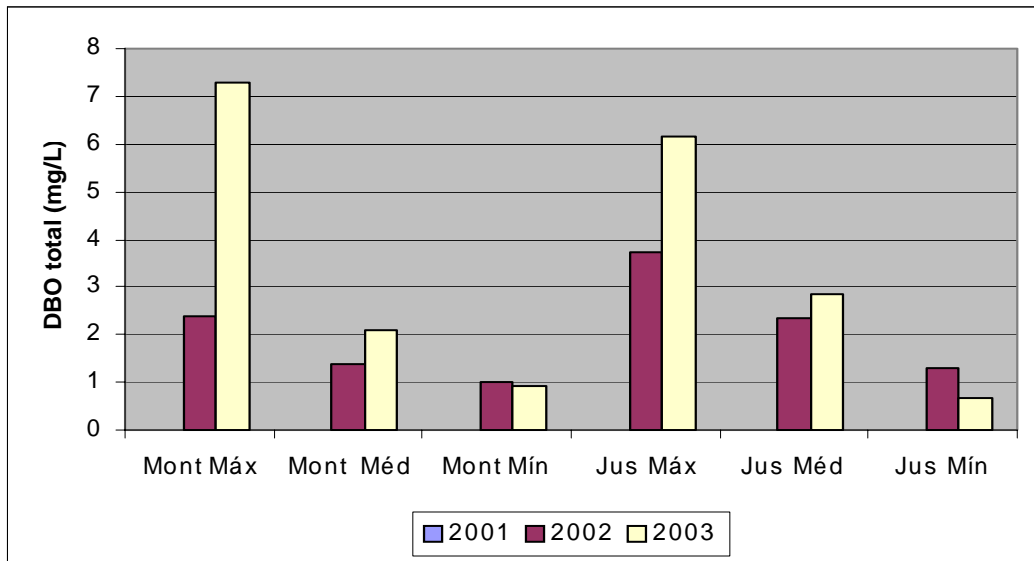


FIGURA 07 – Dados a montante e jusante da demanda bioquímica de oxigênio do córrego Brejo Comprido no período de 2.001-2.003

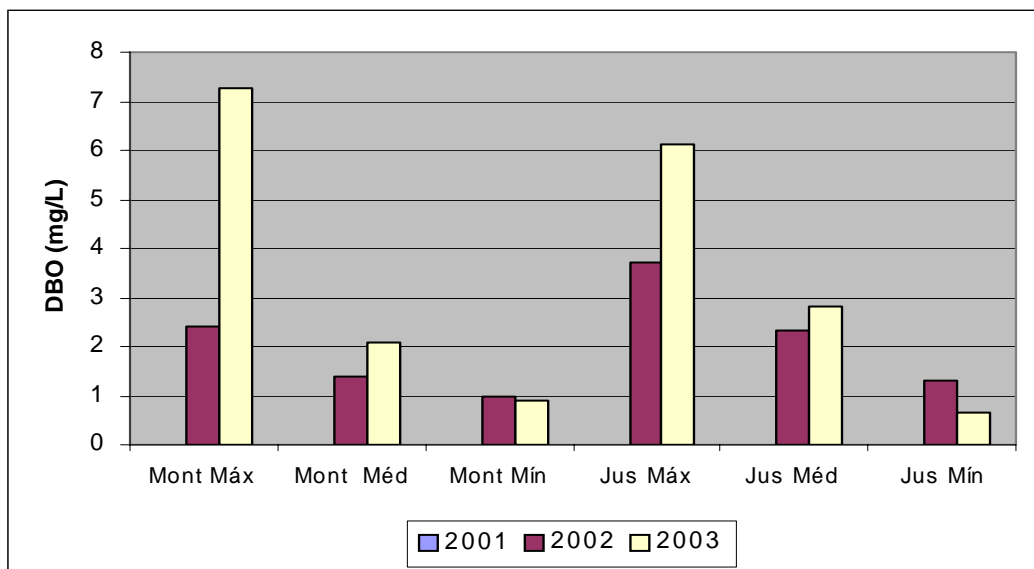


FIGURA 08 – Dados a montante e jusante da demanda bioquímica de oxigênio no córrego Taquarussu no período 2.001-2.003

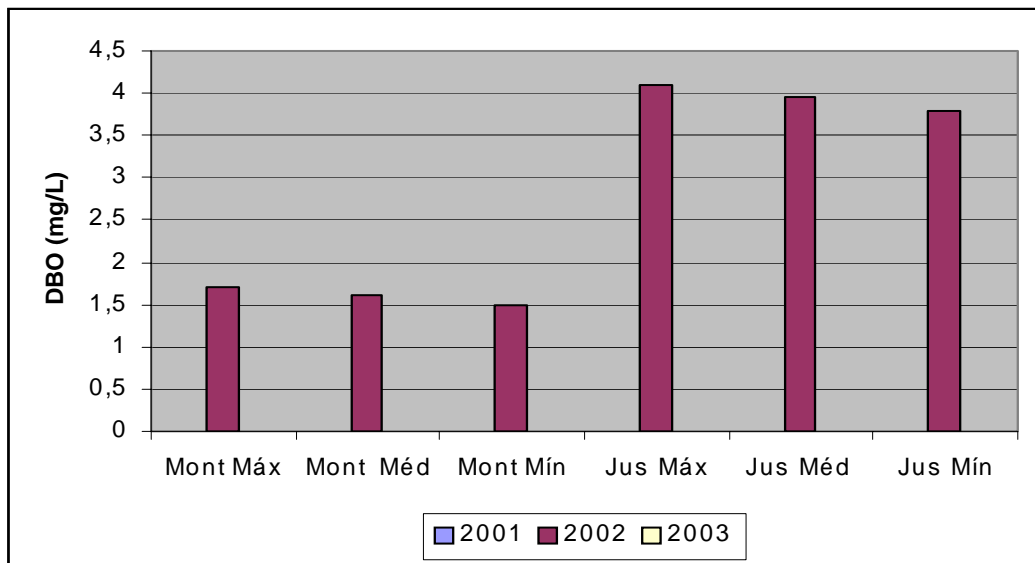


FIGURA 09 – Dados a montante e jusante de da demanda bioquímica de oxigênio no córrego Água Fria no período de 2.001-2.003

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 os valores máximo para a DBO_5 é de 5 mg/L O_2 . A partir das análises realizadas, pode-se verificar que para todas as médias anuais obtidas nas amostras de água provenientes dos corpos receptores, estiveram dentro dos valores preconizados.

De acordo com as Figuras 7 e 8, observa-se que as concentrações máximas de DBO_5 , no período de 2003, os valores estiveram acima dos preconizados pela resolução CONAMA.

As amostras coletadas a montante do lançamento da ETE Brejo Comprido apresentou concentrações de DBO_5 de 1,38 mg/L em 2002 e de 2,08 mg/L em 2003. A jusante as concentrações foram de 2,33 mg/L em 2002 e de 2,83 mg/L em 2003.

As concentrações de DBO no córrego Água Fria a montante tiveram os valores médios de 1,60 mg/L e a jusante de 1,60 mg/L em 2002. No córrego Taquarussu os valores de DBO da médias anuais, a montante foram de 1,67 mg/L em 2002 e de 1,51 mg/L em 2002 e de 1,78 mg/L em 2003.

As concentrações médias de DBO_5 para os pontos a montante e a jusante para os 03 (três) corpos d'água analisados no período de 2001, 2002 e 2003 estiveram dentro do preconizado pela legislação. Embora o manancial apresentasse concentrações de matéria orgânica acima do permitido, os efluentes das ETES não foi fator decisivo para as alterações significativa no

corpo receptor, tendo em vista, que as concentrações a montante do lançamento apresentaram valores acima da legislação.

5.2.4 Potencial Hidrogeniônico - pH

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Também o efeito indireto é muito importante podendo determinadas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. Entretanto no corpo receptor, o potencial hidrogeniônico indica o equilíbrio dos ecossistemas, METCALF & EDDY (1991), MOTA (1995) e ESTEVES (1998).

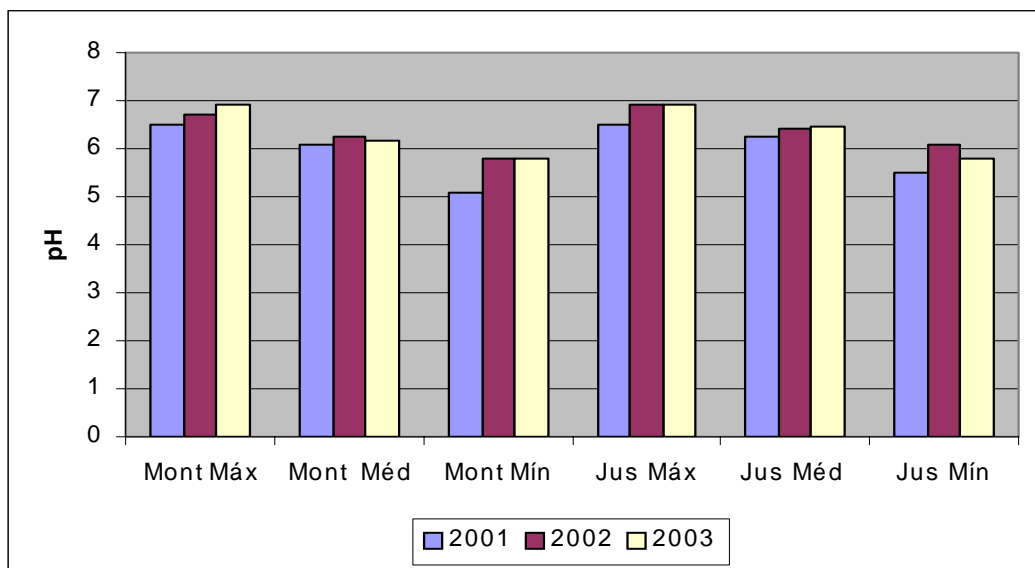


FIGURA 10 – Dados a montante e jusante de pH no córrego Brejo Comprido no período de 2.001-2.003.

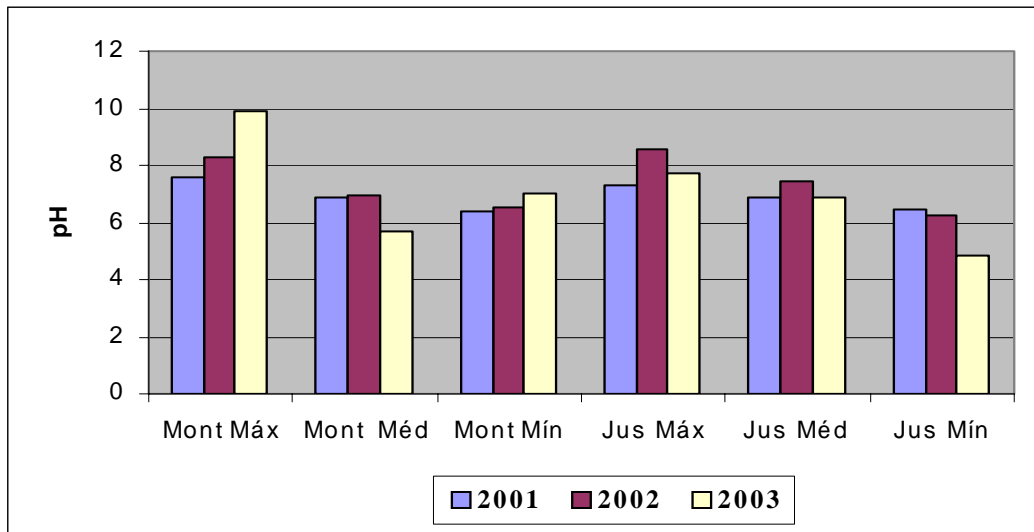


FIGURA 11 – Dados a montante e jusante de pH no córrego Taquarussu no período de 2.001-2.003.

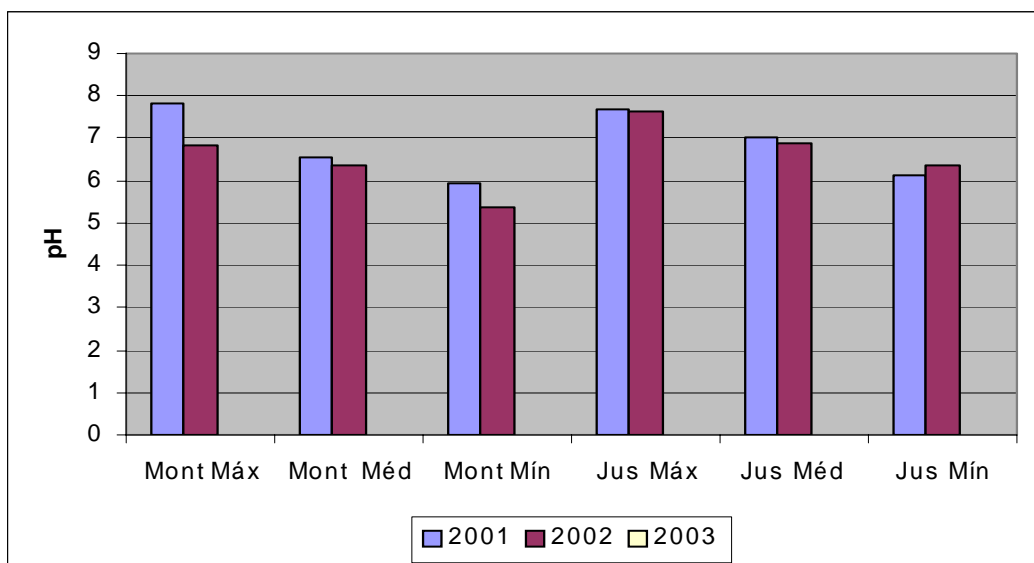


FIGURA 12 – Dados a montante e jusante de pH no córrego Água Fria no período de 2.001-2.003.

Levando-se em consideração o preconizado pela Resolução 357/05 do CONAMA, ou seja, o pH deve estar entre 6 e 9. Os pontos a montante e a jusante apresentaram variações, no entanto, sempre mantiveram-se da faixa referida pela Resolução. No córrego Brejo Comprido a montante, os valores permaneceram entre 5,10 e 6,50, em 2001, entre 6,23 e 6,70 em 2002 e entre 5,80 e 6,90 em 2003. No córrego Água Fria encontraram-se as seguintes variações: de

5,96 a 7,82 em 2001 e de 5,35 a 6,83 em 2002. Para o Ribeirão Taquarussu de 6,36 a 7,60 em 2001, 6,50 a 8,30 em 2002 e de 5,70 a 9,91 em 2003.

Nos pontos a jusante do lançamento dos efluentes das ETEs a faixa de valores encontrada para o córrego Brejo Comprido foi de 5,50 a 6,50 em 2001, de 6,10 a 6,90 em 2002 e de 5,80 a 6,90 em 2003. Para o córrego Água Fria foi de 6,13 a 7,69 em 2001 e de 5,35 a 6,83 em 2002. Para o córrego Taquarussu obtiveram-se seguintes faixas de médias anuais: 4,6 a 7,30 em 2001, 6,24 a 8,53 em 2002 e de 4,85 a 7,75 em 2003.

Houve variações significativas nos valores do pH para as médias anuais analisadas, que apresentaram valores mínimos abaixo do determinado pela Resolução, notando-se que há comprometimento na acidez dos corpos receptores. As oscilações observadas devem ser provenientes da ocupação urbana, do desmatamento em todas as bacias, o que tornam disponíveis compostos orgânicos capazes de provocar alterações na qualidade das águas dos cursos d'água.

5.2.5 Nitrogênio amoniacal (NH₃)

SILVA (1994); METCALF & EDDY (1979), o nitrogênio está presente em águas residuárias sob quatro formas, que são o nitrogênio amoniacal, nitrogênio orgânico, nitrito e nitrato. Em águas residuárias domésticas, o nitrogênio está presente principalmente como nitrogênio amoniacal (em torno de 60%) e nitrogênio orgânico (em torno de 40%). nitrito e nitrato ocorrem em pequenas quantidades, que representam menos de 1% do nitrogênio total.

Os compostos de nitrogênio são nutrientes para processos biológicos. São tidos como macronutrientes, pois depois do carbono, o nitrogênio é o elemento exigido em maior quantidade pelas células. Quando descarregadas nas águas naturais provocam o enriquecimento do meio tornando-se mais fértil e possibilitam o crescimento em extensão dos seres vivos que os utilizam, especialmente as algas, METCALF & EDDY (1991), MOTA (1995) e ESTEVES (1998).

Durante o processo de conversão do nitrogênio amoniacal a nitrito e deste à nitrato, há consumo de oxigênio dissolvido do meio o que pode afetar a vida aquática. No entanto, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos no processo denominado eutrofização. (SPERLING, 1996).

Nas Figuras 13, 14 e 15 apresentam as concentrações de nitrogênio amoniacal (NH₃) encontradas nos corpos receptores.

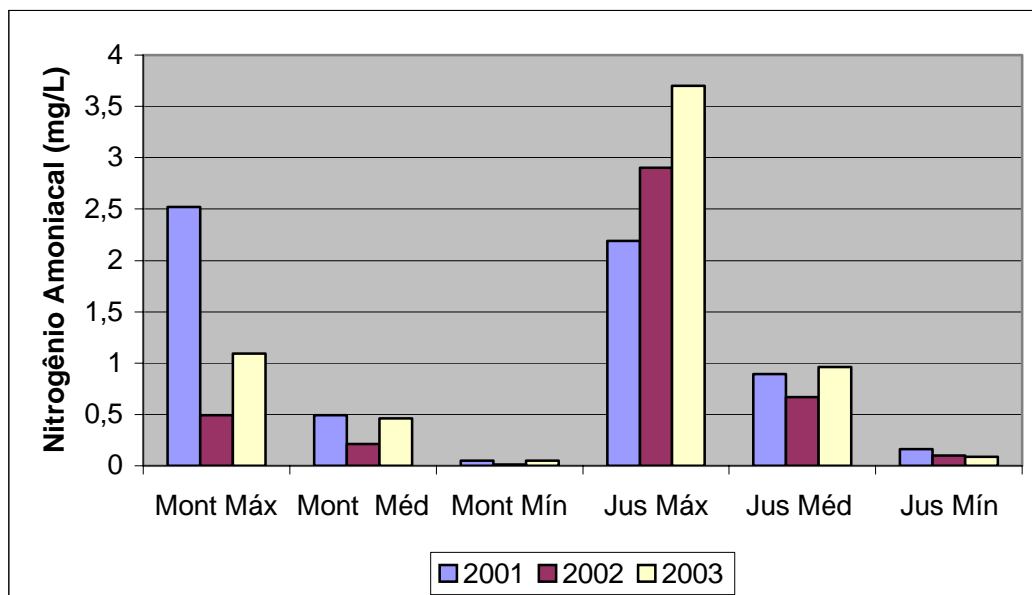


FIGURA 13 – Dados a montante e jusante de nitrogênio amoniacal no córrego Brejo Comprido no período de 2.001-2.003.

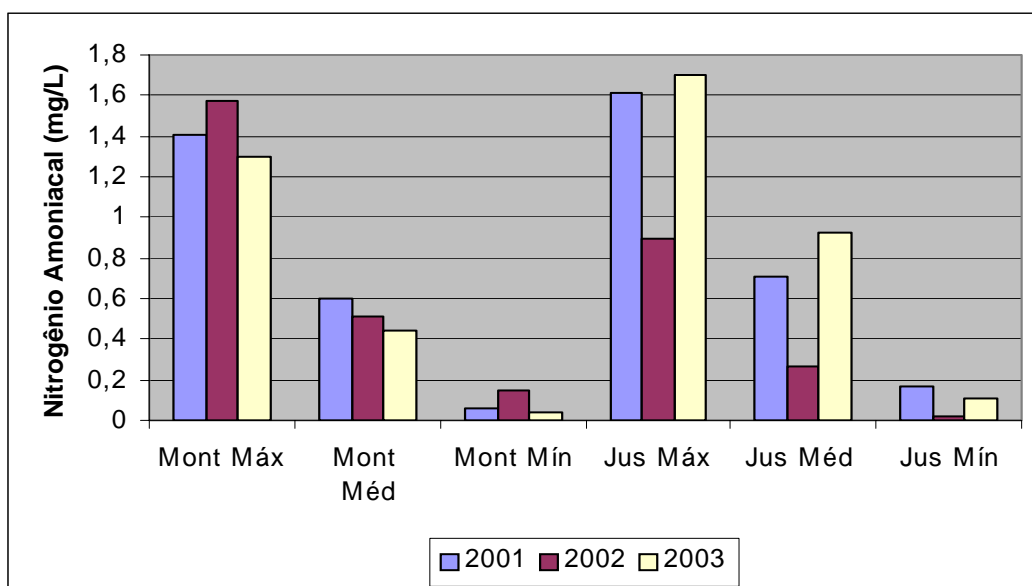


FIGURA 14 – Dados a montante e jusante de nitrogênio amoniacal no Ribeirão Taquarussu no período de 2.001-2.003.

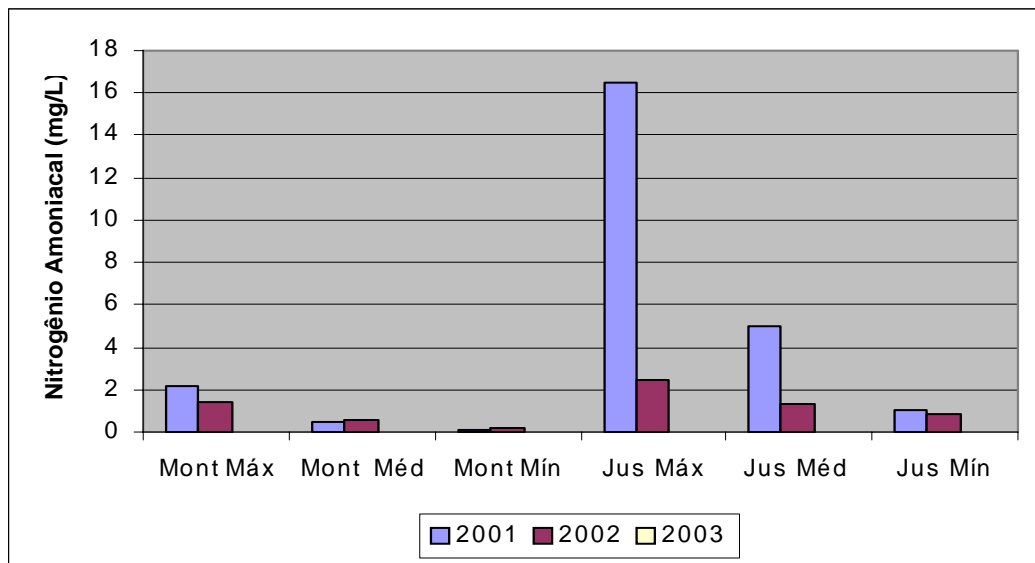


FIGURA 15 – Dados a montante e jusante de nitrogênio amoniacoal no córrego Água Fria no período de 2.001-2.003.

As concentrações médias anuais a montante de NH_3 no córrego Brejo Comprido foram de 0,49 mg/L em 2001, de 0,21 mg/L em 2002 e de 0,46 mg/L em 2003; para o córrego Água Fria de 0,43 mg/L em 2001, de 0,58 mg/L em 2002; para o córrego Taquarussu de 0,60 mg/L em 2001, de 0,51 mg/L em 2002 e de 0,44 mg/L em 2003.

As concentrações encontradas a jusante para o Brejo Comprido foram de 0,89 mg/L em 2001, de 0,67 mg/L em 2002 e de 0,96 mg/L em 2003. Para o córrego Taquarussu foram de 4,95 mg/L em 2001 e de 0,58 mg/L em 2002. Para o córrego Água Fria foram de 0,71 mg/L em 2001, de 0,27 mg/L em 2002 e de 0,92 mg/L em 2003.

Considerando que o valor preconizado para o NH_3 para os corpos de água Classe 2 é de 3,7 mg/L, considera-se que para este parâmetro, os corpos receptores a jusante não apresentaram comprometimento. No entanto, à jusante do lançamento dos efluentes, às concentrações tiveram valores fora do padrão para o córrego Água Fria.

E importante considerar que a ETE Vila União, neste período esteve funcionando parcialmente, apenas operando a lagoa de estabilização. Permitindo que o efluente apresentasse uma carga orgânica acima da que estava operando. Com isso, houve desequilíbrio na lagoa facultativa comprometendo o grau de eficiência de remoção. Fazendo uma análise nos demais períodos, as concentrações, tanto a montante quanto à jusante, estão dentro do preconizado pela legislação.

5.2.6 Nitrito (NO_2^-)

A forma intermediária do ciclo do nitrogênio, o nitrito, indica poluição recente, sendo um ânion muito instável quando em presença de oxigênio. O nitrito (NO_2^-) é também um elemento indispensável ao crescimento de algas podendo causar um crescimento acelerado de microorganismos.

Na Resolução do CONAMA 357/2005 os valores de nitrito são definidos de acordo com a classe dos corpos d'água sendo que para os corpos de água doce Classe 2, o valor máximo é de 1,0 mg/L N.

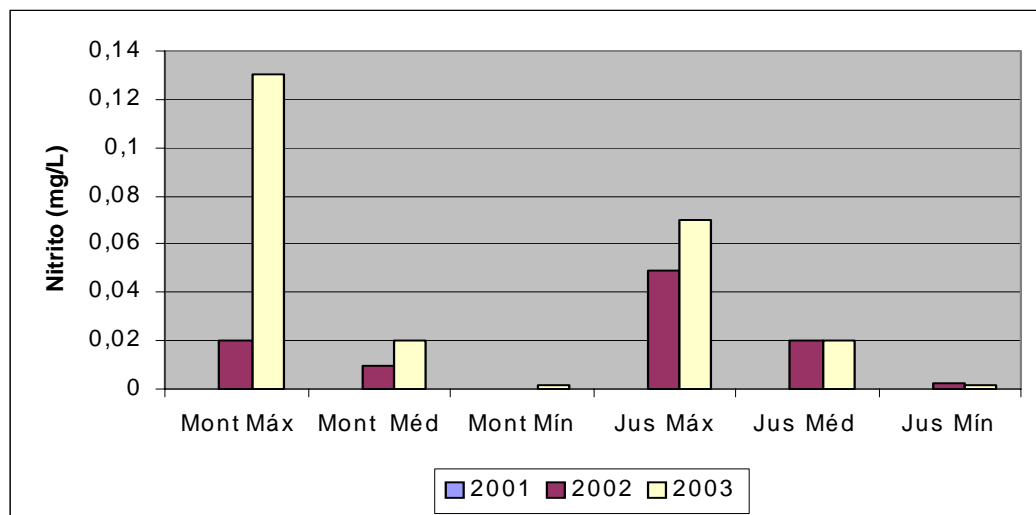


FIGURA 16 – Dados a montante e jusante de nitrito no córrego Brejo Comprido no período de 2.001-2.003.

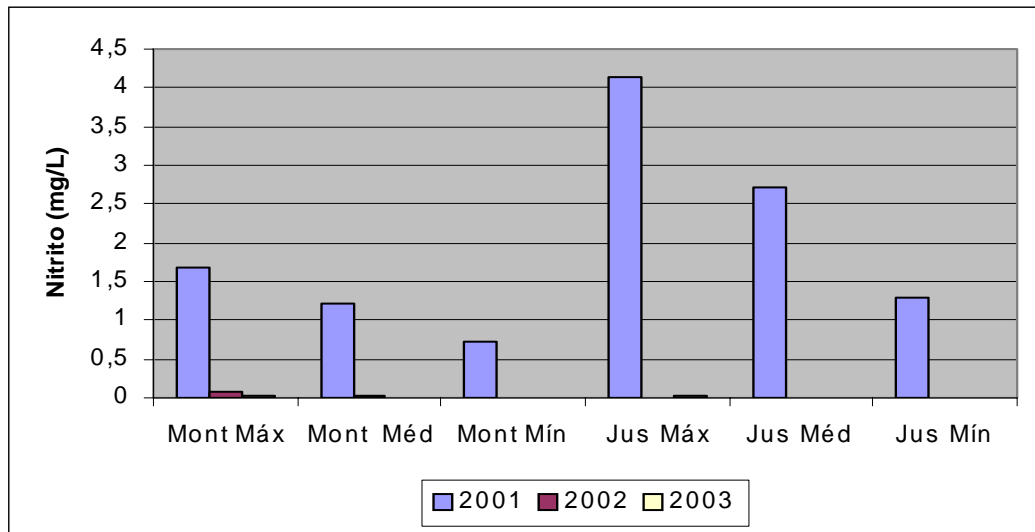


FIGURA 17 – Dados a montante e jusante de nitrito no córrego Taquarussu do período 2.001-2.003

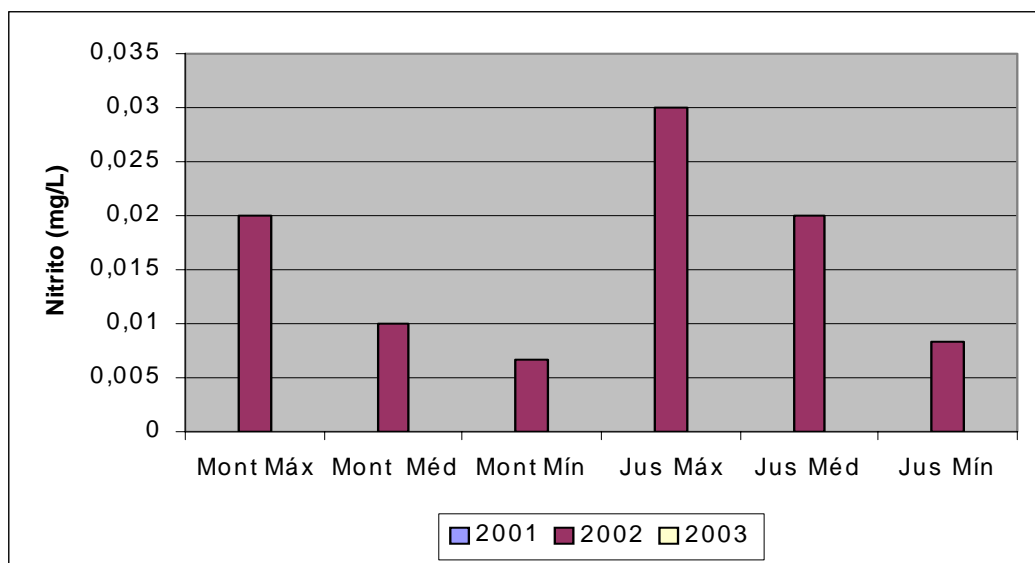


FIGURA 18 – Dados a montante e jusante de nitrito no córrego Água Fria no período 2.001-2.003

As concentrações médias anuais de nitrito a montante do lançamento dos efluentes das ETEs apresentou os seguintes valores médios: para o córrego Brejo Comprido de 0,01 mg/L em 2002 e de 0,02 mg/L em 2003; córrego Água Fria de 0,01 mg/L em 2002 e para o córrego Taquarussu de 1,21 mg/L em 2001, de 0,02 m/L em 2002 e de 0,01 mg/L em 2003.

As concentrações médias anuais de nitrito a jusante do lançamento dos efluentes das ETEs foram: córrego Brejo Comprido de 0,02 mg/L em 2002 e de 0,02 mg/L em 2003; córrego Água Fria de 0,01 mg/L em 2002; córrego Taquarussu de 2,72 mg/L em 2001, de 0,01 mg/L em 2002 e de 0,01 mg/L em 2003.

Os valores médios da concentração de nitrito, tanto a montante quanto a jusante no córrego Brejo Comprido e Água Fria encontram-se dentro dos padrões da Resolução. Já para o córrego Taquarussu, a concentração média em 2001 de nitrito está acima do preconizado.

Portanto, as concentrações médias para o córrego Taquarussu, que teve durante o ano de 2001 valores acima de 1,0 mg/L deve ser avaliada devido a sua bacia ser uma área mista: urbana e rural, indicando que as ações antrópicas nesta região necessitam de um melhor controle desta forma de poluição, podendo provocar conseqüências graves para a vida aquática deste córrego.

5.2.7 Nitrato (NO_3^-)

Para SOUZA FILHO (1996), a presença de nitrito e nitrato em águas residuárias domésticas é insignificante, uma vez que este não apresenta quantidade de oxigênio dissolvido suficiente à ação das bactérias nitrificantes.

Alguns autores relatam que a determinação da forma predominante de nitrogênio em um curso d'água indica o estágio da poluição, provavelmente ocasionada por algum lançamento de esgoto à montante. Se a poluição é recente, o nitrogênio estará basicamente na forma de nitrogênio orgânico ou amônia, se for antiga a forma predominante será o nitrato (NASCIMENTO JÚNIOR, 1998).

As Figuras 19, 20 e 21 mostram as concentrações obtidas a partir das análises de amostragens a montante e a jusante do lançamento dos efluentes das ETEs Brejo Comprido, Vila União e Aurenny. Os dados foram distribuídos apresentando valores máximo, médio e mínimo no período analisado.

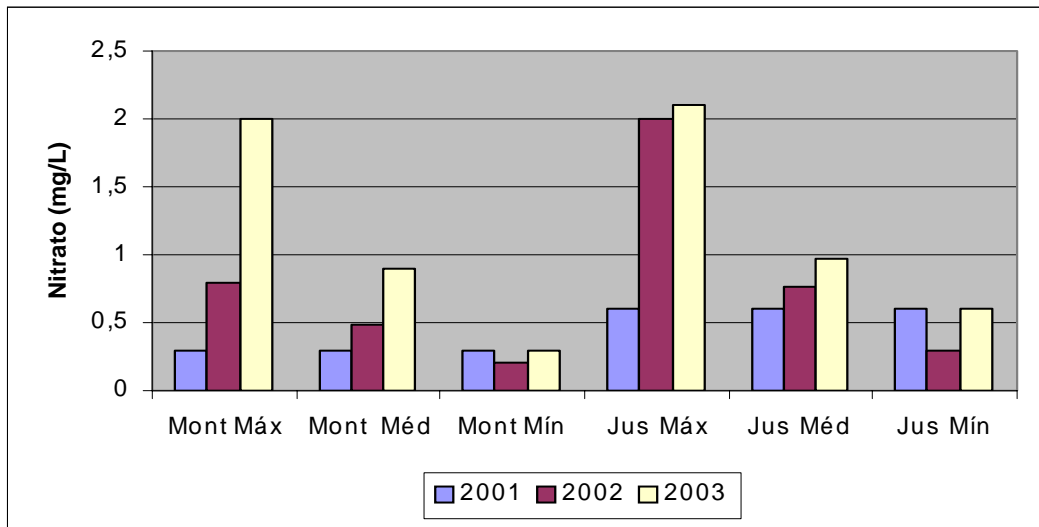


FIGURA 19 – Dados obtidos a montante e jusante de nitrato no córrego Brejo Comprido no período 2.001-2.003

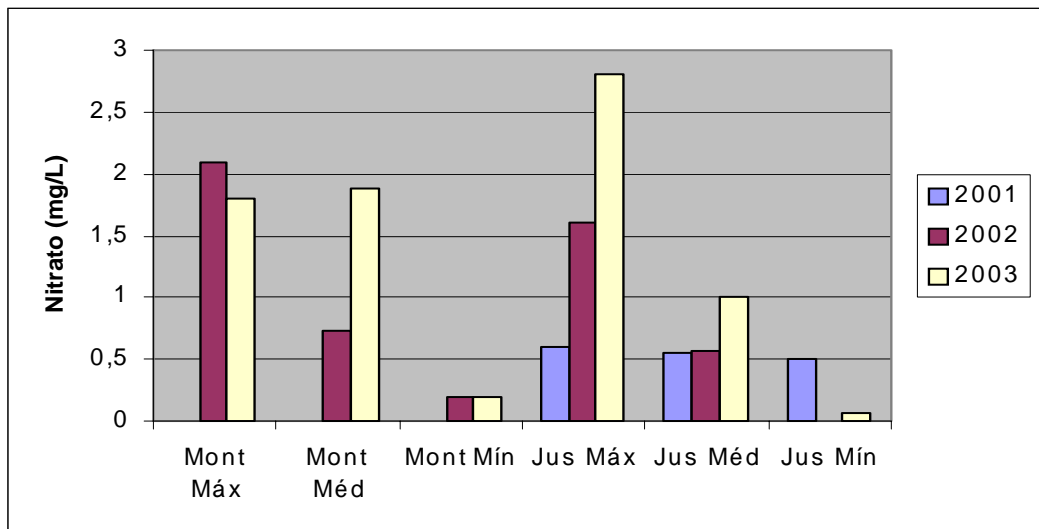


FIGURA 20 – Dados obtidos a montante e jusante de nitrato no córrego Taquarussu do período 2.001-2.003.

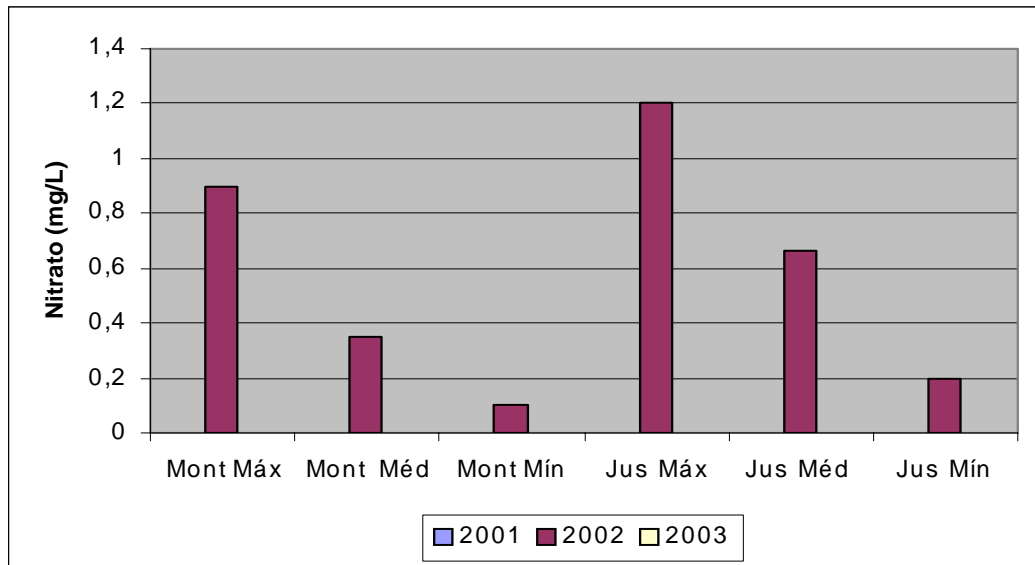


FIGURA 21 – Dados obtidos a montante e jusante de nitrato no córrego Água Fria no período 2.001-2.003

As concentrações de nitrato analisadas estiveram dentro dos padrões da legislação ambiental (CONAMA 357/05), indicando variações médias anuais a montante para: córrego Brejo Comprido de 0,30 mg/L em 2001, de 0,49 mg/L em 2002 e de 0,89 mg/L em 2003; córrego Água Fria sendo de 0,35 mg/L em 2002 e para o córrego Taquarussu com 0,23 mg/L em 2001, de 0,72 mg/L em 2002 e de 1,88 mg/L em 2003.

Os valores das médias anuais à jusante para: córrego Brejo Comprido de 0,60 mg/L em 2001, de 0,76 mg/L em 2002 e de 0,97 mg/L em 2003; para o córrego Água Fria sendo de 0,35 mg/L em 2002 e para o córrego Taquarussu com 0,55 mg/L em 2001, de 0,56 mg/L em 2002 e de 1,01 mg/L em 2003.

Nota-se que as médias das concentrações anuais estão abaixo dos limites preconizados pela legislação ambiental, embora exista variação nas concentrações a jusante do lançamento dos efluentes das ETEs, implicando em incremento nos valores médios, mesmo assim as concentrações médias anuais estão dentro dos limites preconizados.

5.2.8 Fósforo Total (P total)

Os principais aspectos que devem ser levados em consideração na análise da presença de fósforo nos efluentes de estações de tratamento de esgotos são o lançamento em corpos receptores e a sua reutilização. A eutrofização é a principal consequência do lançamento de efluentes contendo micro e macro nutrientes, em corpos receptores. O fósforo é um dos macronutrientes essenciais à vida aquática, normalmente ocorre em baixas concentrações e por esse motivo, frequentemente, torna-se um dos principais limitantes da produtividade biológica.

De acordo com a Resolução do CONAMA 357/05, a concentração máxima de fósforo em um corpo aquático permitido é de:

- *fósforo total (ambiente lântico) com valores de 0,020 mg/L P;*
- *fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico) com valores de 0,025 mg/L P;*
- *fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários) com valores de 0,1 mg/L P.*

As Figuras 22, 23 e 24 mostram as concentrações encontradas a montante e a jusante do lançamento dos efluentes das ETEs anteriormente referidas. Os dados foram distribuídos apresentando valores máximo, médio e mínimo no período analisado.

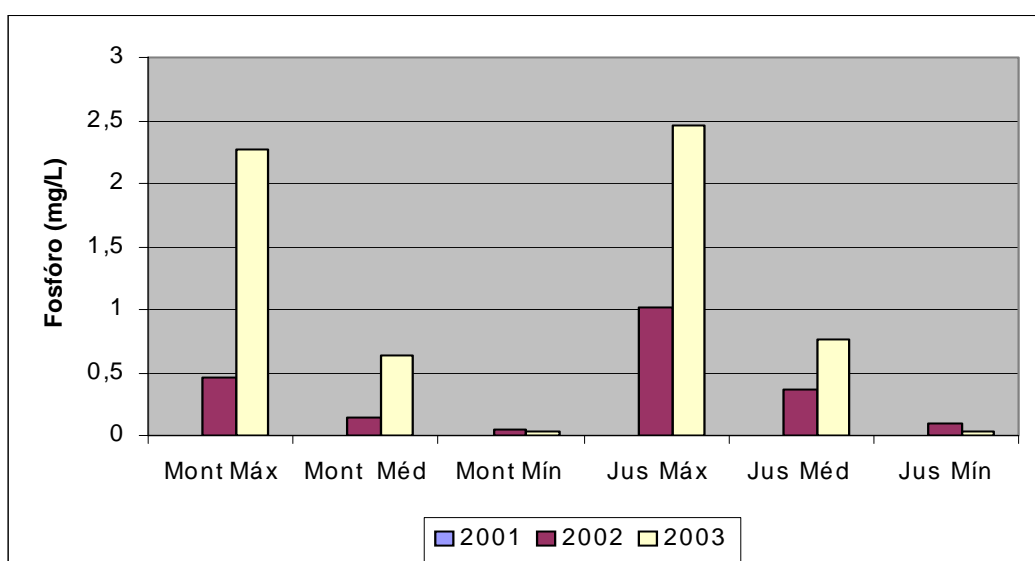


FIGURA 22 – Dados obtidos a montante e jusante de fósforo no córrego Brejo Comprido no período 2.001-2.003

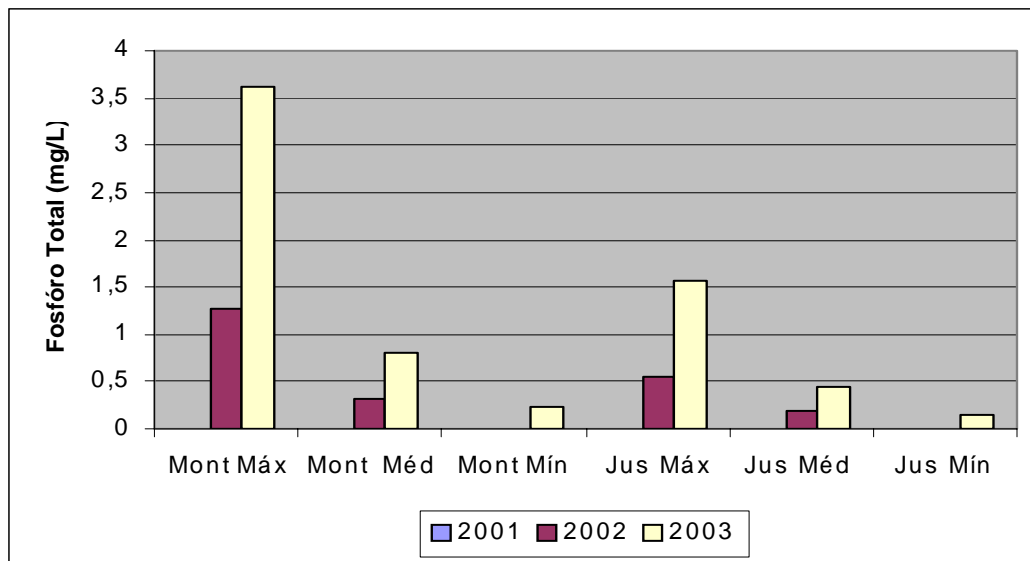


FIGURA 23 – Dados obtidos a montante e jusante de fósforo no córrego Taquarussu no período 2.001-2.003

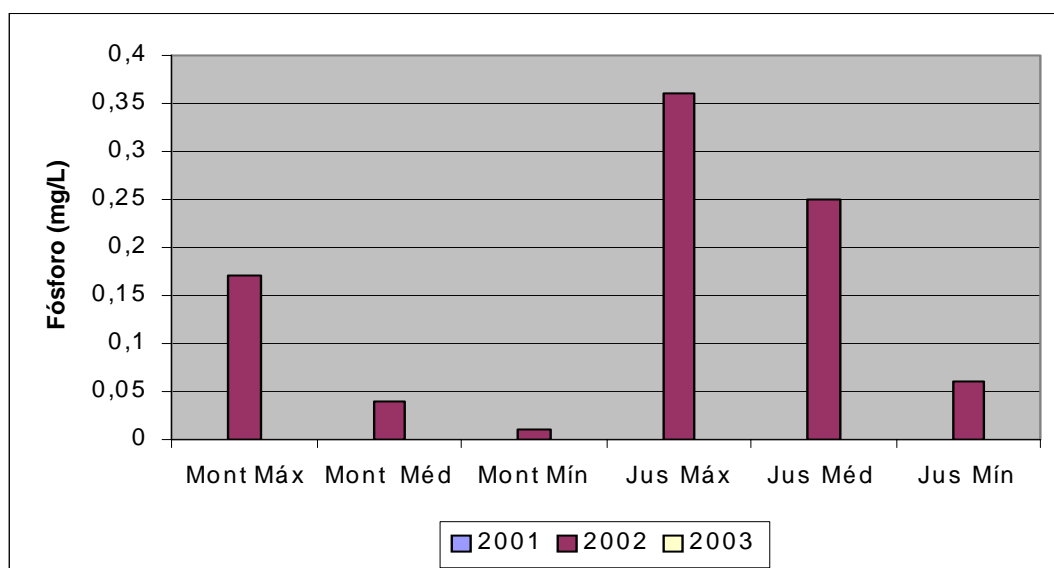


FIGURA 24 – Dados obtidos a montante e jusante de fósforo no córrego Água Fria no período 2.001-2.003

A concentração de fósforo total a montante do lançamento apresentou as seguintes médias anuais para: córrego Brejo Comprido de 0,14 mg/L em 2002 e de 0,63 mg/L em 2003; para o córrego Água Fria sendo de 0,04 mg/L em 2002 e para o córrego Taquarussu com 0,31 mg/L em 2002 e de 0,81 mg/L em 2003.

As médias anuais à jusante foram para o córrego Brejo Comprido de 0,37 mg/L em 2001, de 0,76 mg/L em 2003; para o córrego Água Fria sendo de 0,04 mg/L em 2002 e para o córrego Taquarussu com 0,20 mg/L em 2002 de 0,44 mg/L em 2003.

Considerando que a concentração limite determinado pela Resolução CONAMA nº 357/05 é de 0,025 mg/L para os tributários diretos de ambientes lênticos, verifica-se que a montante dos lançamentos dos efluentes das ETEs, as concentrações médias nos anos analisados estão em discordância com a legislação, havendo incremento nos valores das médias anuais de fósforo após o lançamento dos efluentes.

5.3 Aspectos Técnicos

A tecnologia disponível para tratamento de esgotos domésticos atualmente abrange uma ampla gama de opções. Na escolha para implantação de ETEs, vários fatores são considerados: disponibilidade de área, consumo de energia, além do uso predominante da água do corpo receptor do esgoto tratado. Considerando-se que o tipo do tratamento implantado deve ser o mais adequado à realidade local.

Os efluentes de uma ETE devem estar dentro dos requisitos de qualidade, respeitando os padrões estabelecidos de lançamento do corpo receptor. Para cada tecnologia de tratamento de esgoto existem características específicas para avaliação do desempenho. Os tipos de tratamento utilizados nas ETEs de Palmas compreendem:

- ETE Brejo Comprido: UASB seguido de Filtro Anaeróbio com Leito de Bambu;
- ETE Aurenny: Lagoas de Estabilização sendo: Lagoa Anaeróbia, Lagoa Facultativa e Lagoa de Maturação;
- ETE Vila União: UASB seguido de Lagoa Facultativa.

Para os tipos de tratamento implantados, apresentamos os parâmetros considerados relevantes para avaliação do desempenho de cada ETE. Sendo os seguintes: DBO total (mg/L), DQO (mg/L), pH, Temperatura (°C), Sólidos Totais (mg/L), Sólidos Voláteis (mg/L), Sólidos Fixos (mg/L), nitrito (mg/L), nitrato (mg/L), nitrogênio amoniacal (mg/L) e fósforo (mg/L).

5.3.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)

Um dos parâmetros que mais tem merecido atenção dos órgãos de controle ambiental é a DBO que, como já referido, em alguns casos é limitada a 60 mg/L para os efluentes. Quando o corpo receptor tem boa capacidade de diluição do esgoto tratado, deve-se fazer uma avaliação da limitação deste parâmetro, ALÉM SOBRINHO et al. (2001).

O principal efeito ecológico da poluição orgânica em um curso d'água é o decréscimo dos teores de oxigênio dissolvido. Da mesma forma, no tratamento de esgotos por processos aeróbios, é fundamental o adequado fornecimento de oxigênio para que os microorganismos possam realizar os processos metabólicos conduzindo à estabilização da matéria orgânica. Com a medida desse indicador é possível quantificar indiretamente a potencialidade da geração de um impacto, e não a medição direta do impacto em si, SPERLING (1996)

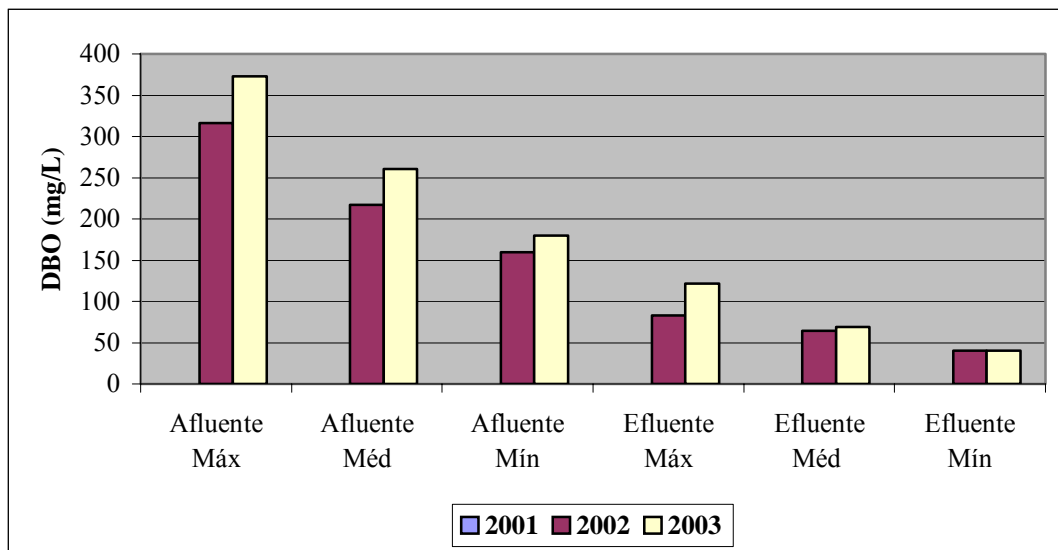


FIGURA 25 – Dados de DBO₅ da ETE Brejo Comprido no período 2.001-2.003

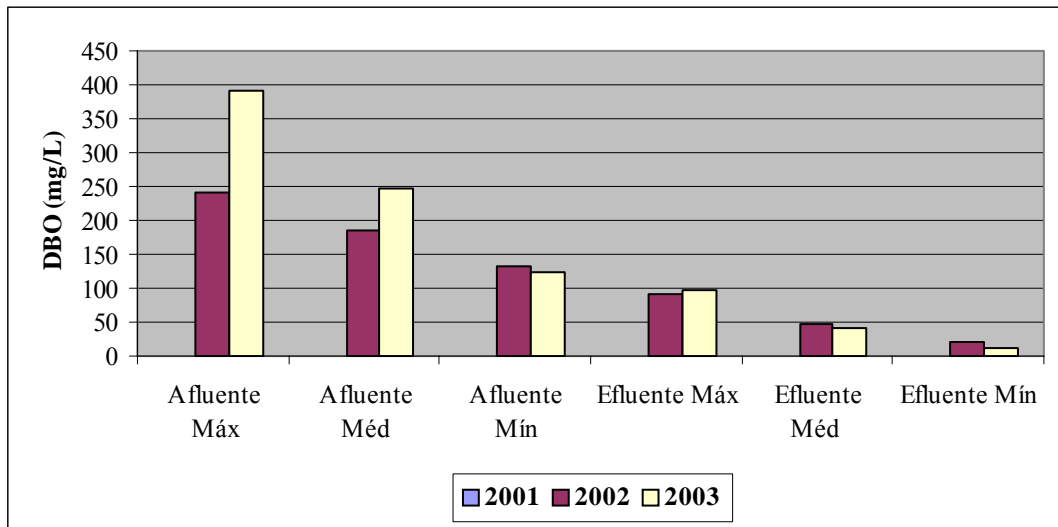


FIGURA 26 – Dados de DBO₅ da ETE Aurenly no período 2.001-2.003

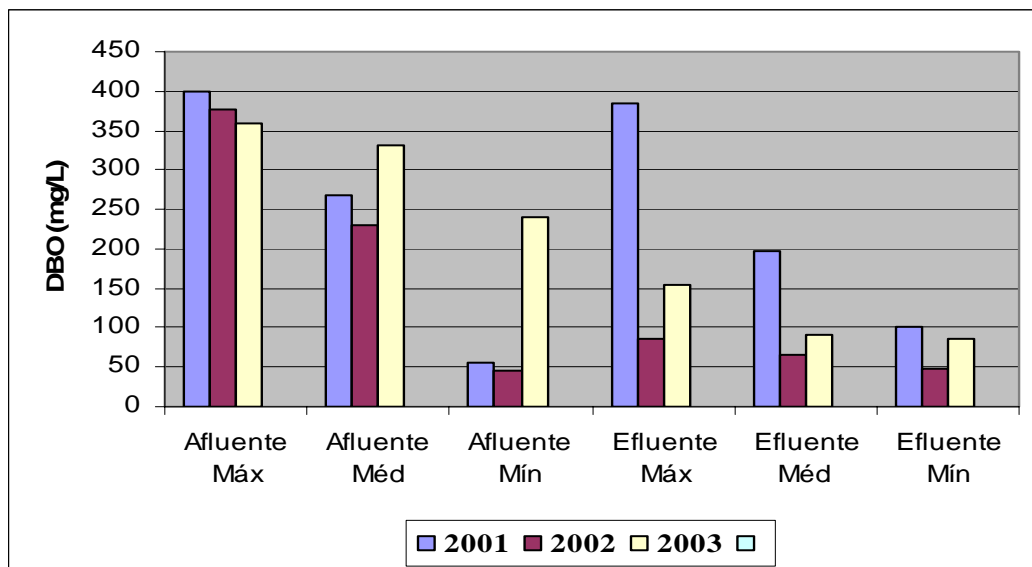


FIGURA 27 – Dados de DBO₅ da ETE Vila União no período 2.001-2.003.

Comparando-se as ETEs em operação, os resultados apresentados nas Figuras 25, 26 e 27, demonstraram que a ETE que apresentou a melhor eficiência média de remoção para a DBO foi a ETE Aurenly, permanecendo as concentrações finais abaixo de 60 mg/L.

Para a ETE Brejo Comprido no período analisado, as concentrações médias do efluente apresentaram valores acima de 60 mg/L, sendo os valores médios no período de: 64,40 mg/L em 2002 e de 68,73 mg/L em 2003. Esta ETE é composta de UASB seguido de Filtro Anaeróbio com leito de bambu, entendendo-se que o comprometimento de sua eficiência esta

relacionada por não operar na capacidade plena com fluxo contínuo e sim em batelada, provocando com isso uma eficiência abaixo da esperada para este tipo de sistema.

Quanto a ETE Vila União, as concentrações médias do efluente foram de 65,18 mg/L em 2002 e de 90,58 mg/L em 2003, enquanto que o valor máximo desejável seria de 60 mg/L. De acordo com a avaliação operacional da referida ETE, neste período foram realizadas modificações no funcionamento da ETE, com a paralisação do Reator Anaeróbio para recuperação, o que provocou um desequilíbrio e desestabilização na Lagoa Facultativa, comprometendo o funcionamento.

5.3.2 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Para efeito de avaliação da eficiência de ETEs, a DQO é amplamente empregada como parâmetro de controle. A qualidade dos esgotos sanitários que chegam às estações de tratamento e a eficiência destas, são usualmente estimadas a partir da determinação da matéria orgânica presente, através da análise da DQO. A DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar quimicamente a matéria orgânica. Esta mede além da matéria orgânica biodegradável e outros componentes inorgânicos (sulfetos, por exemplo).

As concentrações de DQO do efluente da ETE Vila União apresentaram valores médios no efluente de 393,78 mg/L em 2001; 197,74 mg/L em 2002 e de 192,86 mg/L em 2003. Para a ETE Brejo Comprido, os valores médios no período foram de 231,59 mg/L em 2001; 184,53 mg/L em 2002 e de 140,75 mg/L em 2003. Enquanto que para a ETE Aurenny as concentrações encontradas foram de 357,03 mg/L em 2001; 212,86 mg/L em 2002 e de 91,02 mg/L em 2003, conforme apresentado na Figura 28, 29 e 30.

A taxa de remoção em geral, esteve abaixo daquelas obtidas em sistemas de tratamento similares, caracterizando problemas técnicos operacionais. Considerando que o valor de referência para este parâmetro é de 150 mg/L, a ETE que apresentou a melhor eficiência foi a ETE Aurenny. Considerando que em 2003 foi implantado uma Lagoa de Sedimentação na referida ETE, nota-se uma melhora significativa no tratamento para esse ano, que apresenta um valor médio de 91,02 mg/L. Caracterizando que nos anos anteriores esta ETE estava tendo

carga de choque, provavelmente ocasionados pelas elevadas taxas orgânicas, geradas pelo despejo de resíduos de fossas sépticas.

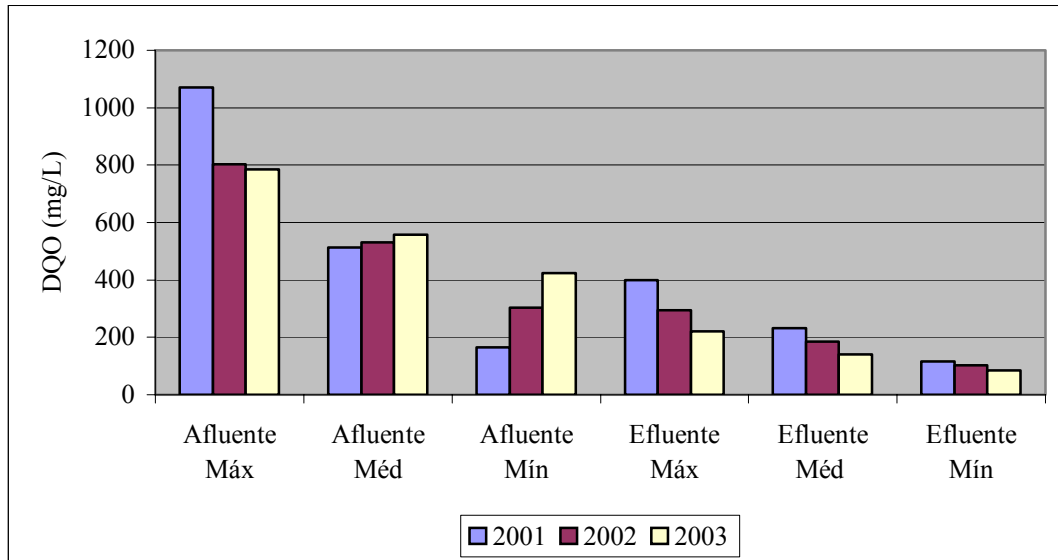


FIGURA 28 – Dados de DQO da ETE Brejo Comprido no período 2.001-2.003

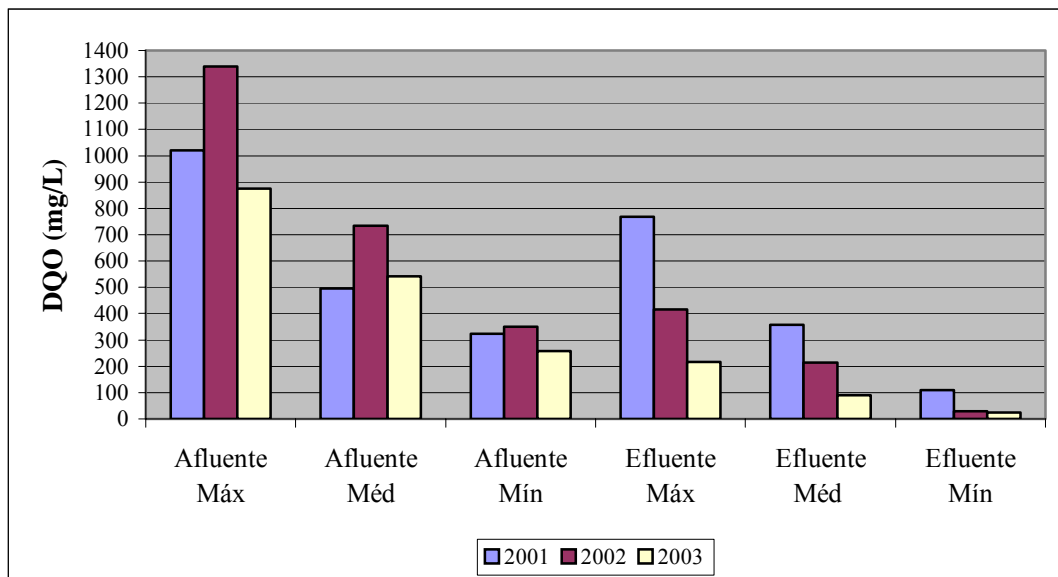


FIGURA 29 – Dados de DQO ETE Aureny no período 2.001-2.003

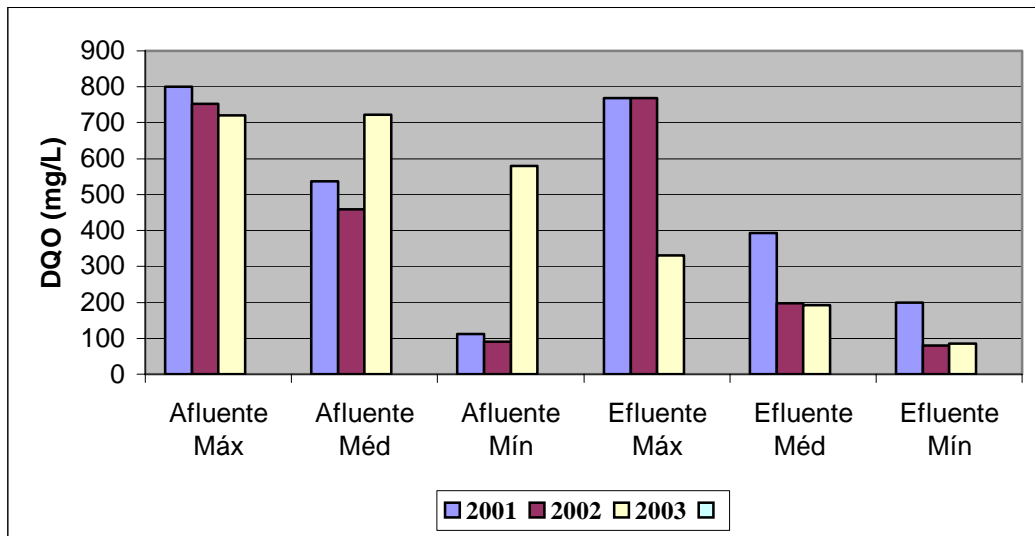


FIGURA 30 – Dados de DQO da ETE Vila União no período 2.001-2.003

Os valores médios de DQO para as 03 (três) ETEs analisadas: Brejo Comprido, Aurenly e Vila União tiveram uma grande variação de remoção da DQO nos anos de 2001, 2002 e 2003, sendo 54,79%, 65,19% e 74,72%; 72,12%, 71,03% e 83,21% e 26,76%, 59,99% e 73,27% respectivamente. Pode-se observar uma progressiva eficiência nos Sistemas, em razão das melhoras técnicas e operacionais.

5.3.3 Potencial Hidrogeniônico - pH

O pH é um termo usado universalmente para expressar a intensidade da condição ácida ou básica de uma solução. No tratamento de águas residuárias empregando processos biológicos, o pH deve ser controlado dentro de uma faixa favorável aos organismos envolvidos.

Na lagoa anaeróbia o pH deve estar próximo do neutro e as temperaturas acima de 15°C para haver um completo equilíbrio entre a fermentação ácida e fermentação metanogênica.

As faixas de pH nos efluentes da ETE Brejo Comprido apresentaram valores médios de 6,81 em 2001; 7,06 em 2002 e 6,95 em 2.003. Para a ETE Vila União os valores médios foram de 8,24 em 2001; 8,02 em 2002 e de 7,51 em 2003. Quanto a ETE Aurenly os valores médios são de 8,75 em 2001; 8,13 em 2002 e de 8,67 em 2003, conforme apresentado nas Figuras 31, 32 e 33.

Considerando que os valores para lançamento em corpos receptores para água doce Classe 2 deve permanecer entre 6 e 9, os valores médios do período analisado são compatíveis para lançamento nos corpos receptores.

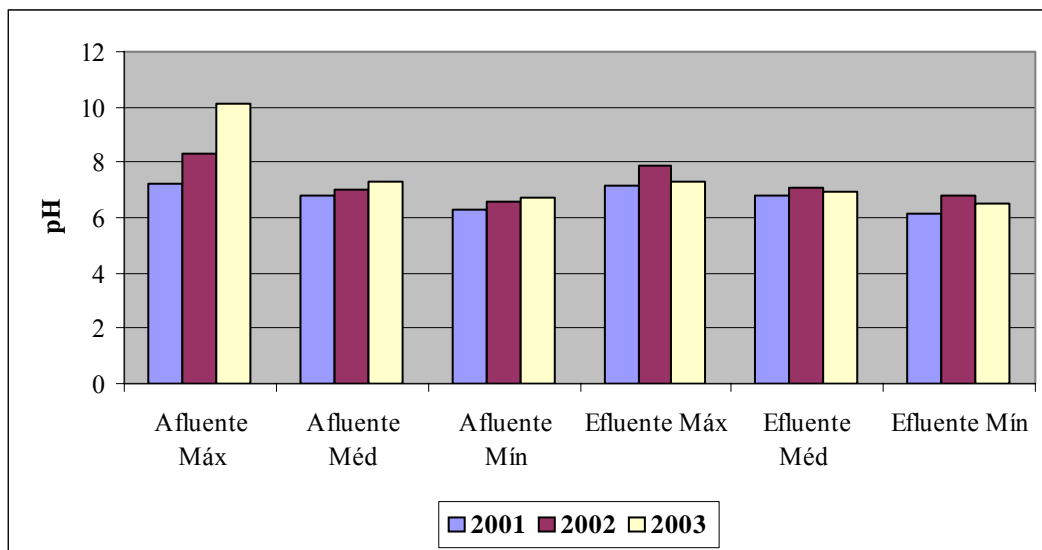


FIGURA 31 – Dados de pH da ETE Brejo Comprido no período 2.001-2.003

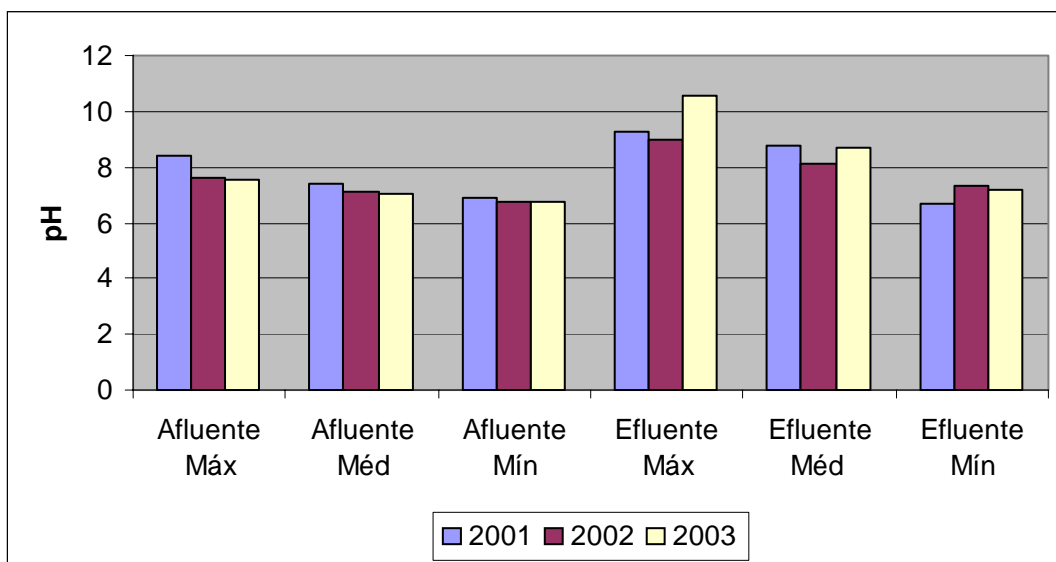


FIGURA 32 – Dados de pH da ETE Aurenny no período de 2.001-2.003

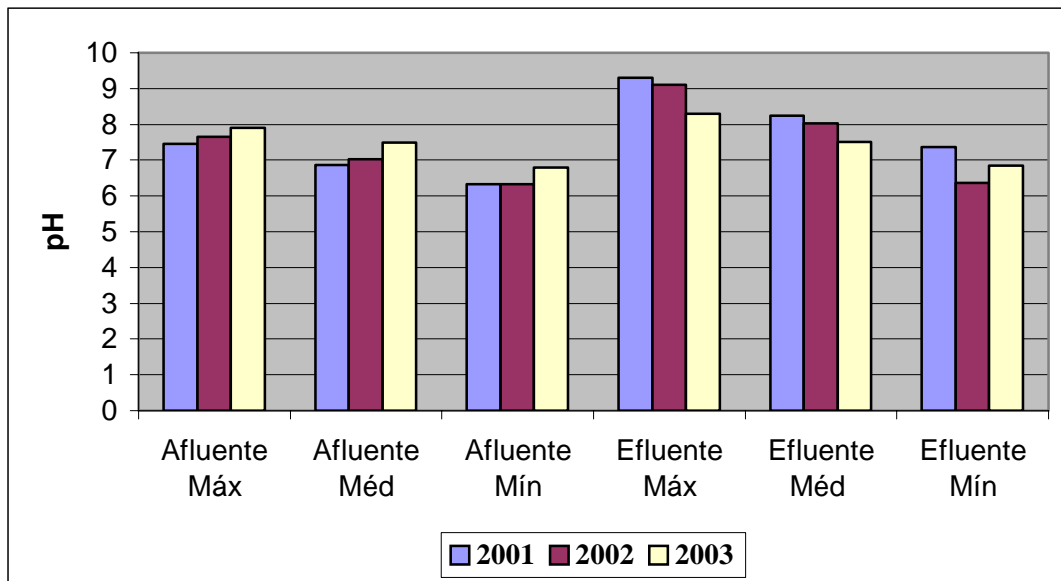


FIGURA 33 – Dados de pH da ETE Vila União no período de 2.001-2.003.

5.3.4 Temperatura (T°)

Considerando que as ETES em estudo, adotam tratamentos biológicos e que as reações destes apresentam a tendência de acréscimo com a temperatura. Portanto, a análise da temperatura muitas vezes deverá ser avaliada relacionando-a com outros parâmetros, sendo que essas variações poderão implicar na eficiência do tratamento, ESTEVES (1988).

Os valores médios obtidos no período para a ETE Brejo Comprido, foi de 29,24°C em 2001 e de 29,65°C em 2002. Para a ETE Vila União os valores foram de 31,49°C em 2001; 30,73°C em 2002 e de 29,65°C em 2003. Para a ETE Aurenry de 32,77 °C em 2001; 31,92°C em 2002 e de 30,63°C em 2003. Temperaturas adequadas para garantir o desenvolvimento de organismos mesofílicos e manter a velocidade das reações de degradação.

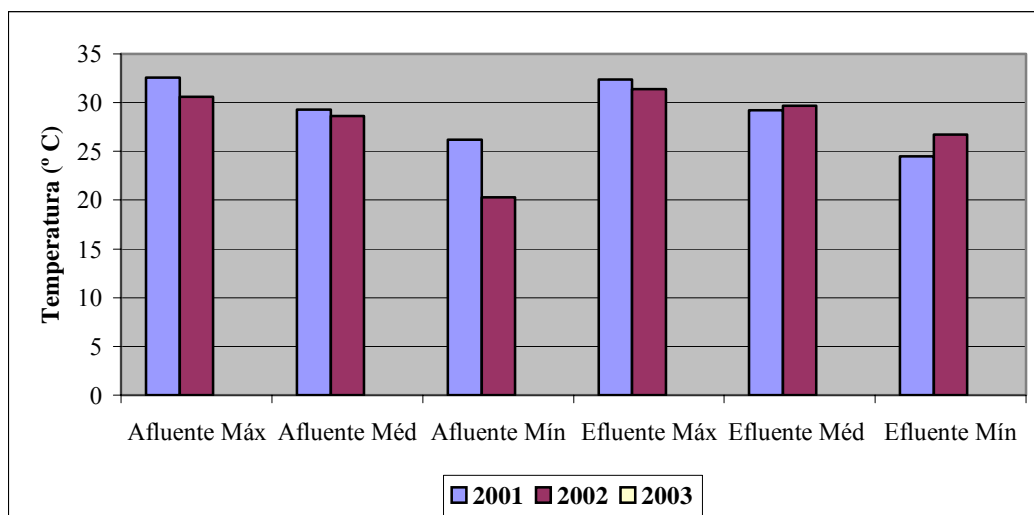


FIGURA 34 – Dados de Temperatura da ETE Brejo Comprido no período de 2.001-2.003

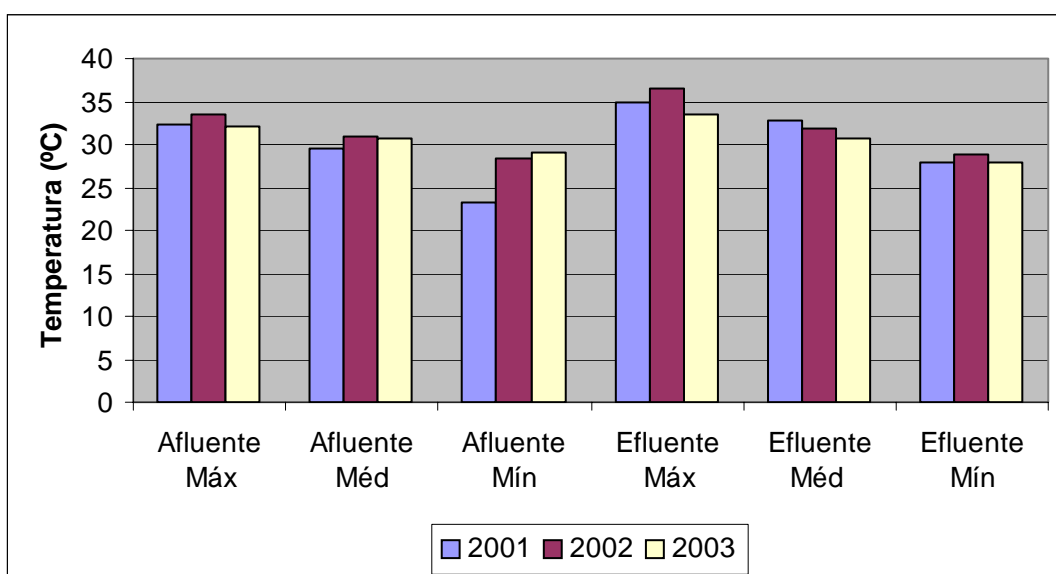


FIGURA 35 – Dados de Temperatura da ETE Aurenay no período de 2.001-2.003

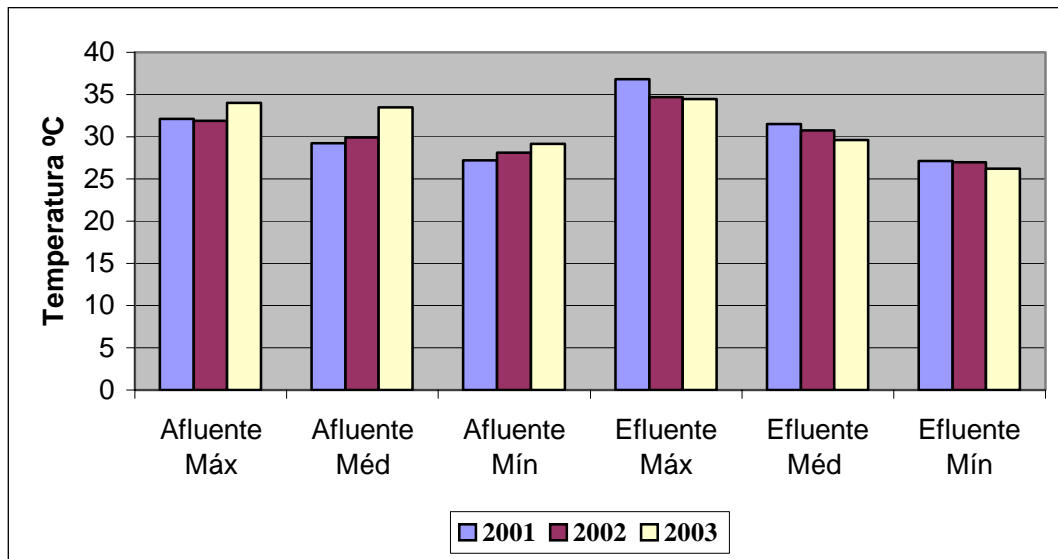


FIGURA 36 – Dados de Temperatura da ETE Vila União no período de 2.001-2.003

5.3.5 Sólidos Totais (ST), Sólidos Voláteis (SV) e Sólidos Fixos (SF)

As águas residuárias, especialmente esgotos domésticos, possuem elevadas concentrações de sólidos. Estes sólidos são originados dos dejetos humanos e da água de abastecimento, e, são, constituídos de material orgânico e mineral.

Por meio das Figuras 36, 37 e 38 pode-se observar o comportamento das frações de sólidos totais, voláteis e fixos nas ETEs Brejo Comprido, Vila União e Aurenry.

ETE Brejo Comprido:

Os Sólidos Totais do afluente são de 483,13 mg/L em 2001; 560,31 mg/L em 2002 e de 755,62 mg/L em 2003. Os valores do efluente são de 491,46 mg/L em 2001; 267,13 mg/L em 2002 e de 335,72 mg/L.

Para os Sólidos Voláteis, as concentrações médias encontradas do afluente são de 252,00 mg/L em 2001; 365,33 mg/L em 2002 e de 534,00 mg/L em 2003 e do efluente são de 120,67 mg/L em 2001; 144,48 mg/L em 2002 e de 234,00 mg/L em 2003. E para os Sólidos Fixos os valores médios do afluente são de 319,33 mg/L em 2001; 190,39 mg/L em 2002 e de 313,08 mg/L em 2003 e do efluente são de 166,00 mg/L em 2001; 111,00 mg/L em 2002 e de 206,55 mg/L em 2003.

ETE Vila União:

Os Sólidos Totais, as concentrações médias encontradas do afluente são de 469,38 mg/L em 2001; 640,61 mg/L em 2002 e de 834,40 mg/L em 2003. Os valores do efluente são de 301,41 mg/L em 2001; 395,13 mg/L em 2002 e de 539,63 mg/L.

Para os Sólidos Voláteis, as concentrações médias encontradas do afluente são de 434,00 mg/L em 2001; 394,78 mg/L em 2002 e de 594,96 mg/L em 2003 e do efluente são de 129,00 mg/L em 2001; 200,97 mg/L em 2002 e de 355,95 mg/L em 2003.

Já para os Sólidos Fixos, as concentrações médias encontradas do afluente são de 322,33 mg/L em 2001; 244,87 mg/L em 2002 e de 225,84 mg/L em 2003 e do efluente são de 139,33 mg/L em 2001; 194,16 mg/L em 2002 e de 183,63 mg/L em 2003.

ETE Aurenny:

Os Sólidos Totais do afluente no período analisado são de 461,71 mg/L em 2001; 907,96 mg/L em 2002 e de 876,65 mg/L em 2003. As concentrações médias encontradas do efluente são de 552,10 mg/L em 2001; 561,25 mg/L em 2002 e de 569,31 mg/L. as concentrações médias encontradas de Sólidos Voláteis do afluente de 608,55 mg/L em 2002 e de 601,25 mg/L em 2003 e do efluente são de 379,09 mg/L em 2002 e de 358,50 mg/L em 2003.

Para os Sólidos Fixos, as concentrações médias encontradas do afluente foram de 393,82 mg/L em 2002 e de 276,90 mg/L em 2003 e do efluente são de 285,50 mg/L em 2002 e de 196,94 mg/L em 2003.

Por meio das Figuras 37, 38 e 39 pode-se observar o comportamento das frações de Sólidos Totais, Suspensos e Fixos nas ETES Brejo Comprido, Aurenny e Vila União.

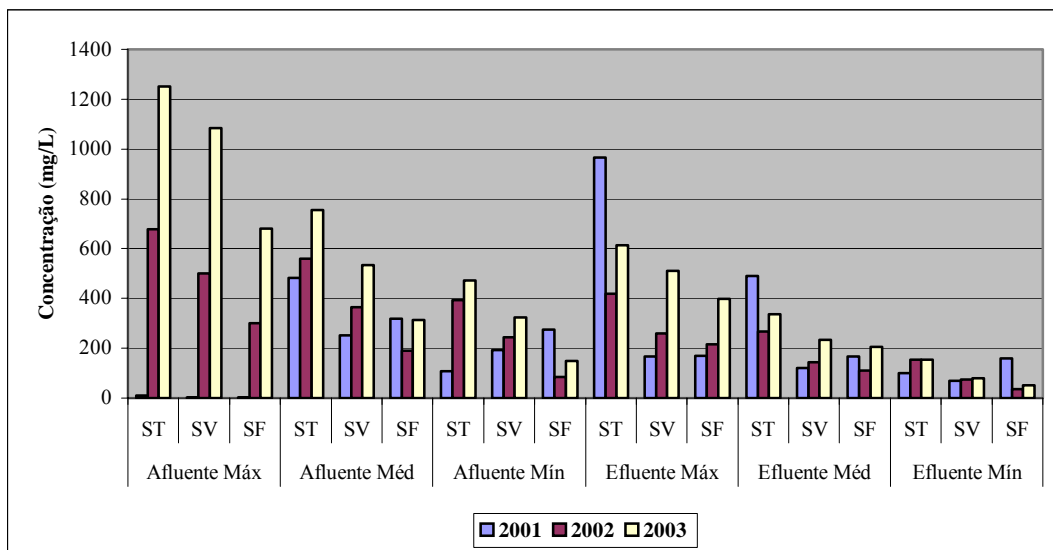


FIGURA 37 – Dados de sólidos totais, voláteis e fixos da ETE Brejo Comprido no período de 2.001-2.003

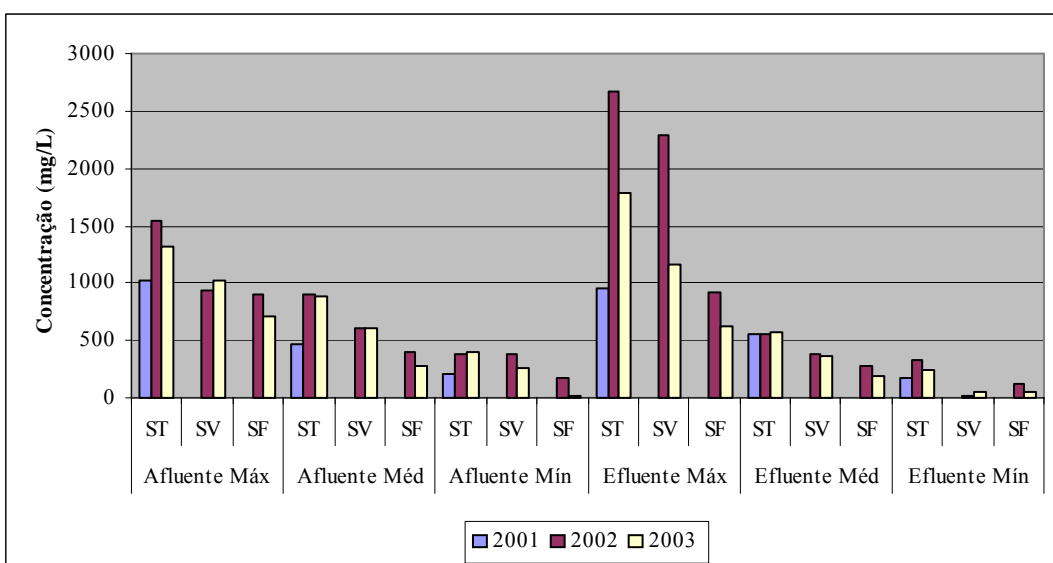


FIGURA 38 – Dados de sólidos totais, voláteis e fixos da ETE Aurenly no período de 2.001-2.003

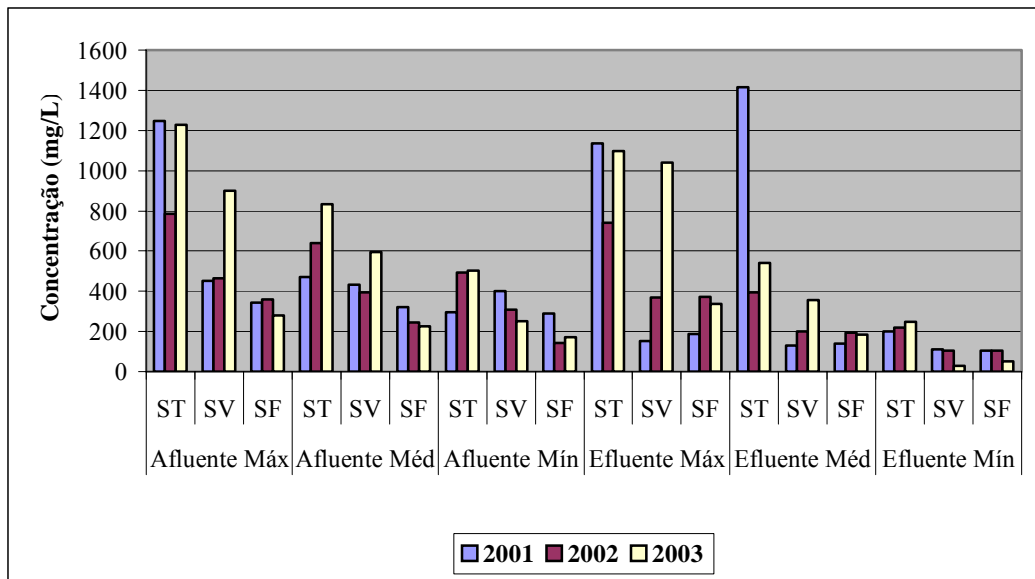


FIGURA 39 – Dados de sólidos totais, voláteis e fixos da ETE Vila União no período de 2.001-2.003.

5.3.6 Nitrato (NO₃)

A eficiência na remoção de nutrientes numa ETE é fundamental para que o efluente não comprometa o corpo receptor.

As concentrações médias anuais de entrada e saída da ETE Brejo Comprido foram de 3,3 e 1,2 mg/L, com remoção de 36,36% em 2001; de 3,11 e 1,68 mg/L, com remoção de 54,08% em 2002 e de 4,05 e 1,96 mg/L, com remoção de 48,59% em 2003. Embora as taxas de remoção sejam baixas, pode-se considerar satisfatória, para o tipo de tratamento empregado.

As concentrações médias anuais de entrada e saída da ETE Vila União foram de 3,29 e 1,66 mg/L com remoção de 50,28% em 2002 e de 7,26 e 10,56 mg/L, com acréscimo na concentração final de 45,29% em 2003. O aumento na concentração final em 2003 pode se justificar devido à reforma no sistema.

As concentrações médias anuais de entrada e saída da ETE Aurenny foram de 8,5 e 2,55 mg/L com remoção de 233,33% em 2001; de 3,49 e 1,88 mg/L, com remoção de 85,63% em 2002 e de 6,81 e 1,62 mg/L, com remoção de 320,37% em 2003. A remoção apresentada foi bastante

elevada, mas dentro do esperado, levando-se em conta que neste caso o Sistema adotado e Lagoas de Estabilização.

Por meio das Figuras 40, 41 e 42 pode-se observar o comportamento das concentrações de nitrato.

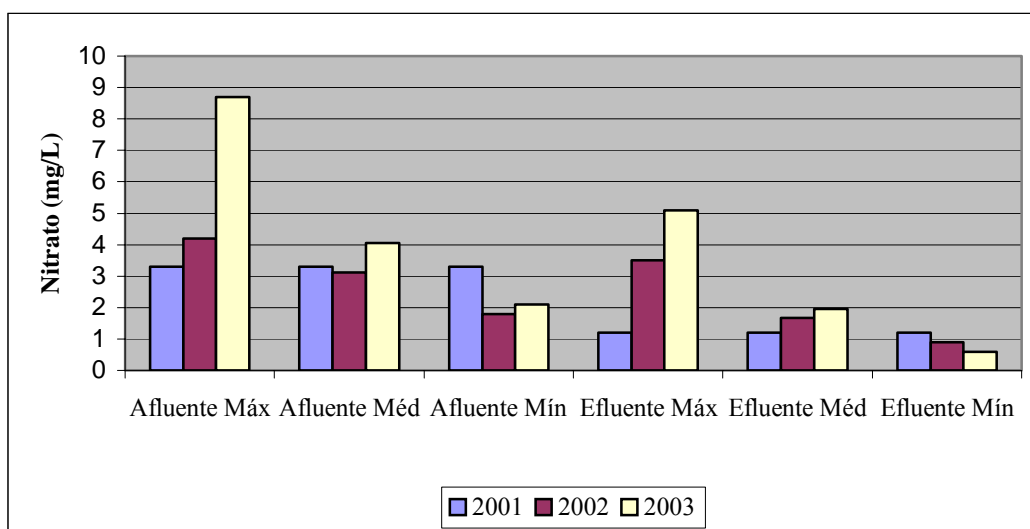


FIGURA 40 – Dados de nitrato da ETE Brejo Comprido no período de 2.001-2.003

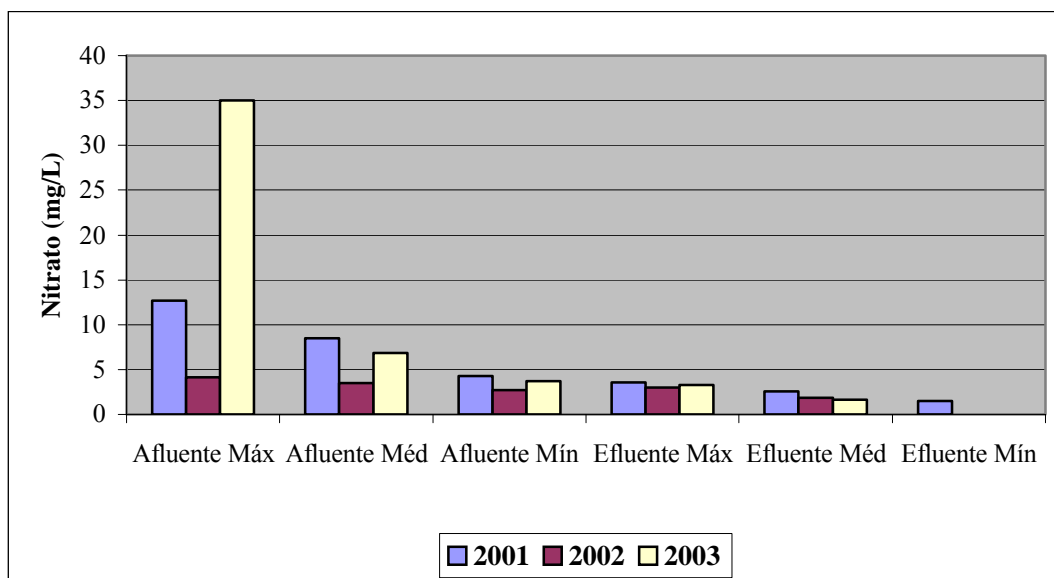


FIGURA 41 – Dados de nitrato da ETE Aurenly no período 2.001-2.003.

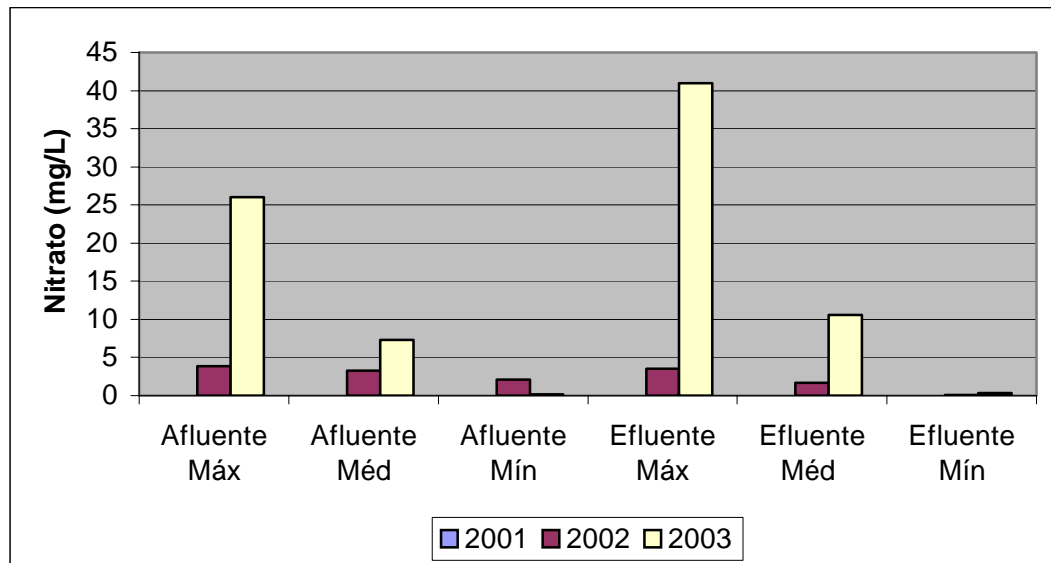


FIGURA 42 – Dados de nitrato da ETE Vila União no período de 2.001-2.003

5.3.7 Nitrito (NO_2)

As concentrações médias anuais de entrada e saída da ETE Brejo Comprido estiveram entre 0,23 e 0,55 mg/L, apresentando um acréscimo de 236,80%. Em 2002, as concentrações médias estiveram entre 0,15 e 0,046 mg/L, com remoção de 226,08% em 2003.

Quanto aos acréscimos nos períodos analisados, tem-se que configuração do filtro anaeróbio, como unidade de pós-tratamento de efluentes de reatores UASB, os resultados demonstraram baixa eficiência na remoção de nitrogênio.

As concentrações médias anuais de entrada e saída da ETE Vila União foram de 0,15 e 0,09 mg/L com remoção de 62,15%, em 2002. E de 0,1957 e 0,16 mg/L, a remoção na concentração final foi de 16,33% em 2003.

As concentrações médias anuais de entrada e saída da ETE Aureny foram de 0,17 e 0,07 mg/L, com remoção de 142,85% em 2002, e de 0,16 e 0,12 mg/L, com remoção de 33,33% em 2003. Nota-se que estes valores estão acima da faixa (30 a 50%) para o tratamento da ETE que é de lagoas de estabilização: lagoa anaeróbia, lagoa facultativa e lagoa de maturação.

Em sistema de lagoas de estabilização o mecanismo biológico, nitrificação-desnitrificação, na remoção de nitrogênio na forma de nitrito é tida como pouco representativa, não atuando de

modo consistente como auxiliar na remoção das diferentes formas de nitrogênio (nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito). Desta forma, o comportamento do nitrito é pouco representativo no sistema, pela ocorrência de valores reduzidos (menos que 1 mg/L de nitrito).

Por meio das Figuras 43, 44 e 45 podem-se observar o comportamento das concentrações de nitrato.

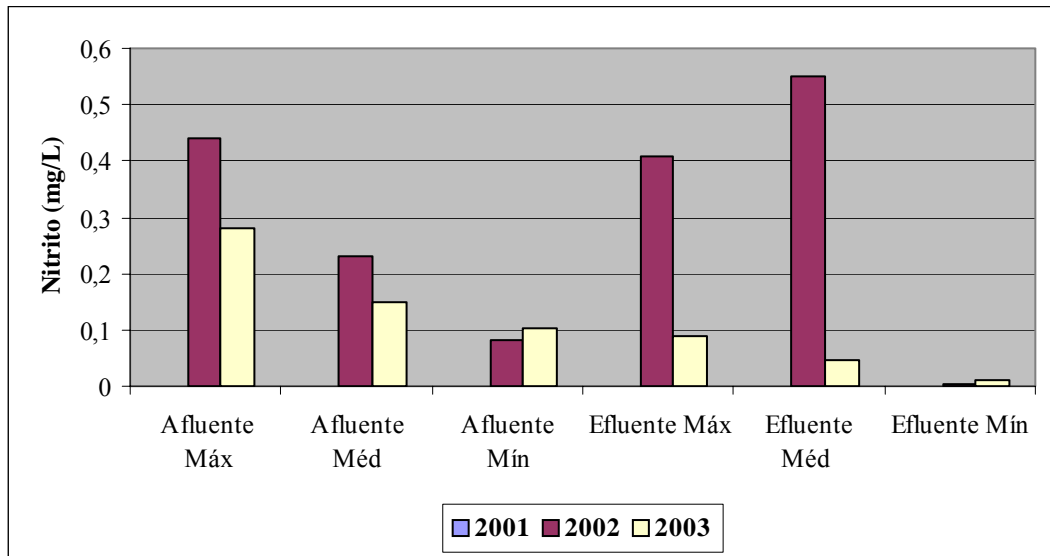


FIGURA 43 – Dados de nitrito da ETE Brejo Comprido no período de 2.001-2.003

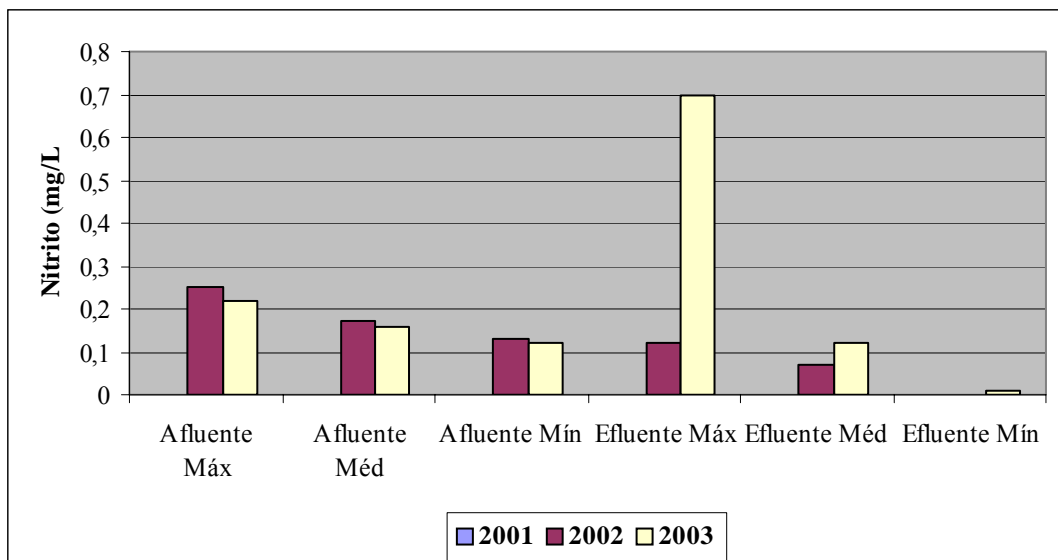


FIGURA 44 – Dados de nitrito da ETE Aurenly no período 2.001-2.003

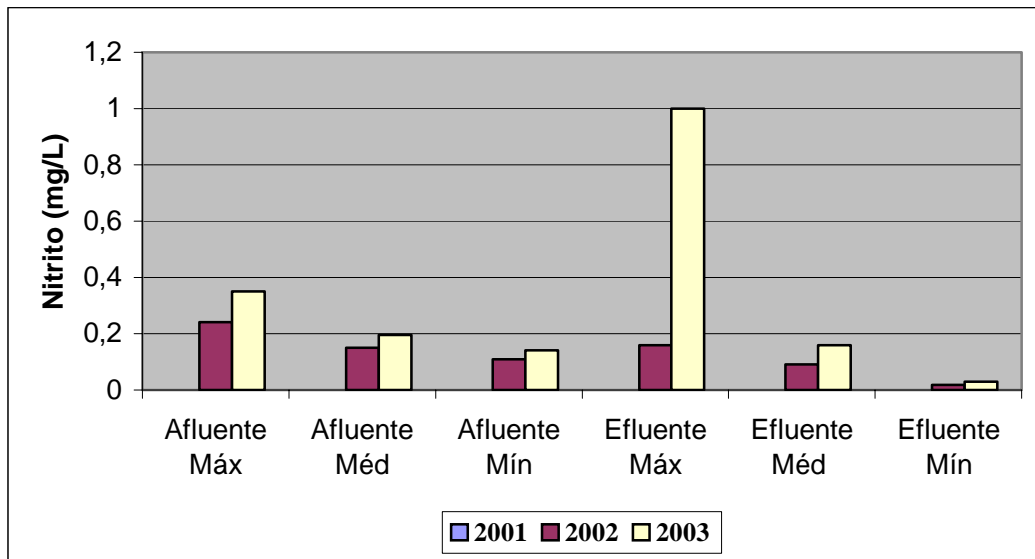


FIGURA 45 – Dados de nitrito da ETE Vila União no período de 2.001-2.003

5.3.8 Nitrogênio Amoniacal (NH_3)

As concentrações médias anuais de entrada e saída da ETE Brejo Comprido foram de 17,59 e 17,15 mg/L, com remoção de 2,56% em 2001; de 14,53 e 16,86 mg/L, com acréscimo de 13,81% em 2002 e de 13,89 e 16,93 mg/L, com acréscimo de 17,95% em 2003. Portanto, não apresentando uma eficiência satisfatória dentro da faixa (30 a 50%) para o tratamento da ETE que é reator anaeróbio seguido de filtro anaeróbio.

Observa-se que as concentrações de nitrogênio amoniacal foram altas ao longo do tratamento, indicando que o processo de degradação de matéria orgânica está acontecendo, principalmente por ser predominante no efluente do reator. Observa-se ainda que o filtro anaeróbio não apresentou condições que permitissem a volatilização da amônia, devido a faixa neutra do pH. Ao analisar as concentrações de nitrogênio amoniacal, verificou-se que o filtro anaeróbio transformou parte do nitrogênio em moléculas orgânicas (complexas ou não) em amônia, fato evidenciado pelo aumento de sua concentração ao longo da monitoração do filtro.

As concentrações médias anuais de entrada e saída da ETE Vila União foram de 20,10 e 18,30 mg/L, com remoção de 9,83% em 2001; de 22,39 e 16,36 mg/L, com remoção de

36,85% em 2002 e de 52,30 e 18,49 mg/L, com remoção na concentração final de 182,85% em 2003. No período de 2001 constata-se que a remoção está abaixo do preconizado.

As concentrações médias anuais de entrada e saída da ETE Aurenny foram de 20,90 e 8,85 mg/L, com remoção de 136,15% em 2001; de 22,89 e 14,32 mg/L, com remoção de 59,84% em 2002 e de 15,26 e 1,05 mg/L, com remoção de 1.353,33% em 2003. Para o sistema adotado, lagoas de estabilização, a remoção é satisfatória e esperada.

Por meio das Figuras 46, 47 e 48 podem-se observar o comportamento das concentrações de nitrogênio amoniacal.

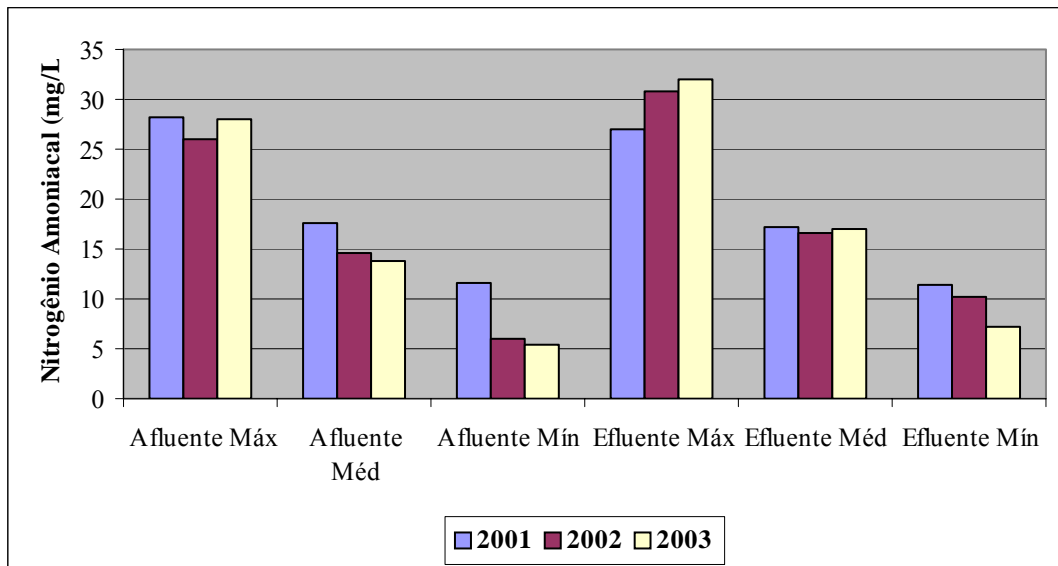


FIGURA 46 – Dados de nitrogênio amoniacal da ETE Brejo Comprido no período de 2.001-2.003.

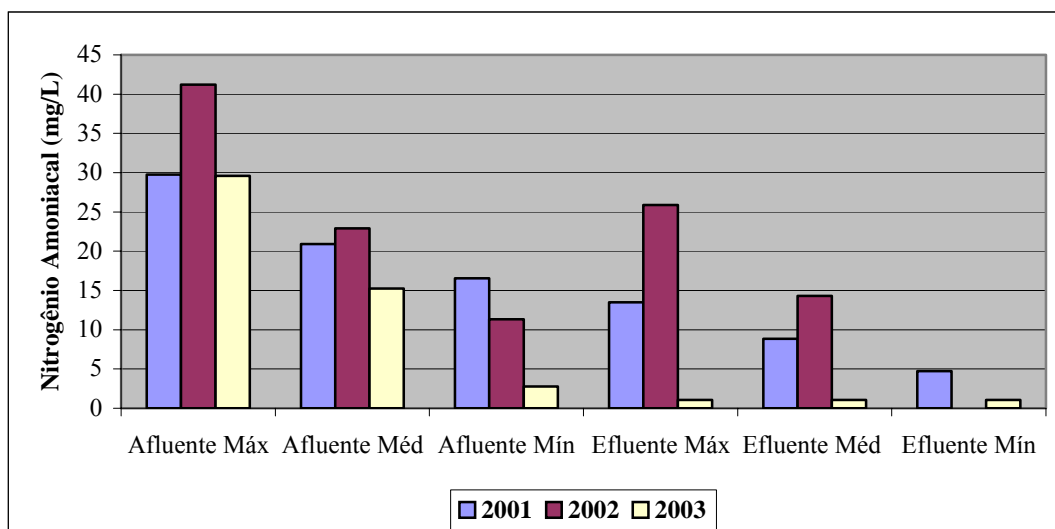


FIGURA 47 – Dados de nitrogênio amoniacal da ETE Aurenly no período de 2.001-2.003.

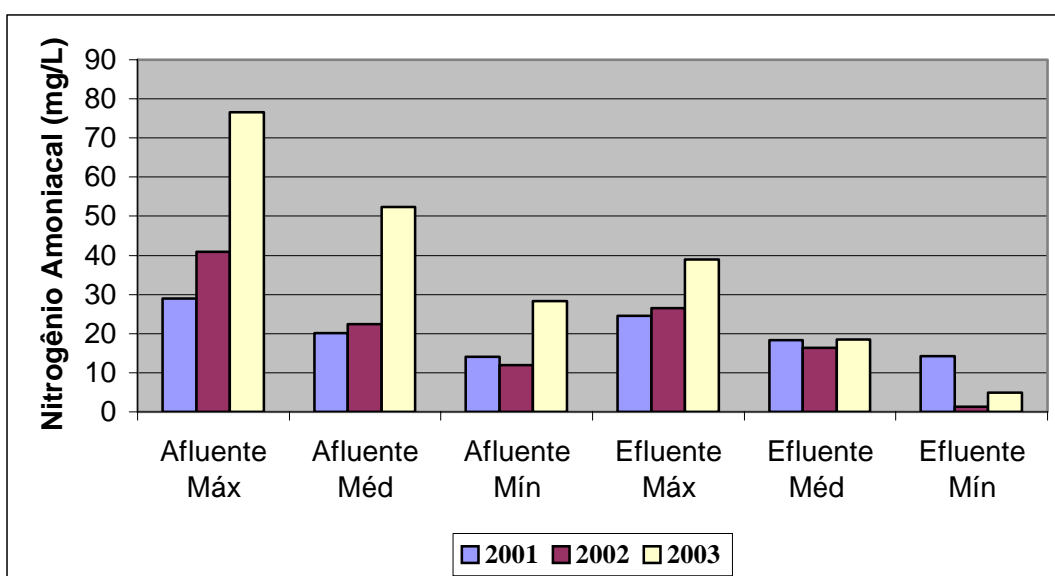


FIGURA 48 – Dados de nitrogênio amoniacal da ETE Vila União no período de 2.001-2.003.

5.3.9 Fósforo Total (Ptotal)

As concentrações médias anuais de entrada e saída da ETE Brejo Comprido foram de 4,23 e 5,12 mg/L, com acréscimo de 17,38% em 2002 e de 7,72 e 5,85 mg/L, com remoção de 31,96% em 2003.

As concentrações médias anuais de entrada e saída da ETE Vila União foram de 4,92 e 2,53 mg/L, com remoção de 51,42%, em 2002 e de 30,85 e 5,23 mg/L, com remoção de 489,86% em 2003.

As concentrações médias anuais de entrada e saída da ETE Aurenny foram de 4,90 e 3,05 mg/L com remoção de 62,24% em 2002 e de 4,05 e 3,51 mg/L, com remoção de 15,38% em 2003.

A não existência de dados em 2.001 se deve a não realização de análises, em função de problemas operacionais.

Nas Figuras 49, 50 e 51 podem-se observar o comportamento das concentrações de nitrato no período de 2001-2003.

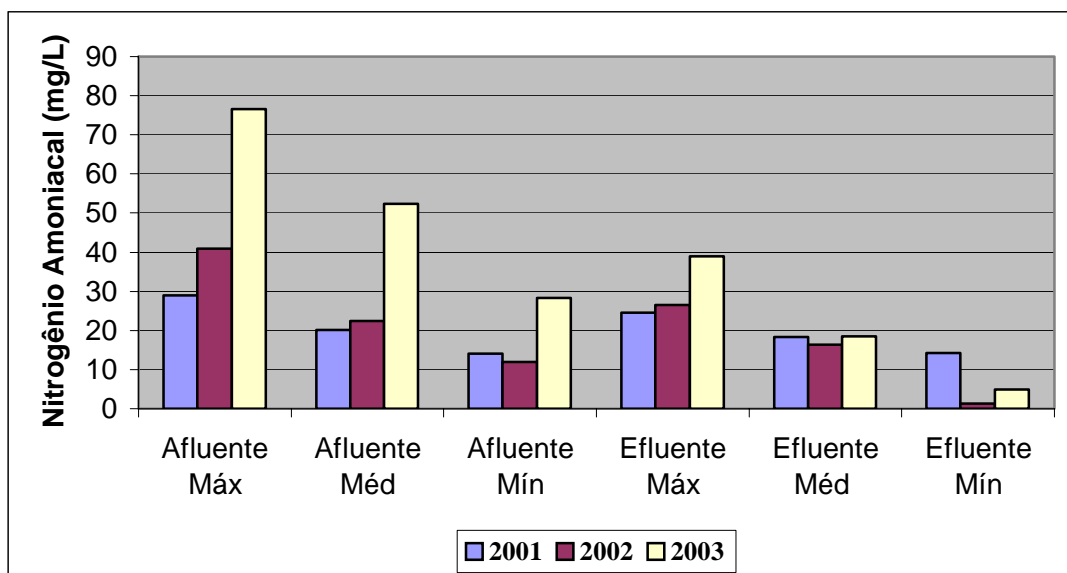


FIGURA 49 – Dados de fósforo da ETE Brejo Comprido no período de 2.001-2.003

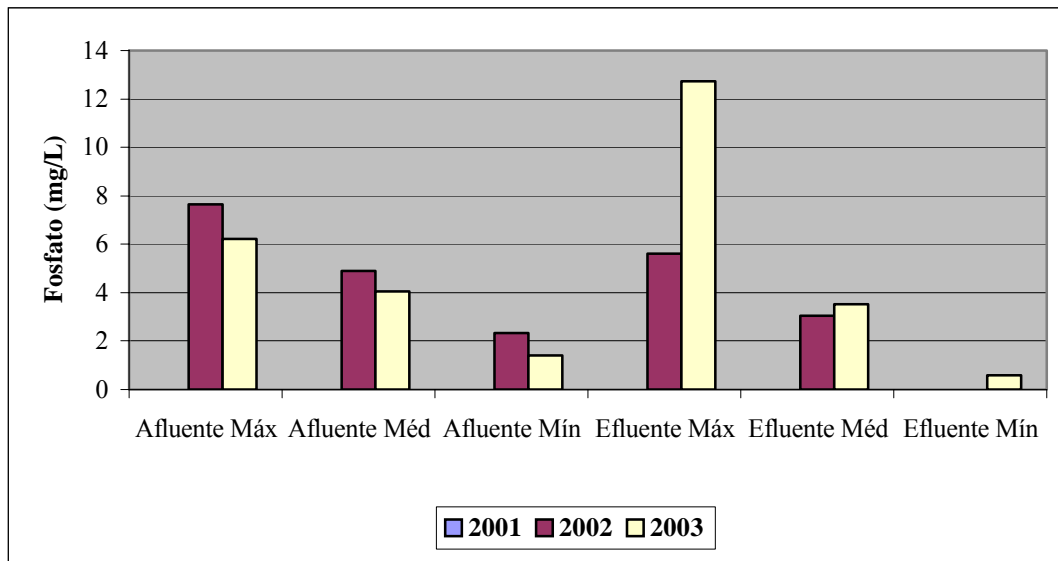


FIGURA 50 – Dados de fósforo da ETE Aurenay no período de 2.001-2.003

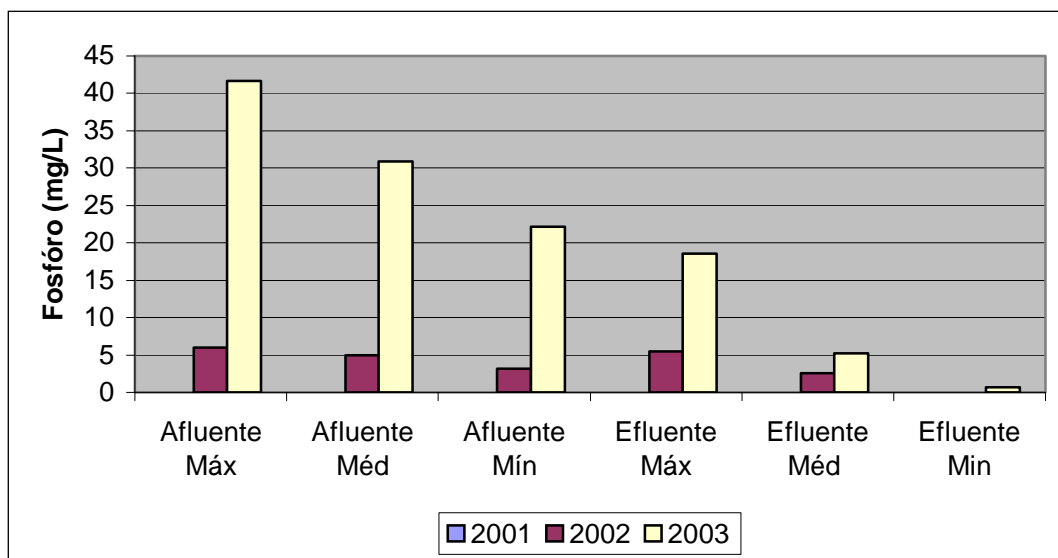


FIGURA 51 – Dados de fósforo da ETE Vila União no período de 2.001-2.003.

5.4 Aspectos Econômicos

As atividades econômicas de todos os países são desenvolvidas de maneira que os recursos sejam convertidos em bens e serviços que satisfaçam às necessidades humanas. Como as necessidades humanas de bens e serviços são virtualmente ilimitadas, e os recursos são escassos, não se pode atender a todas as necessidades desejadas. O objetivo da análise

econômica é a de orientar como devem ser utilizados os recursos que são escassos a fim de satisfazer o maior número possível de necessidades RUEDA (1999).

Os projetos de investimentos em sistemas que visam o tratamento de esgotos, compreendem:

- O tratamento de um recurso natural que são as águas residuárias domésticas e/ou industrial;
- Os recursos humanos que contribuem para a produção de bens e serviços e que utilizam deste benefício, que é o tratamento dos efluentes;
- O capital que compreendendo todos os equipamentos e instalações feitas, que tornam mais eficiente a produção de bens e prestação de serviços.

A avaliação econômico é um instrumento útil e conveniente para selecionar, entre outros usos alternativos dos recursos, a aplicação mais eficiente. Serve para apoiar a tomada de decisão de investimentos públicos, e tornar eficiente e racional os investimentos de interesses coletivos, da seguinte forma:

- dimensionando um projeto de acordo com a demanda;
- elaborando o plano de expansão de mínimo custo e identificando e selecionando a melhor alternativa técnico-econômica para o projeto;
- orientando os recursos para os projetos mais rentáveis (priorização); e
- eliminando investimentos em projetos mal concebidos, ao definir critérios de aceitação ou rejeição;

A avaliação sócio-econômica de projetos pressupõe a otimização na alocação dos recursos da sociedade, requerendo, portanto que, a seleção de alternativas de fontes de suprimento de uma dada demanda, dos processos aplicados e dos materiais utilizados sejam as que proporcionem a melhor relação custo-benefício. Sempre que tais alternativas forem equivalentes em termos de benefícios propiciados, é óbvio que a alternativa de menor custo é a que resulta na melhor relação benefício-custo RUEDA (1999).

Considerando que os recursos ambientais, como matas virgens, cursos d'água, espécies animais e vegetais, ar puro, etc., são bens públicos ou bens de consumo coletivos, que têm valor para a sociedade, porém não há como valorar pelo mercado. A sociedade para decidir proteger um determinado bem ou recurso, necessita contar com mecanismos adequados para estimar o seu valor social como pré-requisito para tomada de decisões sociais racionais.

Considerando que o sistema de preços dos mercados competitivos funciona de forma diferente que os monopólios naturais, muitas vezes, estes monopólios não estão sujeitas às condições de mercado, principalmente se analisarmos o comportamento da elasticidade e demanda para este tipo de serviços. Quando se incorporam os bens públicos ao modelo, nenhum sistema descentralizado de preços pode funcionar para determinar os níveis ótimos de consumo coletivo. Outros sistemas de “votação” ou “sinalização” devem ser usados tentando mostrar que tem menos interesse num dado consumo coletivo do que realmente tem. A base do esforço para elaborar métodos alternativos de avaliação deriva da necessidade de atribuir preços aos bens públicos PINDYCK (1994).

O método da taxa interna de retorno não pode ser utilizado para ordenar os projetos segundo sua importância. Somente indica se a taxa de rentabilidade de um projeto é maior ou menor que o custo de oportunidade do capital RUEDA (1999).

Para análise da TIR, taxa interna de retorno, para as ETEs implantadas, foram realizadas análises do fluxo de custos, para abrangendo os investimentos por ano, custos de reposição de equipamentos, custos incrementais de operação, administração e manutenção, além de todos os custos incorridos para que sejam produzidos os benefícios esperados.

Os resultados da avaliação que foram obtidos compreendem: análise custo/benefício através de análise dos investimentos de implantação, tarifa custo/benefício e avaliação da taxa de retorno de acordo com os estudos que fizeram parte do pedido de financiamento da CEF.

Esta avaliação compreende:

- a) Custo de implantação das unidades e a população a ser atendida
- b) Consumo de energia elétrica com o volume de esgotos tratados
- c) Análise da taxa interna de retorno de cada ETE

A seguir, Figura 52, 53, 54, 55 e 56 demonstrando o consumo de energia, volume tratado de esgotos e investimentos por ETEs.

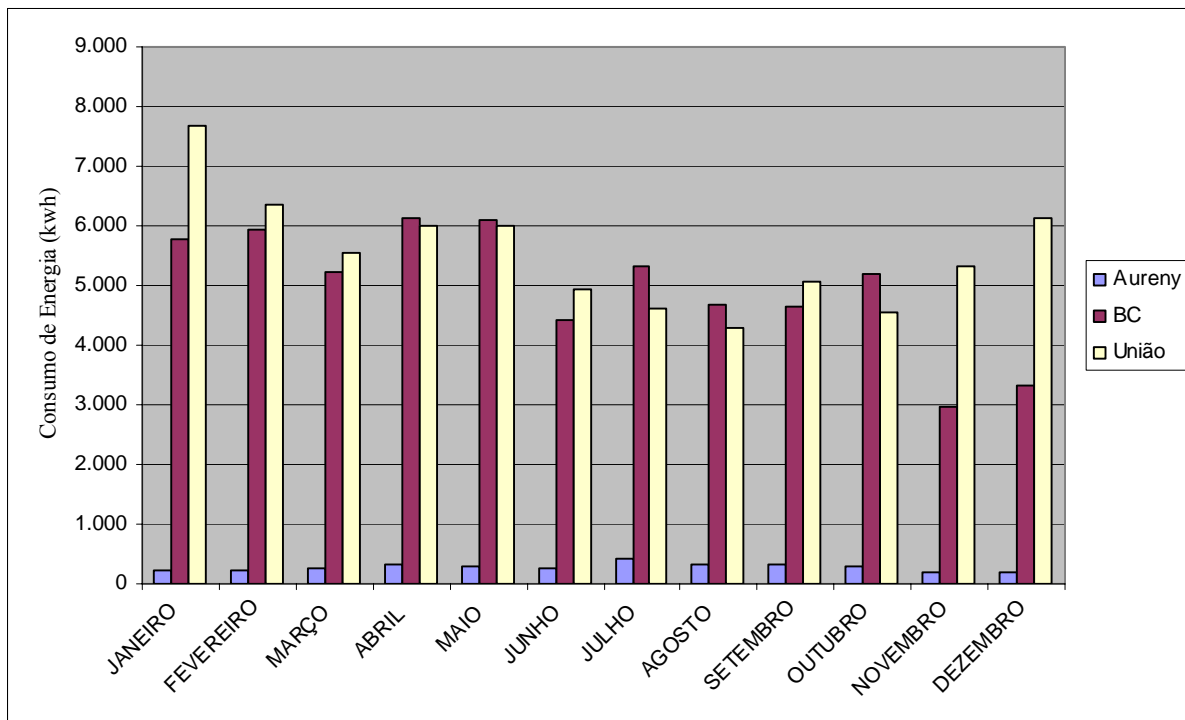


FIGURA 52 - Consumo de energia em 2.002 nas ETEs.

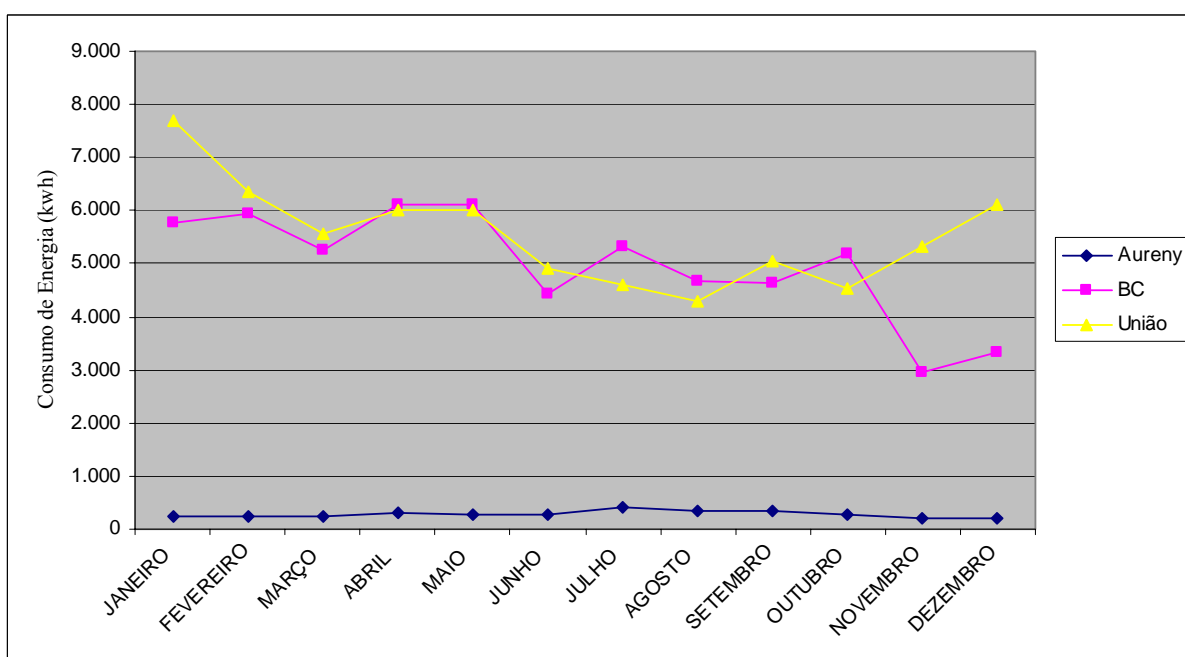


FIGURA 53 - Gráfico de consumo de energia em 2.002 nas ETEs

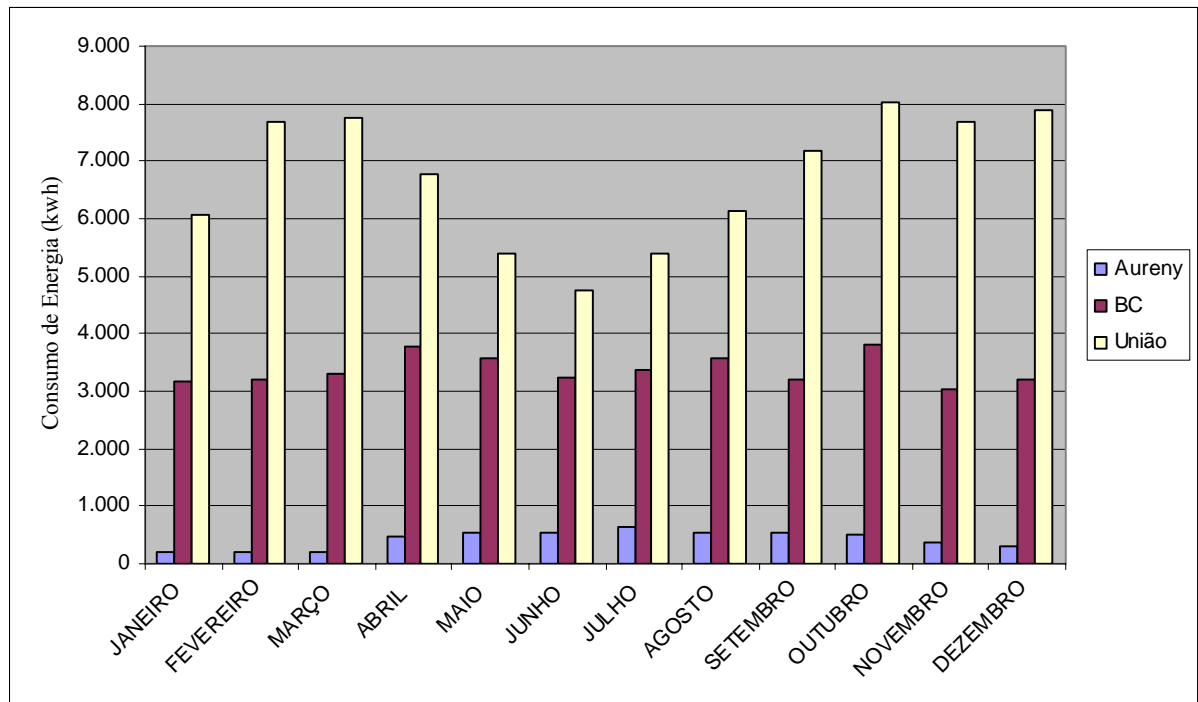


FIGURA 54 - Gráfico de consumo de energia em 2003 nas ETEs

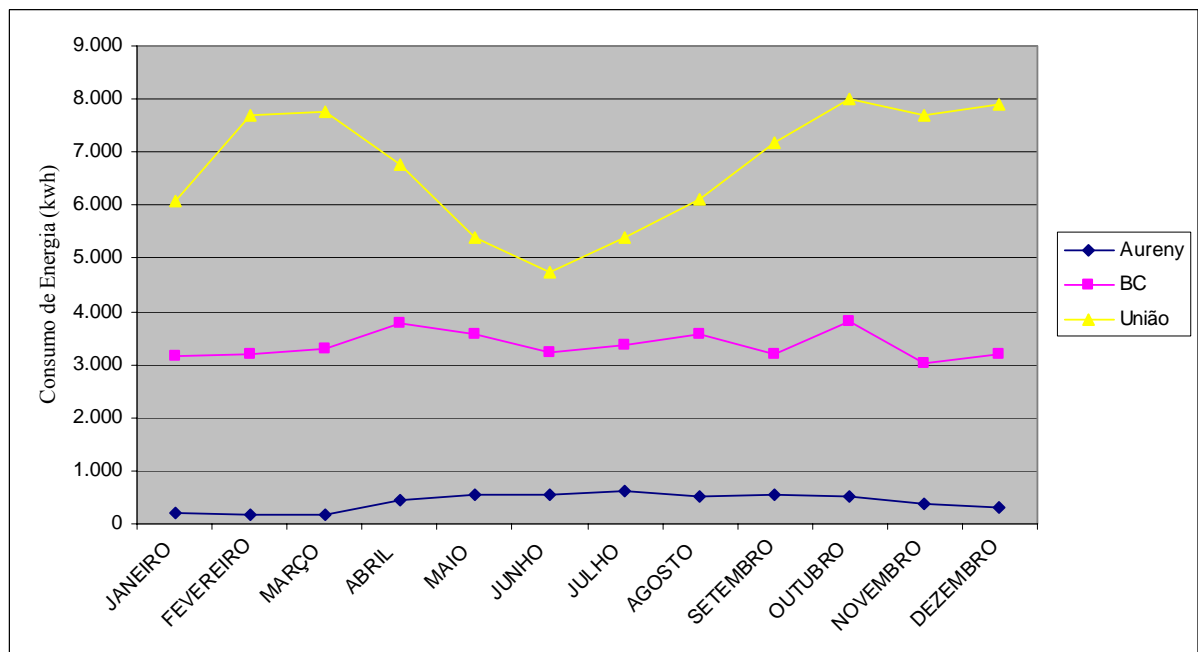


FIGURA 55 - Gráfico de consumo de energia em 2003 nas ETEs

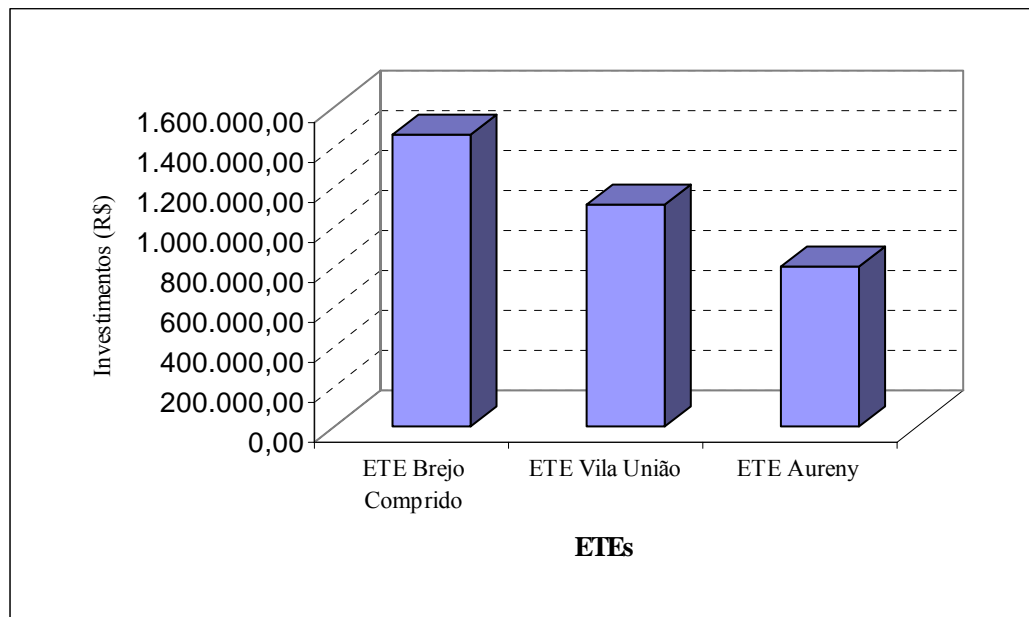


FIGURA 56 - Investimentos por ETEs

5.5 Aspectos Sanitário / Epidemiológico

A avaliação dos benefícios de ações de saneamento sobre a saúde de uma área urbana indicou que estas ações geraram um impacto positivo sobre a ocorrência de doenças diarreicas, MORAES (2003).

Para avaliação e a sistematização dos dados sobre ocorrência de diarreias, considerou-se que todo o esgoto gerado e ligado às redes coletoras é tratado. São apresentados os dados da população com e sem atendimento, ou seja, áreas sem coleta e/ou tratamento de esgoto.

A ocorrência de casos notificados de diarreia na área com e sem coleta e/ou tratamento de esgotos foi levantada através dos dados da Secretaria Municipal de Saúde da Prefeitura de Palmas. Os dados existentes foram insuficientes para avaliação no período compreendido (2001 a 2003), sendo utilizado os de notificação da ocorrência de diarreia do período de 2.003.

A Figura 57 apresenta um mapa das áreas com cobertura de sistema de coleta e/ou tratamento de esgoto. Relacionando também as áreas com notificação de casos de diarreia.

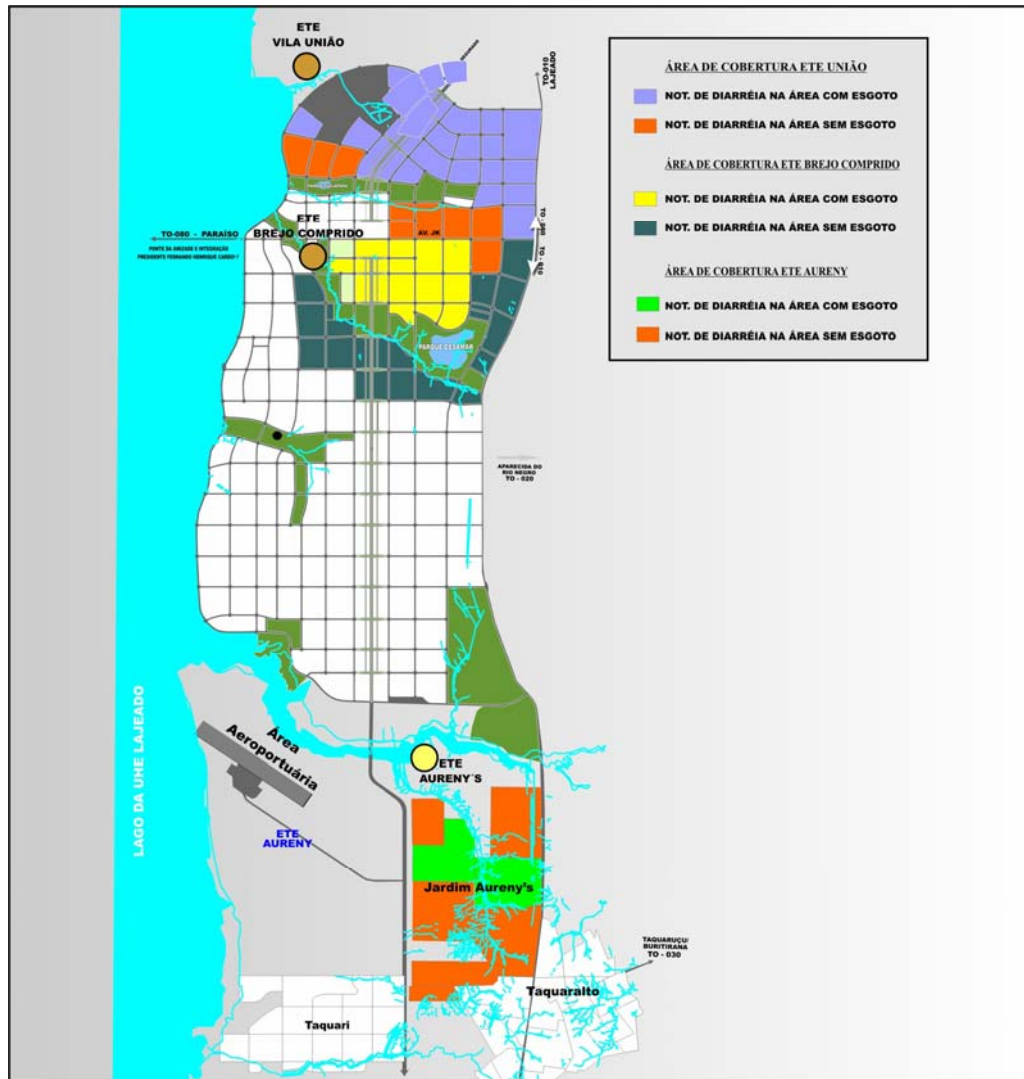


FIGURA 57 — Localização das áreas atendidas com coleta e tratamento de esgoto correlacionando com notificação de ocorrências de diarreias no período de 2003.

Na avaliação dos relatórios de notificações de diarreias são feitas referências o saneamento básico, tais como: falta de esgoto, falta de água, falta de limpeza urbana, sujeiras, sendo na maior parte dos casos, referências generalizadas à problemática do saneamento básico.

É importante avaliar que as ações de implementação de saneamento compreendem as de domínio público e doméstico. Sendo que as doenças infecciosas podem ser combatidas pelo saneamento, geralmente, em ambos os domínios. Portanto, não bastam apenas ações no âmbito público, mas estender os efeitos da implantação do saneamento ao doméstico.

Algumas vezes, os benefícios nem sempre são resultantes de ações de saneamento, mas sim decorrentes da nova relação ambiental e dos hábitos de comportamento e higiene que se estabelecem.

A seguir, são apresentados os gráficos com os dados relativos a população atendida e não atendida com coleta e tratamento de esgotos e de notificações de diarreias.

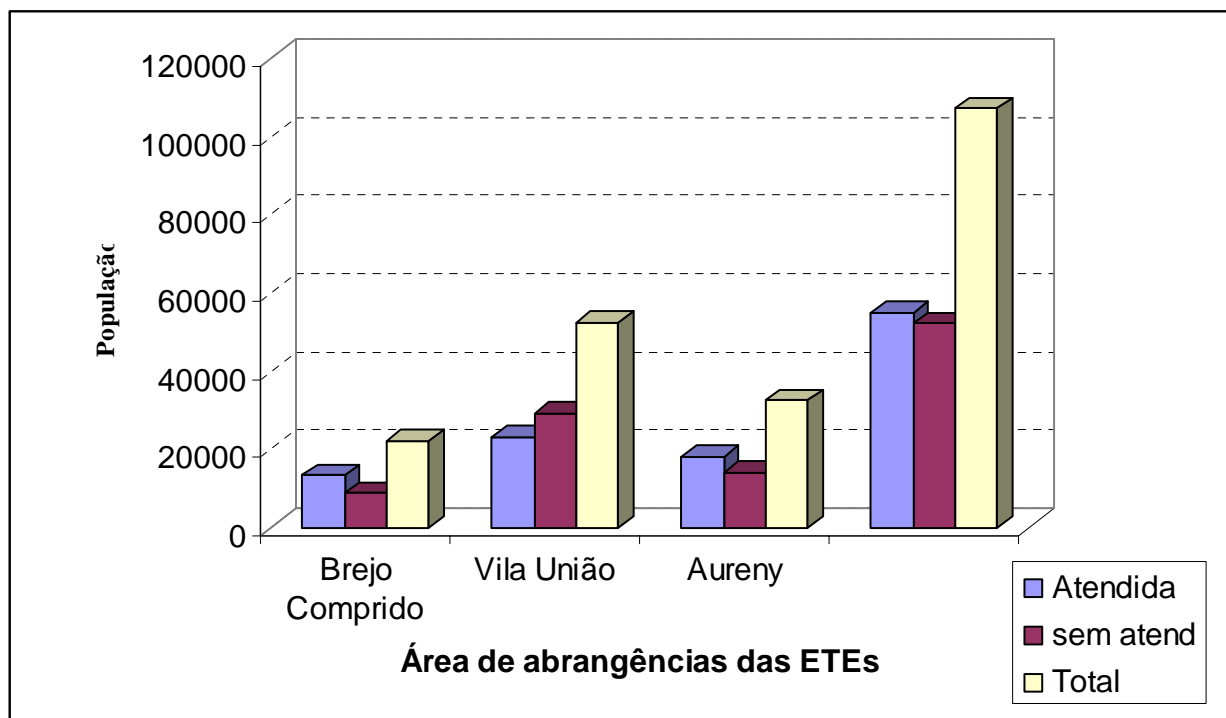


FIGURA 58 – População atendida e não atendida com Esgoto nas Bacias: Brejo Comprido, Vila União e Aurenny no período de 2.003.

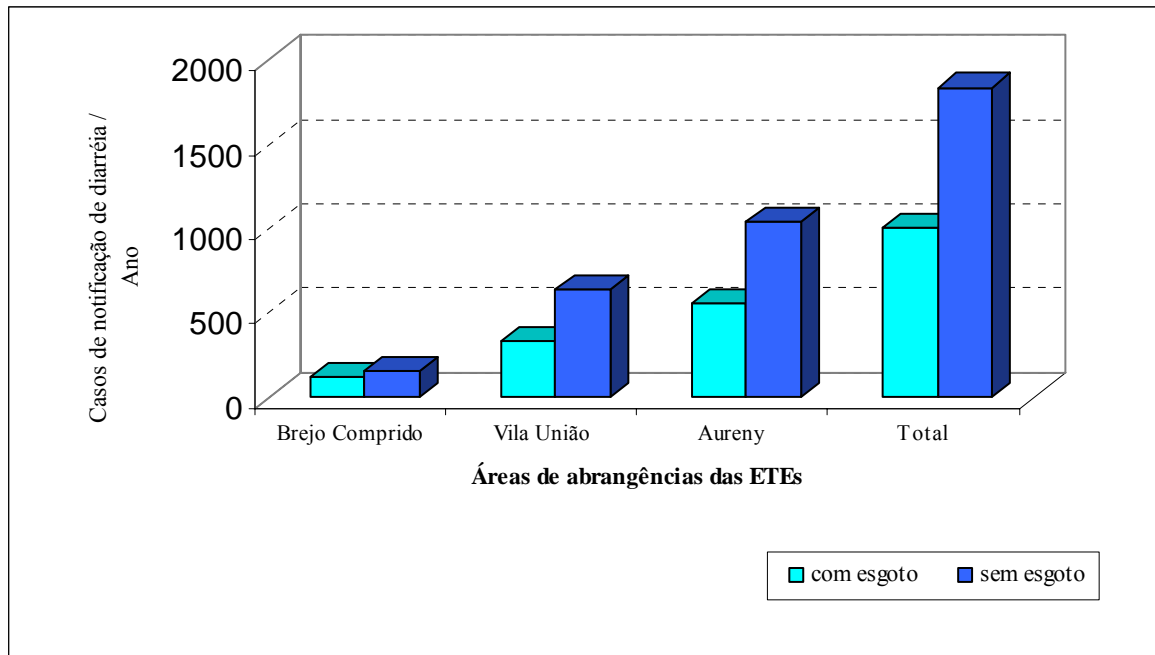


FIGURA 59 – Casos de diarreia nas áreas de abrangência das ETEs.

Observa-se que os dados referentes às notificações de diarreia para a Bacia da ETE Brejo Comprido, corresponde a área com atendimento e coleta de esgoto, a 9,05 casos/1000 hab e na área sem saneamento a 4,3 casos/1000 hab. Nesta bacia, o percentual de área com cobertura de coleta e/ou tratamento de esgoto e de 60,23% e a área sem cobertura corresponde a 39,77%.

Para a bacia da ETE Vila União, encontraram-se os seguintes dados: na área com cobertura de coleta e/ou tratamento de esgoto, a média de notificações foi de 14,31 casos/1000 hab e na área sem cobertura foi de 21,93 casos/1000. Na área com saneamento o percentual de ocorrências e de 44,24% e na área sem cobertura de 55,76%.

Considerando que a área de atendimento da ETE Vila União, corresponde a região norte da cidade de Palmas e que parte da população tem menor poder aquisitivo, verifica-se que a área não atendida com esgoto e coleta tem valores médios maiores de casos de diarreia que a área com cobertura de saneamento.

Na área com cobertura da ETE Aurenay tem-se os seguintes valores: área com cobertura de rede coletora e/ou tratamento de esgoto, apresentou 30,41 casos/1000 hab e na área sem cobertura o percentual e de 73,44 casos/1000 hab. O percentual de cobertura com coleta e tratamento é de 56,40% e na área sem cobertura é de 43,60%.

A região Sul que compreende Taquaralto e Aurenys apresenta uma população com poder aquisitivo menor e com maior número de crianças. Verifica-se que nos registros de notificações de casos de diarreia nesta região, foi mencionada a condição habitacional, higiênica e social como prováveis casos, como também, a não existência de coleta e tratamento de esgoto. Vários autores relatam que a implantação de sistema de abastecimento de água em áreas com população de baixa renda e baixa escolaridade apresentam aumento dos casos de diarreia com o atendimento de água sem esgoto. Isto se deve, porque as águas servidas muitas vezes não têm destino adequado, provocando exposição de crianças a riscos potenciais de contaminação.

Considerando a área total de cobertura e sem cobertura de esgoto na abrangência das ETEs tem-se que valores: 18,41 casos de diarreias /1000 hab na área com cobertura e de 32,41 casos de diarreias /1000 hab na área sem cobertura.

O percentual de atendimento com esgoto e coleta nas áreas de abrangências das ETEs é de 60,23% da população atendida e 39,76% sem atendimento.

Os valores apresentados demonstram que existe correlação entre atendimento de esgotos e ocorrência de diarreia e que, portanto, o atendimento com coleta e tratamento tende a ter efeitos significativos para a saúde da população.

5.6 Aspectos Urbanos

Geralmente a escolha do local da Estação de Tratamento de Esgotos é determinada pelas condições planialtimétricas, para que o escoamento do esgoto através da rede coletora se de por gravidade. Quando houver duas ou mais localizações possíveis nessas condições, a escolha poderá ser feita pelas seguintes considerações: ventos predominantes soprando de montante; distância de pelo menos um quilômetro de áreas urbanizadas e meio quilômetro de residências isoladas; características dos solos; possibilidade de proteção contra a invasão de águas pluviais; proteção de mananciais subterrâneos (HESS, 1975).

Considera-se também que a localização da estação de tratamento de esgotos poderá constituir muitas vezes um problema para os responsáveis pela escolha e definição de área, em razão do uso do solo. De uma forma geral, deve-se observar o tipo de zoneamento onde ocorrerá à

implantação da ETE. Sugere, JORDÃO (1995), uma atenção especial no conhecimento das áreas circunvizinhas, atendo-se aos seguintes aspectos: odores, aerrosóis, ruídos, geração de tráfego e incômodos gerais.

JORDÃO (1995) comenta ainda que, é muito comum que a população próxima a uma futura ETE planejada reclame contra sua localização. Há aí, principalmente, um aspecto psicológico de repugnância por uma obra que irá tratar esgoto, juntamente com a expectativa de uma desvalorização do preço da terra. Relatando que, em relação à possível desvalorização dos terrenos, vale lembrar que não é necessariamente real, ocorrendo muitas vezes o inverso, em função da realização de novas obras de infra-estrutura na região, beneficiando toda a área próxima a ETE.

Quanto à localização das ETEs já implantadas, foi realizada uma avaliação da área do entorno de acordo com Figura 60, tendo como afastamentos radiais de 500, 1000 e 1500 metros para análise das interfaces com a ocupação urbana do seu entorno.

A partir daí, foram reconhecidas através do mapa urbano as áreas previstas para ocupação podendo com isso, ser estabelecidos as áreas nas faixas radiais utilizadas que estão sujeitas a estas ocupações.

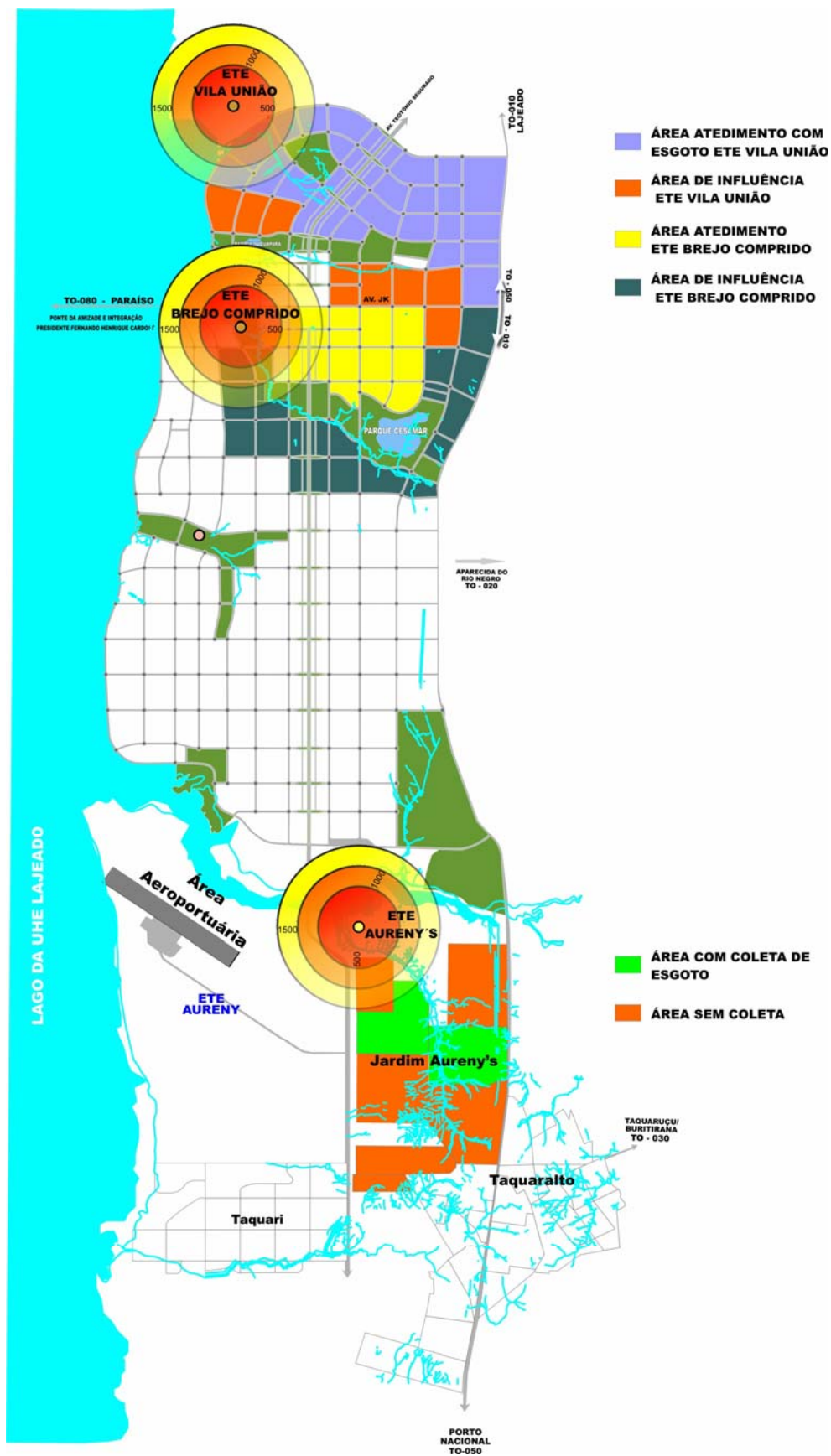


FIGURA 60 – Localização esquemática do raio de estudo de influência urbana nas ETEs Brejo Comprido, Aurenys e Vila União.

Tabela 08: Áreas sujeitas a Influências das ETEs para os Raios de 500, 1000 e 1500 m.

Descrição	Área sujeita a Influência das ETEs (ha)		
	R = 500 m	R = 1000 m	R = 1.500 m
ETE Aureny	23,2140	74,9424	155,6428
Ete União	12,0480	53,5623	53,5623
ETE Brejo Comprido	47,2610	244,6630	670,9800
Área Influencia Total	78,5398	314,1592	706,8583

FONTE: Divisão de Topografia – SANEATINS.

Dentre as áreas das ETEs implantadas, a ETE Vila União sempre constou no Plano Diretor de Palmas e visa atender toda a área urbana. Verifica-se que nos estudos de engenharia realizado pela Empresa Sondotécnica, foi indicada inicialmente a localização da ETE: conjunto de Lagoas de Estabilização na área inundada pelo reservatório e que após o enchimento seria implantada uma nova instalação com tratamento previsto com Lodos Ativados. No decorrer da ocupação do Plano Diretor, houve inconvenientes quanto à expansão do marco de ocupação urbana para a região Norte, inclusive no entorno da ETE Vila União.

Quanto às proximidades da área urbana, existem no entorno ocupações ainda não regularizadas ou em processo de discussão de sua ocupação e que merece ação do poder público constituído para que seja preservada para expansão da ETE Vila União após a desativação das ETEs Brejo Comprido e Prata.

Quanto aos ventos predominantes, constata-se que: na região da ETE Aureny o direcionamento dos ventos é de Leste para Oeste sendo que este direcionamento compreende o braço do Taquarussu até o Reservatório Luiz Eduardo Magalhães, com uma extensão de área do prolongamento da Avenida Teotônio Segurado com baixa ocupação urbana e com o tamponamento da área de proteção da INFRAERO do Aeroporto de Palmas. Por essa razão, os impactos provenientes de odores são de maior relevância nas chácaras circunvizinhas e que dependem de providências quanto a criação da área de tamponamento da referida ETE.

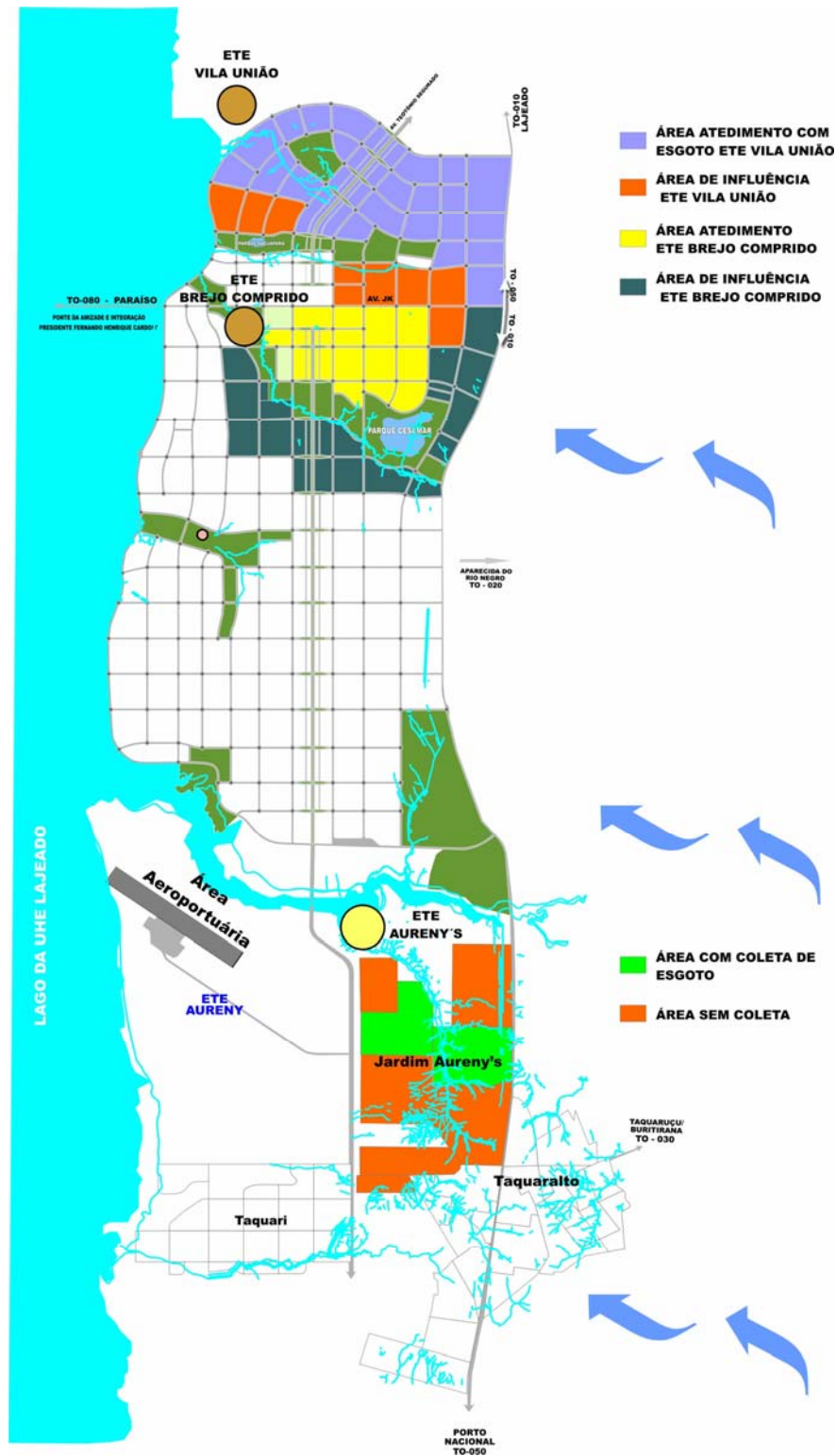


FIGURA 61 – Localização esquemática do sentido dos ventos com influência urbana nas ETEs Brejo Comprido, Aurenys e Vila União.

A localização da ETE Brejo Comprido não constava nos estudos do Plano Diretor de Palmas localizada na área Central, às margens do córrego Brejo Comprido compreendendo a Avenida LO-3 e a Avenida NS 5A. No entanto a Companhia de Saneamento do Tocantins – SANEATINS prevê a sua desativação.

A execução visava inicialmente economia na construção de coletores troncos para a sua interligação a ETE Vila União. Considerando sua proximidade a área urbana, apresenta reflexos consideráveis, principalmente relativo aos ventos predominantes. Os odores da ETE Brejo Comprido tem provocado reclamações dos moradores e vizinhança, conforme relatos da Saneatins. Embora, o tipo de tratamento empregado seja adequado, devido principalmente ao uso restrito de área. As adequações em suas instalações não são impeditivas de funcionamento, desde que sejam sanadas inconvenientes operacionais e as falhas construtivas de sua execução.

Quanto às condições de ventos predominantes de Leste para Oeste fazem com que os odores existentes sejam no sentido do reservatório fazendo com que não tenham perturbações nas vizinhanças da ETE.

Quanto à localização da ETE Vila União, de acordo com as Figuras 60 e 61, apresenta como referências áreas circunvizinhas de 500, 1000 e 1500 metros para análise dos impactos na área urbana e dos ventos predominantes.

Tabela 09: Áreas sujeitas a Influências de Ventos Predominantes nas ETEs para os Raios de 500, 1000 e 1500 m

Descrição	Área sujeita a Influência Ventos Predominantes nas ETEs (ha)		
	RAIO		
	500 m	1000 m	1.500 m
ETE Aurenj	3,3425	3,3425	3,3425
ETE União	4,3356	16,4829	16,4829
ETE Brejo Comprido	32,3700	150,1800	346,5290
Área Influência Total	39,2699	157,0796	173,2645

5.7 Determinação dos Indicadores

Esta etapa corresponde à quantificação dos indicadores definidos para que tenham validade de utilização no contexto das Estações de Tratamento de Esgotos estudadas. Para cada indicador analisado, descrevem-se as funções, os parâmetros que constituem e os índices determinados.

Segundo POMPERMAYER (2003), o indicador pode ser definido como um parâmetro ou um valor derivado de parâmetros, que dispõe de informações acerca de um dado fenômeno ou situação. A OCDE relata ainda que sua importância vai além das propriedades associadas diretamente ao valor do parâmetro. Os indicadores reduzem o número de medidas e parâmetros que são usualmente requeridos para a representação de uma dada situação.

As restrições quanto ao número de parâmetros e de detalhes agregados podem dificultar na representatividade do indicador, como também, um número reduzido de parâmetros e detalhes pode ser insuficiente para prover as informações necessárias.

Dentre as vantagens levantadas no uso de indicadores destaca-se a simplificação no processo de comunicação, pela qual a informação chega ao usuário. Esta simplificação nem sempre atende as demandas científicas específicas, mas segundo a OCDE, os indicadores devem ser considerados uma expressão do melhor conhecimento disponível.

Os critérios considerados relevantes para os indicadores de meio ambiente são adotados segundo os OCDE e POMPERMAYER (2003), sendo:

1. *Relevância política e utilidade para os usuários:* os indicadores devem ser representativos das condições ambientais, de pressões sobre o meio ambiente e de respostas da sociedade. Devem ser de fácil interpretação, serem capazes de mostrar tendências no tempo e de reagirem facilmente às mudanças no meio ambiente. Por fim, devem servir de base para comparações globais e ter aplicabilidade em questões regionais de importância nacional.
2. *Confiabilidade analítica:* um indicador ambiental deve ser teoricamente bem fundamentado, baseado em consenso e padrões internacionais em relação à sua validade. Deve, ainda ser aplicável a modelos econômicos, de previsão e em sistemas de informações.

3. *Mensurabilidade*: o dado empregado na formulação do indicador deve conter informações adequadas e qualidade conhecida. O dado deve, também, ser atualizado em intervalos regulares, com rapidez e confiabilidade.

A abordagem acima descreve um indicador ideal, tem-se que nem todos atendem a estes critérios.

De fato, indicadores são elaborados visando simplificação, quantificação, análise e comunicação, o que permite entender fenômenos complexos e torna-los mensuráveis e compreensíveis. Considerando que a tomada de decisão é um processo dinâmico e complexo constituindo diferentes níveis de decisão da sociedade, implicando em diferentes ordens de considerações: culturais, econômicas, institucionais, políticas e ambientais, ROY & BERTIER (1971), OCDE e POMPERMAYER (2003).

Portanto, o uso de indicadores pode auxiliar na análise e na síntese de grande volume de informações, promover medidas sobre temas prioritários, identificar problemas e áreas de intervenção, fixar objetivos e metas de desenvolvimento e/ou qualidade ambiental, assim como avaliar tendências e evolução das condições ambientais. Desse modo, os indicadores descrevem e sintetizam um conjunto de situações e medidas individuais para cada tipo de problema, provendo de informações que irão auxiliar à tomada de decisão.

Foi necessário neste trabalho adequar e inserir indicadores específicos e que pudessem caracterizar melhor as unidades estudadas. O uso destes indicadores estão sujeitos segundo o autor acima as especificidades com a descrição e sintetização sendo um conjunto de situações e medidas individuais para cada tipo de problema, provendo de informações que irão auxiliar na tomada de decisão POMPERMAYER (2003).

Os indicadores foram baseados em valores associados ao grau de importância do indicador na gestão dos recursos hídricos e que podem ser aplicados, dentro das limitações também aos estudos para implantação de uma Estação de Tratamento de Esgotos que é objeto das ações antrópicas dentro de uma bacia hidrográfica.

5.7.1 INDICADORES AMBIENTAIS

5.7.2 Índice de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅)

A DBO é um dos parâmetros que identifica a qualidade de um corpo receptor estabelecida para classificação de corpos d'água. A análise da DBO₅ permite avaliar o nível de comprometimento com o lançamento dos efluentes da ETE, quanto à matéria orgânica. A sua limitação visa garantir a qualidade do manancial como também estabelecer a condição de preservação ambiental.

É considerado um indicador Muito Importante: Percentual de amostras de água com DBO₅ em desacordo com os padrões recomendados: IPA utilizado.

Para realização desse trabalho foram adotados os indicadores de DBO₅ de montante e de jusante dos corpos receptores de cada ETE, conforme apresentado na Figura 62.

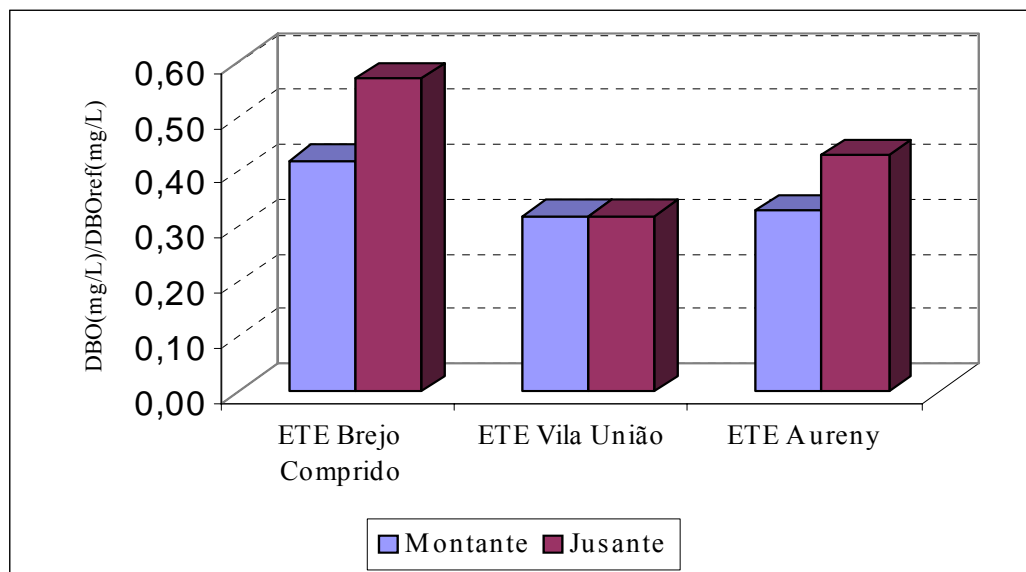


FIGURA 62 – Indicador de DBO₅ de montante e de jusante do córrego Brejo Comprido.

Tabela 10: DBO₅ (mg/L) / DBO_r (mg/L)

Sistemas avaliados	montante	jusante
ETE Brejo Comprido	0,42	0,57
ETE Vila União	0,32	0,32
ETE Aurenny	0,33	0,43

DBO₅ de referência: DBO_r = 5 mg/L para águas de Classe 2.

5.7.2 Índice de Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido é de essencial para os organismos aeróbios. Dependendo dos níveis de sua concentração, poderá trazer impactos significativos sendo um dos parâmetros da qualidade de um corpo hídrico estabelecida para classificação de corpos d'água. A análise de oxigênio dissolvido permite avaliar o nível de comprometimento do corpo receptor com o lançamento dos efluentes da ETE.

É considerado um indicador Muito Importante: Percentual de amostras de água com DBO_5 em desacordo com os padrões recomendados - IPA utilizado.

Foram adotados os indicadores de DBO_5 de montante e de jusante do lançamento dos efluentes das ETEs.

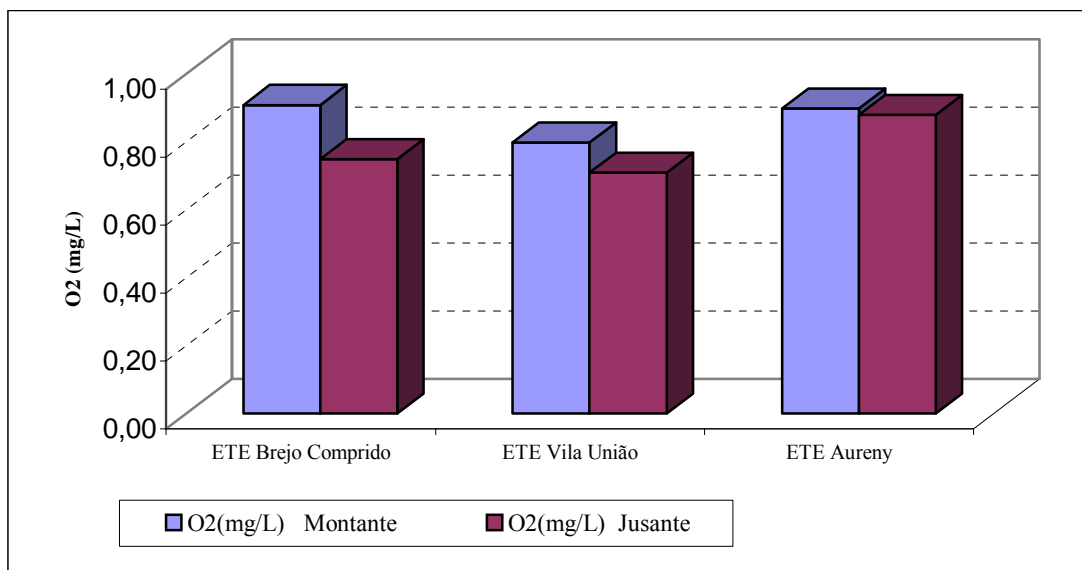


FIGURA 63 – Indicador de oxigênio dissolvido à montante e à jusante das ETEs.

Tabela 11 – Indicador de OD: O_2 (mg/L) / O_{2r} (mg/L)

Sistemas avaliados	montante	jusante
ETE Brejo Comprido	0,91	0,75
ETE Vila União	0,80	0,71
ETE Aurenny	0,90	0,88

O_2 de referência: $O_2 = 5$ mg/L para águas de Classe 2.

5.7.3 Indicador de pH

O pH é um indicador da acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, sendo relevante como indicador ambiental principalmente porque pode afetar a vida aquática e nos microorganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos (SPERLING, 1996).

A sua inclusão como indicador porque é também um dos parâmetros da Resolução CONAMA Nº 357/05, para classificação dos corpos d'água.

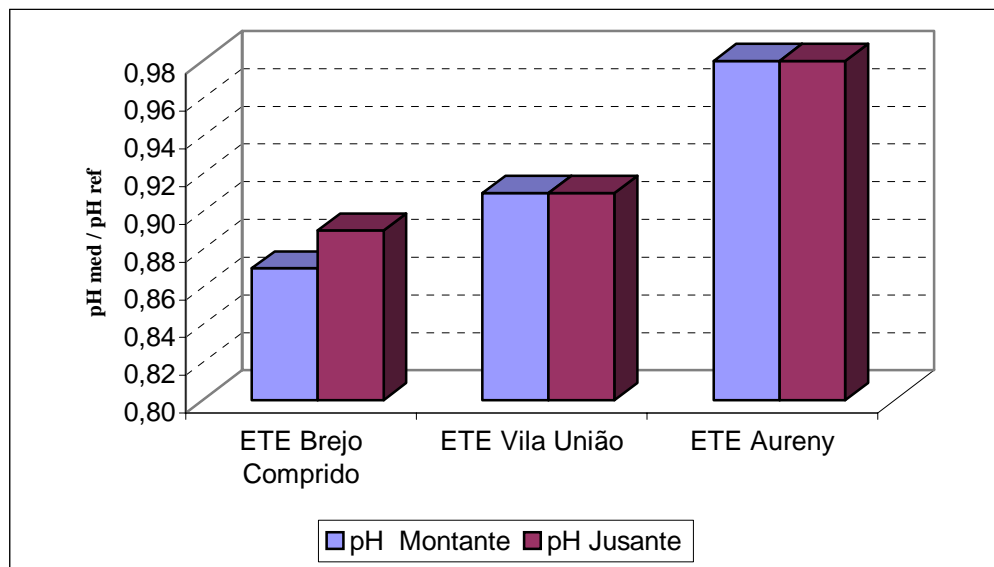


FIGURA 64 – Indicador de pH no corpo receptor a montante e a jusante das ETEs.

Tabela 12 - Faixa de Indicador de pH

Sistemas avaliados	montante	jusante
ETE Brejo Comprido	0,87	0,89
ETE Vila União	0,91	0,91
ETE Aurenny	0,98	0,98

Faixa de referência de pH: 6 a 9 para águas de Classe 2 sendo adotado o pH neutro: 7.

5.7.4 Indicadores de Nitrogênio: nitrogênio amoniacal (NH_3), nitrito (NO_2) e nitrato (NO_3)

O nitrogênio nos processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato, implicam no consumo de oxigênio dissolvido do meio (o que pode afetar a vida aquática), sendo também um elemento indispensável para o crescimento das algas.

É considerado um parâmetro relevante na Resolução CONAMA – Lei N° 357/05.

Foram adotados os indicadores de NO_3 à montante à jusante nos corpos receptores de cada ETE.

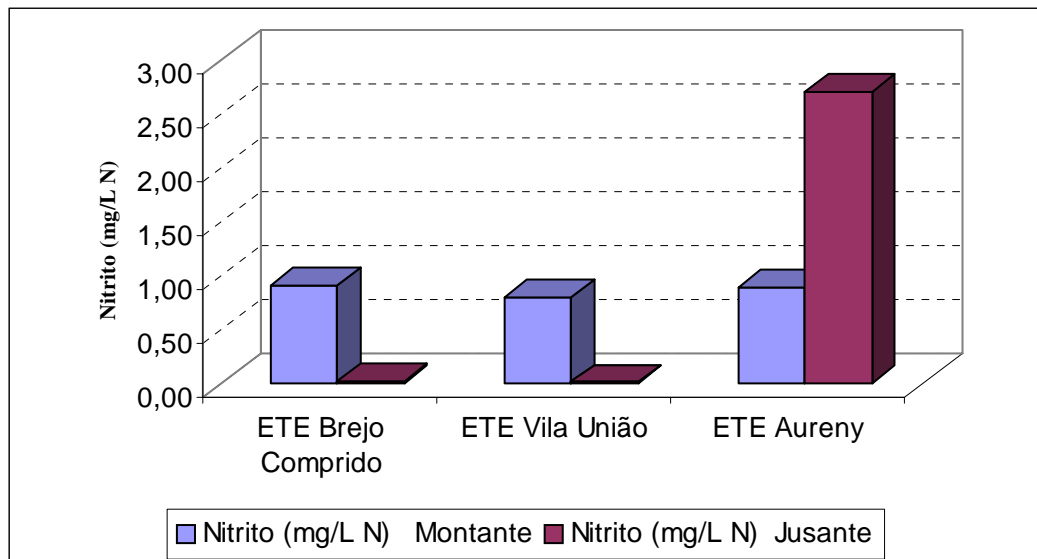


FIGURA 65 – Indicador de nitrito nos corpos receptores a montante e a jusante das ETEs.

Tabela 13: Valores dos Indicadores de nitrito

Sistemas avaliados	montante	jusante
ETE Brejo Comprido	0,91	0,02
ETE Vila União	0,80	0,01
ETE Aurenay	0,90	2,72

Valor de referência: nitrito N=1,0 mg/L N para águas de Classe 2.

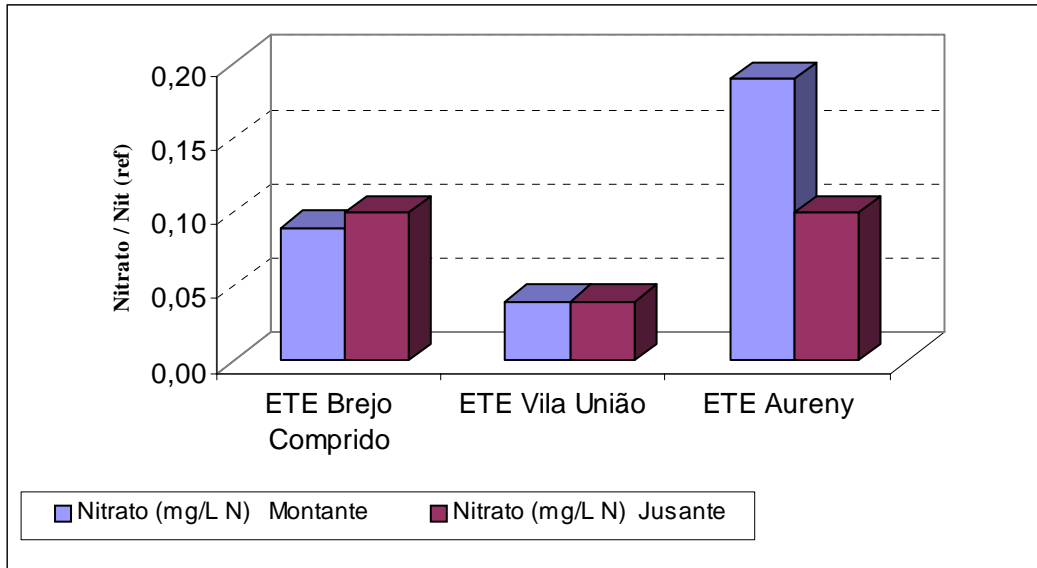


FIGURA 66 – Indicador de nitrato nos corpos receptores a montante e a jusante das ETES.

Tabela 14: Valores dos Indicadores de nitrato

Sistemas avaliados	montante	jusante
ETE Brejo Comprido	0,09	0,10
ETE Vila União	0,04	0,04
ETE Aurenny	0,19	0,10

Valor de referência: nitrato N= 10 mg/L N para águas de Classe 2.

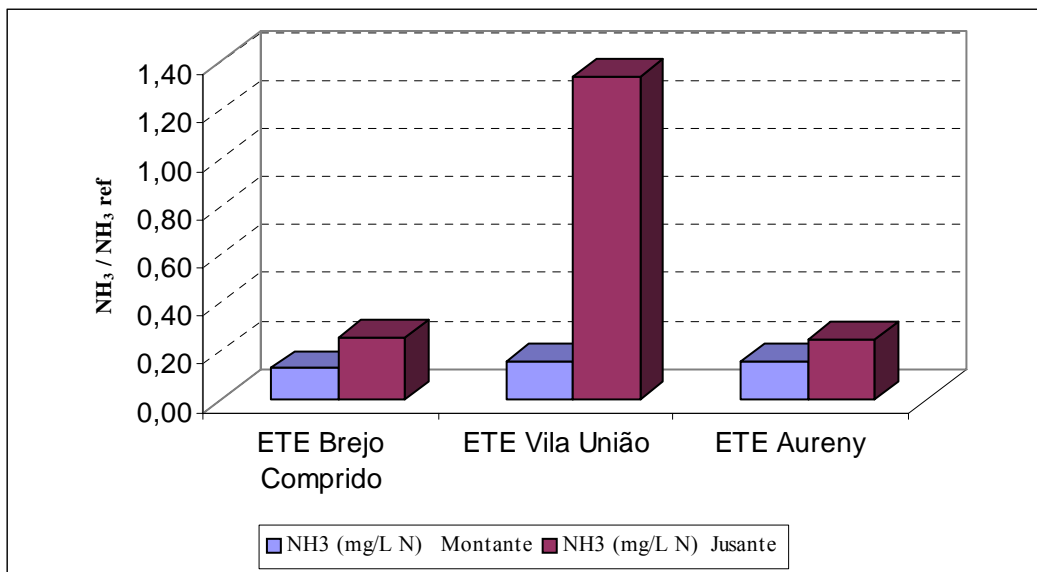


FIGURA 67 – Indicador de nitrogênio amoniacal nos corpos receptores a montante e a jusante das ETES.

Tabela 15 - Valores dos Indicadores de nitrogênio amoniacal

Sistemas avaliados	montante	Jusante
ETE Brejo Comprido	0,13	0,26
ETE Vila União	0,16	1,34
ETE Aurenny	0,16	0,25

Valor de referência: $\text{NH}_3 = 3,7 \text{ mg/L N}$ para águas de Classe 2 com faixa de $\text{pH} < 7,5$.

5.7.5 Indicador de fósforo (P)

O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. O fósforo não apresenta problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento, sendo indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos. É também um nutriente essencial para o crescimento dos microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica.

A sua limitação visa garantir a qualidade do manancial como também estabelecer a condição de preservação ambiental.

O fósforo é considerado um indicador muito importante: sendo apresentado em dois indicadores do IPA: risco de eutrofização (kgP/hab/ano) e Índice trófico associando parâmetros como transparência da água, clorofila a e P total.

Foram adotados os indicadores de P em pontos à montante e à jusante do lançamento dos efluentes nos corpos receptores de cada ETE.

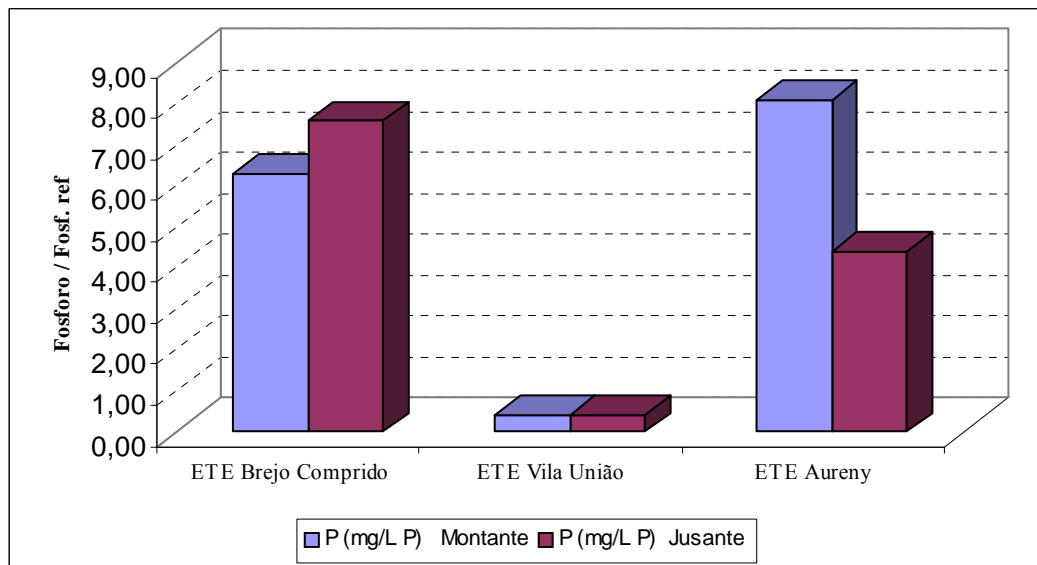


FIGURA 68 – Indicador de fósforo - P nos pontos a montante e a jusante do lançamento dos efluentes das ETEs nos corpos receptores.

Tabela 16: Valores dos Indicadores de fósforo

Sistemas avaliados	montante	jusante
ETE Brejo Comprido	6,30	7,60
ETE Vila União	0,40	0,40
ETE Aureny	8,10	4,40

Valor de referência: P = 0,1 mg/L P para águas de Classe 2 para ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários.

5.8 Indicador Técnico

Estudos realizados por VON SPERLING e CHERNICHARO (2000), mostraram-se que a tecnologias de tratamento de esgotos empregadas são eficientes principalmente no que se refere à remoção de DBO₅, DQO e SS. Portanto, não produzem um efluente compatível com os padrões de qualidade exigidos pela legislação, principalmente quanto à remoção de nutrientes e coliformes fecais (SOARES, 2002).

Por isso, ter indicadores para a qualidade dos efluentes de ETE se faz necessário considerando que para cada tecnologia empregada a sua eficiência é relativa quanto às exigências da Legislação Ambiental, sem avaliar as consequências para o corpo receptor.

A avaliação destes indicadores facilitará na implantação de melhorias para ETEs já em funcionamento permitindo a melhoria da qualidade do efluente em etapas (VON SPERLING E CHERNICHARO, 2000).

5.8.1 Indicador de Eficiência para remoção de DBO_5 e de DQO

Em unidades experimentais, FLORÊNICO & KATO (2001) trabalharam com pós-tratamento de efluente anaeróbio seguido de lagoa de polimento em 2001 na Unidade Experimental da ETE Mangueira (PE), com os seguintes valores de eficiências para lagoa de polimento com profundidade de 1,0 m tendo resultados de DQO de remoção de 30%, SST com 53 mg/L e SSV com 42 mg/L.

Já MAYER et. al (2001) realizou experimento com UASB seguido de lagoa de polimento na Unidade Experimental ETE Cantigueira em Campina Grande/PB obtendo os seguintes resultados para o tempo de permanência na lagoa de 5 dias de OD min < 1 mg/L; OD Max > 20 mg/L; SST = 68 mg/L; DBO = 59 mg/L; DQO = 188 mg/L e pH = 8,3.

AISSE et al. (2001), em monitoramento de UASB seguido de Filtro Biológico de alta taxa na ETE (PR) obteve as seguintes eficiências médias para DQO = 84% e DBO = 93% sendo que o sistema UASB seguido de Filtro Biológico de alta taxa não apresentou no período de estudo problemas operacionais relevantes e pode fornecer um efluente que atende a Legislação Ambiental do Estado do Paraná de DQO < 150 mg/L e DBO < 60 mg/L para lançamento em corpos receptores sendo os valores encontrados no efluente de 69, 81 e 120 mg/L para vazões, tempo de detenção e taxa de aplicação volumétrica diferente de DQO e SST de 149, 154 e 216 mg/L.

Em experimento com UASB seguido de Filtro Biológico com Percolador e alimentação de esgoto através de bombeamento do Ribeirão Arrudas em (MG) no Laboratório de Instalações Piloto – LIP do DESA/UFMG teve os seguintes resultados no efluente: DQO_t de 111 mg/L e remoção de 67%; DBO_t de 29 mg/L e remoção de 89% e SST de 35 mg/L PORTO (2001).

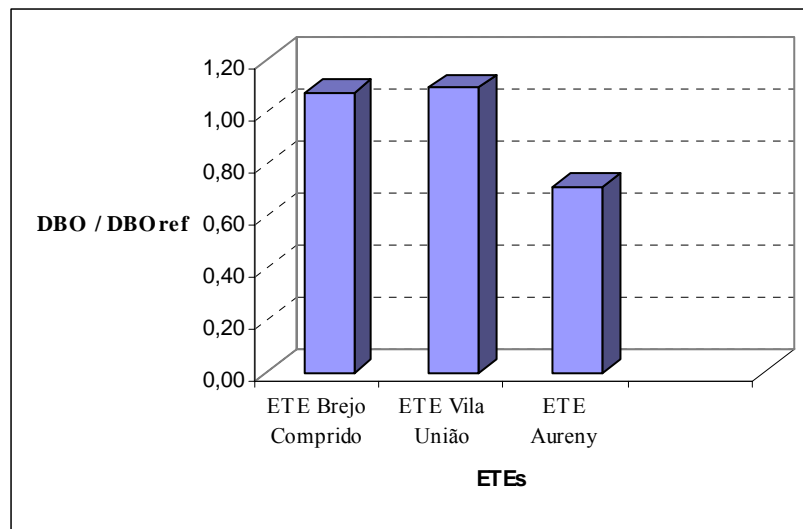


FIGURA 69 – Indicador de DBO (mg/L) dos efluentes das ETES Brejo Comprido, União e Aurenny .

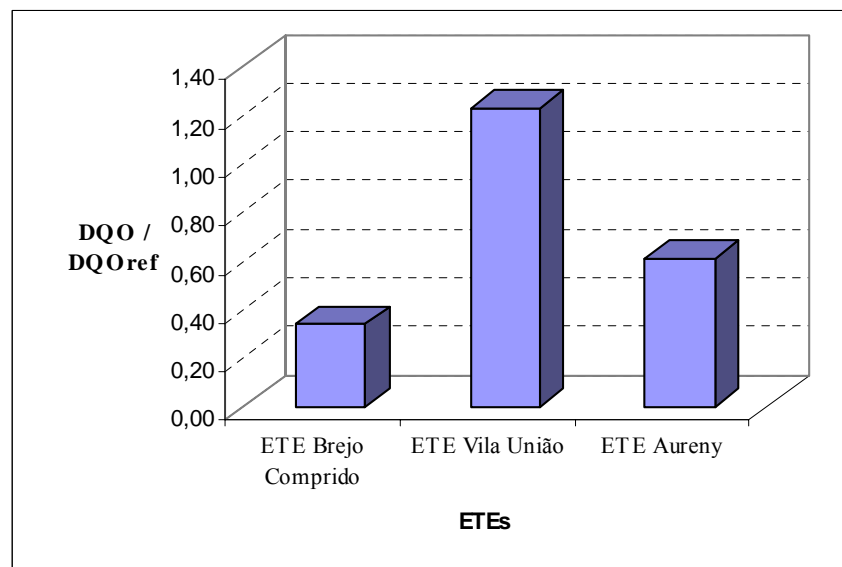


FIGURA 70 – Indicador de DQO (mg/L) dos efluentes das ETES Brejo Comprido, União e Aurenny.

Tabela 17: Valores dos Indicadores de DBO e DQO

	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
ETE Brejo Comprido	1,07	0,94
ETE Vila União	1,09	1,29
ETE Aurenny	0,71	0,61

5.8.2 Indicador de Eficiência quanto a Oxigênio Dissolvido no Efluente das ETEs

Para cada tipo de tratamento empregado, encontram-se características diferenciadas quanto a oxigenação dos seus efluentes, tendo por exemplo, em efluentes de tratamento de lagoas de estabilização supersaturamento de oxigênio, não implicando que estes efluentes estejam dentro das condições adequadas para lançamento. É preciso avaliar correlacionando-o com a quantidade de sólidos totais. Quanto aos efluentes dos filtros biológicos anaeróbios, o inconveniente é a baixa concentração de oxigênio do efluente provocando com isso a diminuição acentuada na qualidade, embora sendo eficiente na remoção de sólidos totais.

Nota-se que no período analisado, as ETEs Aureny e Vila União apresentaram concentrações de oxigênio acima dos padrões preconizados. Quanto a ETE Brejo Comprido que tem como tratamento UASB seguido por Filtro Anaeróbio de fluxo ascendente, os valores de oxigênio no período analisado estiveram abaixo de zero.

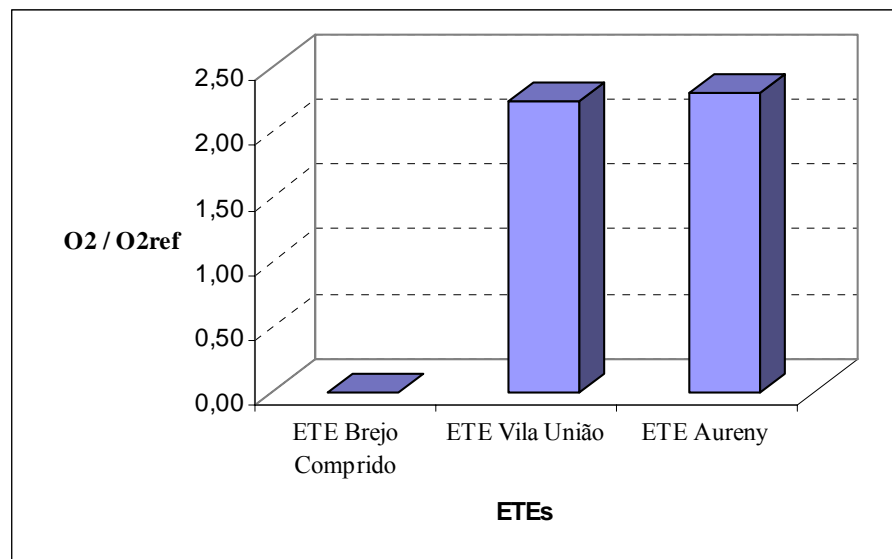


FIGURA 71 – Indicador de O₂ dos efluentes das ETEs Brejo Comprido, União e Aureny

Tabela 18: Valores dos Indicadores de OD

OD (mg/L)	
ETE Brejo Comprido	
ETE Vila União	2,23
ETE Aureny	2,30

5.8.3 Indicador de pH

Nos ecossistemas formados nos tratamentos biológicos de esgotos o pH influi decisivamente no processo de tratamento. A condição de pH que corresponde a formação de um ecossistema mais diversificado e a um tratamento mais estável é a neutralidade, tanto em meios aeróbios como nos anaeróbios.

Para as ETEs, analisadas no período de 2001 a 2003, têm-se como indicador:

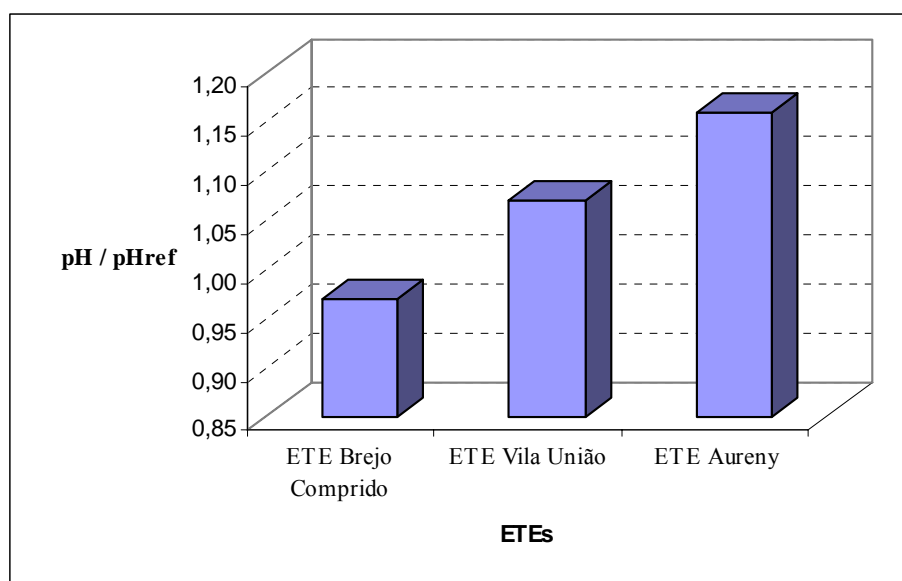


FIGURA 72 – Indicador de pH dos efluentes das ETEs Brejo Comprido, União e Aurenny.

Tabela 19: Valores dos Indicadores de pH

	pH
ETE Brejo Comprido	0,97
ETE Vila União	1,07
ETE Aurenny	1,16

5.8.4 Indicador na Remoção de Nutrientes: nitrogênio amoniacal (NH₃), nitrito (NO₂) e nitrato (NO₃)

O índice para remoção de nutrientes é importante porque nos tratamento biológicos, o carbono, o nitrogênio e o fósforo necessitam estar em proporções adequadas para possibilitar

o crescimento celular sem limitações nutricionais. É este parâmetro é controlado pela Resolução CONAMA nº 357/05.

Os valores de referência para estes parâmetros seguem os preconizados pela Resolução CONAMA Nº 357/05.

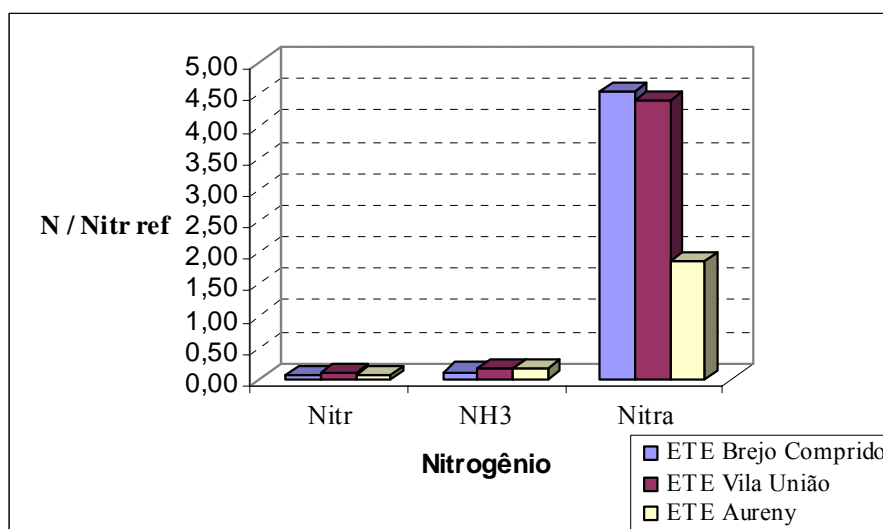


FIGURA 73 - Indicador de nutrientes (NO_3 , NH_3 , NO_2) dos efluentes das ETEs Brejo Comprido, União e Aurenny.

Tabela 20: Valores dos Indicadores de Nitrogênio

	NO_2	NH_3	NO_3
ETE Brejo Comprido	0,05	0,12	4,56
ETE Vila União	0,09	0,17	4,42
ETE Aurenny	0,07	0,16	1,86

5.8.5 Indicador de Eficiência para remoção de fósforo

O índice para remoção de fósforo é importante nos tratamentos biológicos, também como o nitrogênio e o carbono, o fósforo necessita estar em proporções adequadas para possibilitar o crescimento celular sem limitações nutricionais.

A avaliação desse indicador é importante para verificar o nível de remoção de nutrientes e que pode provocar impactos significativos nos corpos receptores, considerando que estes são a

afluentes de um reservatório (ambiente lântico). Caso não seja restritivo, pode compromete-lo.

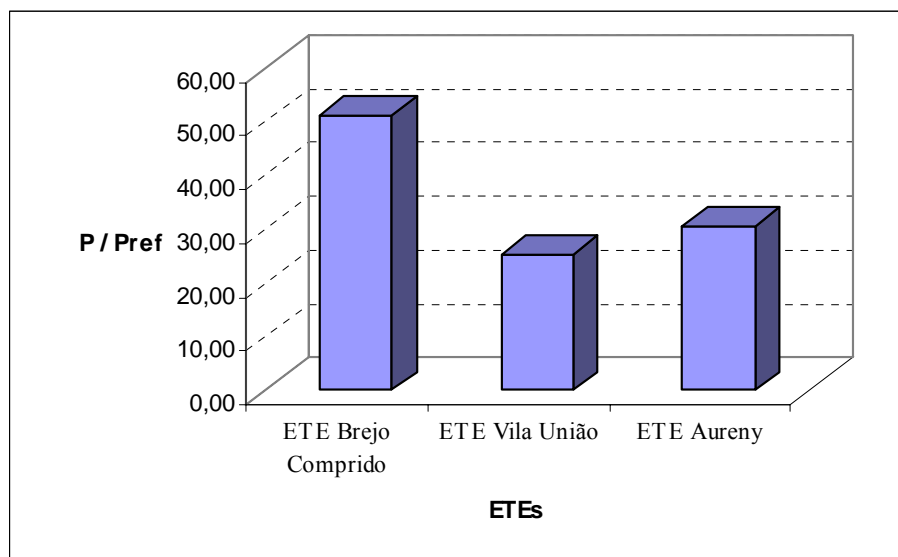


FIGURA 74 – Indicador de fósforo os efluentes das ETEs Brejo Comprido, União e Aurenny

Tabela 21 : Valores dos Indicadores de fósforo

Fósforo	
ETE Brejo Comprido	51,20
ETE Vila União	25,30
ETE Aurenny	30,50

5.9 Indicador Econômico e Financeiro

O indicador econômico e financeiro possibilita avaliar a sustentabilidade do investimento realizado. Dentro deste enfoque relaciona-se na agregação dos componentes para a operação das ETEs, que neste caso será avaliado através dos custos anuais de energia elétrica.

São apresentados também os investimentos *per capita* por ETEs. Portanto, para cada tecnologia empregada os custos de investimentos são diferentes, como também, os custos de manutenção e operação.

Compõem esta análise econômica os seguintes indicadores: Indicador de investimentos *per capita* nas ETEs, Índice de consumo de energia por volume tratado de esgoto e o da taxa interna de retorno para cada investimento.

5.9.1 Índice de Investimentos *per capita* nas ETEs

A utilização de valores *per capita* para as ETEs são significativos para relacionar a população atendida com a tecnologia utilizada. Considera-se dentro dos investimentos públicos o uso deste indicador para nortear os valores de referência para outros empreendimentos.

Tabela 22 : Tabela com Investimentos, População de Projetos e Indicador

ETE	Investimento (R\$)	População Projeto (hab.)	Indicador Valor Adotado
ETE Brejo Comprido	1.462.038,62	50.000,00	29,24
ETE Vila União	1.113.337,74	50.000,00	22,26
ETE Aurenny	797.815,85	18.000,00	44,32

5.9.2 Índice de Consumo de Energia Elétrica pelo Volume Tratado de Esgotos

Um dos custos que têm sido relevante para os serviços de saneamento é os de energia elétrica implicando, portanto, em custos transferidos para as tarifas dos usuários.

A avaliação dos custos de energia para a operação dos sistemas podem ter implicações decisivas no tipo de tecnologia escolhida, para o tratamento das águas residuárias domésticas.

Portanto, a avaliação deste índice é significativa para a escolha do melhor tratamento, através da demanda de energia elétrica, que atualmente deve ser considerado relevante, não sendo representativa na avaliação da pesquisa da BROSTEL (2002).

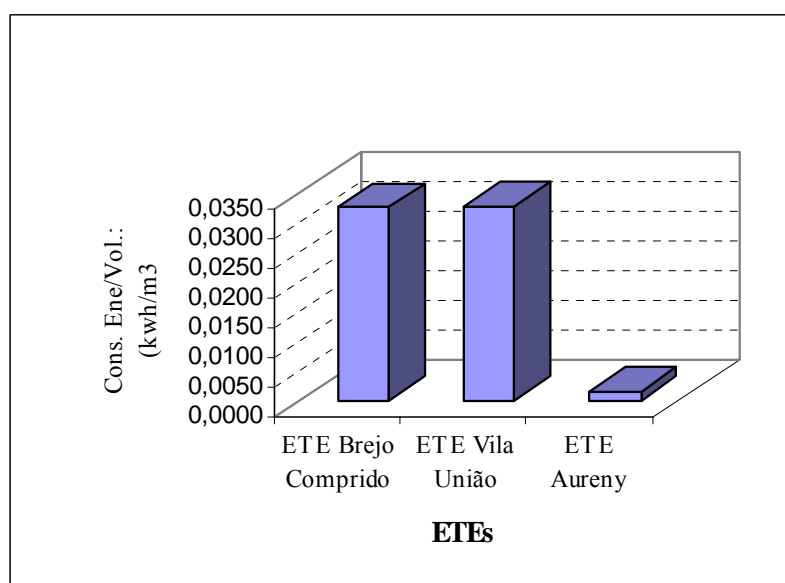


FIGURA 75 – Gráfico com Índice de consumo de energia por volume tratado de esgotos.

Tabela 23 : Índice de consumo de energia por volume tratado de esgotos (kwh/m³)

Índice de consumo Energia por Volume tratado de esgotos	
ETE Brejo Comprido	0,1592
ETE Vila União	0,1563
ETE Aurenny	0,0092

5.9.3 Índice de Custos de Energia Elétrica pelo Volume tratado de esgotos

Considerando que os custos de energia são repassados a tarifa, correlacionar os custos com os volumes tratado possibilitam avaliar a ETEs que apresenta a melhor eficiência quanto ao tratamento e a agregação dos custos de energia.

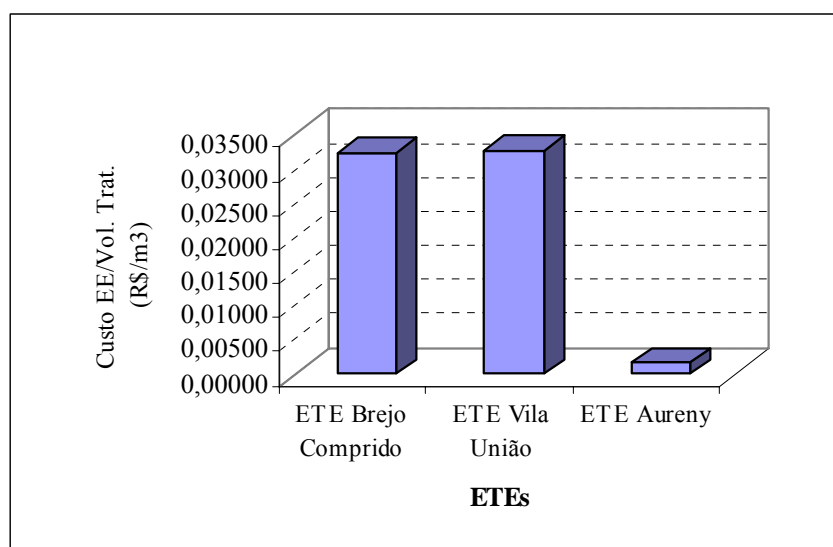


FIGURA 76 – Indicador de custo de energia por volume tratado de esgotos nas ETAs Brejo Comprido, União e Aurenny.

Tabela 24 : Índice de custo de energia por volume tratado de esgotos (R\$/m³)

ETE Brejo Comprido	0,04606
ETE Vila União	0,05437
ETE Aurenny	0,00185

5.9.4 Análise da Taxa Interna de Retorno (TIR) de cada Empreendimento

A taxa interna de retorno de um empreendimento possibilita avaliar as oportunidades do capital empregado para viabilizá-lo. Considerando que as taxas de juros atualmente praticadas para os investimentos em saneamento são bastante elevadas, acima de 12%, a análise da TIR, neste caso, visa avaliar o custo do capital e seu retorno apresentando os valores com as faixas de tarifas que os usuários possam pagar para haver o equilíbrio financeiro e operacional do empreendimento.

Nestes estudos, ficam evidente os ajustes necessários para que os investimentos possam ser executados em etapas, permitindo com isso, melhor eficiência e retorno dos investimentos, como também, impedindo que as unidades executadas fiquem muitas vezes ociosas.

Segundo os dados de análise econômica-financeira da Saneatins, onde foi utilizado o Sistema ANEMPRE: Software de Análise Econômica para Empreendimentos de Água e Esgoto os valores obtidos para TIR tiveram como resultados, sendo que: na faixa da taxa de juros entre 3% a 12% e acima de 12%, os investimentos realizados nas ETEs estudadas não foram viáveis para a faixa de tarifas de água e esgotos praticadas pela Saneatins. A tabela 25 apresenta estes valores.

Tabela 25: TIR calculada para os investimentos nas ETEs

ETE Brejo Comprido	Não viável
ETE Vila União	Não viável
ETE Aurenny	Não viável

Considerando, que a análise multicritério permite tratar cada objetivo na unidade de mensuração mais adequada, sem distorção introduzida pela simples conversão em unidades monetárias como feito na análise benefício-custo à avaliação econômica tem cedido lugar para uma abordagem mais abrangente. Neste caso, os investimentos realizados nas ETEs por ter sido público podem ser caracterizados como investimentos social.

5.10 Indicador Sanitário / Epidemiológico

Os indicadores clássicos utilizados para os serviços de saúde e as ações de saneamento muitas vezes, com a base de dados existentes, não permitem identificar esta correlação. Com isso, há necessidade de buscar nos dados primários ou mesmo, nos dados já disponíveis e que não estão sistematizados, construir outros indicadores possibilitando análises que mais expressem o impacto de ações sanitárias sobre as áreas beneficiadas OPAS (2004).

Neste sentido, optou-se por empregar na presente avaliação os dados de ocorrência de diarreia nas áreas com e sem coleta e tratamento de esgotos, correlacionando com o índice da população total e atendida na área de abrangência das ETEs.

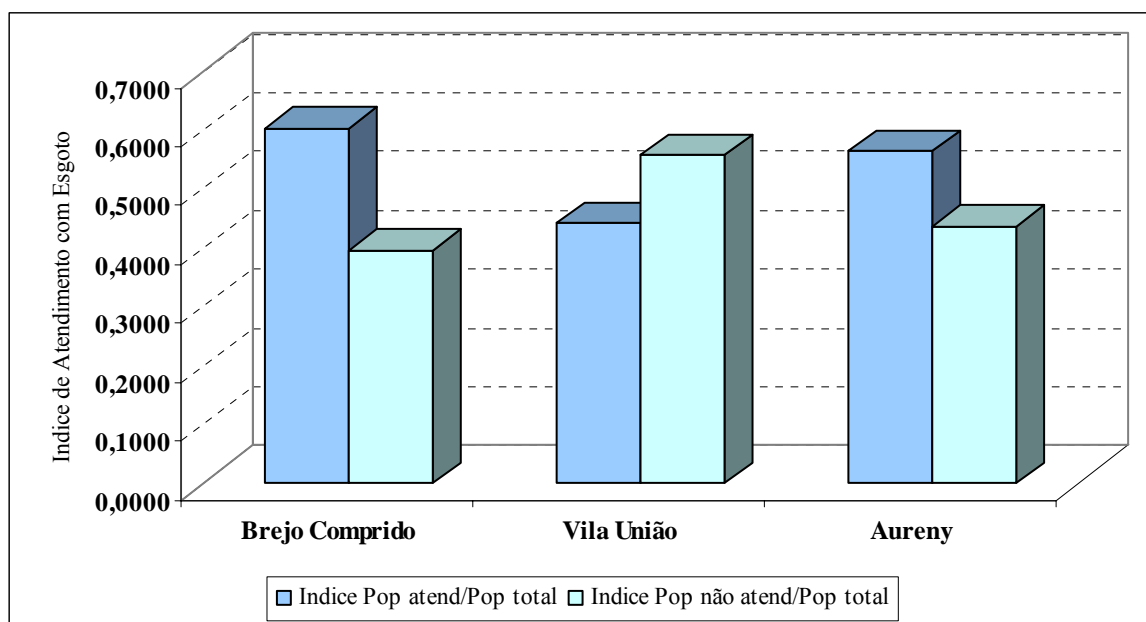


FIGURA 77 – Índice de atendimento por coleta e tratamento de esgotos nas áreas de abrangência das ETEs.

Tabela 26 : Índice de Atendimento por Coleta e Tratamento de Esgotos

Áreas Abrangência	Índice	
	Pop atend/Pop total	Pop não atend/Pop total
Brejo Comprido	0,6020	0,3970
Vila União	0,4420	0,5570
Aurenny	0,5640	0,4360

É relevante também o índice que correlaciona as notificações de casos de diarreias nas áreas com e sem esgotamento sanitário. Este índice correlaciona o número de casos de diarreia pela população da área de abrangência com e sem esgotamento sanitário.

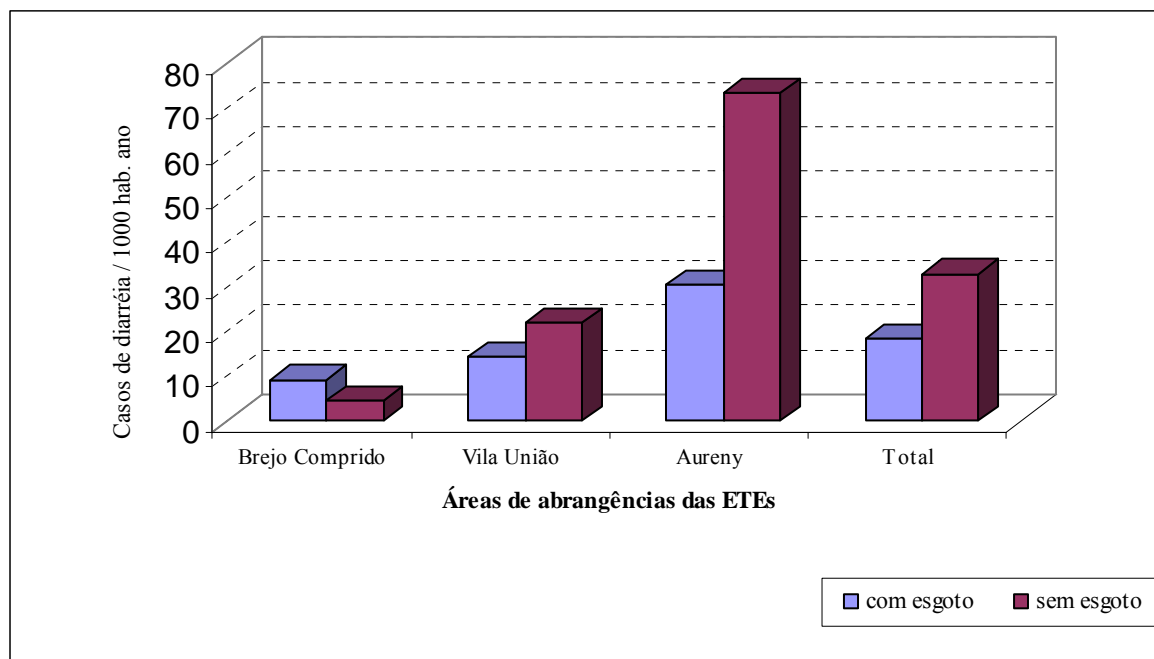


FIGURA 78 – Indicador de casos de diarreias por áreas atendidas por ETEs.

Tabela 27: Índice de notificação de casos de diarreias / População

	Com esgoto	Sem esgoto
Brejo Comprido	9,05	4,3
Vila União	14,31	21,93
Aureny	30,41	73,4
Total	18,41	32,91

5.11 Indicador Urbano

5.11.1 Índice de Atendimento por Coleta e Tratamento de Esgotos

Este índice de atendimento por coleta e tratamento de esgotos consta da Relação dos Indicadores de Saneamento Ambiental, quanto à inexistência ou inadequação de sistemas ou soluções individuais de esgoto do Ministério da Saúde / OPAS / OMS Brasil.

O seu uso, adequando aos dados existentes permite avaliar os índices de atendimento por coleta e tratamento de esgotos nas áreas de abrangência das ETEs.

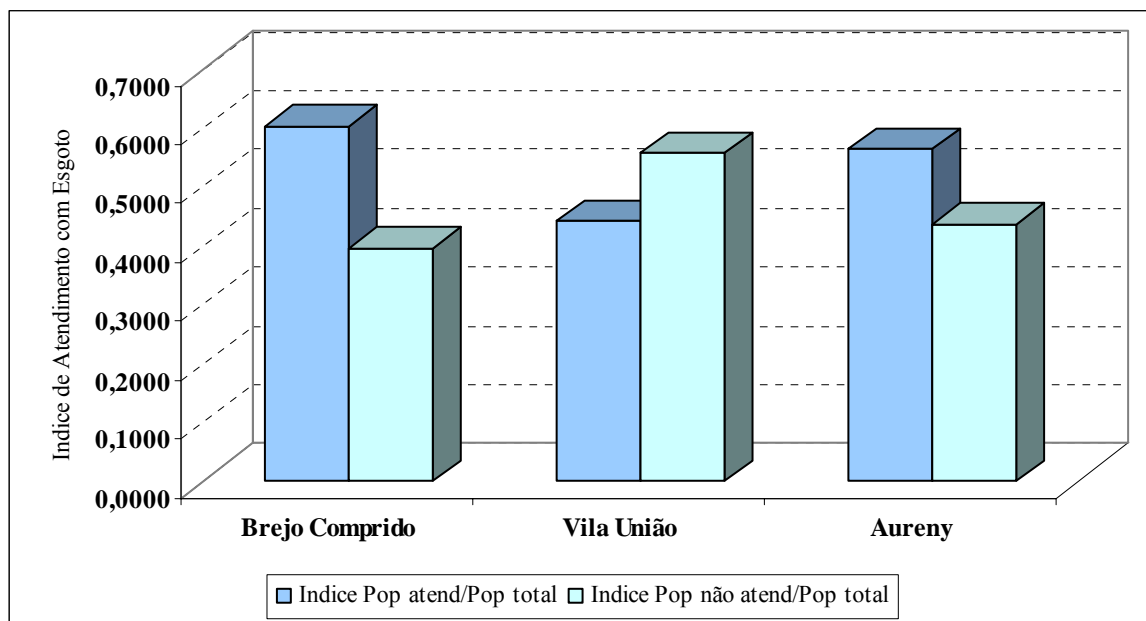


FIGURA 79 – Índice de atendimento por coleta e tratamento de esgotos nas áreas de abrangência das ETEs.

Tabela 28: Índice de Atendimento por Coleta e Tratamento de Esgotos

Áreas Abrangência	Índice	
	Pop atend/Pop total	Pop não atend/Pop total
Brejo Comprido	0,6020	0,3970
Vila União	0,4420	0,5570
Aureny	0,5640	0,4360

5.11.2 Índice de Ocupação Urbana sujeita a influência das ETEs.

Este índice procura estabelecer a relação entre a área urbana sujeita a influência das ETEs e a área do raio considerado em recomendações bibliográficas. Para cada área do raio de abrangência de 500, 1000 e 1500 m, foi separada a área de ocupação urbana existente e prevista da área sem previsão para ocupação urbana atual.

Este indicador visa avaliar as ETEs que sofrem os maiores impactos de pressão de ocupação habitacional em seu entorno. Esta identificação tem importância devido a escolha do tipo de tratamento empregado, principalmente à exposição aos impactos de odores, desvalorização dos imóveis, descartes de lodos de esgotos, aerossóis, ruídos, disponibilidade de área implicando na escolha e na adequação da tecnologia empregada nas ETEs.

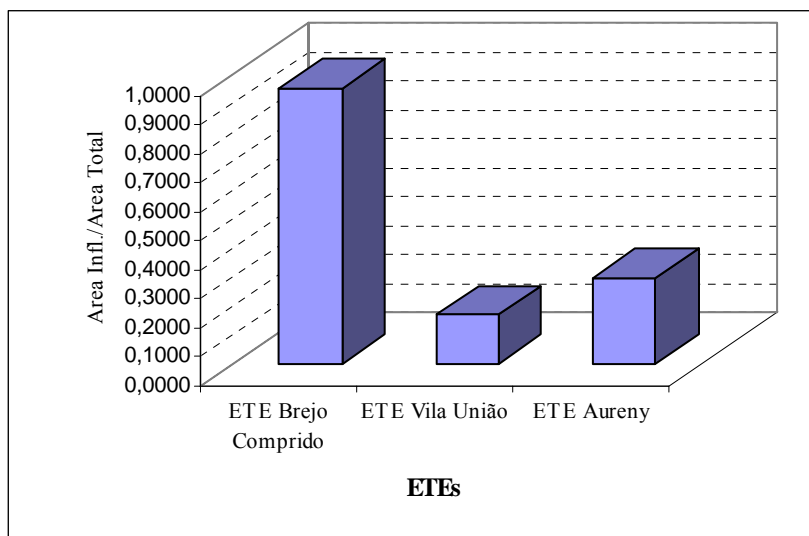


FIGURA 80 – Gráfico com Índice de Influência Urbana nas ETES: Brejo Comprido, Vila União e Aurenny.

Tabela 29: Índice de Influência Urbana nas ETES

ETE Brejo Comprido	0,9492
ETE Vila União	0,1705
ETE Aurenny	0,2956

5.11.3 Índice de Ocupação Urbana / Área de Entorno da ETE

Este índice procura estabelecer as áreas sujeitas aos impactos provenientes pelo direcionamento dos ventos nas áreas das ETES. As recomendações bibliográficas que a para das áreas das ETES, devem considerar o sentido das correntes de ventos predominantes, e as áreas sujeitas a estes impactos. Atualmente, as recomendações são para os cuidados quanto aos impactos provenientes de aerossóis e que hoje ainda são desconhecidos os efeitos mais evidentes a sua exposição, principalmente nas proximidades das ETES. É importante avaliar o impacto dos odores proveniente do tipo de tecnologia de tratamento empregado, principalmente o uso de lagoas anaeróbias com altas cargas em região de altas temperaturas.

Para este indicador foram realizadas as seguintes considerações: levantamento através de planta cartográfica da SANEATINS das áreas sujeitas aos ventos predominantes que em Palmas, são no sentido Leste – Oeste. Neste caso, foi avaliada a área do raio de abrangência central de cada ETE para 500, 1000 e 1500 m sendo levantada a área média no sentido Norte – Sul, daí identificadas as áreas abaixo do eixo médio sujeita a ocupação urbana.

Este indicador também visa avaliar as ETEs que sofrem os maiores impactos de pressão de ocupação habitacional sujeitas a odores e a aerossóis em seu entorno.

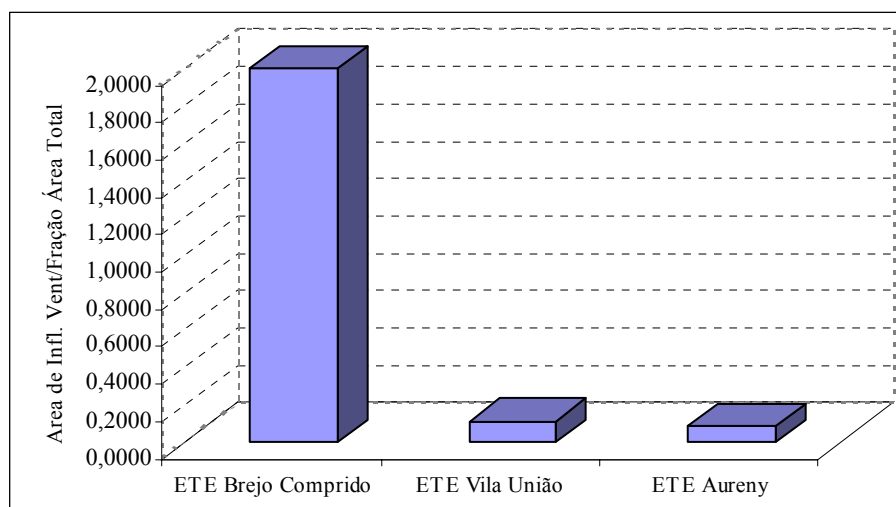


FIGURA 81 – Índice de influências nas ETEs quanto aos ventos predominantes.

Tabela 30: Indicador do Índice de Influência nas ETEs dos ventos predominantes.

ETE Brejo Comprido	2,0000
ETE Vila União	0,1104
ETE Aurenny	0,0851

5.12 Aplicação do Método ELECTRE III

Para avaliação da eficiência das tecnologias implantadas para tratamento de esgotos em Palmas foi utilizado o Método ELECTRE III. Para implantar as ETEs, consideraram-se os aspectos técnicos e a capacidade de investimentos.

O método ELECTRE III apresenta: características particulares não encontradas em nenhum outro método multicritério. Uma delas é a sua capacidade de incorporar as imprecisões e incertezas do processo decisório, fixando limiares de indiferença e preferência. Uma outra característica desse método em relação aos demais é a sua natureza não compensatória, o que significa que uma má pontuação sobre um critério não pode ser compensada por uma boa pontuação sobre outro critério. Outro aspecto relevante é que ele permite a incomparabilidade entre ações quando não há uma clara preferência de uma em relação à outra POMPERMAYER (2003).

A organização da matriz de performance é constituída por um conjunto de indicadores determinados (dispostos em linhas) para cada uma das ETEs avaliadas (colunas). Através desta matriz, elaborou-se o procedimentos de agregação no modelo ELECTRE III, para análise de cada ETE.

TABELA 31 - Matriz dos valores da avaliação do desempenho das ETEs em relação aos indicadores

INDICADOR	Unidade	ETEs			Peso Relativo Adotado
		BC	UNIÃO	AURENY	
TÉCNICOS - Eficiência do Processo					
Índice de Eficiência do Sistema: Remoção de DBO		1,07	1,09	0,71	1,80
Índice de Eficiência do Sistema: Remoção de DQO		0,94	1,29	0,61	1,80
Índice de Eficiência do Sistema: Oxigênio Dissolvido		-	2,39	2,3	1,80
Índice de Eficiência do Sistema: pH		0,97	1,07	1,16	1,80
Índice de Eficiência do Sistema: Nitrito		0,05	0,09	0,07	1,80
Índice de Eficiência do Sistema: Nitrato		0,12	0,17	0,16	1,80
Índice de Eficiência do Sistema: Nitrogênio Amoniacal		4,56	4,42	1,86	1,80
Índice de Eficiência do Sistema: Fósforo		51,2	25,3	30,5	1,80
AMBIENTAIS - Comprometimento do Corpo Receptor					
Índice de Impactos no Corpo Receptor: DBO		0,57	0,32	0,43	3,40
Índice de Impactos no Corpo Receptor: OD		0,75	0,71	0,88	3,40
Índice de Impactos no Corpo Receptor: pH		0,89	0,91	0,98	3,40
Índice de Impactos no Corpo Receptor: Nitrito		0,02	0,01	2,72	3,40
Índice de Impactos no Corpo Receptor: Nitrato		0,10	0,04	0,10	3,40
Índice de Impactos no Corpo Receptor: Nitrogênio Amoniacal		0,26	1,34	0,25	3,40
Índice de Impactos no Corpo Receptor: Fósforo		7,60	0,40	4,40	3,40
ECONOMICO e FINANCEIRO - Viabilidade					
Índice de investimentos per capita nas ETEs	R\$/hab	29,24	22,26	44,32	5,90
Índice de consumo de energia elétrica / volume tratado de esgotos	kwh/m ³	0,16	0,16	0,01	1,00
Índice de custos de energia elétrica / volume tratado de esgotos	R\$/m ³	0,05	0,05	0,02	1,00
Índice Taxa Interna de Retorno dos investimentos	%	-	-	-	4,80
SANITÁRIO E EPIDEMIOLÓGICO					
Índice da população atendida com coleta e tratamento de esgotos	%	0,60	0,44	0,56	5,90
Índice de notificação de casos de diarreia / pop atend com esgotos	%	9,05	14,31	30,41	5,90
URBANO					
Índice de atendimento por coleta e tratamento de esgotos	%	0,60	0,44	0,56	5,90
Índice de influência urbana nas ETEs - ocupação habitacional	%	0,95	0,17	0,30	3,60
Índice de influência urbana nas ETEs - ventos predominantes	%	2,00	0,11	0,09	3,60

5.13 Resultados da Simulação

5.13.1 Considerações Gerais

Foram realizadas as simulações a partir dos dados apresentados TABELA 31 - Matriz dos Valores de Avaliação. Nos agrupamentos de critérios e que formam um conjunto de cinco (05) resultados por simulações, apresentando os seguintes resultados expressos na TABELA 32. A partir da análise por critério, foi simulada uma avaliação global escolhendo-se nesta análise um indicador (parâmetro por critério), considerado este o mais relevante.

Os pesos considerados foram os recomendados pela BROSTEL (2002), mencionado na metodologia. Realizou-se também a adequação dos pesos relativos a realidade local, que embora alguns aspectos fossem diferentes apresentavam o mesmo objetivo.

TABELA 32 – Classificação final da Avaliação de Desempenho Tecnológico das ETEs através da simulação no método ELECTRE III

CATEGORIA DE INTERVENÇÃO	Classificação Final		
	1 ^a	2 ^a	3 ^a
1. TÉCNICOS	UN1	BC1/AU1	
2. AMBIENTAIS	AU1	BC1	UN1
3. ECONOMICO e FINANCEIRO	UN1	BC1	AU1
4. SANITÁRIO E EPIDEMIOLÓGICO	BC1	UN1/AU1	
5. URBANO	AU1	BC1	UN1
GLOBAL	AU1	B1/UN1	

UN1: ETE Vila União, BC1: ETE Brejo Comprido, AU1: ETE Aurenny

5.13.2 Análise de Desempenho por Critério

a) Classificação Técnica: Simulação da ETE com o melhor desempenho técnico.

A ETE Vila União, através da simulação dos parâmetros técnicos, recebeu a melhor classificação conforme figura 82, na ordem decrescente, e isso se deve à eficiência nos parâmetros de oxigênio dissolvido, remoção de fósforo e nos teores de nitrito. A ETE Aureny e Brejo Comprido tiveram de acordo com simulação, conforme figura 82 a 2ª e 3ª posição. Neste caso, a ETE Brejo Comprido dentro dos parâmetros analisados foi a mais deficiente.

Quanto à 2ª classificação para a ETE Aureny têm-se que as condições técnicas destas lagoas apresentaram no período analisado (2001 a 2003) desequilíbrios constantes devido às cargas de choques de caminhão limpa-fossa, fazendo com que os parâmetros técnicos monitorados no período fossem comprometidos. Pelo tipo de tratamento empregado que é lagoas de estabilização (lagoa anaeróbia, lagoa facultativa e lagoa de maturação), era de se esperar que este sistema fosse o mais eficiente.

Quanto à 3ª classificação para a ETE Brejo Comprido a sua eficiência mais significativa é quanto a remoção de matéria-orgânica sendo que quanto a remoção de nutrientes e equilíbrio do sistema foi observado através dos dados de monitoramento que os parâmetros apresentavam variações significativas. Isso se deve principalmente porque o UASB está operando com uma carga volumétrica abaixo do que foi dimensionada, estando inclusive operando por batelada, provocando desequilíbrio nos microorganismos do UASB.

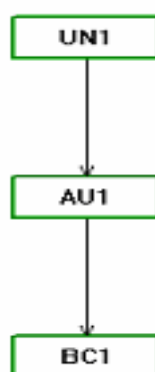


FIGURA 82 – Resultados da simulação com classificação para o critério técnico através do Método ELECTRE III.

b) Classificação Ambiental: Simulação da ETE com o melhor desempenho ambiental

Dentro da classificação apresentada na Figura 83, resultados da simulação ELECTRE III tem-se a classificação descendente sendo que para o critério ambiental a ETE que obteve a melhor eficiência é a ETE Aurenny. A partir da avaliação das concentrações de substâncias presentes no corpo receptor da referida ETE. Nota-se a necessidade de adequação do peso utilizado, que foi o mesmo para todos os parâmetros. Isso refletiu consideravelmente, porque o corpo receptor dos efluentes da ETE União (3ª Classificação) apresentou no monitoramento parâmetros dentro dos preconizados pela Legislação.

Não foi utilizado dentro da simulação do ELECTRE III a alternativas de veto, discordância ou concordância para que a análise pudesse ser a mais imparcial. Nota-se, portanto necessidade de uma avaliação com revisão da 2ª Classificação para a ETE Brejo Comprido. Porque, neste quesito deveria apresenta-se como a mais ineficiente.

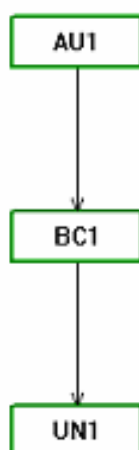


FIGURA 83 – Resultados da simulação com classificação para o Critério Ambiental através do Método ELECTRE III.

c) Classificação Econômica: Simulação da ETE com o melhor desempenho econômico

A classificação de ordem descendente, apresentada na Figura 84, para o critério econômico tem-se que a ETE que obteve o melhor desempenho foi a Aurenny.

Embora, mesmo a análise da TIR sendo inviável, a importância de considerar este parâmetro a sua representatividade é de suma importância, inclusive uma melhor discussão do seu peso

relativo. Isso se deve, porque as condições de viabilidade dos investimentos no Brasil, onde os recursos para saneamento necessitam de mais aporte de capital, necessitando ter um custo inferior aos praticados pelo mercado. Pelo fato das taxas de juros serem elevadas o seu impacto nesta simulação ficou bastante comprometida, embora não tenha sido realizado o veto para este parâmetro.

A ETE que foi a 1ª classificada para este critério foi a ETE Vila União por apresentar o menor custo *per capita* para o investimento sendo de R\$ 22,26/habitante, seguido da 2ª classificação pra ETE Brejo Comprido com custo de R\$ 29,24/habitante e de R\$ 44,32/habitante para a ETE Aurenay. Nota-se neste caso, o impacto do custo para implantação de ETE é relevante porque o seu peso é de 5,9, sendo que nesta simulação a variação dos pesos compreende uma faixa de 1,0 a 5,9.

Portanto, deve-se buscar a alternativa que apresenta a tecnologia mais adequada. Neste caso, a alternativa UASB seguido de lagoa facultativa foi economicamente mais viável do que UASB seguido de filtro biológico.

Para o parâmetro energia elétrica, os indicadores utilizados tiveram pouca representatividade devido à relevância dada ao seu peso, mas em análises de outras tecnologias de tratamento, tais como: lodos ativados ou soluções que tenham mais consumo de energia este peso deve ser revisto.

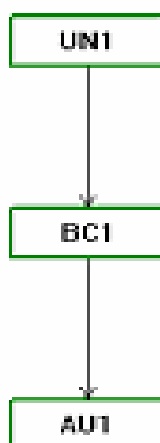


FIGURA 84 – Resultados da simulação com classificação para o Critério Econômico através do Método ELECTRE III.

d) Classificação Sanitária e Epidemiológica: Simulação da ETE com o melhor desempenho sanitário – epidemiológico

Quanto à classificação para o critério sanitário-epidemiológico, de acordo com o resultado expresso na Figura 85 em ordem descendente de desempenho, a ETE Brejo Comprido, apresenta-se como a 1ª classificada, refletindo a importância do indicador de notificação de casos de diarreias nas áreas de abrangência atendida com esgoto. Nota-se que as ETEs Vila União e Aurenny são exatamente as que atendem a áreas com maiores deficiência de cobertura de esgotos. Quanto à área de abrangência pela ETE Brejo Comprido, os casos de diarreia notificados são menores, tendo inclusive uma população com poder aquisitivo melhor e com melhores condições sanitárias.

A classificação agrupada para a 2ª posição, sendo as áreas de abrangência das ETEs Vila União e Aurenny são coerentes, demonstrando portanto a necessidade de melhoria de expansão dos benefícios de coleta e tratamento de esgotos nas áreas com levantamento de notificação de diarreias.

Os dados refletem a classificação sendo de: 9,05 casos de diarreia/1000 hab. ano; 14,31 casos de diarreia/1000 hab.ano; 30,41 casos de diarreia/1000 hab.ano para as áreas de abrangência das ETEs Brejo Comprido, Vila União e Aurenny, respectivamente.

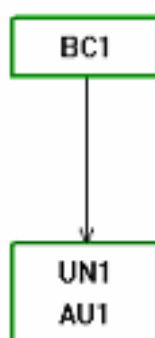


FIGURA 85 – Resultados da simulação com classificação para o Critério Sanitário e Epidemiológico através do Método ELECTRE III.

e) Classificação Urbana: Simulação da ETE com o melhor desempenho urbano

A colocação deste parâmetro, considerado muitas vezes de impacto ambiental, neste trabalho foi considerado como urbano, tem sua relevância na avaliação da interface com a localização das ETEs, obedecendo os critérios de distanciamento mínimos recomendados, principalmente em áreas com grande adensamento urbano. Verifica-se que, os índices utilizados para áreas de abrangência no raio de 500, 1000 e 1500 m têm significado relevante para implantação destas unidades. Sendo dois aspectos relevantes: ventos predominantes e as distâncias da ocupação habitacional.

Esta simulação teve como resultados a seguinte classificação: 1ª ETE Aurenny, 2ª ETE Brejo Comprido e 3ª ETE Vila União. Quanto à 2ª posição com a ETE Brejo Comprido neste quesito é discutível, em relação a ETE Vila União porque em ambas situações: ventos predominantes e entorno com ocupação habitacional é a ETE com situação mais frágil.

Quanto à 3ª posição, para ETE Vila União, a ocupação do seu entorno no raio de abrangência de 500 m já existe empreendimento habitacional obtendo neste caso a pior classificação. Nota-se que o indicador para a faixa de 500 m teve impacto considerável. Portanto, tê-lo como indicador é bastante interessante.

A avaliação do parâmetro relacionado com os ventos predominantes apresenta a ETE União com a melhor localização, embora isso não tenha sido refletido no peso utilizado, ou aos ajustes quanto a veto, concordância e discordância. Na avaliação de todos os parâmetros apresenta a ETE União como a pior classificada.

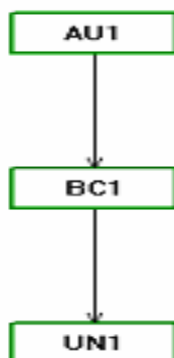


FIGURA 86 – Resultados da simulação com classificação para o Critério Urbano através do Método ELECTRE III.

5.13.3 Análise de Desempenho das ETEs Global

A simulação global, com todos os critérios permitiu a realização de uma avaliação mais significativa, e que reflete na posição das classificações por critério. Foi significativo realizar a simulação por critérios, porque os indicadores foram separados e melhor avaliados, principalmente quanto às suas escalas. Neste caso, teve-se a dependência dos pesos que foram utilizados a partir das recomendações, conforme metodologia. Portanto, procurou-se uma imparcialidade na simulação com Método ELECTRE III, quanto aos ajustes: concordância, discordância e veto.

A simulação global foi realizada com todos os critérios, sendo que foi escolhido um indicador, considerado o mais representativo pelo Decisor. Neste caso, a alternativa classificada que apresentou o melhor desempenho global foi a ETE Vila Aureny de acordo com os resultados em ordem decendente através da figura 87 e anexo A.

Nota-se que o resultado, conforme a Figura 87, na simulação por critérios, a ETE Aureny obteve o melhor desempenho na avaliação global, tendo também a 1ª classificação quanto aos critérios: ambiental e urbano e 2ª classificação para os critérios técnico e sanitário.

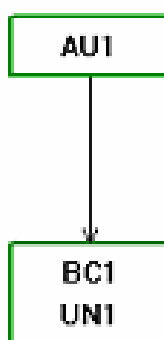


FIGURA 87 – Resultados da simulação global com classificação do desempenho das ETEs através do Método ELECTRE III.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados obtidos na simulação por critérios, conclui-se que:

- O critério ambiental demonstrou que as lagoas de estabilização foram as mais adequadas quanto ao impacto ao corpo receptor através dos indicadores avaliados porque apresentou o corpo receptor com a maior capacidade para autodepuração dos efluentes da ETE Aurenny. Nota-se que os seus indicadores para os parâmetros analisados a montante e a jusante do ponto de lançamento é o que apresentou os menores impactos;
- Quanto aos critérios econômicos, os custos *per capita* embora, tenham sido o maior na análise global, o peso para este critério não foi tão relevante. Tais resultados evidenciam que sistema de lagoas de estabilização por ter os custos inferiores comparados com as demais tecnologias fosse o de melhor desempenho;
- Para o critério sanitário e epidemiológico a ETE que apresentou o melhor desempenho foi a ETE Brejo Comprido. Os indicadores para este critério demonstram que a área com menor índice de casos de diarreia é a de abrangência da ETE Brejo Comprido. Isso é reflexo do maior índice com atendimento com coleta e tratamento de esgotos, como também de menores casos de notificação de diarreia. Enquanto que nas áreas de abrangência das ETE Vila União e ETE Aurenny estes indicadores apresentaram índices menores de atendimento com coleta e tratamento de esgotos e indicador maior de casos de notificação de diarreia;
- Já para o critério urbano os resultados indicaram a 1ª classificação para ETE Aurenny. Neste caso, a ETE Vila União que tem uma área de abrangência melhor ficou comprometida no raio de abrangência de 500 m. Isso demonstrou que o indicador para esta faixa é bastante significativo. A ETE que apresentou grande comprometimento nas faixas que variaram de 500, 1000 e 1500m foi a ETE Brejo Comprido;
- Após a simulação global o sistema que apresentou o melhor desempenho foi a ETE Aurenny, sendo que a tecnologia empregada são sistemas de lagoas de estabilização

justificando que os tratamentos adotados estão de acordo com os resultados encontrados na simulação através do ELECTRE III;

- Ficou evidente que somente a análise de custo-benefício para implantação das ETES não deve ser o critério principal. Neste caso, os custos não tiveram efeitos contraditórios, embora o peso relativo para este critério foi bastante significativo. Portanto a ETE que apresentou o menor custo *per capita* não foi a de melhor desempenho global;

De modo geral, os estudos realizados neste trabalho, necessitam de mais análises e investigações da abordagem realizada, sendo colocada as seguintes recomendações:

- Elaboração dos pesos para cada indicador, realizando pesquisas com os Decisores e Atores da área de abrangência dos estudos;
- Realização de pesquisa para avaliação econômica e financeira da disposição a pagar pela população beneficiada pela coleta e tratamento de esgotos;
- Levantamento através de pesquisa da percepção e resultados dos benefícios de saúde com implantação da coleta e tratamento de esgotos e inserção de mais dados sanitários e de saúde pública refletindo, portanto, em mais indicadores sanitários.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AISSE, M.M.; JURGENSEN, D, ALEM SOBRINHO, P. Avaliação do sistema de reator uasb e filtro biológico para o tratamento de esgoto sanitário. P.111-130 In: **Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios** – Coletânea de Trabalhos Técnicos. CHERNICHARO, C.A.L. (Coordenador) Belo Horizonte, Projeto PROSAB 220p, 2001.

ALÉM SOBRINHO, P.; KATO, M. T. **Análise crítica do uso do processo anaeróbio para o tratamento de esgotos sanitários**. In: CAMPOS, J. R. Tratamento de esgotos sanitários por processos anaeróbios e disposição controlada no solo. Rio de Janeiro, RJ. ABES. 66 p, 1999.

ANDRADE NETO, C.O. **Sistemas Simples para tratamento de esgotos sanitários: experiências brasileiras**. Rio de Janeiro: ABES 301 p. 1997.

ANDRADE NETO, C.O.; ALÉM SOBRINHO, P., MELO, H.N.S.; AISSE, M.M. Decanto-Digestores (pág. 117-138) In: **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo**. Campos, J.R. (Coordenador) *et al.* Rio de Janeiro: ABES – Projeto Prosab 1999.

ANDRADE NETO, C.O.; MELO, H.N.S.; PEREIRA, M.G.; LUCAS FILHO, M. Filtros com Enchimento de Diferentes Materiais. P.75-86 In: **Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios** – Coletânea de Trabalhos Técnicos. CHERNICHARO, C.A.L. (Coordenador) Belo Horizonte, Projeto PROSAB 220p, 2000.

ANDRADE NETO, C.O.; MELO, H.N.S.; LUCAS FILHO, M. **Filtros Anaeróbios Com Fluxo Ascendente e Fluxo Descendente**. **Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios** – Coletânea de Trabalhos Técnicos – vol. 2 pag. 185-202. PROSAB 2, 2001.

AGENDA 21 BRASILEIRA. Bases para Discussão /por Washington Novaes (Coord.) Otto Ribas e Pedro da Costa Novaes. Brasília MMA/PNUD, 196 p, 2000.

ARAÚJO, A. L. C. **Comportamento de formas de fósforo em sistemas de lagoas de estabilização, em escala-piloto, sob diferentes configurações, tratando esgotos domésticos.** (1993) Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil; Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1993.

ARTHUR, J.P. **Notes on the design and operation of waste stabilization ponds in warm climates of developing countries.** Technical paper nº. 7. Washington: World Bank. 1983.

BARBOSA, P. S. F.; BRAGA Jr., B. P. F.; GOBBETTI, L. E. C. **Water Supply Management in the São Paulo Metropolitan area, formulated Using an Integrated Approach.** *J. Water SRT - Aqua*, 45(6), pp. 299-307, 1997.

BARBOSA, P. S. F.; **O emprego da análise multiobjetivo no gerenciamento dos recursos hídricos brasileiros.** *A Água em Revista*, V(8), 42-46, 1997.

BENAYOUN, R., ROY, B., SUSSMAN, B. *Electre : Une méthode pour guider le choix en presence de points de vue multiples.* Note de Travail No 49. Paris: Sema, 1966.

BROSTEL, R.C. **Formulação de Modelo de Avaliação de Desempenho Global de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitários (ETEs)** Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, UNB, 2002.

CAMPOS, J.R. (Coordenador). **Tratamento de Esgotos Sanitários por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo.** Rio de Janeiro: ABES - PROSB. 464p, 2000.

CHERNICHARO, C. A. L. Reatores Anaeróbios. **Princípios Do Tratamento Biológico De Águas Residuárias**. Belo Horizonte, DESA 245 p, 1997.

COUTO, L.C.C.; FIGUEIREDO, R. F. **Filtro Anaeróbio com Bambu para o Tratamento de Esgotos Domésticos**. Revista Ingenieria Sanitária, AIDS. Vol. XLVII, Nº1, jan-marc. 1993. p.77-81, 1993.

CONAMA Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA**, 22 p, 2002.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Liminologia**. Ed. Interciência, FINEP, Rio de Janeiro, RJ. 575 p, 1998.

FLORENCIO, L.; KATO, M.T Pós-tratamento de efluente anaeróbio em lagoa de polimento. P.59-78 In: **Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios** – Coletânea de Trabalhos Técnicos. CHERNICHARO, C.A.L. (Coordenador) Belo Horizonte, Projeto PROSAB 220p, 2001.

ELLIS, K. V. **Stabilization ponds: design and operation. Critical Reviews in Environmental Control**, p. 69-102, 1983.

GENERINO, R.C.M. **Desenvolvimento em Metodologia Multicritério para procedimento de Avaliação em Auditorias Ambientais**: aplicação para estações tratamento de esgotos em Brasília/DF. 171 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos).Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, UNB, 1999.

GENERINO, R.C.M., CORDEIRO NETTO, O.M. **Metodologia de auditorias ambientais de plantas de tratamento de esgotos**. In: Anais do XXVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitária Y Ambientais, Lima, Peru, 1998.

GLOYNA, E.F **Estanques de Estabilizacion de Aguas Residuales**. Organizacion Mundial de La Salud. Ginebra, 1973.

GOICOECHEA, A., HANSEN, D. R., DUCKSTEIN, L. **Multiobjective decision analysis with engineering and business application**. New York: Jonh Wiley & Sons, 519 p. 1982.

GONÇALVES R.F.; CHERNICHARO, C. A; ANDRADE NETO, C.O.; ALEM SOBRINHO, P.; KATO, M.T.; COSTA, R.H.R.; AISSE, M.M.; ZAIAT, M. Pós-Tratamento De Efluentes De Reatores Anaeróbios Por Reatores Com Biofilme. In: CHERNICHARO, C. A. L **Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte: PROSAB 2, p. 105-170, 2001.

HARADA, A.L. **Metodologia para a seleção de soluções de coleta, tratamento e disposição de esgotos em condomínios do Distrito Federal**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos).Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, UNB, 1999.

HESS, M.L. Lagoas Anaeróbias IN: **Lagoas de Estabilização** - Coletânea de Trabalhos Técnicos. Azevedo Netto, J.M. (Coordenador). 2ed. São Paulo, CETESB, 1975.

JAMES, A. An alternative approach to the design of waste stabilization ponds. **Water Science and Technology**. p. 213 – 218, 1986.

JORDAO, E. P. ; PESSOA, C. A. . **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, v. 1. 700 p, 1995.

KELLNER, E.; PIRES, E.C. **Lagoas de estabilização. Projeto e Operação**. Rio de Janeiro: ABES, 1998.

MALINA JR., J. F. and RIOS, R. A. **Anaerobic ponds. In: Ponds as a Wastewater Treatment Alternative** (Ed. E. F. Gloyna, J. F. Malina Jr. AND E. M. Davis). Austin: Center for Research in Water Resources, p. 131 – 141, 1976.

MAYER, M.P.G; MOREIRA, E.A,CAVALCANTI, P.F.F,van HANDEL,A. Lagoa de polimento para o pós tratamento de esgotos digerido – parte 1: remoção de matéria orgânica e sólidos em suspensão. P.69-86 In: **Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios – Coletânea de Trabalhos Técnicos**. CHERNICHARO, C.A.L. (Coordenador) Belo Horizonte, Projeto PROSAB 220p, 2001.

MAYSTRE, L.Y., PICTET, J.E SIMOS, J. **Méthodes multicritères Electre: description, conseils pratiques et cas d’application à la gestion environnementale**. Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 323 p, 1994.

MARA, D. D. **Sewage Treatment in Hot Climates**. Chichester: John Wiley & Sons, 1976.

MARA, D. D.; PEARSON. H. W. Artificial freshwater environment: Waste stabilization ponds. In: **Biotechnology - A Comprehensive treatise**, volume 8, Chapter 4. (Ed. H. J. Rehm and G. Reed). Weinheim: Verlagsgesellschaftft. 177-206p, 1986.

METCALF, L. and EDDY, H. P. **Wastewater Engineering – Treatment Disposal and Reuse**. 3 rd ed. New York: McGraw – Hill Book Company, Inc. 1334 p, 1991.

MOTA, S. **Preservação e conservação dos recursos hídricos**. Rio de Janeiro, RJ: ABES. 183 p, 1995.

MORAES, L. R. S. **A necessidade de Formulação e Implementação, de Forma Democrática e Integrada, de Políticas Públicas de Saneamento Ambiental**. 1ª Conferência das Cidades da Bahia. (mimeo), 2003.

NASCIMENTO JÚNIOR, E.N **Comportamento de Formas de Enxofre Fósforo e Nitrogênio em um Reservatório profundo de Estabilização tratando águas residuárias**

Domésticas. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1998.

NOUR, E.A.A.; CORAUCCI FILHO, B.; FIGUEIREDO, R. F.; STEFANUTTI, R.; CAMARGO, S.A.R. Tratamento de Esgoto Sanitário por Filtro Anaeróbio Utilizando o Bambu como Meio Suporte. p.210-231. In: **Tratamento de Esgoto Sanitário por Processo Anaeróbio e Disposição Controlada no Solo:** coletânea de trabalhos técnicos. CAMPOS, J. R. (Coordenador). São Carlos, projeto PROSAB, 348p, 2000.

OPAS, BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Avaliação de Impacto na Saúde das Ações de Saneamento: marco conceitual e estratégia metodológica.** Organização Pan-Americano da Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 116 p, 2004.

OLIVEIRA, R. **The Performance of Deep waste Stabilization Ponds in Northeast Brazil.** PhD Thesis, University of Leeds U.K. 1990.

PARDALOS, P.M.; SISKOS, Y., ZOPOUNIDIS, C. **Advances in multicriteria analysis.** Nonconvex Optimization and its Application, v. 5. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 249 p, 1995.

PEARSON, H. W. **Algae associated with sewage treatment. In: Microbial Technology in the Developing World.** (Ed. E. J. da SILVA, Y. R. Dommergues, E. J. Nyns and C. Ratledge). New York: Oxford University Press. p. 260-288, 1987.

POMPERMAYER, R. S. **Aplicação da Análise Multicritério em Gestão de Recursos Hídricos: Simulação para as Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2003.

PINDYCK, R. S. **Microeconomia.** Tradução Pedro Catunda; revisão técnica Roberto Luis Troster. SP; Markron Books, 1994.

PNUD – Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento. **Desenvolvimento Humano no Brasil**, 1970-1996. Brasília: PNUD/IPEA/FJP/IBGE, 1997.

QUEIROZ, T. R. **Remoção de Sólidos Suspensos de Efluentes de Lagoas de Estabilização Por Meio de Processos Naturais**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Universidade de Brasília, DF, 2001.

REIS, R. N. N. **Estudo da Remoção de Nitrogênio amoniacal em uma Série Longa de Lagoas de Estabilização Tratando Esgotos Domésticos em Região em Clima Tropical**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil; Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1995.

ROY, B., BOUYSSOU, D. **Aide Multicritère à la Décision: Méthodes et Cás**. Econômica, Paris, 1993.

ROY, B., BERTIER, B. La méthode Electre II: **Une méthode de classement en presence de critères multiples**. Note de Travail, n. 142, Groupe Metra, 1971.

RUEDA, E. Experiência no Brasil e América Latina de Gestão Operacional. **Análise Econômica sob a ótica do PASS**. Impacto distributivo dos projetos: a perspectiva do BID. Curso de Econômico de Análise Financeira de Projetos de Saneamento. FGV, 1999.

SILVA, S. A. **On the Treatment of Domestic Sewage in waste Stabilization Ponds in Northeast Brazil**. Ph.D. thesis, University of Dundee, UK, 1982.

SILVA, S. A. MARA, D. D. **Tratamentos biológicos de águas residuárias: lagoas de estabilização**. 1ª ed. – Rio de Janeiro: ABES, 1979.

SILVA, S. A.; MARA, D. D.; OLIVEIRA, R.. **Avaliação preliminar do comportamento de nutrientes numa série longa de lagoas de estabilização tratando esgotos domésticos**. In:

XXIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental – Cuba Aidis. Vol. II, Parte I, pág. 510 – 515, 1992.

SPERLING, M. V. **Introdução a qualidade da águas e ao tratamento de esgoto.** Belo Horizonte, DESA/CNPq/ABEAS, 1996.

SOUZA, M. A. A.; CORDEIRO NETTO, O. M; CARNEIRO, G. A., LOPES JÚNIOR, R. P. **Análise Tecnológica de Alternativa para Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios: Resultados da Avaliação Multiobjetivo.** In: 21º Congresso Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa – PB, Anais. Rio de Janeiro: ABES, 2001.

SOUZA FILHO, J. E. **Comportamento de Formas de Exofre e Nitrogênio em Reservatório Profundo de Estabilização de Esgoto.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil; Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1996.

SOUZA, M. A. A. **Metodologia de Análises de Decisiones para Seleccionar alternativas de Tratamiento y Uso de Águas Residuales. Hojas de Divulgación Técnica.** Lima: CEPIS – Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, n. 68, p 1-6, Abril 97.

SOUZA. M.A.A. **Métodos de Análise de Decisão Multiobjetivo com Articulação progressiva de preferências.** “Compromise Programming”. Notas de Aula da disciplina Análise de Sistemas Ambientais. Curso de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, UNB, 2001.

VALLÉ, D., ZIELNIEWICZ, P. **Electre III-IV: Aspects Méthodologiques (tome 1 et 2).** Document n 85. Laboratoire d’Analyse et Modélisation de Systèmes pour l’ Aide à la Décision, Université Paris-Dauphine, 1994.

VINCHE, P. **Multicriteria Decision Aid.** New York: Wiley. 154 p, 1992.

ZACKIEWICZ, M. Em Busca da Inovação: as atuais perspectivas do estudo do futuro e da avaliação em ciência tecnologia . **Parcerias Estratégicas**, n 17. CGEE/MCT, 2003.

ZUFFO, A. C. **Seleção e Aplicação de Métodos Multicriteriais ao Planejamento Ambiental de Recursos Hídricos** (1998) Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação da Escola de Engenharia de São Carlos; Departamento de Hidráulica e Saneamento, 1998.

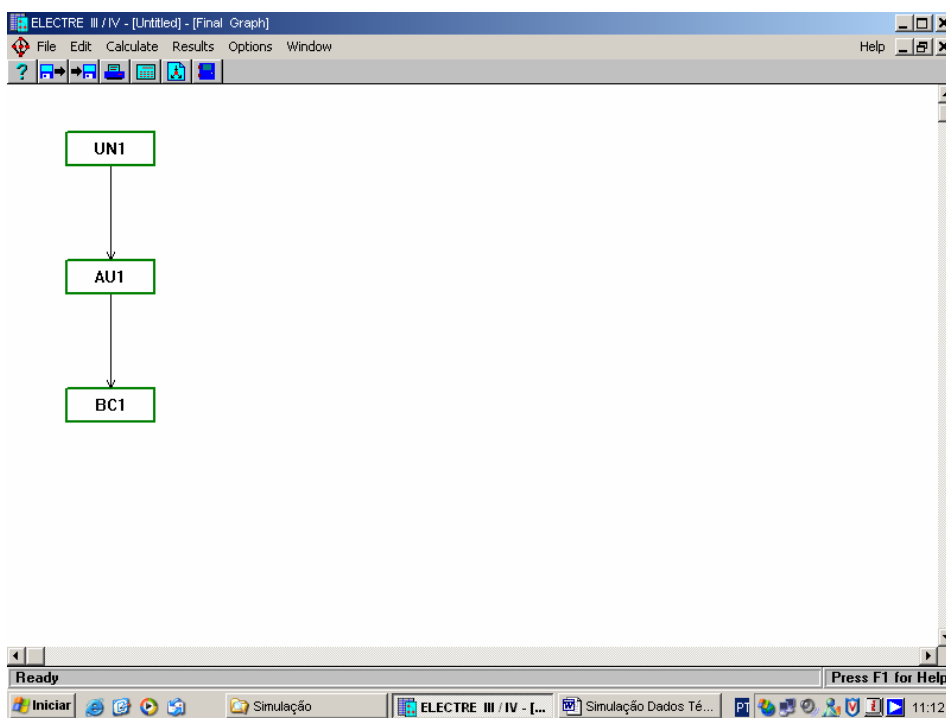
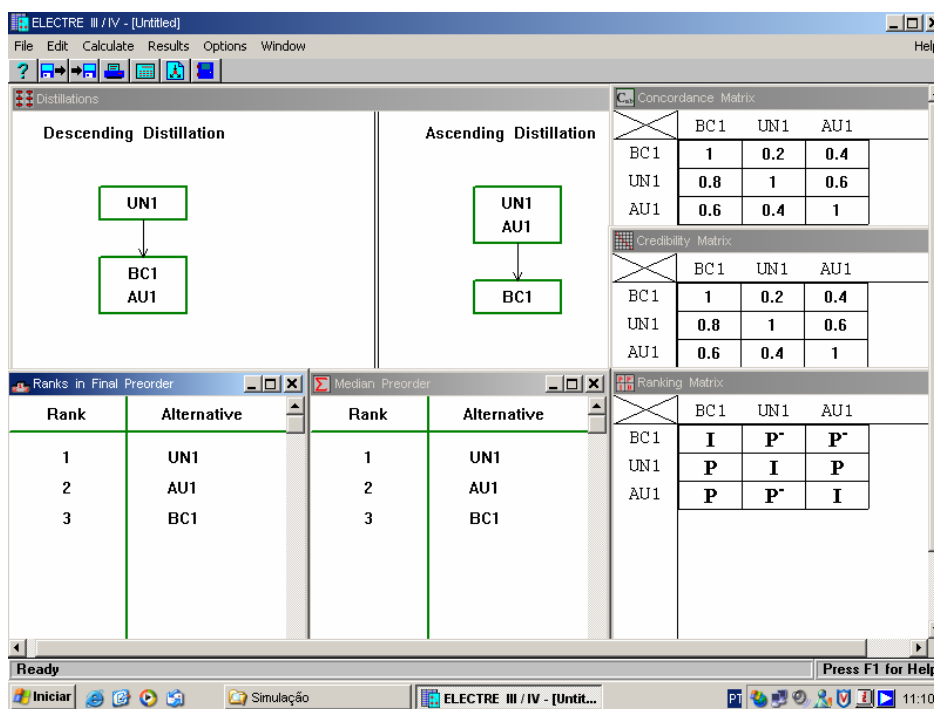
ANEXOS

ANEXO A

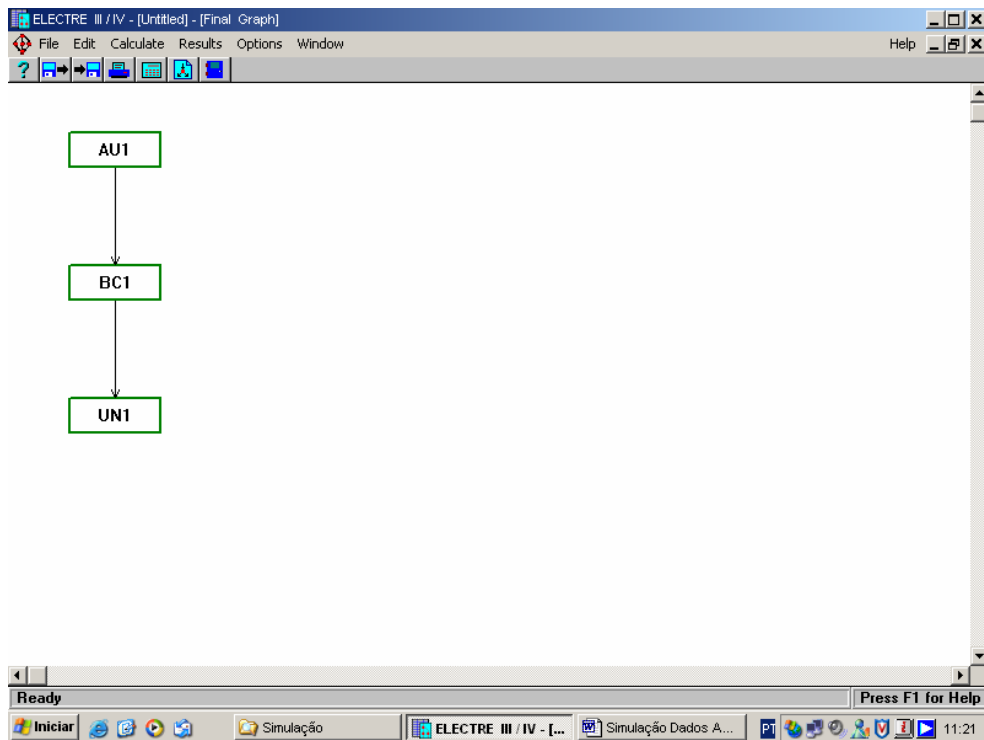
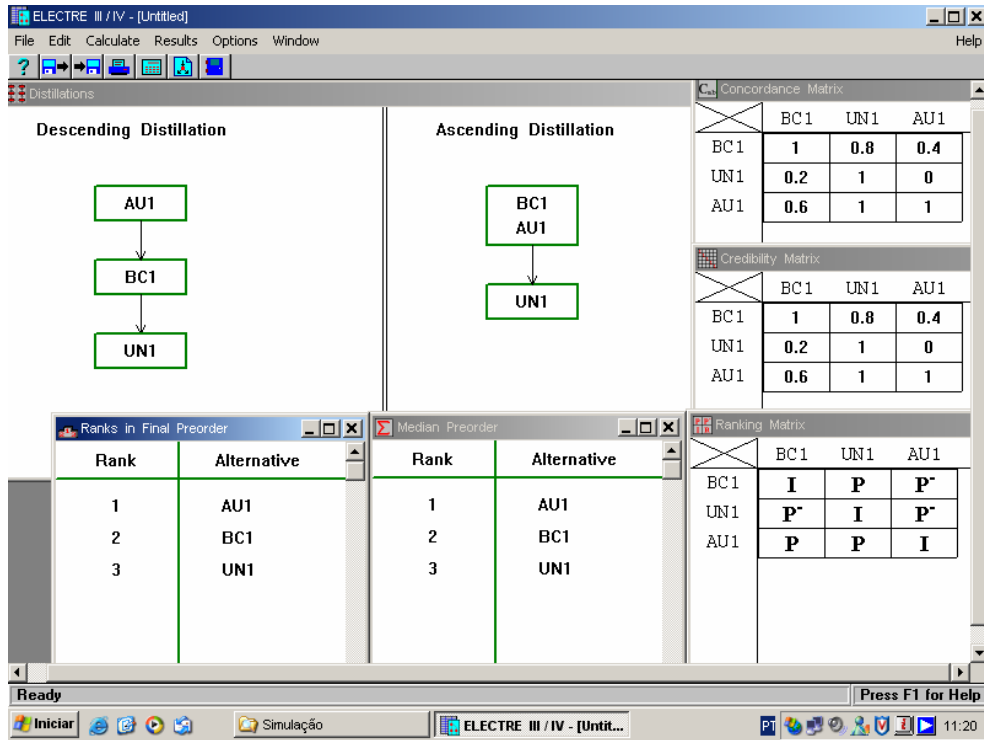
Resultados da Simulação do Método ELECTRE III

Resultados da simulação com Método ELECTRE III

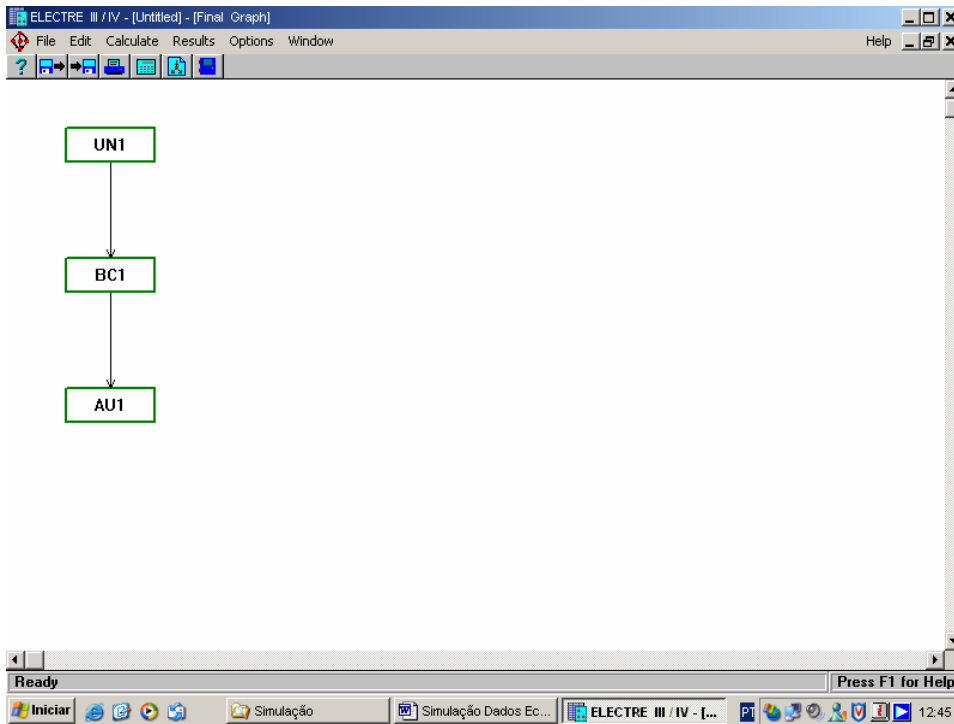
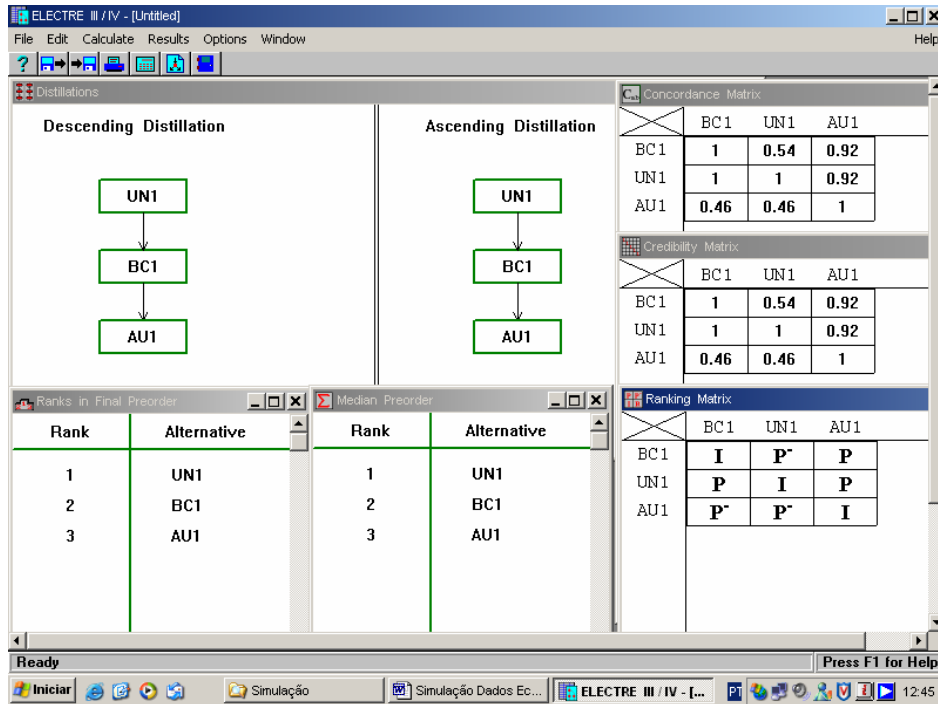
Critério Técnico



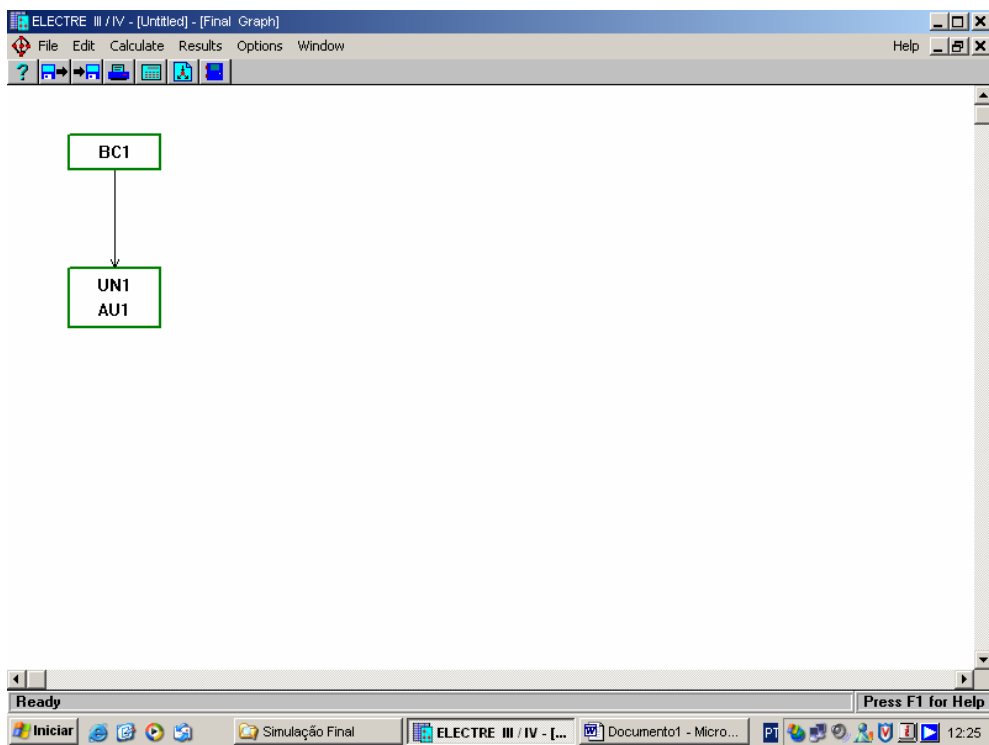
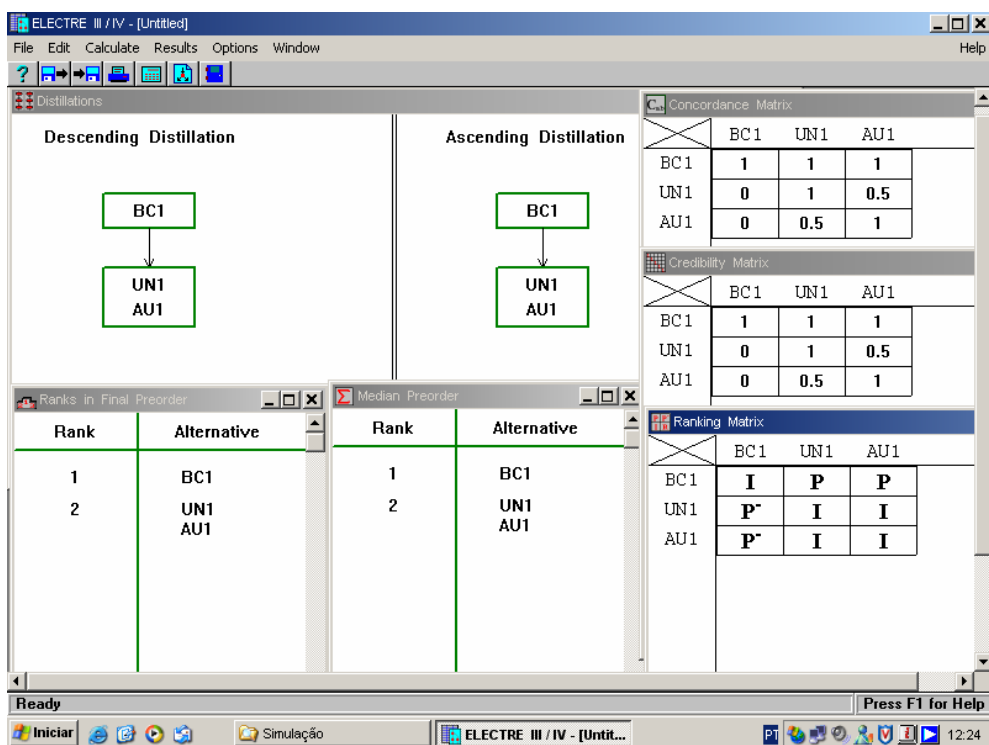
Critério Ambiental



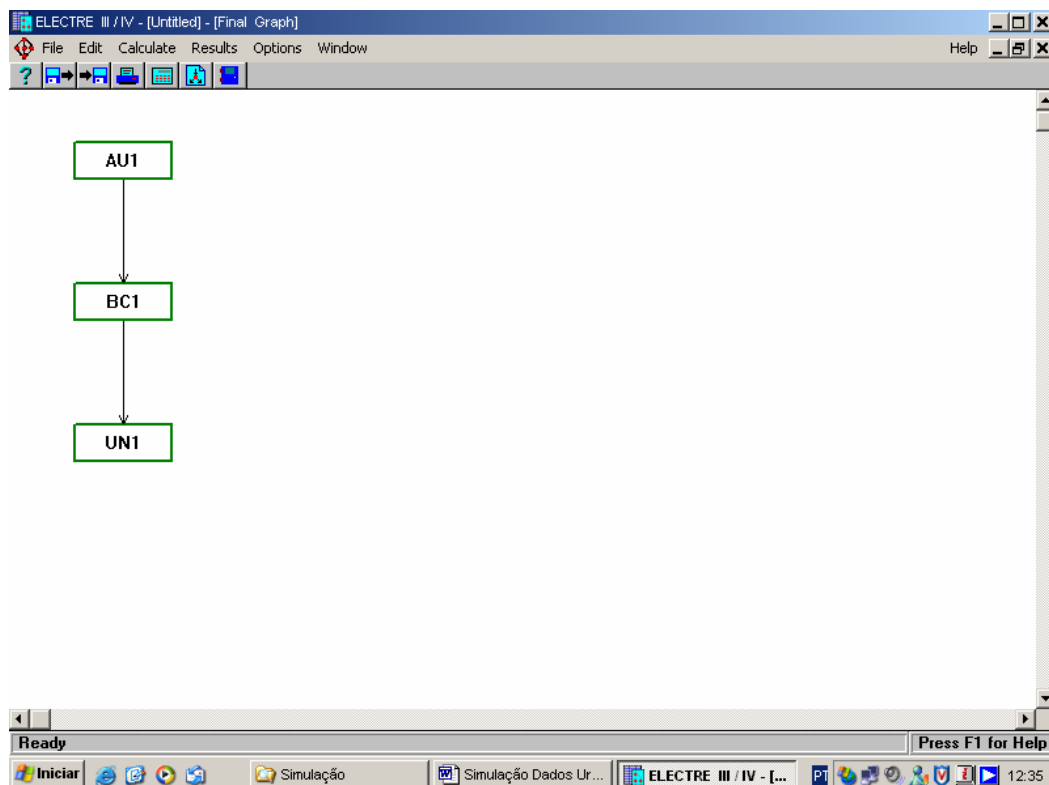
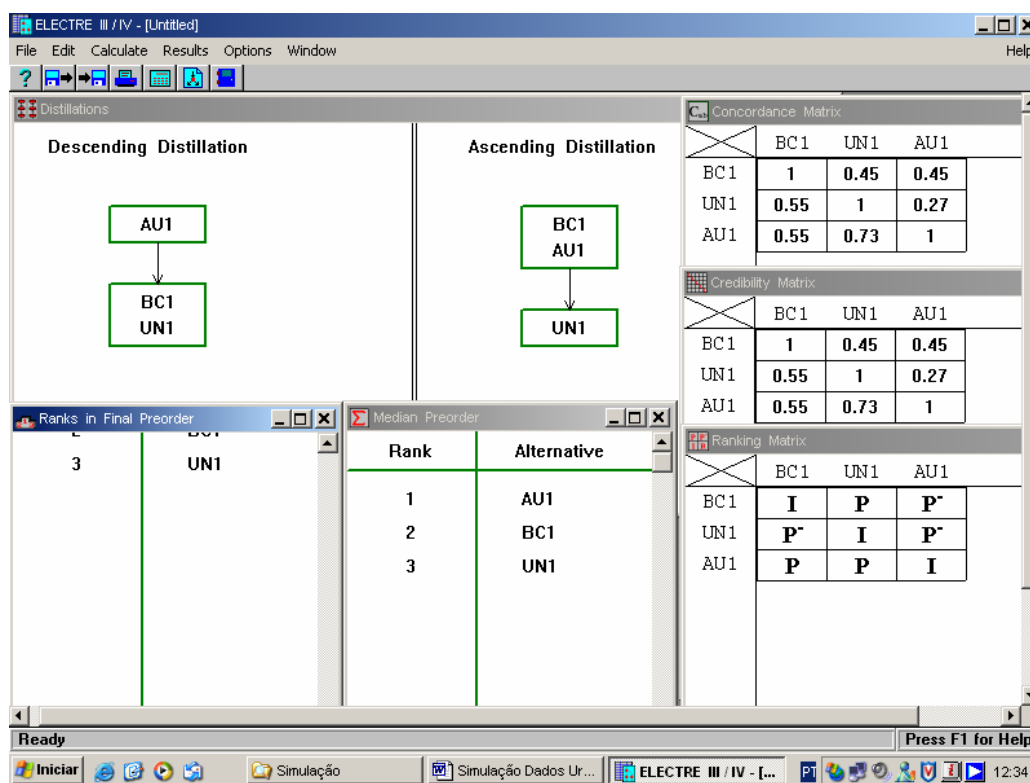
Critério Econômico



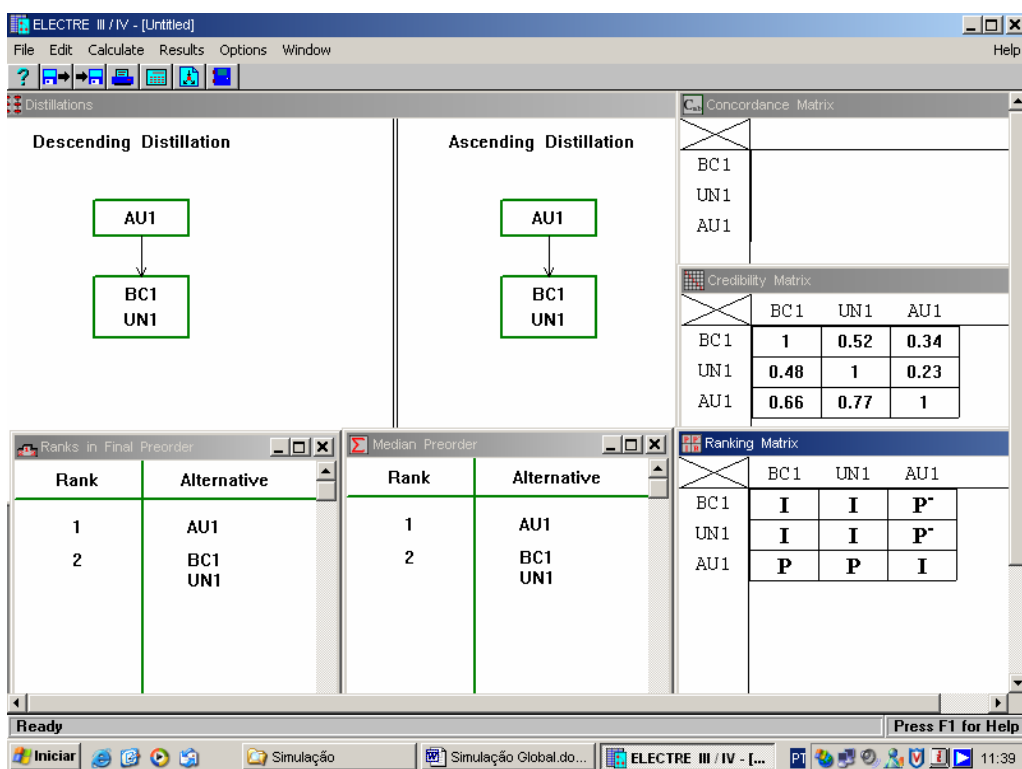
Critério Sanitário



Critério Urbano



Resultados com Simulação Global



ANEXO B**Dados Técnicos, Ambientais, Econômicos, Sanitários e Urbanos**

TABELA B 01 - Parametros analisados da qualidade do afluente e do efluente da ETE Aureny - Ano 2.001.

Parâmetro	Unidade	Quantidade Amostras	Valores Observados - Entrada			Quantidade Amostras	Valores Observados - Saida			Eficiência %	Valores de Referência	Índice de Referência 2001
			Ano: 2001				Ano: 2001					
			Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média			
DBO total	mg O ₂ /l											
DQO	mg O ₂ /l	9,00	1.020,00	323,20	495,06	16,00	767,60	110,00	357,03	72,12	Remoção de 70 a 90% - Utilizado: 85%	1,03
Oxigênio Dissolvido		9,00	5,46	0,26	1,45	17,00	16,91	0,99	6,23	431,18	> = 5,0 mg/O ₂	1,25
Coli total	NMP/100ml											
E. coli	NMP/100ml											
pH		9,00	8,39	6,90	7,40	16,00	9,28	6,71	8,75			
Temperatura	°C	9,00	32,40	23,30	29,60	16,00	34,90	28,00	32,77			
Sólidos Totais	mg/l	7,00	1.026,00	210,00	461,71	10,00	956,00	170,00	552,10	119,58		
Sólidos Voláteis	mg/l											
Sólidos Fixos	mg/l											
Nitrito	mg/l	2,00	41,54	25,96	33,75	2,00	27,58	20,61	24,10	71,39	1,0 mg/L N com remoção de 30 a 50%	24,10
Nitrato	mg/l	2,00	12,70	4,30	8,50	2,00	3,60	1,50	2,55	30,00	10 mg/L N com remoção de 30 a 50%	0,26
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	5,00	29,75	16,53	20,90	8,00	13,50	4,73	8,85	42,33	3,7 mg/L N com remoção de 30 a 50%	11,44
Condutividade Elétrica	uS/cm	9,00	724,00	444,00	562,44	17,00	772,00	341,00	543,88			
Alcalinidade Total	mg/l											
AGV	mg/l											
PO4	mg/l											
Sólidos totais dissolvidos	mg/l	2,00	260,00	238,00	249,00	2,00	166,00	161,00	163,50	65,66		

TABELA B 02 - Parametros analisados da qualidade do afluente e do efluente da ETE Aurenly - Ano 2.002.

Parâmetro	Unidade	Quantidade Amostras	Valores Observados - Entrada			Quantidade Amostras	Valores Observados - Saida			Eficiência %	Valores de Referência	Índice de Referência 2002
			Ano: 2002				Ano: 2002					
			Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média			
DBO total	mg O ₂ /l	12,00	240,00	132,00	184,52	11,00	90,64	20,00	48,00	73,98	Remoção de 70 a 90% - Utilizado: 85%	1,06
DQO	mg O ₂ /l	21,00	1.340,00	350,00	734,86	22,00	415,00	0,00	212,86	71,03		1,01
Oxigênio Dissolvido		28,00	3,40	0,10	0,87	27,00	15,10	0,30	7,99		> = 5,0 mg/O ₂	1,60
Coli total	NMP/100ml											
E. coli	NMP/100ml											
pH		34,00	7,60	6,79	7,14	34,00	9,00	7,34	8,13			
Temperatura	°C	29,00	33,40	28,40	31,00	29,00	36,50	28,90	31,92			
Sólidos Totais	mg/l	28,00	1.584,00	381,00	907,96	24,00	2.688,00	336,00	561,25	61,81		
Sólidos Voláteis	mg/l	22,00	928,00	384,00	608,55	22,00	2.288,00	16,00	379,09	62,29		
Sólidos Fixos	mg/l	22,00	900,00	180,00	396,82	22,00	924,00	116,00	285,50	71,95		
Nitrito	mg/l	13,00	0,25	0,13	0,17	13,00	0,12	0,00	0,07	44,12	1,0 mg/L N com remoção de 30 a 50%	0,07
Nitrato	mg/l	16,00	4,10	2,70	3,49	16,00	3,00	0,00	1,88	53,67	10 mg/L N com remoção de 30 a 50%	0,19
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	24,00	41,22	11,33	22,89	20,00	25,88	0,00	14,32	62,56	3,7 mg/L N com remoção de 30 a 50%	3,87
Condutividade Elétrica	uS/cm											
Alcalinidade Total	mg/l	3,00	1.521,00	641,00	998,67	5,00	671,00	0,00	325,32			
AGV	mg/l											
PO ₄	mg/l	18,00	7,66	2,33	4,90	16,00	5,60	0,00	3,05	62,22	até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos	101,58
Sólidos totais dissolvidos	mg/l										e até 0,050 mg/L em amb. Intermediários	

TABELA B 03 - Parametros analisados da qualidade do afluente e do efluente da ETE Aurenny - Ano 2.003.

Parâmetro	Unidade	Quantidade Amostras	Valores Observados - Entrada			Quantidade Amostras	Valores Observados - Saida			Eficiência %	Valores de Referência	Índice de Referência 2002
			Ano: 2003				Ano: 2003					
			Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média			
DBO total	mg O ₂ /l	21,00	392,00	123,35	245,68	16,00	98,00	11,47	42,47	82,71	Remoção de 70 a 90% - Utilizado: 85%	1,18
DQO	mg O ₂ /l	21,00	874,00	256,70	542,25	16,00	216,00	24,80	91,02	83,21		1,19
Oxigênio Dissolvido		8,00	0,80	0,10	0,4163	9,00	15,96	7,12	11,49		> = 5,0 mg/O ₂	2,30
Coli total	NMP/100ml											
E. coli	NMP/100ml											
pH		21,00	7,54	6,72	7,06	16,00	10,55	7,15	8,67			
Temperatura	°C	13,00	32,10	29,00	30,61	12,00	33,60	27,90	30,63			
Sólidos Totais	mg/l	20,00	1.324,00	404,00	876,65	16,00	1.792,00	245,00	569,31	64,94		
Sólidos Voláteis	mg/l	20,00	1.020,00	260,00	601,25	16,00	1.168,00	60,00	358,50	59,63		
Sólidos Fixos	mg/l	20,00	708,00	24,00	276,90	16,00	624,00	56,00	196,94	71,12		
Nitrito	mg/l	12,00	0,22	0,12	0,16	9,00	0,70	0,01	0,12	76,79	1,0 mg/L N com remoção de 30 a 50%	0,12
Nitrato	mg/l	11,00	35,00	3,70	6,8191	8,00	3,30	0,03	1,62	23,82	10 mg/L N com remoção de 30 a 50%	0,16
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	6,00	29,61	2,79	15,2622	1,00	1,05	1,05	1,05	6,89	3,7 mg/L N com remoção de 30 a 50%	0,28
Condutividade Elétrica	uS/cm											
Alcalinidade Total	mg/l											
AGV	mg/l											
Sólidos totais dissolvidos	mg/l										até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos	
PO ₄	mg/l	10,00	6,23	1,41	4,0588	8,00	12,72	0,59	3,51	86,54	e até 0,050 mg/L em amb. Intermediários	117,08

TABELA B 04 - Parametros analisados da qualidade do afluente e do efluente da ETE Brejo Comprido - Ano 2.001.

Parâmetro	Unidade	Quantidade Amostras	Valores Observados - Entrada			Quantidade Amostras	Valores Observados - Saida			Eficiência %	Valores de Referência	Índice de Referência 2001
			Ano: 2001				Ano: 2001					
			Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média			
DBO total	mg O ₂ /l										Remoção de 70 a 90% - Utilizado: 85%	
DQO	mg O ₂ /l	14,00	1.071,00	165,00	512,29	16,00	400,00	115,50	231,59	54,79		0,68
Oxigênio Dissolvido											> = 5,0 mg/O ₂	
Coli total	NMP/100ml											
E. coli	NMP/100ml											
pH		16,00	7,20	6,29	6,81	18,00	7,14	6,13	6,81			
Temperatura	°C	16,00	32,60	26,20	29,31	18,00	32,40	24,50	29,24			
Sólidos Totais	mg/l	11,00	938,00	107,00	483,18	13,00	967,00	100,00	491,46	101,71		
Sólidos Voláteis	mg/l	3,00	311,00	192,00	252,00	3,00	168,00	70,00	120,67	47,88		
Sólidos Fixos	mg/l	3,00	370,00	274,00	319,33	3,00	170,00	160,00	166,00	51,98		
Nitrito	mg/l										1,0 mg/L N com remoção de 30 a 50%	
Nitrato	mg/l	1,00	3,30	3,30	3,30	1,00	1,20	1,20	1,20	36,36	10 mg/L N com remoção de 30 a 50%	0,12
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	12,00	28,27	11,70	17,59	11,00	27,00	11,40	17,15	97,52	3,7 mg/L N com remoção de 30 a 50%	4,64
Condutividade Elétrica	uS/cm	16,00	721,00	231,00	553,25	18,00	767,00	212,00	538,05			
Alcalinidade Total	mg/l	4,00	5,20	2,97	4,44	4,00	7,60	1,20	3,90			
AGV	mg/l											
PO ₄	mg/l										até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos e até 0,050 mg/L em amb. Intermediários	

TABELA B 05 - Parametros analisados da qualidade do afluente e do efluente da ETE Brejo Comprido - Ano 2.002.

Parâmetro	Unidade	Quantidade Amostras	Valores Observados - Entrada			Quantidade Amostras	Valores Observados - Saida			Eficiência %	Valores de Referência	Índice de Referência 2002
			Ano: 2002				Ano: 2002					
			Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média			
DBO total	mg O ₂ /l	12,00	316,00	160,00	217,08	10,00	83,00	40,00	64,40	70,33	Remoção de 70 a 90% - Utilizado: 85%	
DQO	mg O ₂ /l	36,00	804,00	304,00	530,14	36,00	295,00	102,00	184,53	65,19		
Oxigênio Dissolvido											> = 5,0 mg/O ₂	
Coli total	NMP/100ml											
E. coli	NMP/100ml											
pH		43,00	8,30	6,60	7,02	43,00	7,90	6,80	7,06			
Temperatura	°C	17,00	30,60	20,30	28,83	17,00	31,40	26,70	29,65			
Sólidos Totais	mg/l	39,00	678,00	392,00	560,31	39,00	420,00	153,00	267,13	47,68		
Sólidos Voláteis	mg/l	33,00	501,00	243,00	365,33	33,00	260,00	74,00	144,48	39,55		
Sólidos Fixos	mg/l	33,00	300,00	85,00	190,39	33,00	216,00	37,00	111,00	58,30		
Nitrito	mg/l	13,00	0,44	0,08	0,23	15,00	4,10	0,0044	0,55	236,80	1,0 mg/L N com remoção de 30 a 50%	0,55
Nitrato	mg/l	24,00	4,20	1,80	3,11	24,00	3,50	0,9000	1,68	54,08	10 mg/L N com remoção de 30 a 50%	0,17
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	28,00	26,00	6,00	14,53	28,00	30,80	10,3000	16,86	116,05	3,7 mg/L N com remoção de 30 a 50%	4,56
Condutividade Elétrica	uS/cm	7,00	690,00	415,00	514,71	7,00	631,00	352,0000	426,14			
Alcalinidade Total	mg/l	33,00	278,00	7,80	131,12	32,00	284,00	72,0000	182,09			
AGV	mg/l	23,00	84,00	8,00	59,41	23,00	83,00	18,0000	34,33			
PO ₄	mg/l	16,00	6,00	2,00	4,23	16,00	10,60	1,9000	5,12	121,00	até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos e até 0,050 mg/L em amb. Intermediários	170,67

TABELA B 06 - Parametros analisados da qualidade do afluente e do efluente da ETE Brejo Comprido - Ano 2.003.

Parâmetro	Unidade	Quantidade Amostras	Valores Observados - Entrada			Quantidade Amostras	Valores Observados - Saida			Eficiência %	Valores de Referência	Índice de Referência 2003
			Ano: 2003				Ano: 2003					
			Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média			
DBO total	mg O ₂ /l	31,00	373,00	180,00	260,50	31,00	122,00	40,00	68,73	73,62	Remoção de 70 a 90% - Utilizado: 85%	0,92
DQO	mg O ₂ /l	32,00	786,00	423,00	556,70	32,00	220,00	85,50	140,75	74,72		0,93
Oxigênio Dissolvido											> = 5,0 mg/O ₂	
Coli total	NMP/100ml											
E. coli	NMP/100ml											
pH		32,00	10,10	6,70	7,29	33,00	7,30	6,50	6,95			
Temperatura	°C											
Sólidos Totais	mg/l	34,00	1.252,00	472,00	755,62	32,00	614,00	154,00	335,72	44,43		
Sólidos Voláteis	mg/l	13,00	1.084,00	324,00	534,00	11,00	512,00	80,00	234,00	43,82		
Sólidos Fixos	mg/l	13,00	680,00	148,00	313,08	11,00	398,00	52,00	206,55	65,97		
Nitrito	mg/l	16,00	0,28	0,1025	0,15	17,00	0,09	0,01	0,0460	30,37	1,0 mg/L N com remoção de 30 a 50%	0,01
Nitrato	mg/l	17,00	8,70	2,1000	4,05	18,00	5,10	0,60	1,9667	48,59	10 mg/L N com remoção de 30 a 50%	0,06
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	14,00	28,00	5,4000	13,89	15,00	32,00	7,21	16,9340	121,95	3,7 mg/L N com remoção de 30 a 50%	1,95
Condutividade Elétrica	uS/cm											
Alcalinidade Total	mg/l	31,00	302,00	96,0000	165,90	31,00	350,00	144,00	217,61			
AGV	mg/l	26,00	143,00	19,5500	68,80	26,00	93,79	4,00	30,81			
PO4	mg/l	15,00	40,10	1,5700	7,72	14,00	22,80	1,86	5,85	75,69	até 0,030 mg/L, em ambientes lânticos e até 0,050 mg/L em amb. Intermediários	6,20

TABELA B 07 - Parametros analisados da qualidade do afluente e do efluente da ETE Vila União - Ano 2.001.

Parâmetro	Unidade	Quantidade Amostras	Valores Observados - Entrada			Quantidade Amostras	Valores Observados - Saida			Eficiência %	Valores de Referência	Índice de Referência 2001
			Ano: 2001				Ano: 2001					
			Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média			
DBO total	mg O ₂ /l										Remoção de 70 a 90% - Utilizado: 85%	
DQO	mg O ₂ /l	18,00	801,00	112,00	537,67	18,00	768,00	199,00	393,78	26,76		0,33
Oxigênio Dissolvido						18,00	19,62	1,39	11,95		> = 5,0 mg/O ₂	2,39
Coli total	NMP/100ml											
E. coli	NMP/100ml											
pH		18,00	7,46	6,32	6,86	18,00	9,30	7,37	8,24			
Temperatura	°C	18,00	32,10	27,20	29,26	15,00	36,80	27,10	31,49			
Sólidos Totais	mg/l	16,00	1.248,00	295,00	469,38	4,00	1.135,00	200,00	1.414,75	301,41		
Sólidos Voláteis	mg/l	3,00	452,00	402,00	434,00	3,00	152,00	112,00	129,00	29,72		
Sólidos Fixos	mg/l	3,00	342,00	289,00	322,33	3,00	188,00	106,00	139,33	43,23		
Nitrito	mg/l										1,0 mg/L N com remoção de 30 a 50%	
Nitrato	mg/l										10 mg/L N com remoção de 30 a 50%	
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	8,00	29,00	14,04	20,10	8,00	24,48	14,20	18,30	91,04	3,7 mg/L N com remoção de 30 a 50%	4,94
Condutividade Elétrica	uS/cm	18,00	883,00	537,00	687,28	18,00	810,00	421,00	520,10	75,68		
Alcalinidade Total	mg/l	18,00	7,12	3,48	5,32	18,00	8,32	2,70	4,00	75,11		
AGV	mg/l											
PO ₄	mg/l										até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos e até 0,050 mg/L em amb. Intermediários	

TABELA B 08 - Parametros analisados da qualidade do afluente e do efluente da ETE Vila União - Ano 2.002.

Parâmetro	Unidade	Quantidade Amostras	Valores Observados - Entrada			Quantidade Amostras	Valores Observados - Saida			Eficiência %	Valores de Referência	Índice de Referência 2002
			Ano: 2002				Ano: 2002					
			Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média			
DBO total	mg O ₂ /l					12,00	86,20	48,00	65,18		<i>Remoção de 70 a 90% - Utilizado: 85%</i>	
DQO	mg O ₂ /l	27,00	752,00	90,00	459,74	39,00	768,00	80,00	197,74	56,99		0,71
Oxigênio Dissolvido						35,00	16,20	0,75	8,44		<i>> = 5,0 mg/O2</i>	1,69
Coli total	NMP/100ml											
E. coli	NMP/100ml											
pH		27,00	7,66	6,33	7,03	39,00	9,10	6,37	8,02			
Temperatura	°C	21,00	31,90	28,10	29,89	32,00	34,70	27,00	30,73			
Sólidos Totais	mg/l	23,00	786,00	492,00	640,61	32,00	740,00	218,00	395,13	61,68		
Sólidos Voláteis	mg/l	23,00	464,00	308,00	394,78	32,00	368,00	105,00	200,97	50,91		
Sólidos Fixos	mg/l	23,00	360,00	144,00	244,87	32,00	372,00	106,00	194,16	79,29		
Nitrito	mg/l	14,00	0,24	0,11	0,15	22,00	0,16	0,0191	0,09	62,15	<i>1,0 mg/L N com remoção de 30 a 50%</i>	0,09
Nitrato	mg/l	16,00	3,90	2,10	3,29	24,00	3,50	0,1201	1,66	50,28	<i>10 mg/L N com remoção de 30 a 50%</i>	0,17
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	17,00	40,97	11,90	22,39	24,00	26,50	1,3750	16,36	73,11	<i>3,7 mg/L N com remoção de 30 a 50%</i>	4,42
Condutividade Elétrica	uS/cm	5,00	1.362,00	724,00	908,80	5,00	678,00	522,0000	592,00			
Alcalinidade Total	mg/l	15,00	423,00	5,16	196,55	9,00	212,00	3,6400	80,34			
AGV	mg/l											
PO4	mg/l	14,00	6,03	3,15	4,92	22,00	5,48	0,0200	2,53	51,54	<i>até 0,030 mg/L, em ambientes lânticos e até 0,050 mg/L em amb. Intermediários</i>	84,47

TABELA B 09 - Parametros analisados da qualidade do afluente e do efluente da ETE Vila União - Ano 2.003.

Parâmetro	Unidade	Quantidade Amostras	Valores Observados - Entrada			Quantidade Amostras	Valores Observados - Saida			Eficiência %	Valores de Referência	Índice de Referência 2003
			Ano: 2003				Ano: 2003					
			Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média			
DBO total	mg O ₂ /l	10,00	360,00	241,50	331,70	36,00	153,00	40,20	90,58	72,69	Remoção de 70 a 90% - Utilizado: 85%	0,91
DQO	mg O ₂ /l	10,00	721,00	580,00	721,50	36,00	330,00	85,00	192,86	73,27		0,92
Oxigênio Dissolvido						34,00	14,70	0,30	5,20		> = 5,0 mg/O ₂	1,04
Coli total	NMP/100ml											
E. coli	NMP/100ml											
pH		10,00	7,50	6,80	7,91	36,00	8,30	6,85	7,51			
Temperatura	°C	9,00	31,20	29,20	33,48	35,00	34,50	26,20	29,65			
Sólidos Totais	mg/l	5,00	1.228,00	504,00	834,40	19,00	1.096,00	248,00	539,63	64,67		
Sólidos Voláteis	mg/l	5,00	900,00	252,00	594,96	19,00	1.040,00	28,00	355,95	59,83		
Sólidos Fixos	mg/l	5,00	280,00	172,00	225,84	19,00	336,00	52,00	183,63	81,31		
Nitrito	mg/l	6,00	0,35	0,14	0,1957	21,00	1,00	0,03	0,16	16,33	1,0 mg/L N com remoção de 30 a 50%	0,16
Nitrato	mg/l	6,00	26,00	0,20	7,2667	21,00	41,00	0,30	10,56	-45,29	10 mg/L N com remoção de 30 a 50%	1,06
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	3,00	76,60	28,37	52,3067	18,00	38,96	4,84	18,49	64,66	3,7 mg/L N com remoção de 30 a 50%	5,00
Condutividade Elétrica	uS/cm											
Alcalinidade Total	mg/l	10,00	416,00	160,00	#####							
AGV	mg/l	10,00	199,89	89,70	#####							
PO4	mg/l	4,00	41,68	22,19	30,8575	19,00	18,56	0,65	5,23	16,96	até 0,030 mg/L, em ambientes léticos e até 0,050 mg/L em amb. Intermediários	174,48

TABELA B 10 - Notificação de Caso de Diarréias nas áreas com/e sem rede coletora de esgoto por ETE no Ano de 2.003.

Semana	Data	Bacia do Brejo Comprido			Bacia do Água Fria/Sussuapara			Aureny - Machado / Taquarussu		
		Notificações Diarréias			Notificações Diarréias			Notificações Diarréias		
		Com Esgoto	Sem Esgoto	Total	Com Esgoto	Sem Esgoto	Total	Com Esgoto	Sem Esgoto	Total
1ª	5/1/2003	1,00	4,00	5,00	4,00	9,00	13,00	15,00	14,00	29,00
2ª	11/1/2003	2,00	1,00	3,00	25,00	6,00	31,00	13,00	19,00	32,00
3ª	17/1/2003	4,00	1,00	5,00	7,00	7,00	14,00	8,00	9,00	17,00
4ª	24/1/2003	6,00	1,00	7,00	4,00	17,00	21,00	8,00	17,00	25,00
5ª	10/2/2003	0,00	0,00	0,00	6,00	15,00	21,00	19,00	9,00	28,00
6ª	11/2/2003	5,00	1,00	6,00	7,00	17,00	24,00	13,00	10,00	23,00
7ª	17/2/2003	4,00	1,00	5,00	14,00	17,00	31,00	15,00	12,00	27,00
8ª	25/2/2003	1,00	3,00	4,00	9,00	8,00	17,00	18,00	7,00	25,00
9ª	6/3/2003	3,00	0,00	3,00	11,00	13,00	24,00	19,00	23,00	42,00
10ª	10/3/2003	0,00	1,00	1,00	3,00	7,00	10,00	12,00	11,00	23,00
11ª	10/3/2003	3,00	0,00	3,00	8,00	7,00	15,00	12,00	15,00	27,00
12ª	24/3/2003	1,00	1,00	2,00	4,00	10,00	14,00	16,00	10,00	26,00
13ª	31/3/2003	2,00	2,00	4,00	3,00	14,00	17,00	11,00	12,00	23,00
14ª		6,00	1,00	7,00	7,00	12,00	19,00	15,00	17,00	32,00
15ª		1,00	0,00	1,00	8,00	11,00	19,00	14,00	15,00	29,00
16ª		1,00	1,00	2,00	1,00	6,00	7,00	12,00	14,00	26,00
17ª		2,00	1,00	3,00	1,00	15,00	16,00	16,00	14,00	30,00
18ª		0,00	0,00	0,00	5,00	14,00	19,00	13,00	5,00	18,00
19ª		3,00	0,00	3,00	5,00	11,00	16,00	10,00	10,00	20,00
20ª		0,00	0,00	0,00	3,00	1,00	4,00	17,00	6,00	23,00
21ª		3,00	0,00	3,00	4,00	5,00	9,00	5,00	9,00	14,00
22ª		0,00	0,00	0,00	2,00	5,00	7,00	5,00	13,00	18,00
23ª		2,00	1,00	3,00	2,00	5,00	7,00	5,00	6,00	11,00
24ª		1,00	1,00	2,00	3,00	8,00	11,00	4,00	6,00	10,00
25ª		2,00	0,00	2,00	2,00	7,00	9,00	2,00	6,00	8,00
26ª		1,00	0,00	1,00	5,00	8,00	13,00		13,00	13,00
27ª	14/7/2003	1,00	0,00	1,00	0,00	10,00	10,00	11,00	27,00	38,00
28ª		1,00	0,00	1,00	1,00	8,00	9,00	2,00	9,00	11,00
29ª	21/7/2003	1,00	2,00	3,00	4,00	13,00	17,00	11,00	12,00	23,00
30ª	26/7/2003	3,00	3,00	6,00	5,00	15,00	20,00	19,00	31,00	50,00
31ª	27/7-2/8/03	1,00	2,00	3,00	18,00	16,00	34,00	19,00	20,00	39,00
32ª	3/8-9/8/03	6,00	1,00	7,00	13,00	19,00	32,00	20,00	40,00	60,00
33ª	10/8-16/8/03	7,00	1,00	8,00	20,00	29,00	49,00	8,00	55,00	63,00
34ª		3,00	1,00	4,00	15,00	40,00	55,00	40,00	73,00	113,00
35ª		4,00	3,00	7,00	7,00	32,00	39,00	31,00	61,00	92,00
36ª	9/9/2003	9,00	0,00	9,00	16,00	31,00	47,00	38,00	64,00	102,00
37ª	29/9/2003	1,00	1,00	2,00	13,00	32,00	45,00	30,00	48,00	78,00
38ª	20/9/2003	13,00	0,00	13,00	11,00	40,00	51,00	16,00	107,00	123,00
39ª	24/9/2003	3,00	1,00	4,00	17,00	27,00	44,00	0,00	71,00	71,00
40ª	6/10/2003	7,00	1,00	8,00	11,00	15,00	26,00	15,00	72,00	87,00
41ª	20/10/2003	3,00	1,00	4,00	18,00	26,00	44,00		12,00	12,00
42ª	22/10/2003	4,00	0,00	4,00	10,00	33,00	43,00		35,00	35,00
43ª										
44ª										
45ª										
46ª										
47ª										
48ª										
TOTAL		121,00	38,00	159,00	332,00	641,00	973,00	557,00	1.039,00	1.596,00

FONTE: Dados Coletados na Secretaria Municipal de Saude - Prefeitura Municipal de Palmas - TO.

TABELA B 11 - Levantamento do Custo de Energia nas ETEs Aureny, Brejo Comprido e Vila União

Parâmetro	Unidade	ETE BREJO COMPRIDO			ETE UNIÃO			ETE AURENY		
		Ano: 2001			Ano: 2002			Ano: 2003		
		2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
Consumo de Energia	Kwh	-	40.383	59.754	-	80.745	66.528	-	5.022	3.348
Custo de Energia Elétrica	R\$	-	15.694,14	12.230,81	-	16.916,91	23.283,37	-	888,21	1.611,69
Volume Tratado	m ³	-	340.728,30	375.323,18	-	516.747,00	428.243,20	-	544.309,00	873.393,10
Custo Energia / Vol. Tratado	R\$/m ³	-	0,04606	0,03259	-	0,03274	0,05437	-	0,00163	0,00185
Consumo Energia / Vol. Tratado	Kwh/m ³	-	0,1185	0,1592	-	0,1563	0,1554	-	0,0092	0,0038

TABELA B 12 - Taxa de Retorno do Investimento na Implantação das ETEs Aureny, Brejo Comprido e Vila União

Parâmetro	Unidade	ETES		
		BC	União	Aureny
Taxa de Retorno	%	Não viável	Não viável	Não viável

TABELA B 13 - Investimentos na Construção das ETEs

Parâmetro	Unidade	ETES		
		BC	União	Aureny
Investimentos na Construção	R\$	1.462.038,62	1.113.337,74	797.815,85
População de Projeto	hab.	50.000,00	50.000,00	18.000,00

TABELA B 14 - Ocupação de Área Urbanizada Sujeita a Influência das ETES

Descrição	Área sujeita a Influência das ETES (há)		
	R = 500 m	R = 1000 m	R = 1.500 m
ETE Aurenny	23,2140	74,9424	155,6428
Ete União	12,0480	53,5623	53,5623
ETE Brejo Comprido	47,2610	244,6630	670,9800
Area Influencia Total	78,5398	314,1592	706,8583

TABELA B 15 - Área com/para Ocupação Urbana Sujeita a Influência dos Ventos para Odores das ETES

Descrição	Área sujeita a Influência das ETES (há)		
	RAIO		
	500 m	1000 m	1.500 m
ETE Aurenny	3,3425	3,3425	3,3425
Ete União	4,3356	16,4829	16,4829
ETE Brejo Comprido	32,3700	150,1800	346,5290
Area Influencia Total	39,2699	157,0796	173,2645

TABELA B 18 - Parametros analisados para o ponto de amostragem de qualidade do Corpo Receptor - A MONTANTE do lançamento dos efluentes da ETE Brejo Comprido.

Parâmetro	Unidade	Quantidade Amostras	Valores Observados			Quantidade Amostras	Valores Observados			Quantidade Amostras	Valores Observados			Valor de Referência Resolução Nº 357 / 05	Índice de Referência		
			Ano: 2001				Ano: 2002				Ano: 2003				2001	2002	2003
			Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	
DBO total	mg O ₂ /l					12,00	2,40	1,00	1,38	29,00	7,27	0,91	2,08	DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/l O ₂	-	0,28	0,42
DQO	mg O ₂ /l	13,00	65,00	10,00	31,44	21,00	61,00	5,20	36,25								
Oxigênio Dissolvido	mg O ₂ /l	5,00	5,50	3,40	4,54	12,00	6,30	4,69	5,41	23,00	7,60	4,10	4,92	>=5 mg/l O ₂	1,10	1,08	0,98
Coli total	NMP/100ml																
E. coli	NMP/100ml																
pH	mg/l	15,00	6,50	5,10	6,07	43,00	6,70	5,80	6,23	33,00	6,90	5,80	6,17	entre 6,0 a 9,0	0,67	0,69	0,69
Temperatura	°C	15,00	31,40	25,10	27,13	16,00	28,80	26,10	27,46	6,00	29,50	27,10	27,93				
Sólidos Totais	mg/l	7,00	21,50	5,00	15,16					9,00	117,00	4,00	53,44				
Sólidos Voláteis	mg/l									9,00	49,00	1,00	20,22				
Sólidos Fixos	mg/l									9,00	100,00	1,00	33,22				
Nitrito	mg/l					15,00	0,02	0,0004	0,01	16,00	0,13	0,00	0,02	1,0 mg/L N		0,01	0,02
Nitrato	mg/l	1,00	0,30	0,30	0,30	24,00	0,80	0,2000	0,49	17,00	2,00	0,30	0,89	10 mg/L N	0,03	0,05	0,09
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	12,00	2,52	0,05	0,49	28,00	0,49	0,0100	0,21	15,00	1,09	0,05	0,46	3,7 mg/L N	0,13	0,06	0,12
Condutividade Elétrica	uS/cm	15,00	35,70	10,36	14,60	7,00	20,40	14,8000	17,51	5,00	28,30	14,50	20,22				
Alcalinidade Total	mg/l	4,00	0,64	0,32	0,45					1,00	14,37	14,37	14,37				
AGV	mg/l																
Fosforo	mg/l					18,00	0,46	0,0450	0,14	15,00	2,27	0,03	0,63	até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos e até 0,050 mg/L em amb. Intermediários		4,69	20,84

TABELA B 19 - Parametros analisados para o ponto de amostragem de qualidade do Corpo Receptor - A JUSANTE do lançamento dos efluentes da ETE Brejo Comprido.

Parâmetro	Unidade	Quantidade Amostras	Valores Observados			Quantidade Amostras	Valores Observados			Quantidade Amostras	Valores Observados			Valor de Referência Resolução Nº 357 / 05	Índice de Referência		
			Ano: 2001				Ano: 2002				Ano: 2003				2001	2002	2003
			Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	
DBO total	mg O ₂ /l					12,00	3,72	1,30	2,33	29,00	6,14	0,67	2,83	DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/l O ₂	-	0,47	0,57
DQO	mg O ₂ /l	13,00	116,00	20,00	47,18	20,00	62,00	5,10	39,71								
Oxigênio Dissolvido	mg O ₂ /l	5,00	4,90	3,26	3,74	12,00	5,30	4,01	4,73	23,00	6,66	3,60	4,67	>=5 mg/l O ₂	1,34	0,95	0,93
Coli total	NMP/100ml																
E. coli	NMP/100ml																
pH	mg/l	15,00	6,50	5,50	6,25	42,00	6,90	6,10	6,42	32,00	6,90	5,80	6,44	entre 6,0 a 9,0	0,69	0,71	0,72
Temperatura	°C	15,00	31,60	24,60	27,08	16,00	29,10	26,00	27,41	6,00	30,00	27,50	28,75				
Sólidos Totais	mg/l	7,00	37,40	9,00	27,78					9,00	132,00	14,00	58,89				
Sólidos Voláteis	mg/l									9,00	72,00	6,00	34,44				
Sólidos Fixos	mg/l									9,00	60,00	1,00	24,44				
Nitrito	mg/l					15,00	0,0490	0,0021	0,02	16,00	0,07	0,00	0,02	1,0 mg/L N	-	0,02	0,02
Nitrato	mg/l	1,00	0,60	0,60	0,60	23,00	2,0000	0,3000	0,76	17,00	2,10	0,60	0,97	10 mg/L N	0,06	0,08	0,10
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	12,00	2,19	0,16	0,89	27,00	2,9000	0,1000	0,67	15,00	3,70	0,09	0,96	3,7 mg/L N	0,24	0,18	0,26
Condutividade Elétrica	uS/cm	15,00	42,50	14,09	27,10	7,00	35,0000	25,4000	29,46	5,00	115,10	16,20	67,82				
Alcalinidade Total	mg/l	4,00	0,88	0,40	0,58					1,00	77,90	77,90	77,90				
AGV	mg/l																
Fosforo	mg/l					18,00	1,0100	0,0900	0,37	15,00	2,46	0,03	0,76	até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos e até 0,050 mg/L em amb. Intermediários		12,42	25,46

TABELA B 20 - Parametros analisados para o ponto de amostragem de qualidade do Corpo Receptor - A MONTANTE do lançamento dos efluentes da ETE União.

Parâmetro	Unidade	Quantidade Amostras	Valores Observados			Quantidade Amostras	Valores Observados			Quantidade Amostras	Valores Observados			Valor de Referência Resolução Nº 357 / 05	Índice de Referência		
			Ano: 2001				Ano: 2002				Ano: 2003				2001	2002	2003
			Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média				
DBO total	mg O ₂ /l					2,00	1,70	1,50	1,60					DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/l O ₂	-	0,32	
DQO	mg O ₂ /l	18,00	200,00	21,00	119,39	21,00	197,00	50,00	100,71								
Oxigênio Dissolvido	mg O ₂ /l	18,00	5,23	2,79	3,98	19,00	5,64	3,85	4,73					>=5 mg/l O ₂	1,26	0,95	
Coli total	NMP/100ml																
E. coli	NMP/100ml																
pH	mg/l	18,00	7,82	5,96	6,56	23,00	6,83	5,35	6,34					entre 6,0 a 9,0	0,73	0,70	
Temperatura	°C	18,00	29,90	24,00	26,98	21,00	29,60	25,30	27,22								
Sólidos Totais	mg/l	14,00	25,40	7,00	12,01	17,00	384,00	30,00	167,24								
Sólidos Voláteis	mg/l	3,00	36,00	25,00	29,00	17,00	340,00	25,00	147,94								
Sólidos Fixos	mg/l	3,00	10,00	4,00	6,00	17,00	44,00	4,00	18,53								
Nitrito	mg/l					11,00	0,02	0,0067	0,01					1,0 mg/L N	-	0,01	
Nitrato	mg/l					13,00	0,90	0,1000	0,35					10 mg/L N	-	0,03	
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	8,00	2,20	0,1300	0,43	14,00	1,43	0,1800	0,58					3,7 mg/L N	0,11	0,16	
Condutividade Elétrica	uS/cm	16,00	29,40	6,1300	17,88	5,00	25,20	16,8100	22,20								
Alcalinidade Total	mg/l	18,00	0,91	0,2400	0,41	5,00	0,45	0,4000	0,40								
AGV	mg/l																
Fosforo	mg/l					11,00	0,17	0,01	0,04					até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos e até 0,050 mg/L em amb. Intermediários	-	1,39	

TABELA B 21 - Parametros analisados para o ponto de amostragem de qualidade do Corpo Receptor - A JUSANTE do lançamento dos efluentes da ETE União.

Parâmetro	Unidade	Quantidade Amostras	Valores Observados			Quantidade Amostras	Valores Observados			Quantidade Amostras	Valores Observados			Valor de Referência Resolução Nº 357 / 05	Índice de Referência		
			Ano: 2001				Ano: 2002				Ano: 2003				2001	2002	2003
			Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média		Máximo	Mínimo	Média				
DBO total	mg O ₂ /l					2,00	4,10	3,80	3,95					DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/l O ₂	-	0,79	-
DQO	mg O ₂ /l	18,00	367,00	20,00	155,58	19,00	246,00	88,00	126,47								
Oxigênio Dissolvido	mg O ₂ /l	18,00	5,99	2,00	3,56	18,00	5,60	2,99	4,22					>=5 mg/l O ₂	1,40	0,84	-
Coli total	NMP/100ml																
E. coli	NMP/100ml																
pH	mg/l	18,00	7,69	6,13	7,03	21,00	7,62	6,38	6,89					entre 6,0 a 9,0	0,78	0,77	-
Temperatura	°C	18,00	30,80	22,40	27,09	19,00	33,60	25,20	27,99								
Sólidos Totais	mg/l	14,00	323,00	7,00	50,93	14,00	129,00	88,00	107,57								
Sólidos Voláteis	mg/l	3,00	116,00	54,00	84,00	14,00	97,00	54,00	80,71								
Sólidos Fixos	mg/l	3,00	44,00	32,00	38,00	15,00	38,00	18,00	27,13								
Nitrito	mg/l					11,00	0,03	0,0084	0,02					1,0 mg/L N	-	0,02	-
Nitrato	mg/l					13,00	1,20	0,2000	0,66					10 mg/L N	-	0,07	-
Nitrogênio Amoniacal	mg/l	8,00	16,45	1,0100	4,95	12,00	2,44	0,8227	1,35					3,7 mg/L N	1,34	0,37	-
Condutividade Elétrica	uS/cm	16,00	384,00	7,6200	80,81	3,00	77,10	22,2000	43,10								
Alcalinidade Total	mg/l	18,00	2,12	0,3000	0,86	3,00	1,80	0,5400	1,31								
AGV	mg/l																
Fosforo	mg/l					8,00	0,36	0,06	0,25					até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos e até 0,050 mg/L em amb. Intermediários	-	8,29	-

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)