



UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

JOSÉ LOPES SATELLES

INFLUÊNCIA DO LANÇAMENTO DO EFLUENTE DA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO NO IGARAPÉ GRANDE EM BOA
VISTA/RR

Boa Vista
2011

JOSÉ LOPES SATELLES

**INFLUÊNCIA DO LANÇAMENTO DO EFLUENTE DA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO NO IGARAPÉ GRANDE EM BOA
VISTA/RR**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Química do Programa de Pós-graduação em Química – PPGQ - da Universidade Federal de Roraima como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Química Ambiental, com área de concentração Analítica.

Orientador: Prof. Dr. Henrique Eduardo Bezerra da Silva

**Boa Vista
2011**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

S253i Satelles, José Lopes.

Influência do lançamento do efluente da estação de tratamento de esgoto doméstico no Igarapé Grande em Boa Vista/RR/ José Lopes Satelles. – Boa Vista, 2011.
110 f. : il

Orientador: Prof^o. Dr^o Henrique Eduardo Bezerra da Silva.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Química.

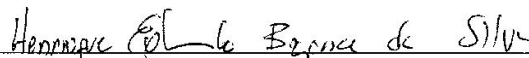
1 - Boa Vista 2 -Igarapé Grande. 3 - Efluente I – Título. II – Silva , Henrique Eduardo Bezerra da.

CDU – 556.114.7

JOSÉ LOPES SATELLES

**INFLUÊNCIA DO LANÇAMENTO DO EFLUENTE DA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO NO IGARAPÉ GRANDE EM BOA
VISTA/RR**

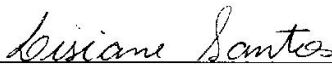
Dissertação apresentada como pré-requisito para a conclusão do curso de Mestrado em Química da Universidade Federal de Roraima, defendida em 15 de fevereiro de 2011 e avaliada pela seguinte banca examinadora.



Prof. Dr Henrique Eduardo Bezerra da Silva
Orientador - PPGQ-UFRR



Prof.ª. Dr.ª Teresa Maria Fernandes de Freitas Mendes
PPGQ - UFRR



Prof.ª. Dr.ª Lisiane dos Santos Freitas
ITP-UNIT

Aos meus pais, Antonio Francisco Satelles e
Roselias Lopes Satelles, que de forma ponderada
me deram carinho e ensinamentos que fizeram de
mim a pessoa que sou hoje.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, pelo amor incondicional, que me guiou e apontou os caminhos para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Henrique Eduardo Bezerra da Silva, pela orientação, paciência, amizade e incentivo, sem os quais não seria possível a conclusão deste trabalho.

À Profa. Dr. Tereza Maria Fernandes de Freitas Mendes, pelas contribuições oferecidas durante toda a realização desta dissertação.

A Universidade Federal de Roraima e ao PPGQ pela oportunidade de realização do curso.

Ao CNPq, CAPES e a FINEP, pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho.

Aos meus pais, Antônio e Roselias, pelo amor e incentivo, o que contribuiu imensamente para a conclusão desse trabalho.

À minha esposa, Hanndressa Kayanna Dias Gonçalves, pelo amor, paciência e incentivo nos momentos mais difíceis.

Às minhas irmãs e irmãos Enilde, Vanilza, Vanilde, Edna, Ronivalter e Manoel pelo carinho e incentivo, os quais foram importantíssimos para a realização do curso.

Ao meu cunhado Adriano, pelo apoio e incentivo.

Ao grande amigo Leovergildo Rodrigues Farias, pela ajuda concedida durante a realização das coletas e análises, pelo companheirismo na realização de trabalhos no decorrer do curso além dos momentos de descontração durante as muitas horas que passamos no laboratório de águas.

À Vânia de Lourdes das Graças Teles, pela paciência e dedicação na transmissão de seus conhecimentos nas análises das espécies metálicas, bem como sua amizade e incentivo, os quais foram de grande valia para o desfecho desta pesquisa;

Ao Francisco dos Santos Panero, pela paciência e dedicação na transmissão de conhecimentos nos estudos quimiométricos dos dados, bem como suas sugestões, as quais foram de grande valia para o desfecho dessa pesquisa;

À colega de curso e amiga Concita Pires, pela disponibilidade em contribuir através da troca de informações e dados, bem como os momentos de descontração no laboratório.

À Prof^a. Dra. Lucilia Pacobahyba, pelo apoio, na disponibilidade de material para realização de análises.

Aos professores da UNICAMP, UFPR e da UFRR, participantes do PROCAD/CAPES, pelas valiosas sugestões durante a realização desse trabalho.

Aos professores do Mestrado em Química da UFRR, pelo apoio e disponibilidade em contribuir através de empréstimo de materiais e equipamentos, bem como valiosas sugestões.

Aos bolsistas do Laboratório de águas, Marcos e Leandro, pelos momentos de descontração e a ajuda que puderam me dispensar.

Ao bolsista Rubem Alves Camelo pela grande ajuda na realização das coletas e análises, o que contribuiu imensamente para a realização deste trabalho.

À Hosana Carolina, pelo apoio, incentivo e disponibilidade em contribuir através de empréstimo de materiais e equipamentos, bem como valiosas sugestões.

Ao Vitor Dourado, pelos momentos de descontração e empréstimo de materiais.

Aos colegas de mestrado: Maria Clarisnete, Mirla, Magda e Denise pelo apoio e companheirismo.

Ao amigo Eberson pelo apoio e incentivo.

Ao Sr Tadeu Rocha, pela confiança depositada, através da viabilidade de acesso a um ponto de coleta em sua propriedade, bem como a disponibilidade de fotografias, as quais contribuíram para o enriquecimento do trabalho.

Ao Prof. Renato Evangelista, pelo artigo cedido para apreciação;

À Rosana Doimo, pela ajuda concedida em algumas análises e presteza a equipe do LABGRÃOS;

À Prof^a Raimunda Rodrigues, pela valiosa contribuição quanto à revisão ortográfica e gramatical desta dissertação.

Nos mais de dois anos de trabalho, gostaria de agradecer a todos que direta ou indiretamente tenham contribuído para a realização deste trabalho.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos
não é senão uma gota de água no mar. Mas o
mar seria menor se lhe faltasse uma gota.”

(Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

O corpo hídrico, objeto deste estudo, o igarapé Grande, localiza-se no Município de Boa Vista, Estado de Roraima, na região Norte do Brasil. O igarapé Grande possui como afluente à sua margem direita, o igarapé da Paca, tendo sua foz no rio Branco. O presente estudo visa avaliar, através da determinação de parâmetros físico-químicos e biológico (clorofila-a) o nível de contaminação do Igarapé Grande após receber efluente da ETE/Boa Vista-RR e o impacto ambiental causado pelo aporte de substâncias no igarapé e possivelmente no rio Branco. Na realização deste estudo foram selecionados seis pontos de coletas considerados estratégicos para o alcance dos objetivos propostos. Foram analisados os parâmetros: cor, turbidez, condutividade, pH, temperatura, oxigênio dissolvido, nitrito, amônia, fósforo total, cloreto, DBO₅, DQO, clorofila-a, cobre, manganês, zinco, ferro e níquel. As técnicas de coleta, transporte e preservação e análises das amostras obedeceram às recomendações da NBR nº 9898 de junho de 1987 e os métodos padrões descritos no Standart Methods for Examination of Water and Wasterwater. Através das observações realizadas pode-se verificar que o igarapé sofre o impacto humano através da retirada da cobertura vegetal, impermeabilização do solo pela ocupação das imediações e lançamentos de agentes poluidores. Através dos resultados, com exceção das espécies metálicas, foi possível confirmar o impacto do lançamento do efluente sobre igarapé Grande. Parâmetros como fósforo, amônia, nitrito e clorofila-a demonstraram que o igarapé Grande não possui capacidade de assimilação, em especial nos períodos de seca, dos nutrientes e espécies contaminantes durante o percurso até a sua foz no rio Branco. Verificou-se elevados valores para DBO₅ e DQO, baixas concentrações de OD em todos os pontos de coletas e concentrações elevadas de nutrientes e contaminantes nos pontos à jusante do lançamento. As concentrações de cobre, ferro e zinco demonstraram-se, em geral, elevadas, porém não foi possível atribuir esses valores ao deságüe do efluente. Com exceção de algumas variáveis o ponto a montante apresentou-se, em geral, em acordo com os valores de referência estabelecidos pelo CONAMA 357/05, enquanto que os pontos à jusante do lançamento, para a maioria dos parâmetros analisados, apresentaram-se valores fora dos limites estabelecidos. A análise dos dados obtidos em sua amplitude ambiental mostra a necessidade de implementação de ações conjuntas para a reversão dos danos ambientais causados ao igarapé Grande e sua biodiversidade.

Palavras-chave: Boa Vista; Igarapé Grande; Efluente.

ABSTRACT

The water body, the object of this study, the creek Grande, located in the city of Boa Vista, Roraima, in northern Brazil. The river has as large tributary to the right bank of the creek Paca, and his mouth in the rio Branco. This study aims to evaluate, through the determination of physico-chemical and biological (chlorophyll-a) the level of contamination of the igarapé Grande after receiving STP effluent/Boa Vista-RR and the environmental impact caused by the injection of substances into the creek and possibly in rio Branco. In this study we selected six collection points considered strategic to the achievement of objectives. Parameters were assessed: color, turbidity, conductivity, pH, temperature, dissolved oxygen, nitrite, ammonia, total phosphorus, chloride, BOD₅, COD, *chlorophyll-a*, copper, manganese, zinc, iron and nickel. The techniques of collection, transportation and preservation of samples and analysis followed the recommendations of the NBR N°. 9898 of June 1987 and the standard methods described in Standard Methods for Examination of Water and Wasterwater. Through the observations can be verified that the stream is impacted by human removal of vegetation, soil sealing by the occupation of the surroundings and releases of pollutants. Through the results, with the exception of metal species, it was possible to confirm the impact of effluent discharge on igarapé Grande. Parameters such as phosphorus, ammonia, nitrite and chlorophyll-a showed that the creek does not have great capacity to assimilate, especially in periods of drought, nutrient and contaminant species en route to its mouth on the rio Branco. It had high values for BOD₅ and COD, low DO concentrations at all collection points, and high concentrations of nutrients and contaminants at points downstream of the release. Concentrations of copper, iron and zinc were shown to be generally high, but it was not possible to assign these values to the outflow of the effluent. Aside from some point upstream variables presented in general agreement with the benchmarks established by CONAMA 357/05, while points downstream of the release, for most parameters, values are presented outside the set limits. The analysis of data from its environmental scale shows the need for implementation of joint actions to reverse the environmental damage caused to the igarapé Grande and his biodiversidade.

Key words: Boa Vista; igarapé Grande; Effluent.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.	Composição do esgoto sanitário	19
FIGURA 2.	Esquema das estações elevatórias de esgoto em Boa Vista/RR.	24
FIGURA 3.	Imagem do sistema de lagoas de estabilização da ETE Boa Vista – RR	25
FIGURA 4.	Saída do efluente “tratado” das lagoas para o igarapé Grande	26
FIGURA 5.	Construção do canal emissário do esgoto tratado nas Lagoas de Estabilização para o rio Branco.....	27
FIGURA 6.	Localização de Roraima	53
FIGURA 7	Localização da área de estudo: sudoeste de Boa Vista.	55
FIGURA 8.	Antigo lixão, próximo à margem direita do igarapé Grande	62
FIGURA 9.	Ponto 1 – Montante da ETE: (a), no período de chuvas; e (b), no período de	63
FIGURA 10.	Ponto 2 – calha de lançamento do efluente, (a) 1ª campanha e (b) 5ª campanha.	64
FIGURA 11.	Ponto 3 – Zona de mistura, (a) aspecto do ponto 3 e (b) lixo lançado no igarapé.....	64
FIGURA 12	Ponto 4 - Ponte BR -174, (a) ponto 4, 2ª campanha e (b) ponto 4 na 5ª campanha.	65
FIGURA 13	Ponto 4.1 – Montante do deságüe do igarapé da Paca no igarapé Grande, (a) ponto 4.1, parte superior e igarapé da paca na parte inferior da imagem. e (b) ponto 4.1.....	66
FIGURA 14	Ponto 5 – Foz do igarapé Grande no rio Branco, (a) Foz do igarapé Grande na 1ª campanha, período das chuvas e (b) ponto de coleta 5 no período da seca, 5ª campanha.....	66
FIGURA 15	Precipitação pluviométrica mensal em Boa Vista – RR	67
FIGURA 16	Variação espacial e temporal do pH na água, durante o período de agosto/2008 a dezembro/09.....	73
FIGURA 17	Variação espacial e temporal da temperatura na água, durante o período de agosto/2008 a dezembro/09.....	74
FIGURA 18	Variação espacial e temporal da cor real na água, durante o período de outubro/2008 a dezembro/09.....	75
FIGURA 19	Variação espacial e temporal da turbidez na água, durante o período de agosto/2008 a dezembro/09.....	77
FIGURA 20	Variação espacial e temporal da condutividade elétrica na água, durante o período de agosto/2008 a dezembro/09.....	78
FIGURA 21	Variação espacial e temporal de cloreto na água, durante o período de agosto/2008 a dezembro/09.....	79
FIGURA 22	Variação espacial e temporal de oxigênio dissolvido na água, durante o período de agosto/2008 a dezembro/09.....	80
FIGURA 23	Variação espacial e temporal de DBO ₅ na água, durante o período de outubro/2008 a dezembro/09.....	82
FIGURA 24	Variação espacial e temporal de DQO na água, durante o período de agosto/2008 a outubro/09.....	83

FIGURA 25	Variação espacial e temporal de fósforo total na água, durante o período de agosto/2008 a dezembro/09.....	84
FIGURA 26	Variação espacial e temporal de amônia na água, durante o período de agosto/2008 a dezembro/09.....	86
FIGURA 27	Variação espacial e temporal de nitrito na água, durante o período de agosto/2008 a dezembro/09.....	87
FIGURA 28	Variação espacial e temporal de clorofila-a na água, durante o período de maio/2009 a dezembro/09.....	89
FIGURA 29	Gráfico dos scores de PC ₂ vs PC ₁ , autoescalamiento, var. tot. 74,7%, discriminação dos pontos de coleta do Igarapé Grande e dos períodos seco e chuvoso do ano de 2009.....	90
FIGURA 30	Gráfico dos loadings de PC ₂ vs PC ₁ , autoescalamiento, var. tot. 74,7%, influência das variáveis na discriminação dos pontos de coleta do Igarapé Grande e dos períodos seco e chuvoso do ano de 2009.....	91

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Metodologias de análises.....	57
TABELA 2.	Condições experimentais de operação do FAAS.....	59
TABELA 3.	Resultados das análises, seus respectivos coeficientes de variação e limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05 para águas de classe 2.....	68
TABELA 4.	Concentrações médias das espécies metálicas (mg.L^{-1}), seus respectivos coeficientes de variação (CV) e os limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05 para águas de classe 2.....	94

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APHA	American Public Health Association
CAER	Companhia de Água e Esgoto de Roraima
CASAN	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CETESB.	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de Sao Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CV	Coeficientes de variação
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
EEE	Estação elevatória de esgoto
ETE	Estações de Tratamento de Esgotos
FAAS	Flame Atomic Absorption Spectrometry (Espectroscopia de absorção atômica)
FATMA	Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina
GPS	Global Positioning System
HCA	Hierarchical cluster analysis (Análise de Componentes Hierárquicos)
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IQA	Índice de qualidade de água
LOD	Limit of detection (Limite de detecção)
LOQ	Limit of quantification (Limite de quantificação)
NTU	Unidades Nefelométricas de Turbidez
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PCA	Principal component analysis (Análises de Componentes Principais)
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RSD	Desvio padrão relativo
UNESP	Universidade Estadual Paulista

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	17
1.2 CARACTERÍSTICAS DO ESGOTO DOMÉSTICO	18
1.3 TRATAMENTO DE ESGOTO	20
1.3.1 Processos físicos	21
1.3.2 Processos químicos	22
1.3.3 Processos biológicos	22
1.3.3.1 Sistemas de lagoas de estabilização	23
1.4 TRATAMENTO DE ESGOTO EM BOA	24
1.5 BOA VISTA: URBANIZAÇÃO E INFLUÊNCIA SOB OS CORPOS HÍDRICOS...	27
1.6 EUTROFIZAÇÃO	28
1.7 LEGISLAÇÃO	29
1.8 PRINCIPAIS PARÂMETROS UTILIZADOS NA CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA	30
1.8.1 Parâmetros físico-químicos e biológico	31
1.8.1.1 Potencial hidrogeniônico- pH	31
1.8.1.2 Temperatura	32
1.8.1.3 Cor	33
1.8.1.4 Turbidez	33
1.8.1.5 Condutividade elétrica	34
1.8.1.6 Cloreto	35
1.8.1.7 Oxigênio dissolvido (OD).....	35
1.8.1.8 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO).....	36
1.8.1.9 Demanda química de oxigênio (DQO).....	37
1.8.1.10 Fósforo	37
1.8.1.11 Amônia	38
1.8.1.12 Nitrito	38
1.8.1.13 Clorofila-a	39
1.8.2 Indicadores da qualidade da água: algumas investigações científicas	39
1.8.3 Espécies metálicas	47
1.9 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS	50
2 OBJETIVOS	52
2.1 OBJETIVO GERAL	52
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	52
3 MATERIAL E MÉTODOS	53
3.1 ÁREA DE ESTUDO	53

3.2 COLETA, PRESERVAÇÃO E TRANSPORTE DAS AMOSTRAS	55
3.3 MATERIAIS E MÉTODOS	56
3.4 FIGURAS DE MÉRITO E VALIDAÇÃO DOS MÉTODOS	60
3.5 TRATAMENTO DOS DADOS	60
3.6 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS GERADOS	60
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4.1 ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS	67
4.1.1 pH	72
4.1.2 Temperatura	73
4.1.3 Cor real	75
4.1.4 Turbidez	76
4.1.5 Condutividade elétrica	77
4.1.6 Cloreto	79
4.1.7 Oxigênio dissolvido	80
4.1.8 DBO ₅	81
4.1.9 DQO	82
4.1.10 Fósforo total.....	84
4.1.11 Amônia	85
4.1.12 Nitrito.....	87
4.2 PARÂMETRO BIOLÓGICO	88
4.2.1 Clorofila-a.....	88
4.3 ANÁLISE MULTIVARIADA	89
4.4 ESPÉCIES METÁLICAS	94
4.4.1 Cobre (Cu)	95
4.4.2 Ferro (Fe)	96
4.4.3 Manganês	96
4.4.4 Níquel	97
4.4.5 Zinco.....	97
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	101
REFERÊNCIAS	102

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o impacto ambiental causado pelo aporte, no igarapé Grande, de substâncias provenientes da ETE/Boa Vista-RR, através da determinação de parâmetros físico-químicos e da clorofila-a.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar os parâmetros: cor, turbidez, condutividade, pH, temperatura, oxigênio dissolvido, nitrito, amônia, fósforo total, cloreto, DBO₅, DQO, clorofila-a, cobre, manganês, zinco, ferro e níquel, em amostras de água à montante, jusante e na calha de lançamento do efluente.
- Avaliar a variabilidade dos valores dos parâmetros estudados durante os períodos seco e chuvoso.
- Verificar se os valores dos parâmetros determinados estão a níveis permitidos pela legislação (CONAMA 357/05).
- Discutir a relação entre os valores dos parâmetros físico-químicos, da clorofila-a e a qualidade da água do igarapé Grande.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Roraima é um dos Estados da Federação mais novos, situa-se no extremo Norte, ocupando parte da área geográfica da Amazônica Ocidental, conforme se pode visualizar na figura 6.

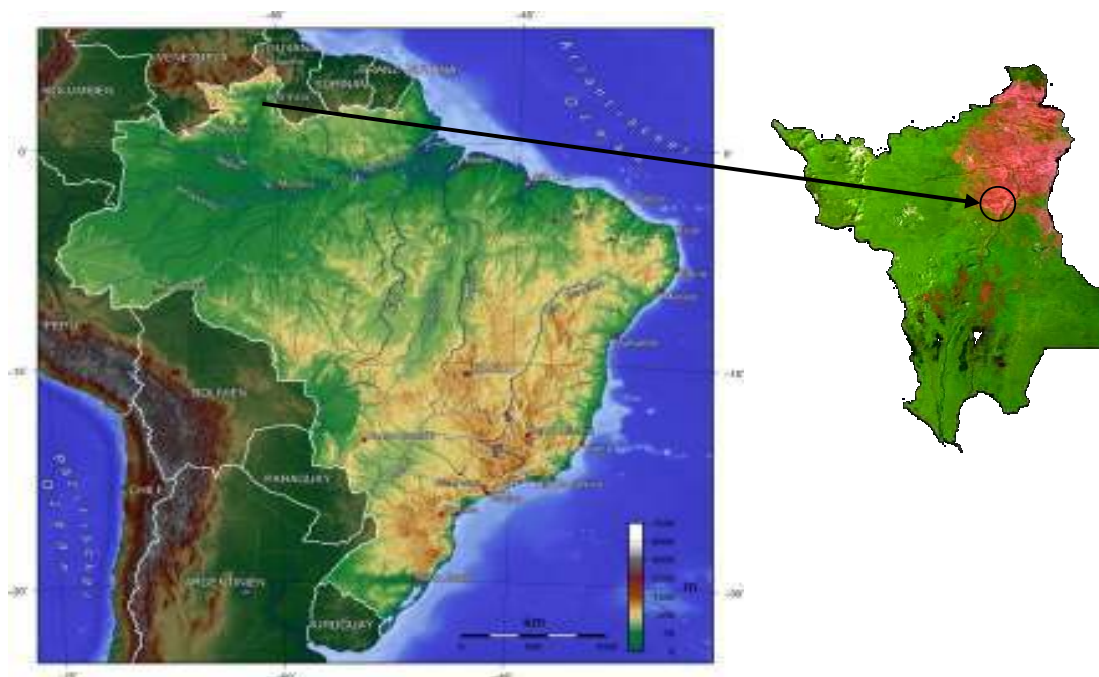


Figura 6 - Localização de Roraima
Fonte: MIRANDA (2004)

A capital de Roraima é a cidade de Boa Vista que se localiza à margem direita do rio Branco, a uma altitude de 90 m acima do nível do mar, ocupando área de aproximadamente 5.687,064 Km². Sua temperatura varia de 20 a 38 °C, tendo clima quente e úmido e duas estações climáticas bem definidas: a estação das chuvas, nos meses de abril a setembro, e a estação de seca, nos meses de outubro a março (GOMES, 1997).

O corpo hídrico, objeto deste estudo, é o igarapé Grande que se localiza na área urbana do Município de Boa Vista; recebe as águas do igarapé da Paca, formando uma microbacia, e tem sua foz no Rio Branco.

O igarapé Grande é um corpo d'água lótico, com uma extensão de aproximadamente 8.550 m e largura média de 10 m. Possui cerca de 1 m de profundidade média. Para realização deste estudo, foram selecionados ao longo do igarapé Grande cinco pontos de coleta de amostras: o primeiro ponto localizado à montante do lançamento do efluente “tratado” pelo sistema de lagoas de estabilização; o segundo, na calha de lançamento do efluente no igarapé; o terceiro, no deságüe do efluente no igarapé (zona de mistura); o quarto e quinto pontos, após o igarapé receber o efluente proveniente da ETE- Boa Vista – RR. Diante da necessidade de averiguação da influência do igarapé da Paca sobre o igarapé Grande foi incluído um sexto ponto de coleta, denominado 4.1, localizado em uma área intermediária aos pontos 4 e 5. Esse ponto foi acrescentado aos locais de amostragem somente após a quarta coleta. O igarapé da Paca deságua no igarapé Grande, entre os pontos 4 e 5. Para a inclusão desse ponto, partiu-se da premissa de que aquele corpo aquático, ao desaguar no igarapé Grande, influencia nas características da água desse corpo aquático.

A quantidade dos pontos de coleta de amostras foi definida de modo que este estudo represente a real influência do lançamento dos efluentes gerados a partir do sistema de lagoas de estabilização da ETE Boa Vista no corpo receptor, o igarapé Grande. Além disso, tendo-se seis pontos de coleta, poder-se-á descrever e analisar o comportamento das águas do igarapé ao longo de seu curso e o possível impacto do efluente sobre o Rio Branco. Os pontos selecionados para a realização das coletas encontram-se nas seguintes coordenadas:

- a) **Ponto 1 – Montante:** localizado a 02° 47' 25,4" N e 060° 42' 43,0", a montante do lançamento do efluente gerado pela ETE.
- b) **Ponto 2 – Calha de lançamento:** situado a 02° 47' 19,3" N e 060° 42' 40,6" W, consiste no efluente do esgoto doméstico “tratado” pelo sistema de lagoas de estabilização.
- c) **Ponto 3 – Deságüe do efluente no igarapé Grande:** Localizado a aproximadamente 120 m de distância do ponto 1, a 02° 47' 24,5" N e 60° 42' 39,1.
- d) **Ponto 4 – Ponte BR - 174:** localiza-se a 02° 47' 1,4" N e 60° 42' 7,3" W, à aproximadamente 1200 m do ponto 3.
- e) **Ponto 4.1 – Montante do deságüe do igarapé da Paca no igarapé Grande:** localiza-se a 02°46'35,0" N e 60°41'58,9" W, a aproximadamente 860 m do ponto 4.

- f) **Ponto 5 – Foz do igarapé Grande no rio Branco:** Localiza-se a $02^{\circ} 46' 15''$ N e $60^{\circ} 41' 29,9''$ W, a aproximadamente 1400 m do ponto 4.1.

Para situar o espaço geográfico delimitado para este estudo, confeccionou-se um mapa, utilizando-se o software Google Earth, onde se pode visualizar o trajeto do igarapé Grande, identificado por uma linha pontilhada de cor verde, até sua desembocadura no rio Branco. A Figura 7 traz, ainda, a indicação dos pontos de coleta das amostras, georeferenciados por GPS (Global Positioning System) etrex – Garmim e identificados por marcadores. A linha pontilhada na cor branca representa o trajeto do igarapé da Paca.



Figura 7 - Localização da área de estudo: sudoeste de Boa Vista.
Fonte: Google earth (2010).

3.2 COLETA, PRESERVAÇÃO E TRANSPORTE DAS AMOSTRAS.

As técnicas de coleta, transporte e preservação das amostras, obedeceram às recomendações da norma técnica - NBR nº 9898 - de junho de 1987, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

A coleta das amostras foi realizada em seis campanhas, sendo a 1ª em agosto de 2008; 2ª, novembro de 2008; 3ª, maio de 2009; 4ª, agosto de 2009; 5ª, outubro de 2009; e a 6ª campanha, em dezembro de 2009. As coletas foram realizadas manualmente, mergulhando o recipiente de 15 a 30 cm abaixo da superfície, em sentido contrário ao da corrente, obedecendo a um horário pré-estabelecido (entre 6 e 10 h), utilizando frascos coletores com capacidade para 1 L. Foram utilizados cinco frascos em cada ponto de coleta, sendo três em polietileno, destinados às determinações das concentrações de nutrientes e espécies metálicas, e dois frascos em vidro âmbar, destinados às determinações de DBO_5 e clorofila-a. Cada frasco foi identificado com o nome do ponto de coleta correspondente, além da data e horário da sua realização.

Após a coleta e determinações de alguns parâmetros em campo, as amostras foram acondicionadas em caixas de isopor com gelo, para a manutenção das características das mesmas, e transportadas para o Laboratório de Águas da Universidade Federal de Roraima, a fim de receberem tratamento específico.

As amostras destinadas às determinações das espécies metálicas foram filtradas em membranas de 0,45 μm de porosidade, acidificadas com ácido nítrico até pH menor que 2, acondicionadas em refrigerador à temperatura de 4 °C até a realização das determinações em um prazo máximo de 180 dias.

As amostras destinadas à análise de fósforo total foram acidificadas com ácido sulfúrico até pH menor que 2, armazenadas sob refrigeração à temperatura de 4 °C para a realização das determinações no prazo máximo de 28 dias.

Os prazos para as realizações das determinações, bem como a preservação das amostras, foram criteriosamente considerados a fim de se obter valores representativos.

3.3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados (vidrarias e plásticos) foram previamente limpos e calibrados antes de cada procedimento. Na preparação dos padrões e tratamento das amostras, foram utilizados reagentes de pureza analítica e água desionizada.

Na Tabela 1 apresentam-se os parâmetros estudados e os métodos utilizados para a sua determinação, conforme o Standart Methods for Examination of Water and Wasterwater, descritos a seguir, em que os parâmetros pH, temperatura, OD, condutividade foram

determinados *in loco*, por meio do uso de equipamentos portáteis, enquanto os demais foram determinados em laboratório, conforme a indicação na tabela 1.

Tabela 1. Metodologias de análises

Variável	Unid.	Campo	Laboratório	Método
pH	-	X		APHA (1998) – Seção 4500 – Método eletrométrico
Temperatura da água	°C	X		APHA (1998) – Seção 2550 B. – Método de análise de campo
Oxigênio dissolvido	mg.L ⁻¹	X		APHA (1998) – Seção 4500 O. – Método do eletrodo de membrana
Cor real	mg/Pt		X	APHA (1998) – Seção 2120 B. – Método da comparação visual.
Turbidez	NTU		X	APHA (1998) – Seção 2130 B. – Método neflométrico.
Condutividade	µS/cm	X		APHA (1998) – Seção 2510
Cloreto.	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 4500 B. – Método argentimétrico
DBO ₅	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 5210 B. – Método de incubação.
DQO	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 5220 C. – Método de refluxo fechado.
Fósforo total	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 4500 Fósforo E. – Método ácido ascórbico
Nitrogênio amônia	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 4500-NH ₃ F. Método Fenato
Nitrogênio nitrito	µg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 4500 B. – Método colorimétrico.
Clorofila-a	µg.L ⁻¹		X	WISCONSIN STATE LAB OF HYGIENE (1991) ESS.Method 150. 1: Chorophyll-Spectrophotometric
Espécies metálicas	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 3111 – Espectrometria de absorção atômica por chama.

A determinação do pH foi realizada através do instrumento pHmetro (phtec, pH-100). A calibração do equipamento foi realizada utilizando-se solução tampão de pH igual a 4 e 7, conforme instruções do fabricante.

A determinação da condutividade elétrica deu-se por meio do aparelho condutivímetro (Handylab, LF1) o qual foi previamente calibrado com uma solução padrão de cloreto de potássio (KCl), 0,01 mol L⁻¹, conforme especificação do fabricante.

Para determinação do OD, recorreu-se ao uso do aparelho oxímetro (handylab, OX1/set) que foi previamente calibrado com uma solução padrão, conforme especificação do fabricante.

Na determinação da cor real, utilizou-se o instrumento Nessler Quanti 200. Com o turbidímetro (Alfakit, AT-2K) fez-se a determinação da turbidez. O instrumento foi previamente aferido com solução padrão de 100 NTU.

As determinações de nitrito, amônia, fósforo total e clorofila-a foram realizadas através do método espectrofotométrico (HACH, DR/4000U).

Para a determinação de clorofila-a as amostras foram preservadas em refrigerador, envolvida em papel alumínio, o preparo (filtração) foi realizado no mesmo dia da coleta.

Para obter as concentrações de clorofila-a as amostras de água foram filtradas a vácuo, utilizando membrana de fibra de vidro de 0,45 µm de porosidade, em sistema de filtração, agitando sempre a amostra antes de entornar o frasco.

Deixou-se o filtro secar por aproximadamente 1 minuto, ainda com o sistema sob vácuo. Concluída essa etapa, dobrou-se o filtro pela metade e com o auxílio de uma pinça o filtro foi colocado em um tubo de centrifuga com tampa, com capacidade para 15 mL.

Adicionou-se 10mL de acetona 90% ao tubo de centrifuga contendo o filtro e agitou-se vigorosamente (até o filtro se desmanchar). Após agitação manual, o tubo de centrifuga foi colocado imediatamente no refrigerador, na ausência de luz (envolta por papel alumínio), para completa extração dos pigmentos. As amostras permaneceram sob refrigeração, a 4°C, por aproximadamente 20 horas.

Os tubos foram então submetidos à centrifugação. Após essa etapa, uma alíquota do sobrenadante foi retirada e submetida à análise por espectroscopia de absorção molecular na região do visível. Durante esta etapa foram registradas as absorbâncias da amostra e do controle (no lugar da amostra filtrou-se o mesmo volume de água destilada), com ênfase para os sinais obtidos nos seguintes comprimentos de onda: 630, 645 e 663 nm.

Em seguida a concentração foi determinada de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Clorofila} - a = \frac{(11,64 \times A_{663} - 2,16 A_{645} + 0,10 A_{630})v}{V \times I} \quad (3)$$

Onde;

Clorofila-a : µg L⁻¹

v = volume de acetona usada na extração (mL)

V = volume de amostra filtrada (L)

I = Caminho óptico (1cm)

A_{663} = absorbância em 663 nm

A_{645} = absorbância em 645 nm

A_{630} = absorbância em 630 nm (após descontar o sinal do controle, em todos os casos).

As espécies Cu, Fe, Ni, Mn, e Zn foram determinados por espectrometria de absorção atômica (Varian, SpectraAA 50B; usando corretor de deutério) em chama de ar/acetileno. O equipamento foi previamente calibrado, conforme especificação do fabricante, antes das determinações. As especificações do instrumento e as condições gerais de operação utilizadas são apresentadas na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2 - Condições experimentais de operação do FAAS.

Espectrômetro	Varian, Spectra AA 50 B
Espécie/Abertura da fenda (nm)/ λ^* (nm)	Cu / 0,5 / 324,7
	Fe / 0,2 / 248,3
	Mn / 0,2 / 279,5
	Zn / 1,0 / 213,9
	Ni / 0,2 / 232,0
Lâmpada de Cátodo Oco	Multielementar: Mn Monoelementar: Cu, Fe, Ni e Zn
Corretor de fundo	Lâmpada de Deutério
Combustível/Oxidante	Acetileno/Ar

* λ = comprimento de onda

Para determinação das espécies metálicas, foi feita a pré-concentração dos analitos cujo método consistiu na retirada de uma alíquota de 200 mL da amostra previamente filtrada (Millipore 0,45 μ m de porosidade), aquecimento a 100 °C até a redução deste volume para aproximadamente 25 mL, seguindo-se a elevação do volume para 50,0 mL em HNO₃ a 2% (v/v) (SANTANA; BARRONCAS, 2007).

3.4 FIGURAS DE MÉRITO E VALIDAÇÃO DOS MÉTODOS

Os critérios adotados para a avaliação da eficiência analítica foram:

- Desvio padrão relativo (RSD) em porcentagem, para um número de determinações igual a três;
- Limite de detecção (LOD);
- Limite de quantificação (LOQ).

Os LODs e LOQs para as espécies Cu, Fe, Mn, Ni e Zn e as espécies nitrito, amônia e fósforo foram determinados de acordo com Skoog, West, Holler (2002) através das expressões (2) e (3) em que S_{br} corresponde ao desvio padrão do sinal do branco do método para 10 determinações e α corresponde à inclinação da curva analítica.

$$LOD = \frac{3S_{br}}{\alpha} \quad (4)$$

$$LOQ = 10S_{br} \quad (5)$$

3.5 TRATAMENTO DOS DADOS

O tratamento preliminar dos dados obtidos (cálculo de médias aritméticas e coeficiente de variação) foi realizado por meio do software Office Excel 2007 – Copyright© Microsoft Corporation. As curvas analíticas para a determinação dos parâmetros físico-químicos - nitrito, amônia e fósforo total - foram realizadas utilizando o programa Origin 7.0 SRO, versão 7.0220 (B), Copyright© 1991-2002. A análise por Componentes Principais foi realizada por meio do software Ein Sigth 3.0 Série nº 9203E30B20, Copyright© Infometrix, seattle, WA, 1991.

3.6 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS GERADOS

Os resíduos das soluções de Ni foram estocados separadamente dos demais e, ao término do trabalho, foi feita a sua precipitação como $Ni(OH)_2$ em pH igual a 8, usando NaOH a 1 mol.L^{-1} (COMITTEE ON HAZARDOUS SUBSTANCES IN THE LABORATORY, 1983). Em seguida, o precipitado foi separado da fase aquosa por filtração

em papel de filtro qualitativo e acondicionado em frasco de polipropileno, devidamente rotulado e armazenado no Laboratório de águas da UFRR para seu posterior reaproveitamento.

Os demais resíduos das soluções utilizadas nas determinações das espécies metálicas foram neutralizados com uma solução de NaOH a 1 mol L⁻¹, considerando o pH de precipitação de cada espécie. Em seguida, o precipitado foi separado da fase aquosa por filtração em papel de filtro qualitativo e acondicionado em frasco de polipropileno, devidamente rotulado e armazenado no Laboratório de Águas da UFRR, para seu posterior reaproveitamento.

As determinações de cloreto por titrimetria foram executadas usando-se o método de Mohr. Os resíduos de cromo e prata oriundos desse procedimento foram estocados em frascos apropriados, devidamente identificados, para posterior tratamento. As espécies químicas envolvidas nas reações e que necessitaram de tratamento antes do descarte em pia foram: AgCl e Ag₂CrO₄ precipitados, íons Ag⁺ e CrO₄²⁻ em solução. Os resíduos das espécies químicas foram acidificados com HCl 1:1 (v:v) até pH 2. Com o objetivo converter o cromato de prata em cloreto de prata Usou-se ácido clorídrico, conforme a reação equacionada abaixo:



A solução resultante desse processo químico foi refinada através de filtro de passagem rápida e funil de haste curta. Em seguida, o papel de filtro contendo os sais de prata foi removido e descartado em frasco apropriado.

Como os sais de íons CrO₄²⁻ são muito solúveis, o crômio foi reduzido a Cr³⁺ para remoção por precipitação com hidróxido de sódio, adicionando-se cerca de 30 mL de solução de Na₂S₂O₃ 0,1 mol.L⁻¹ ao filtrado e agitou-se por cerca de 5 minutos. Em seguida, acrescentou-se solução de NaOH 1 mol.L⁻¹ (cerca de 30 mL), gota a gota, num período de 10 minutos, até que o pH da solução chegasse a oito, deixando-a sob agitação por mais 30 minutos. A suspensão ficou em repouso por pelo menos uma hora para que sofresse a decantação. A solução foi descartada em pia, sob fluxo de água corrente, enquanto o precipitado foi removido e descartado em frasco apropriado. (MICARONI, 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Roraima é um dos Estados da Federação mais novos, situa-se no extremo Norte, ocupando parte da área geográfica da Amazônia Ocidental, conforme se pode visualizar na figura 6.

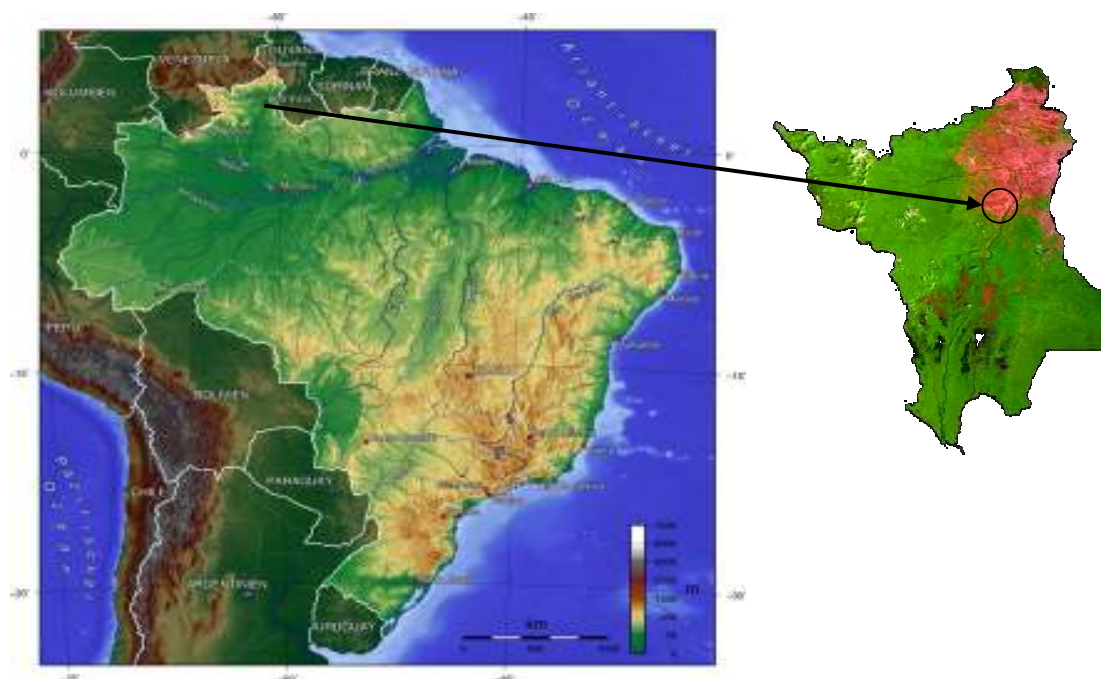


Figura 6 - Localização de Roraima
Fonte: MIRANDA (2004)

A capital de Roraima é a cidade de Boa Vista que se localiza à margem direita do rio Branco, a uma altitude de 90 m acima do nível do mar, ocupando área de aproximadamente 5.687,064 Km². Sua temperatura varia de 20 a 38 °C, tendo clima quente e úmido e duas estações climáticas bem definidas: a estação das chuvas, nos meses de abril a setembro, e a estação de seca, nos meses de outubro a março (GOMES, 1997).

O corpo hídrico, objeto deste estudo, é o igarapé Grande que se localiza na área urbana do Município de Boa Vista; recebe as águas do igarapé da Paca, formando uma microbacia, e tem sua foz no Rio Branco.

O igarapé Grande é um corpo d'água lótico, com uma extensão de aproximadamente 8.550 m e largura média de 10 m. Possui cerca de 1 m de profundidade média. Para realização deste estudo, foram selecionados ao longo do igarapé Grande cinco pontos de coleta de amostras: o primeiro ponto localizado à montante do lançamento do efluente “tratado” pelo sistema de lagoas de estabilização; o segundo, na calha de lançamento do efluente no igarapé; o terceiro, no deságüe do efluente no igarapé (zona de mistura); o quarto e quinto pontos, após o igarapé receber o efluente proveniente da ETE- Boa Vista – RR. Diante da necessidade de averiguação da influência do igarapé da Paca sobre o igarapé Grande foi incluído um sexto ponto de coleta, denominado 4.1, localizado em uma área intermediária aos pontos 4 e 5. Esse ponto foi acrescentado aos locais de amostragem somente após a quarta coleta. O igarapé da Paca deságua no igarapé Grande, entre os pontos 4 e 5. Para a inclusão desse ponto, partiu-se da premissa de que aquele corpo aquático, ao desaguar no igarapé Grande, influencia nas características da água desse corpo aquático.

A quantidade dos pontos de coleta de amostras foi definida de modo que este estudo represente a real influência do lançamento dos efluentes gerados a partir do sistema de lagoas de estabilização da ETE Boa Vista no corpo receptor, o igarapé Grande. Além disso, tendo-se seis pontos de coleta, poder-se-á descrever e analisar o comportamento das águas do igarapé ao longo de seu curso e o possível impacto do efluente sobre o Rio Branco. Os pontos selecionados para a realização das coletas encontram-se nas seguintes coordenadas:

- a) **Ponto 1 – Montante:** localizado a 02° 47' 25,4" N e 060° 42' 43,0", a montante do lançamento do efluente gerado pela ETE.
- b) **Ponto 2 – Calha de lançamento:** situado a 02° 47' 19,3" N e 060° 42' 40,6" W, consiste no efluente do esgoto doméstico “tratado” pelo sistema de lagoas de estabilização.
- c) **Ponto 3 – Deságüe do efluente no igarapé Grande:** Localizado a aproximadamente 120 m de distância do ponto 1, a 02° 47' 24,5" N e 60° 42' 39,1.
- d) **Ponto 4 – Ponte BR - 174:** localiza-se a 02° 47' 1,4" N e 60° 42' 7,3" W, à aproximadamente 1200 m do ponto 3.
- e) **Ponto 4.1 – Montante do deságüe do igarapé da Paca no igarapé Grande:** localiza-se a 02°46'35,0" N e 60°41'58,9" W, a aproximadamente 860 m do ponto 4.

- f) **Ponto 5 – Foz do igarapé Grande no rio Branco:** Localiza-se a $02^{\circ} 46' 15''$ N e $60^{\circ} 41' 29,9''$ W, a aproximadamente 1400 m do ponto 4.1.

Para situar o espaço geográfico delimitado para este estudo, confeccionou-se um mapa, utilizando-se o software Google Earth, onde se pode visualizar o trajeto do igarapé Grande, identificado por uma linha pontilhada de cor verde, até sua desembocadura no rio Branco. A Figura 7 traz, ainda, a indicação dos pontos de coleta das amostras, georeferenciados por GPS (Global Positioning System) etrex – Garmim e identificados por marcadores. A linha pontilhada na cor branca representa o trajeto do igarapé da Paca.



Figura 7 - Localização da área de estudo: sudoeste de Boa Vista.
Fonte: Google earth (2010).

3.2 COLETA, PRESERVAÇÃO E TRANSPORTE DAS AMOSTRAS.

As técnicas de coleta, transporte e preservação das amostras, obedeceram às recomendações da norma técnica - NBR nº 9898 - de junho de 1987, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

A coleta das amostras foi realizada em seis campanhas, sendo a 1ª em agosto de 2008; 2ª, novembro de 2008; 3ª, maio de 2009; 4ª, agosto de 2009; 5ª, outubro de 2009; e a 6ª campanha, em dezembro de 2009. As coletas foram realizadas manualmente, mergulhando o recipiente de 15 a 30 cm abaixo da superfície, em sentido contrário ao da corrente, obedecendo a um horário pré-estabelecido (entre 6 e 10 h), utilizando frascos coletores com capacidade para 1 L. Foram utilizados cinco frascos em cada ponto de coleta, sendo três em polietileno, destinados às determinações das concentrações de nutrientes e espécies metálicas, e dois frascos em vidro âmbar, destinados às determinações de DBO_5 e clorofila-a. Cada frasco foi identificado com o nome do ponto de coleta correspondente, além da data e horário da sua realização.

Após a coleta e determinações de alguns parâmetros em campo, as amostras foram acondicionadas em caixas de isopor com gelo, para a manutenção das características das mesmas, e transportadas para o Laboratório de Águas da Universidade Federal de Roraima, a fim de receberem tratamento específico.

As amostras destinadas às determinações das espécies metálicas foram filtradas em membranas de 0,45 μm de porosidade, acidificadas com ácido nítrico até pH menor que 2, acondicionadas em refrigerador à temperatura de 4 °C até a realização das determinações em um prazo máximo de 180 dias.

As amostras destinadas à análise de fósforo total foram acidificadas com ácido sulfúrico até pH menor que 2, armazenadas sob refrigeração à temperatura de 4 °C para a realização das determinações no prazo máximo de 28 dias.

Os prazos para as realizações das determinações, bem como a preservação das amostras, foram criteriosamente considerados a fim de se obter valores representativos.

3.3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados (vidrarias e plásticos) foram previamente limpos e calibrados antes de cada procedimento. Na preparação dos padrões e tratamento das amostras, foram utilizados reagentes de pureza analítica e água desionizada.

Na Tabela 1 apresentam-se os parâmetros estudados e os métodos utilizados para a sua determinação, conforme o Standart Methods for Examination of Water and Wasterwater, descritos a seguir, em que os parâmetros pH, temperatura, OD, condutividade foram

determinados *in loco*, por meio do uso de equipamentos portáteis, enquanto os demais foram determinados em laboratório, conforme a indicação na tabela 1.

Tabela 1. Metodologias de análises

Variável	Unid.	Campo	Laboratório	Método
pH	-	X		APHA (1998) – Seção 4500 – Método eletrométrico
Temperatura da água	°C	X		APHA (1998) – Seção 2550 B. – Método de análise de campo
Oxigênio dissolvido	mg.L ⁻¹	X		APHA (1998) – Seção 4500 O. – Método do eletrodo de membrana
Cor real	mg/Pt		X	APHA (1998) – Seção 2120 B. – Método da comparação visual.
Turbidez	NTU		X	APHA (1998) – Seção 2130 B. – Método neflométrico.
Condutividade	µS/cm	X		APHA (1998) – Seção 2510
Cloreto.	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 4500 B. – Método argentimétrico
DBO ₅	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 5210 B. – Método de incubação.
DQO	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 5220 C. – Método de refluxo fechado.
Fósforo total	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 4500 Fósforo E. – Método ácido ascórbico
Nitrogênio amônia	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 4500-NH ₃ F. Método Fenato
Nitrogênio nítrico	µg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 4500 B. – Método colorimétrico.
Clorofila-a	µg.L ⁻¹		X	WISCONSIN STATE LAB OF HYGIENE (1991) ESS.Method 150. 1: Chorophyll-Spectrophotometric
Espécies metálicas	mg.L ⁻¹		X	APHA (1998) – Seção 3111 – Espectrometria de absorção atômica por chama.

A determinação do pH foi realizada através do instrumento pHmetro (phtec, pH-100). A calibração do equipamento foi realizada utilizando-se solução tampão de pH igual a 4 e 7, conforme instruções do fabricante.

A determinação da condutividade elétrica deu-se por meio do aparelho condutímetro (Handylab, LF1) o qual foi previamente calibrado com uma solução padrão de cloreto de potássio (KCl), 0,01 mol L⁻¹, conforme especificação do fabricante.

Para determinação do OD, recorreu-se ao uso do aparelho oxímetro (handylab, OX1/set) que foi previamente calibrado com uma solução padrão, conforme especificação do fabricante.

Na determinação da cor real, utilizou-se o instrumento Nessler Quanti 200. Com o turbidímetro (Alfakit, AT-2K) fez-se a determinação da turbidez. O instrumento foi previamente aferido com solução padrão de 100 NTU.

As determinações de nitrito, amônia, fósforo total e clorofila-a foram realizadas através do método espectrofotométrico (HACH, DR/4000U).

Para a determinação de clorofila-a as amostras foram preservadas em refrigerador, envolvida em papel alumínio, o preparo (filtração) foi realizado no mesmo dia da coleta.

Para obter as concentrações de clorofila-a as amostras de água foram filtradas a vácuo, utilizando membrana de fibra de vidro de 0,45 µm de porosidade, em sistema de filtração, agitando sempre a amostra antes de entornar o frasco.

Deixou-se o filtro secar por aproximadamente 1 minuto, ainda com o sistema sob vácuo. Concluída essa etapa, dobrou-se o filtro pela metade e com o auxílio de uma pinça o filtro foi colocado em um tubo de centrifuga com tampa, com capacidade para 15 mL.

Adicionou-se 10mL de acetona 90% ao tubo de centrifuga contendo o filtro e agitou-se vigorosamente (até o filtro se desmanchar). Após agitação manual, o tubo de centrifuga foi colocado imediatamente no refrigerador, na ausência de luz (envolta por papel alumínio), para completa extração dos pigmentos. As amostras permaneceram sob refrigeração, a 4°C, por aproximadamente 20 horas.

Os tubos foram então submetidos à centrifugação. Após essa etapa, uma alíquota do sobrenadante foi retirada e submetida à análise por espectroscopia de absorção molecular na região do visível. Durante esta etapa foram registradas as absorbâncias da amostra e do controle (no lugar da amostra filtrou-se o mesmo volume de água destilada), com ênfase para os sinais obtidos nos seguintes comprimentos de onda: 630, 645 e 663 nm.

Em seguida a concentração foi determinada de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Clorofila} - a = \frac{(11,64 \times A_{663} - 2,16 A_{645} + 0,10 A_{630})v}{V \times I} \quad (3)$$

Onde;

Clorofila-a : µg L⁻¹

v = volume de acetona usada na extração (mL)

V = volume de amostra filtrada (L)

I = Caminho óptico (1cm)

A_{663} = absorbância em 663 nm

A_{645} = absorbância em 645 nm

A_{630} = absorbância em 630 nm (após descontar o sinal do controle, em todos os casos).

As espécies Cu, Fe, Ni, Mn, e Zn foram determinados por espectrometria de absorção atômica (Varian, SpectraAA 50B; usando corretor de deutério) em chama de ar/acetileno. O equipamento foi previamente calibrado, conforme especificação do fabricante, antes das determinações. As especificações do instrumento e as condições gerais de operação utilizadas são apresentadas na Tabela 2, a seguir.

Tabela 2 - Condições experimentais de operação do FAAS.

Espectrômetro	Varian, Spectra AA 50 B
Espécie/Abertura da fenda (nm)/ λ^* (nm)	Cu / 0,5 / 324,7
	Fe / 0,2 / 248,3
	Mn / 0,2 / 279,5
	Zn / 1,0 / 213,9
	Ni / 0,2 / 232,0
Lâmpada de Cátodo Oco	Multielementar: Mn Monoelementar: Cu, Fe, Ni e Zn
Corretor de fundo	Lâmpada de Deutério
Combustível/Oxidante	Acetileno/Ar

* λ = comprimento de onda

Para determinação das espécies metálicas, foi feita a pré-concentração dos analitos cujo método consistiu na retirada de uma alíquota de 200 mL da amostra previamente filtrada (Millipore 0,45 μ m de porosidade), aquecimento a 100 °C até a redução deste volume para aproximadamente 25 mL, seguindo-se a elevação do volume para 50,0 mL em HNO₃ a 2% (v/v) (SANTANA; BARRONCAS, 2007).

3.4 FIGURAS DE MÉRITO E VALIDAÇÃO DOS MÉTODOS

Os critérios adotados para a avaliação da eficiência analítica foram:

- Desvio padrão relativo (RSD) em porcentagem, para um número de determinações igual a três;
- Limite de detecção (LOD);
- Limite de quantificação (LOQ).

Os LODs e LOQs para as espécies Cu, Fe, Mn, Ni e Zn e as espécies nitrito, amônia e fósforo foram determinados de acordo com Skoog, West, Holler (2002) através das expressões (2) e (3) em que S_{br} corresponde ao desvio padrão do sinal do branco do método para 10 determinações e α corresponde à inclinação da curva analítica.

$$LOD = \frac{3S_{br}}{\alpha} \quad (4)$$

$$LOQ = 10S_{br} \quad (5)$$

3.5 TRATAMENTO DOS DADOS

O tratamento preliminar dos dados obtidos (cálculo de médias aritméticas e coeficiente de variação) foi realizado por meio do software Office Excel 2007 – Copyright© Microsoft Corporation. As curvas analíticas para a determinação dos parâmetros físico-químicos - nitrito, amônia e fósforo total - foram realizadas utilizando o programa Origin 7.0 SRO, versão 7.0220 (B), Copyright© 1991-2002. A análise por Componentes Principais foi realizada por meio do software Ein Sigth 3.0 Série nº 9203E30B20, Copyright© Infometrix, seattle, WA, 1991.

3.6 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS GERADOS

Os resíduos das soluções de Ni foram estocados separadamente dos demais e, ao término do trabalho, foi feita a sua precipitação como $Ni(OH)_2$ em pH igual a 8, usando NaOH a 1 mol.L^{-1} (COMITTEE ON HAZARDOUS SUBSTANCES IN THE LABORATORY, 1983). Em seguida, o precipitado foi separado da fase aquosa por filtração

em papel de filtro qualitativo e acondicionado em frasco de polipropileno, devidamente rotulado e armazenado no Laboratório de águas da UFRR para seu posterior reaproveitamento.

Os demais resíduos das soluções utilizadas nas determinações das espécies metálicas foram neutralizados com uma solução de NaOH a 1 mol L⁻¹, considerando o pH de precipitação de cada espécie. Em seguida, o precipitado foi separado da fase aquosa por filtração em papel de filtro qualitativo e acondicionado em frasco de polipropileno, devidamente rotulado e armazenado no Laboratório de Águas da UFRR, para seu posterior reaproveitamento.

As determinações de cloreto por titrimetria foram executadas usando-se o método de Mohr. Os resíduos de cromo e prata oriundos desse procedimento foram estocados em frascos apropriados, devidamente identificados, para posterior tratamento. As espécies químicas envolvidas nas reações e que necessitaram de tratamento antes do descarte em pia foram: AgCl e Ag₂CrO₄ precipitados, íons Ag⁺ e CrO₄²⁻ em solução. Os resíduos das espécies químicas foram acidificados com HCl 1:1 (v:v) até pH 2. Com o objetivo converter o cromato de prata em cloreto de prata Usou-se ácido clorídrico, conforme a reação equacionada abaixo:



A solução resultante desse processo químico foi refinada através de filtro de passagem rápida e funil de haste curta. Em seguida, o papel de filtro contendo os sais de prata foi removido e descartado em frasco apropriado.

Como os sais de íons CrO₄²⁻ são muito solúveis, o crômio foi reduzido a Cr³⁺ para remoção por precipitação com hidróxido de sódio, adicionando-se cerca de 30 mL de solução de Na₂S₂O₃ 0,1 mol.L⁻¹ ao filtrado e agitou-se por cerca de 5 minutos. Em seguida, acrescentou-se solução de NaOH 1 mol.L⁻¹ (cerca de 30 mL), gota a gota, num período de 10 minutos, até que o pH da solução chegasse a oito, deixando-a sob agitação por mais 30 minutos. A suspensão ficou em repouso por pelo menos uma hora para que sofresse a decantação. A solução foi descartada em pia, sob fluxo de água corrente, enquanto o precipitado foi removido e descartado em frasco apropriado. (MICARONI, 2002).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nas análises dos parâmetros físico-químicos, confrontados com os valores da resolução CONAMA 357/05, forneceram informações sobre a qualidade da água do igarapé Grande, mostrando sua fragilidade a fatores de degradação de origem antrópica, principalmente ao despejo de efluentes provenientes da ETE. Através de tais análises, torna-se possível concluir que:

1. A alteração da qualidade e a diminuição da quantidade da água devem-se à urbanização, com ocupação de áreas inadequadas; à degradação ambiental, com a retirada da cobertura vegetal; impermeabilização do solo, pela ocupação das imediações; lançamentos de agentes poluidores, como esgotos sanitários, águas da chuva, somados ao lixo e assoreamento.
2. Mesmo diante da ação de moradores adjacentes, o igarapé Grande apresenta, para a maioria dos parâmetros analisados, água de qualidade para alguns fins. Porém, após receber o efluente da ETE, suas águas tornam-se impróprias aos diversos usos possíveis, devido aos aspectos visuais e olfativos, bem como às significativas alterações percebidas nas análises aqui realizadas.
3. Foi observada a presença de amônia, nitrito, fósforo e clorofila-a, em concentrações mais elevadas no ponto 3 (deságue do efluente) e nos pontos à sua jusante, o que confirma a contribuição do efluente na quantidade de nutrientes no corpo hídrico estudado. O aumento no suprimento e a disponibilidade de nutrientes na água afetam a produção primária, modificando as condições ambientais, o que é visivelmente perceptível.
4. Em relação ao parâmetro oxigênio dissolvido, mesmo em pontos menos impactados, mostrou-se com valores abaixo do preconizado pela Resolução CONAMA 357/05 para corpo hídrico de classe 2. Isto demonstra um nível de poluição no igarapé Grande que é prejudicial à vida de espécies aeróbias.
5. A DBO₅ e DQO apresentaram-se elevadas, confirmando a disponibilidade de material orgânico, mesmo à montante do lançamento.
6. Com exceção das variáveis DBO₅, OD, pH (ago/08, maio/09, out/09 e dez/09), fósforo (out/08), Cu e Fe, no ponto 1, apresentaram-se, em geral, em acordo com os valores de referência estabelecidos pelo CONAMA 357/05, enquanto que os

pontos à jusante do lançamento, para a maioria dos parâmetros analisados, apresentaram-se valores fora dos limites estabelecidos.

7. De forma geral, pôde-se constatar que, no período de chuvas, o Igarapé Grande consegue estabelecer condições, no ponto 5, quanto aos parâmetros avaliados, semelhantes às encontradas do ponto 1. Infere-se assim a ocorrência de depuração e a diluição das substâncias lançadas pela ETE. Porém, em períodos de seca, o Igarapé não consegue assimilar grande parte do material recebido, o que é visualmente perceptível e constatado através dos resultados das análises aqui realizadas.
8. Apesar de ser um período atípico em relação à sazonalidade, cuja precipitação pluviométrica, em alguns meses de 2009, foi inferior à média considerada normal. As variáveis analisadas permitiram verificar uma nítida diferenciação entre período seco e chuvoso, quando comparamos os meses de maio/09 (seco) e ago/09 (chuvoso).
9. Com exceção das espécies metálicas, as variáveis físico-químicas analisadas apresentaram-se sensíveis para diferenciar os pontos de coletas. Estes resultados foram confirmados através do método quimiométrico PCA, ocorrendo a separação entre o ponto à montante, deságüe e pontos à jusante.
10. A análise dos dados obtidos mostra a necessidade de implementação de ações conjuntas para a reversão dos danos ambientais causados ao Igarapé Grande e à sua biodiversidade. É mister que se desenvolvam programas de gerenciamento hidrológico, com base no princípio de que a água é um recurso natural indispensável à vida e suscetível a escassez.

A CAER, através do PAC, está implantando tubulações que lançarão os efluentes da ETE Boa Vista diretamente no rio Branco. Essa alternativa, apesar de legal, tornar-se-á inviável se persistir a falta de controle das variáveis físico-químicas e microbiológicas por parte Empresa e Órgãos Ambientais. Além disso, o uso de tubulações impede que a população visualize e sinta os odores que fluem do efluente, o que dificultará a percepção sobre os possíveis prejuízos causados ao rio Branco.

Vale ressaltar que, em períodos de seca, o volume de água do rio Branco torna-se consideravelmente menor que o normal. Devido à ampliação dos serviços da ETE Boa Vista, é possível que o lançamento dos efluentes comprometa a depuração e acarrete problemas de natureza estética (água de cor esverdeada) e promova a diminuição do uso da água para recreação; além de contaminar organismos, como os peixes.

Atualmente, ressalta-se a importância dos recursos ambientais de forma geral. A água é apresentada como um bem de extrema essencialidade à sobrevivência humana e suscetível à escassez. É inadmissível que um corpo hídrico cuja importância é tão grandiosa receba efluentes sem nenhum tratamento ou de forma ineficiente, colocando em risco o uso das águas como fonte de abastecimento, alimento, lazer, dentre outras formas de aproveitamento.

O crescimento da cidade e o desenvolvimento industrial devem ser metas de um governo e de um povo, porém os recursos naturais precisam ser preservados para garantir qualidade de vida a todos e a gerações futuras. Esse modelo de desenvolvimento obterá sucesso se houver o interesse pelo bem comum, se for implantado de forma sustentável, servindo como exemplo ao espírito capitalista da iniciativa privada e não como um alibi para a implantação de indústrias e lançamento de seus efluentes em nossos corpos aquáticos.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

1. Após a interrupção do lançamento de efluentes no Igarapé Grande, fazem-se necessários o monitoramento dos parâmetros físico-químicos na água e dos sedimentos, em pontos estratégicos, a fim de se avaliar a qualidade da água desse corpo hídrico, garantindo o uso de suas águas em atividades humanas sem riscos à saúde.
2. Verificar a eficiência do tratamento da ETE, através de variáveis que permitam examinar o efetivo tratamento do esgoto e melhoramento na qualidade do efluente gerado, após as mudanças físicas que, segundo a CAER, serão realizadas no sistema de lagoas de estabilização.
3. Realizar o monitoramento do efluente, bem como a zona de mistura e pontos estratégicos no rio Branco, de modo a avaliar o impacto causado ao novo corpo receptor. Nesse sentido, as análises devem considerar o que preconiza a legislação vigente com relação ao bom uso dos recursos hídricos. Ressalta-se, ainda, o seguinte texto da Resolução do CONAMA 357/05, Art. 32. § 1º “Nas demais classes de água, o lançamento de efluentes deverá, simultaneamente:
I - atender às condições e padrões de lançamento de efluentes;
II - não ocasionar a ultrapassagem das condições e padrões de qualidade de água, estabelecidos para as respectivas classes, nas condições da vazão de referência (...)”

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**: NBR 9897. Rio de Janeiro, 1987.

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista de Saúde Pública**. São Paulo, v.32 n.2, abr.1998.

APHA – American Public Health Association. **Standart Methods for Examination of and Wasterwater**. 20. ed. Baltimore: United Book Press, 1999.

ÁVILA, R. O. **Avaliação do Desempenho de Sistemas Tanque Séptico-Filtro Anaeróbio Com Diferentes Tipos de Meio Suporte**. Rio de Janeiro, RJ, 2005. Dissertação (Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio De Janeiro- UFRJ.

BAIRD, C. **Química Ambiental** . 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BAO, V.W.W., KOUTSAFTIS, A. LEUNG, K.M.Y. Temperature-dependent toxicities of chlorothalonil and copper pyrithione to the marine copepod *Tigriopus japonicus* and dinoflagellate *Pyrocystis lunula*. **Australasian Journal of Ecotoxicology**. 2008. 14:45-54.

BOLLIMANN, H. A.; MARQUES, D. M. L. M. influência da densidade populacional nas relações entre matéria orgânica carbonácea, nitrogênio e fósforo em rios urbanos situados em áreas com baixa cobertura sanitária. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. João Pessoa – PB, v. 11, n. 4. p. 343-352, out/dez, 2006.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 de mar. 2005.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 jan. 1997.

BRITISH COLUMBIA (Canadá). **Guidelines for Interpreting Water Quality Data: Versão 1.0**, 1998. Disponível em: <<http://srmwww.gov.bc.ca/risc/pubs/aquatic/interp/interp-01.htm>>. Acesso em: 10 fev. 2010.

CARNEIRO, F. **Brasil tem 34,5 milhões de pessoas sem esgoto em áreas urbanas**. Maio, 2008. Disponível em: <<http://g1.globo.com>>. Acesso em: 15 jun. 2008.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DE RORAIMA - CAER. **Obra de ampliação do sistema de esgotamento sanitário avança no bairro Caranã**. Disponível em: <www.caer.com.br>. Acesso em: 16 de março de 2010.

COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DE RORAIMA - CAER. **Estação de tratamento de esgoto - ETE**. Boa Vista, 2008. Disponível em: <www.caer.com.br>. Acesso em: 16 de março de 2010.

CAMPOS, N.; STUDART, T. **Gestão das Águas**. FINEP. Fortaleza – CE, 2001.

CANADA (New Brunswick Water/Economy Agreement). **Monitoring Surface Water Quality – A Guide for Citizens, Students and Communities in Atlantic Canada**. New Brunswick: / Environment Canada. 1994. 76 p.

CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Variáveis de Qualidade das Águas**. Jan, 2001. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis>>. Acesso em: 10 mar. 2009.

COMITTEE ON HAZARDOUS SUBSTANCES IN THE LABORATORY; Commission on Physical Sciences; Mathematics and Resources e National Research Council Prudent Practices for Disposal of Chemicals from Laboratories, National Academy Press, Washington DC, p. 247-249, 1983.

CREPALLI, M. S. **Qualidade da água do rio Cascavel**. Cascavel – PR, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

CUN, C.; VILAGINES, R. Times series analysis on chloride, nitrates, ammonium and dissolved oxygen concentrations in the Seine river near Paris. **The Science of the Environment Pollution**, Paris, V. 208, P. 59-69, 1997.

DEBERDT, A. J. **Análise da água parâmetros físicos e químicos**. 2003. Online. Disponível em: <<http://educar.sc.usp.br>>. Acesso em: 23 ago 2008.

ESBELL, D. M. **Influência do deságüe do sistema de lagoas de estabilização na quantidade de nutrientes no igarapé Grande**, Boa Vista-RR, 2006. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Roraima.

ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FABRETI, A. A. **Pós-tratamento de efluente de lagoa de estabilização através de processo físico-químico**. São Paulo, 2006. 155 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - ESC POLITÉCNICA, Universidade de São Paulo,

FATMA - FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA. **Relevância de parâmetros de qualidade das águas aplicados a águas correntes**. Parte I. Florianópolis: FATMA/GTZ, p. 108. 1999

FARIAS, M. S. S. **Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo**. Campina Grande – PB, 2006. Tese (Monitoramento e Controle da Degradação Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande – PB.

FERREIRA, E. C.; RODRIGUES, G. S. H. B.; FERREIRA, M. M. C.; NÓBREGA, J. A.; NOGUEIRA, A. R. A. Análise exploratória dos teores de constituintes inorgânicos em sucos e refrigerantes de uva. **Eclética Química**. vol.27, nº especial, São Paulo, 2002.

FREIRE, S.M.; BOLLMANN, H. A. Relação entre a densidade populacional e a carga orgânica afluyente ao reservatório de abastecimento do rio irai, região metropolitana de curitiba, paraná. In: XXIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, Campo Grande. **Anais do 23 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro : Ed. ABES, 2005. v. 1. p. 33-33.;

FURRIELA, R. B.; Educação Para o Consumo Sustentável. In: Ciclo de Palestras sobre Meio Ambiente - **Programa Conheça a Educação do Cibec/Inep- MEC/SEF/COEA**, 2001.

GOMES, J. A. A. Informações preliminares sobre a bio-ecologia de peixes elétricos (Ordem Gymnotiformes) em Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLON, E. G. **Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997.

GROPPO, D. J. **Estudo de tendências nas séries temporais de qualidade de água de rios do estado de São Paulo com diferentes graus de intervenção antrópica**. Piracicaba-SP, 2005. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistema) – Universidade de São Paulo.

GUEDES, N. C. C.; DEUS, M. C. P. SATELLES, J. L.; SILVA, H. E. B. JARDIM, W. F. Determinação de mercúrio total em amostras de águas superficiais, água mineral e de deposição total na região de Roraima. In: 31ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Águas de Lindóia - SP. **Livros de Resumos**, 2008.

GUERESCHI, R. M.; FONSECA-GESSNER, A. A. Análise de variáveis físicas e químicas da água e do sedimento de três córregos da Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP, Brasil. In: SANTOS, J. E.; PIRES, J. S. R. (eds) **Estudos Integrados em Ecossistemas: Estação Ecológica de Jataí 2**. São Carlos: Rima, 2000. p. 387-402.

HARRISON, R. M. **Pollution: Causes, Effects and Control**. 14. ed. Springer Verlag Publishing, 2001.

HAVENS, K. E., et al. N:P ratios, light limitation, and cyanobacterial dominance in a subtropical lake impacted by non-point source nutrient pollution. **Environmental Pollution**, v. 122, p. 379-390, 2003.

IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal. Abastecimento de água e esgotamento sanitário, produto 7 – Diagnóstico municipal integrado. **Relatório**. 279-295 p., 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2000**. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 01 de fev. 2010.

JORDÃO, E.P; PESSOA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 3.ed., Rio de Janeiro: **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES**, 1995 – 681 p.

LEMES, M. J. L. **Avaliação de metais e elementos-traço em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogiguaçu e Pardo, São Paulo**. São Paulo, 2001. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear) – Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, Autarquia associada à Universidade de São Paulo.

MACEDO, J. A. B. **Métodos laboratoriais de análise: físico químicas e microbiológicas**. 3 ed. Minas Gerais: CRQ-MG, 2005.

MACEDO, M. F. **Avaliação do Sistema de Monitoramento de Recursos Hídricos e a Viabilidade Técnica, Legal e Econômica da Aplicação da Resolução Conama 357/2005 para a Sub-bacia do Ribeirão das Cruzes (Araraquara- SP)**. Araraquara – SP. 2007. Dissertação (Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Centro Universitário de Araraquara.

MACHADO, I. C.; MAIO, F. D.; KIRA, A. S.; CARVALHO, M. F. H. Estudo da ocorrência dos metais pesados Pb, Cd, Hg, Cu, Zn, na ostra de mangue *Crassostrea Brasiliana* do estuário de Cananéia – SP, Brasil. **Revista Instituto Adolf Lutz**, São Paulo, p.13-18, 2002.

MAGARELLI, G., FERRARI, I., PONCE, G. E., SOUZA, J. R., BARBOSA, A. C., DOREA, J. G. Utilização de Microondas na Preparação de Amostras para a determinação de Cd e Pb

em Peixes da Região Amazônica por ASV In: 23a. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2000, Poços de Caldas. **Livros de Resumos**, 2000.

MARMOS, J. L. **Monitoramento hidrogeoquímico nas bacias do rio Cauamé e dos igarapés Água Boa e Água Boa de Cima, municípios de Boa Vista e Alto Alegre (RR).** Manaus – AM, 2002: Monografia (Especialização), Centro Universitário Luterano de Manaus – CEULM.

MATTHEWS, R.; HILLES, M. e PELLETIER, G. Determining trophic state in Lake Whatcom, Washington (USA), a soft water lake exhibiting seasonal nitrogen limitation. **Hydrobiologia**, 468, p. 107-121, 2002.

MELLO, J. H. T. M.; AUGUSTO, F.C.; ESPESCHIT, J. N.; Capacidade de Auto-Depuração do Rio Manhuaçu, Avaliação dos Impactos Sanitários e Ambientais do Lançamento dos Esgotos Domésticos da Cidade de Manhuaçu em Seu Rio. In: Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento. Saneamento ambiental: a hora da solução. Rio Grande do Sul, **ASSEMAE**, 2004.

MENDONÇA, S. R. **Lagoas de estabilização e aeradas mecanicamente: novos conceitos.** 1990. CIP - Brasil. Catalogação na fonte. Sindicato nacional dos editores de livros, Rio de Janeiro/RJ. 388p.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent.** Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez 2002

MICARONI, R. C. C. M. **Gestão de Resíduos em Laboratórios do Instituto de Química da UNICAMP.** Campinas – SP fev/2002. 127 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos.** 2. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995. 187 p.

MUFFAREG, M. R. **Análise e Discussão dos Conceitos e Legislação Sobre Reuso de Águas Residuárias.** Rio de Janeiro, abril/2003. Dissertação (Ciências na área de Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz.

NAIME, R.; FAGUNDES, R. S. Controle da Qualidade da Água do Arroio Portão Portão, RS. **Pesquisas em Geociências**, Portão – RS, v. 32, n. 1, P. 27-35, 2005.

NASCENTES, A. L. **Avaliação da eficiência de sistema de tratamento de esgotos do tipo manta de lodo – filtro biológico aeróbio, aplicado em escala piloto.** Rio de Janeiro – RJ,

2004. Dissertação (Mestrado em saneamento e saúde ambiental) - Escola Nacional de saúde pública, Fundação Oswaldo Cruz.

NIWEGLOWSKI, A. M. A. **Indicadores de Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Toledo**. Curitiba, 2006. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

NOBUYOSHI, C.; GONDA, J.; GOMES, M. R.; LOUREIRO, H.; DAL'ONGARRO, M.; GOMES, R. A. Avaliação do desempenho de lagoas de estabilização no tratamento de efluentes de matadouro. In: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Trabalhos técnicos. Rio de Janeiro, **ABES**, 1997.

ORSSATTO, F. Avaliação do oxigênio dissolvido do Córrego Bezerra a montante e a jusante de uma estação de tratamento de esgoto sanitário, Cascavel, Paraná. **Revista Brasileira de Biociências**: Porto Alegre. v. 6, supl. 1, p.27 – 28. 2008.

PADUA, H.B. Variáveis físicas, químicas e biológicas para caracterização de águas em sistemas abertos. In: Indicadores Ambientais (Coord. MARTOS, H.L. e MAIA, N.B.). 1997. Sorocaba: Bandeirantes Indústria Gráfica, SP.

PANERO, F. S.; VIEIRA, M. F. P.; CRUZ, Â. M. F.; MOURA, M. F. V.; SILVA, H. E. B. Aplicação da análise exploratória de dados na discriminação geográfica do quiabo do Rio Grande do Norte e Pernambuco. **Eclet. Quím.**, 2009, vol.34, no.3, p.33-40.

PIMENTA, H. C. D., TORRES, F. R. M., RODRIGUES, B. S., ROCHA JÚNIOR, J. M. da. O esgoto: a importância do tratamento e as opções tecnológicas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22. 2002. Curitiba. **Anais...** Curitiba: Encontro nacional de engenharia de produção, 2002.

PINHEIRO, A.; LOCATELLI, N. D. Avaliação da qualidade das águas dos mananciais da bacia do rio Itajaí. **Anais do XV simpósio brasileiro de recursos hídricos**, Curitiba-PR, v. 01, p. 289-302, 2003.

PNUD BRASIL - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM)**, 2000. Disponível em: <http://www.pnud.org.br>. Acesso em: 10 out. 2010.

PORTO, F.A.; BRANCO, S.M. & LUCA, S.L Caracterização da qualidade da água.. In: PORTO, R.L.L. (Org) **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. – (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.3), 1991.

QUEGE, K. E.; SIQUEIRA, E. Q. Avaliação da Qualidade da Água no Córrego Botafogo na Cidade de Goiânia-GO. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23, 2005, Campo Grande – MT. **Anais ...** Rio de Janeiro: Associação Brasileiro Sanitária e Ambiental, 2005.

ROCHA, G. M.; PEREIRA, I. C. N.; População e recursos: crescimento populacional e o uso dos recursos hídricos na cidade de Tucuruí/PA. In: **III Encontro Nacional sobre Migrações**. Nov. 2003. Disponível em <<http://www.abep.org.br>>. Acesso em: nov. 2009.

SAMPAIO, A. Q. **Caracterização Física e Química dos Sedimentos na área do distrito industrial de Manaus AM**. Manaus, 2000. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Química de Produtos Naturais) - Universidade Federal do Amazonas.

SANT'ANA, A. C. **Análise multivariada da qualidade da água superficial no município de Boa Vista – RR**. Boa Vista, 2006. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Roraima.

SANTANA, G. P.; BARRONCAS, P. S. Estudo de metais pesados (Co, Cu, Fe, Cr, Ni, Mn, Pb e Zn) na Bacia do Tarumã-Açu Manaus – (AM). **Acta Amazônica**. Vol. 37(1) 2007.

SANTOS FILHO, E.; SILVA, R. S.; BARRETO, H. H. C.; INOMATA, O. N. K.; LEMES, V. R. R.; SAKUMA, A. M.; SCORSFAVA, M. A. Concentração sanguíneas de metais pesados e praguicidas organoclorados em crianças de 1 a 10 anos. **Revista Saúde Pública**, 59-67, 1993.

SCALIZE, P. S.; LEITE, W. C. A.; RODRIGUES, J. M.; CORREA, M. S.; VENUZO, S. B.; LOMBARDI, R.; OLIVEIRA, S. C.; SANTOS, M. F. Avaliação da Autodepuração do Ribeirão das Cruzes Através da Depressão do Oxigênio Dissolvido Após Receber Efluente da ETE-Araraquara. In: ASSEMBLEIA NACIONAL DA ASSEMAE: SANEAMENTO AMBIENTAL: A HORA DA SOLUÇÃO, 34., 2008, Rio Grande Sul., **Anais...**Rio Grande do Sul: ASSAMAE, p.1-8, 2004.

SILVA, G. G. H.; CAMARGO, A. F. M. Impacto do Lançamento de Efluentes Urbanos Sobre Alguns Ecossistemas Aquáticos do Município de Rio Claro-SP. **Revista da Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas do Centro de Ciências médicas e Biológicas – PUC – SP**. São Paulo. V. 2, p. 74-87, 2000.

SILVA, M. G. **Caracterização da qualidade da água na barragem do perímetro irrigado Jacarecica I, Itabaiana – Sergipe**. São Cristóvão – SE, 2006. Dissertação (Pós-graduação e estudos em recursos naturais) - Universidade Federal de Sergipe.

SILVA, S. R.; MENDONÇA, A. S. F. Correlação entre DBO e DQO em esgotos domésticos para a região da Grande Vitória – ES. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 8. n. 4, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 14 nov.2008.

SIRIGATE, P.; STADLER, C. C.; OROSKI F. I.; KOVALESKI, J. L.; Gestão da Qualidade Ambiental da Água de Mananciais de Abastecimento Público Como Estratégia de Redução de Custos. In. XXV Encontro Nac. de Eng. de Produção – Porto Alegre - RS, **ENEGEP 2005**, nov de 2005.

SISINNO, C. L. S.; MOREIRA. J. C. Avaliação da contaminação e poluição ambiental na área de influência do aterro controlado do Morro do Céu, Niterói, Brasil, **Revista Saúde Pública**, 59-67, 1996.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; NILMAN, T. A.; **Princípios de Análise Instrumental**, 5th ed, Bookman Companhia, Editora: Porto Alegre, 2002.

SOUZA, D. O. **Estudo de metais pesados (Fe, Mn, Zn, Pb, Cd, Cu, Co, Cr e Hg) no igarapé dos Tanques, área urbana da cidade de Porto Velho – RO**. Porto Velho-RO, 2006. 65f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Rondônia – UNIR.

SOUSA, E. R. **Noções sobre qualidade da água**, Portugal, set. 2001. Trabalho submetido ao Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, Instituto Superior Técnico, Lisboa. Disponível em: <<https://dspace.ist.utl.pt/bitstream>>. Acesso em: 27 ago. 2008.

TOMAZELA, D. P. **Monitoramento espacial e temporal de parâmetros físicos, químicos e biológicos da bacia hidrográfica do rio Capivari (Norte da ilha de Santa Catarina)**. Florianópolis, 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Santa Catarina.

TOMAZ, P. **Análise da qualidade da água de rios e impactos de nitrogênio e fósforo rios e córregos**. Livro Eletrônico, 2008. Disponível em: <<http://www.infinitygs.com.br/livros>>. Acesso em: 10 jan. 2009.

TREVORS, J. T., Cadmium transport, resistance, and toxicity in bacteria, algae, and fungi. Can. **J. Microbiol.**, 32: 447-460, 1986.

TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

UNESP - Universidade Estadual paulista. **O planeta pede água**, Jornal da UNESP, n. 158, jul./ago. 2001. Disponível em: <<http://www.unesp.br/aci/jornal/158/especial.htm>> Acesso em: 24 ago. 2006.

VALENTE, J. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Bocutu – SP. **Eclética Química**. São Paulo. V. 22, p. 49-66, 1997.

VARGAS, G. M. R. V. Eficiência na Remoção de Matéria Orgânica Sob a Forma de DBO E DQO Total e Solúvel no Sistema TS-FAN. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. **ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2000.

VOLLERTSEN, J.; HVITVED-JACOBSEN. Biodegradability of wastewater – a method for COD-fractionation, **Water Science & Technology**, v.45, n.3, p.25-34, 2002.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, v.1. 3ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

WISCONSIN STATE LAB OF HYGIENE. **ESS. Method 150.1: Chlorophyll-Spectrophotometric**. Madison: WSLH, 1991. Disponível em: <<http://www.epa.gov>>. Acesso em: 16 fev. 2010.

ZUMACH, R. **Enquadramento de curso de água Rio Itajaí- Açu e seus principais afluentes em Blumenau**. Florianópolis, 2003. 124 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.