



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

DIANE MACEDO ESBELL

**INFLUÊNCIA DO DESÁGÜE DO SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NA
QUANTIDADE DE NUTRIENTES NO IGARAPÉ GRANDE, BOA VISTA, RORAIMA**

Boa Vista

2006

DIANE MACEDO ESBELL

**INFLUÊNCIA DO DESÁGÜE DO SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO NA
QUANTIDADE DE NUTRIENTES NO IGARAPÉ GRANDE, BOA VISTA, RORAIMA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Recursos Naturais do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais – PRONAT da Universidade Federal de Roraima como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais, com área de concentração em Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas.

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

**Boa Vista
2006**

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)

E74i Esbell, Diane Macedo.

Influência do deságue do Sistema de Lagoas de Estabilização na quantidade de nutrientes no Igarapé Grande, Boa Vista, Roraima / Diane Macedo Esbell. -- Boa Vista, 2006.

89 f.

Orientador: Profº. Dr. Henrique Eduardo Bezerra da Silva.
Dissertação (Mestrado) – Recursos Naturais – Manejo e Conservação de Bacias Hidrográficas. Universidade Federal de Roraima.

1 – Igarapé Grande. 2 – Nutrientes. 3 – Lagoa de Estabilização. 4 - PCA e HCA. 5 – Roraima. I- Título. II – Silva, Henrique Eduardo Bezerra da.

CDU – 574.5

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Rubens Esbell e Zely Macedo Esbell, que, antes mesmo do início de minha vida escolar, me incentivaram ao estudo, enfatizando a importância do mesmo ao longo de toda a minha existência;

Ao meu esposo, Henrique De La Roque de Melo Gomes, que tolerou a minha constante ausência em casa e, igualmente, empenha-se em alcançar os objetivos que almeja;

Aos meus familiares em geral e;

Principalmente ao meu filho, Henrique De La Roque de Melo Gomes Segundo, que, com toda a inocência de criança, participou ativamente do desenvolvimento desta pesquisa, demonstrando continuamente a admiração e valorização pelo meio ambiente, o que me incentivou ainda mais na conclusão da mesma.

Dedico ainda este trabalho, a quem possa interessar, desde que tenha a intenção de lutar pela manutenção de um meio ambiente ecologicamente equilibrado, abraçando o desafio como dever individual.

AGRADECIMENTOS

Eternamente a Deus, por abençoar minha vida, iluminar minhas idéias, me proporcionar forças para continuar buscando meus objetivos e me oferecer novas oportunidades;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Henrique Eduardo Bezerra da Silva, pela paciência e ajuda fornecida nos momentos em que mais encontrei dificuldades;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela aprovação do curso de Mestrado em Recursos Naturais na Universidade Federal de Roraima;

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais – PRONAT, pela promoção do primeiro curso de Mestrado em Roraima.

À Financiadora Nacional de Projetos – FINEP, pelo financiamento de projetos a serem desenvolvidos em Roraima;

À Elenilda de Lima Rebouças, que me direcionou da forma mais dedicada nos procedimentos laboratoriais iniciais durante o desenvolvimento desta pesquisa;

À Neucely Modesto Rolim, que participou de todos os momentos dos estudos em campo, me ajudando durante as coletas e em outros momentos de dificuldade;

À Idelfonso Carneiro Macedo, que aceitou participar da equipe de coleta e pelo apoio oferecido por todo o período de estudos em campo;

À Profa. Dr. Tereza Maria Fernandes de Freitas Mendes, pelas contribuições oferecidas durante a análise do projeto e em correções necessárias ao mesmo;

À Francisco dos Santos Panero, pela paciência e dedicação na transmissão de seus conhecimentos, os quais foram de grande valia para o desfecho desta pesquisa;

À Profa. Msc. Ednalva Dantas Rodrigues Duarte, pela confiança depositada durante a supervisão do Estágio Docente Orientado, o qual contribuiu qualitativamente para desenvolver novas linhas de pensamento na área educacional;

Ao engenheiro agrônomo Valdecir Pinheiro, pela amizade, pela competência profissional e pelo apoio dedicado em momentos precisos;

Aos colegas de classe com os quais tive um maior convívio, principalmente Raimi Franca e Arlene, pelo incentivo e recomendações oferecidas desde a elaboração do projeto de pesquisa ao tratamento final dos dados obtidos durante o estudo realizado, e também a Gládis, Andréia e Rosy, pelos momentos alegres que compartilhamos durante essa jornada, a qual, apesar de difícil, não nos desmotivou em momento algum;

Aos colegas de profissão, os quais compreenderam a importância de mais essa etapa na formação profissional de um educador;

A todos que me ajudaram de forma direta e indireta no desenvolvimento desta pesquisa;

Sinceros agradecimentos.

EPÍGRAFE

Há dois tipos de sabedoria, a inferior e a superior. A sabedoria inferior é dada pelo quanto uma pessoa sabe e a superior é dada pelo quanto ela tem consciência de que não sabe. A sabedoria superior tolera, a inferior julga; a superior alivia, a inferior culpa; a superior perdoa, a inferior condena. Tenha a sabedoria superior, seja um eterno aprendiz na escola da vida.

(Augusto Cury)

"A simplicidade é

o último degrau

da sabedoria"

(Victor Hugo)

RESUMO

O Igarapé Grande, em Boa Vista, Roraima, é o corpo receptor dos efluentes gerados a partir da lagoa de estabilização, sistema de tratamento dos esgotos sanitários de parte da cidade. Mediante a hipótese de que o despejo desses efluentes no referido corpo d'água contribua para que o mesmo apresente características físico-químicas que impliquem na sua degradação, perdurando de forma semelhante por boa parte do curso d'água, principalmente na quantidade de nutrientes, foi realizado um monitoramento do comportamento de parâmetros físico-químicos nesse corpo hídrico por todo o ano 2005. Observou-se a sazonalidade da região, seca e cheia. Foram analisadas concentrações de amônia, nitrito, nitrato, sulfato e fosfato, além de pH, DBO, OD, temperatura e condutividade elétrica em amostras de água do Igarapé Grande, coletadas à montante do despejo dos efluentes, no local de despejo dos efluentes e à jusante. As técnicas de coleta, preservação das amostras e análises, obedeceram as recomendações do Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. Foi realizado o tratamento quimiométrico dos dados através de média, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, estimativa de erro de curva analítica, testes F (5%) e t (95%) e análise exploratória de dados (PCA e HCA). Os resultados indicam a contribuição dos efluentes no aumento da concentração de nutrientes por todo o período estudado, sendo observada uma distinção entre os pontos analisados e entre os períodos seco e cheio. O deságüe sempre apresentou-se mais semelhante em relação à jusante, enquanto que a montante manteve-se diferenciada. O nitrato foi o nutriente que mais contribuiu para a distinção observada entre os períodos seco e cheio, bem como aumento de DBO, pH, condutividade e OD e temperatura, respectivamente. A distinção entre os pontos analisados ocorreu principalmente em consequência das elevadas concentrações de amônia. Portanto, há necessidade de um pós-tratamento específico na lagoa de estabilização, a fim de diminuir a quantidade de nutrientes no Igarapé Grande, pois os impactos que os efluentes vêm causando ao corpo receptor, conseqüentemente, além de inviabilizar o uso da água no seu percurso e causar outros prejuízos, contribui para agravar a eutrofização.

Palavras-chaves: Igarapé Grande, nutrientes, lagoa de estabilização, PCA e HCA, Roraima.

ABSTRACT

The igarapé (small streams) Grande, in Boa Vista, Roraima, is the receiving body of the wastewater generated starting from the waste stabilization ponds, system of treatment of the sanitary sewers of part of the city. By the hypothesis that the spilling of those wastewater in referred him body of water contributes so that the same presents physiochemical characteristics that you/they implicate in her degradation, lasting long in a similar way for good part of the course of water, mainly in the mount of nutrients, a manegament hydric resouses the behavior of physiochemical parameters was accomplished in that hydric body by the whole year 2005. It was observed the sazonality of the area, drought and flood. Concentrations of ammonia were analyzed, nitrite, nitrate, sulfate and phosphate, besides pH, BOD, DO, temperature and electric conductivity in samples of water of the igarapé (small streams) Grande, collected to amount of the spilling of the wastewater, in the place of spilling of the wastewater and to the downstream. The collect techniques, preservation of the samples and analyses, they obeyed Standart Method's for Examination of Water and Wasterwater. The chemometrics treatment of the data was accomplished through average, standard deviation, variance, variation coefficient, estimate of mistake of analytical curve, tests F (5%) and t (95%) and exploratory analysis of data (PCA and HCA). The results indicate the contribution of the wastewater in the increase of the concentration of nutrients for the whole studied period, being observed a distinction among the analyzed points and among the periods I dry and full. The middlestream always came more similar in relation to the downstream while to amount it maintained differentiated her. The nitrate was the nutrient that more contributed to the distinction observed among the periods dry and full, as well as increase of BOD, pH, conductivity and DO and temperature, respectively. The distinction among the analyzed points happened mainly as a consequence of the high concentrations of ammonia. Therefore, there is need of a specific powder-treatment in the waste stabilization pond, in order to reduce the amount of nutrients in the igarapé Grande, because the impacts that the wastewater is causing to the receiving body, consequently, besides to make unfeasible the use of the water in her course and to cause other damages, it contributes to worsen the eutrofization.

Keywords: igarapé (small stream) Grande, nutrients, waste stabilization pond, PCA and HCA, Roraima.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo.....	36
Figura 2. Variação das concentrações de amônia no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).....	44
Figura 3. Variação das concentrações de nitrito no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).....	46
Figura 4. Variação das concentrações de nitrato no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).....	49
Figura 5. Variação das concentrações de sulfato no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).....	51
Figura 6. Variação das concentrações de fosfato no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).....	53
Figura 7. Variação de pH no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).....	56
Figura 8. Variação das concentrações de DBO no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).....	59
Figura 9. Variação das concentrações de OD no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).....	62
Figura 10. Variação da temperatura da água no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).....	64
Figura 11. Variação da condutividade elétrica no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).....	66
Figura 12. Gráfico dos scores: amostras em vermelho correspondem à estação das chuvas e em azul à estação de seca.....	67
Figura 13. Gráfico de loadings, onde PC 1 x PC 2 demonstrou o peso de cada variável analisada em relação à separação ocorrida entre estação de seca e de chuvas e entre cada ponto estudado.....	68
Figura 14. Dendrograma das amostras, construído a partir da Análise de Agrupamentos Hierárquicos - HCA, revelando similaridade quase nula entre as estações de seca e das chuvas e distanciando a montante do deságüe e da jusante.....	69
Figura 15. Vista geral dos pontos amostrados no igarapé Grande. A) Montante; B) Deságüe; C) Jusante.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados obtidos nas determinações de amônia no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.....	41
Tabela 2. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados médios das determinações de amônia, com grau de liberdade 4 na estação de seca e 5 na estação das chuvas.....	43
Tabela 3. Resultados obtidos nas determinações de nitrito no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.....	45
Tabela 4. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados às determinações nitrito, com grau de liberdade igual a 2.....	45
Tabela 5. Resultados obtidos nas determinações de nitrato no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.....	47
Tabela 6. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados das determinações de nitrato, com grau de liberdade igual a 5.....	48
Tabela 7. Resultados obtidos nas determinações de sulfato no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.....	49
Tabela 8. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados obtidos para as determinações de sulfato, com grau de liberdade igual a 5.....	50
Tabela 9. Resultados obtidos nas determinações de fosfato no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.....	52
Tabela 10. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados das determinações de fosfato, com grau de liberdade igual a 5 na estação de seca e igual a 4 na estação das chuvas.....	52
Tabela 11. Valores referentes às medições de pH no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.....	55
Tabela 12. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados de pH, com grau de liberdade igual a 5.....	55
Tabela 13. Resultados obtidos nas determinações de DBO no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.....	57
Tabela 14. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados das determinações de DBO, com grau de liberdade igual a 5.....	58
Tabela 15. Resultados obtidos nas determinações de OD no igarapé Grande à montante (M), no deságüe(D) e à jusante(J) do efluente.....	60

Tabela 16. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados das determinações de OD, com grau de liberdade igual a 5.....	61
Tabela 17. Resultados obtidos nas determinações de temperatura da água no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.....	63
Tabela 18. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados das análises de temperatura da água, com grau de liberdade igual a 5.....	63
Tabela 19. Resultados obtidos nas análises de condutividade elétrica no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.....	65
Tabela 20. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados das determinações de condutividade elétrica, com grau de liberdade igual a 5.....	65
Tabela 21. Auto-valor de cada componente principal em relação à variável analisada, onde PC 1 corresponde à primeira componente principal e PC 2 à segunda componente principal.....	69
Tabela 22. Variâncias explicadas pela primeira componente principal (PC 1) e pela segunda componente principal (PC 2).....	70

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Distribuição da água.....	16
1.2 Poluição e contaminação das águas.....	17
1.3 A urbanização e sua influência sob os corpos d'água.....	18
1.4 Fornecimento de água e tratamento de esgotos em Boa Vista, Roraima.....	19
1.5 Noções sobre o sistema de Lagoas de Estabilização.....	21
1.6 Produção, consumo e decomposição da matéria orgânica em ecossistemas aquáticos..	23
1.7 Características físico-químicas da água	24
1.7.1 Nitrogênio.....	25
1.7.2 Enxofre.....	26
1.7.3 Fósforo.....	26
1.7.4 pH.....	27
1.7.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO.....	27
1.7.6 Oxigênio dissolvido.....	28
1.7.7 Temperatura	29
1.7.8 Condutividade elétrica	29
1.8. Classificação das águas.....	30
1.9 Monitoramento da qualidade das águas.....	30
1.10 Análise exploratória de dados.....	31
2 OBJETIVOS.....	32
2.1 Objetivo geral.....	32
2.2 Objetivos específicos.....	32
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	33
3.1 Área de estudo - Localização e caracterização.....	33
3.2 Procedimento de coleta.....	36
3.3 Preservação das amostras.....	36
3.4 Análises físico-químicas.....	36

3.4.1 Amônia.....	37
3.4.2 Nitrito	37
3.4.3 Nitrato.....	37
3.4.4 Sulfato.....	37
3.4.5 Fosfato.....	37
3.4.6 pH.....	38
3.4.7. Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO.....	38
3.4.8 Oxigênio dissolvido.....	38
3.4.9 Temperatura.....	38
3.4.10 Condutividade elétrica.....	39
3.5 Tratamento dos dados.....	39
3.5.1 Avaliação dos resultados.....	39
3.5.2 Estudos Quimiométricos.....	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
5 CONCLUSÕES.....	77
REFERÊNCIAS.....	78
APÊNDICES.....	83

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, muito tem se falado sobre a ação degradadora da humanidade sobre a natureza, pois, paralelamente, os recursos naturais vêm sendo utilizados de forma excessiva à necessidade humana, causando danos ambientais muitas vezes irreversíveis.

Dano ambiental é uma lesão aos recursos ambientais com conseqüente degradação do equilíbrio ecológico. A degradação como alteração adversa do equilíbrio ecológico pode significar, por exemplo, uma modificação das propriedades físicas e químicas dos elementos naturais de tal ordem, que estes percam, parcial ou totalmente, sua propriedade ao uso (GUERRA; CUNHA, 2001).

Dentre os recursos naturais utilizados pelo homem, um deles vem sendo alvo de grandes incertezas, pela perspectiva de ser um recurso natural finito e ameaçado: a água. Atualmente, muitas descobertas vêm sendo realizadas e, diante de tantos fatos, não mais se acredita que possa existir vida sem que haja a presença de água (LIBÂNIO, 2005).

Há uma enorme importância da água para a vida, sendo encontrada em abundância no planeta Terra, nos três estados físicos da matéria: sólido, líquido e gasoso. No entanto, encontra-se distribuída de forma irregular, sendo que, de toda a água do planeta, sua maioria é imprópria para o consumo humano e apenas uma pequena parcela é água doce, sendo que, poucos desses corpos d'água, são aptos para o consumo humano e de fácil acesso. Considera-se ainda que, na natureza, não existe água pura, existem diferentes tipos de água que podem ser utilizados de diferentes formas e ter diferentes destinos (BRANCO, 1993).

Nesse contexto, não há se quer uma gota d'água que não tenha utilidade, ou seja, dependendo do que se objetiva fazer com a água, cada aplicação tem suas características próprias, no que se refere ao termo qualidade, o que significa dizer que nem toda água precisa ser necessariamente limpa para ser utilizada, ela pode ser útil em diferentes proporções, logo, o termo qualidade, quando voltado para a água, é avaliado através de indícios que constituem o que chamamos de Parâmetros de Qualidade, sendo os mesmos classificados em físicos, químicos e microbiológicos e devem ser levados em consideração fatores importantes, como a mudança que os corpos d'água sofrem ao longo do tempo, a diversidade de poluidores, vazões, entre outros.

Os impactos oferecidos a um corpo d'água urbano, contribuem para a alteração dos níveis de substâncias naturais neste ecossistema, principalmente devido a quantidade de matéria orgânica, advinda do lançamento de esgotos. A partir de então, inicia-se o processo de

decomposição, o que possibilita a presença de amônia, nitrito, nitrato, sulfato e fosfato que podem demonstrar a existência de poluição. Tais parâmetros são importantes índices da presença de despejos orgânicos recentes (LIBÂNIO, 2005).

Os nutrientes também constituem um dos mais importantes fatores limitantes à vida dos organismos aquáticos e são de importância fundamental no controle ecológico das algas. Despejos orgânicos, especialmente esgotos domésticos, bem como alguns tipos de despejos industriais, podem enriquecer as águas com nutrientes, favorecendo o processo de eutrofização dos corpos hídricos. Todavia, os rios possuem uma capacidade de realizarem sua limpeza de forma natural e graças a essa característica, volta novamente a apresentar oxigênio e vida aeróbia. Esse processo recebe o nome de autodepuração (BRANCO, 1993).

No entanto, há um descontrole na quantidade de dejetos lançados em determinados corpos d'água e a deposição desses dejetos não tem sido tratada com prioridade, causando danos ambientais acarretados pelo processo de urbanização, como foi observado por Valente, Padilha e Silva (1997), quando realizaram pesquisas relacionadas à poluição de corpos hídricos urbanos, os quais apresentaram concentrações elevadas de nutrientes devido à grande quantidade de matéria orgânica a ser decomposta. Os dejetos elevam a concentração de nutrientes num determinado corpo d'água, podendo ocorrer o processo de eutrofização do mesmo, decorrente da presença de resíduos domésticos e do uso de fertilizante (MARQUES; OLIVEIRA; MACHADO, 2003).

Dessa forma, há uma extrema necessidade de se colocar a manutenção da biodiversidade em primeiro plano, tendo em vista a minimização de indicadores de contaminação ou poluição de um corpo d'água, fazendo valer a real preocupação humana quanto ao que diz respeito à preservação da vida nas suas mais variadas formas, sejam elas aquáticas ou terrestres, pois não pode haver um equilíbrio ecológico se um determinado ecossistema não apresentar características que propiciem um determinado equilíbrio interno, sendo o mesmo equilíbrio responsável pela interação entre os demais ecossistemas.

Mediante a hipótese de que o despejo dos efluentes gerados a partir do sistema de lagoas de estabilização de Boa Vista, Roraima, contribui significativamente para a elevação da quantidade de nutrientes no corpo receptor, o igarapé Grande, a presente pesquisa visa buscar um melhor entendimento da influência que esse sistema de tratamento de esgotos exerce no ambiente aquático que recebe a descarga final de seus efluentes, principalmente na quantidade de nutrientes que o mesmo apresenta.

1.1 Distribuição da água

O novo século traz crise de falta de água e o homem precisa discutir o futuro da água e da vida. A abundância do elemento líquido causa uma falsa sensação de recurso inesgotável. Estima-se que 95,1 % da água do planeta é salgada, sendo imprópria para o consumo humano, dos 4,9 % que sobram, 4,7 % estão na forma de geleiras ou regiões subterrâneas de difícil acesso e, somente os 0,147 % restantes estão aptos para o consumo em lagos, nascentes e em lençóis subterrâneos (MACEDO, 2001).

Considera-se, atualmente, que a quantidade total de água na Terra, de 1.386 milhões de Km³ tem permanecido de modo aproximadamente constante durante os 500 milhões de anos, no entanto, vale ressaltar que as quantidades individuais de água da Terra variam substancialmente ao longo desse período (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2002).

Diante desses fatos, a Limnologia, ciência que está diretamente envolvida com a utilização racional e com a conservação dos recursos hídricos, tem papel central no mundo contemporâneo. A necessidade da utilização racional dos recursos hídricos se torna ainda mais evidente quando se considera que de toda a água da Terra somente cerca de 3 % é água doce. Além desta reduzida disponibilidade para o homem, em termos proporcionais, sua distribuição na Terra é muito heterogênea, uma vez que a Europa e a Ásia, juntas, detêm 72 % da população mundial, dispondo somente de 27 % de água realmente aproveitável da Terra. Assim, o próprio crescimento populacional pode ser limitado pela disponibilidade de água doce. Neste sentido, devem ser lembradas as reflexões de muitos cientistas, segundo as quais o principal problema para o futuro da humanidade não estará na escassez de combustíveis fósseis, mas sim, no déficit de água doce (ESTEVES, 1998).

O Brasil abriga diversos ecossistemas de beleza singular, englobando florestas, rios, igarapés, matas, como, por exemplo, a região amazônica, resultado de fatores geológicos e climáticos, que abriga o sistema fluvial mais extenso e de maior massa líquida da Terra, sendo que seus rios são classificados de acordo com a coloração que apresentam, ou seja: rios de água branca (água barrenta), rios de água clara e rios de água preta. As diferenças notáveis na transparência e coloração das águas amazônicas se explicam pelas características adquiridas a partir de tipos de solos e as formações geológicas das nascentes dos rios. Os rios de água branca originam-se das serranias situadas, em sua maioria, nos Andes, onde ocorreram grandes erosões mesmo em regiões cobertas por floresta densa e, portanto, a grande quantidade de material em suspensão liberada pelo processo de erosão foi transportada até a

baixada amazônica. Os rios de água clara têm suas origens a partir dos maciços aplainados da Guiana e do Brasil Central, os quais apresentam possibilidades muito reduzidas de ocorrência de erosões, evitando assim, a liberação e transporte de material em suspensão. A vegetação predominante nessas regiões são matas e cerrado, respectivamente. As estações climáticas se resumem em seca e chuvosa, sendo o material em suspensão transportado apenas na estação chuvosa. Os rios de água preta são pobres em material em suspensão, devido a um relevo pouco movimentado na região de suas cabeceiras e a certas particularidades dos solos. Tais fatores corroboram na composição física, química e microbiológica natural dos corpos d'água. Rios originados inicialmente dos Andes, como o Amazonas, são quimicamente mais ricos que os rios originados do Brasil Central, como o Tapajós, enquanto que os rios formados na própria Amazônia são quimicamente mais pobres que os demais. Os rios originados dos Andes e do Brasil Central apresentam pH tendendo à neutralidade, enquanto que os rios formados na região amazônica apresentam pH ácido (SIOLI, 1991).

1.2 Poluição e contaminação das águas

Segundo Libânio (2005), poluição significa sujeira, advinda de conseqüências da introdução de despejos em determinado local. A origem da palavra decorreu do latim *polluere*, que significa sujar. Contaminação, por sua vez, significa envenenamento, infecção, originada a partir da transferência de elementos nocivos pela água. Deriva da palavra latina *contaminare*, que significa envenenar.

O termo poluição é um dos mais citados quando da abordagem ambiental, sendo relacionado a vários setores: água, ar, solo, entre outros. A palavra poluição é vista como algo que adquiriu, no senso comum, um sentido mefistofélico. Neste sentido, o termo “poluição” está relativamente mais relacionado à aparência do que a realmente aos danos existentes. A água não necessita compreender substâncias tóxicas ou que cause doenças, para demonstrar sua verdadeira sujeira, uma vez que sujeira é algo que fere diretamente os nossos sentidos, como é descrito por Branco (1993):

A aplicação deste termo especificamente à água, em primeiro lugar pelos legisladores, demonstra a preocupação estética que o homem sempre teve em relação à água que bebe: ela deve ser cristalina, transparente. Daí a procura pelas águas das nascentes ou dos poços (em lugar da água turva dos rios), como sendo as de melhor qualidade, o que nem sempre é verdadeiro... Ora, nas épocas ou nos lugares em que as matérias fecais não eram afastadas por sistemas de esgotos adequados, estas eram lançadas ao solo, juntamente com outros produtos da atividade doméstica. Do solo eram levadas para os rios pelas enxurradas que,

juntamente com as matérias fecais, arrastavam também seus eventuais patogênicos. Isso teria muito provavelmente levado o homem – sobretudo das regiões desérticas, onde as chuvas eram raras, como na Mesopotâmia ou no Egito – a associar a turbidez e o mau aspecto do rio com a sua pestilência: era a água suja que transmitia doenças (BRANCO, 1993, p. 45).

Considerando ainda que o termo “poluição” adquiriu socialmente o sentido ecológico, podendo alterar as características do ambiente aquático, proporcionando a mortandade de peixes em rios receptores de poluição, muitas vezes pela descaracterização do habitat natural, ao invés de influência de substâncias tóxicas.

Vale ressaltar que, na verdade, o principal fator gerador de todo o problema não se encontra naquela água, estando, na maioria das vezes, essa mortandade diretamente relacionada ao ingresso de elevadas concentrações de matéria orgânica no ecossistema, ocasionando um déficit de oxigênio na água e, conseqüentemente, a finalização de vidas aeróbias.

1.3 A urbanização e sua influência sob os corpos d’água

O processo de urbanização pode provocar um adensamento em áreas que apresentavam, inicialmente, condições naturalmente conservadas. Braga e Carvalho (2003), majoram a idéia de isso ocasionar uma invasão à natureza, considerando que em muitas áreas de expansão urbana existem corpos d’água com características qualitativas, sendo os mesmos influenciados pela implantação das cidades.

Sendo os ambientes aquáticos vulneráveis às atividades antrópicas, principalmente à urbanização, aplica-se sobre as cidades a responsabilidade da grande procura pela água para os mais diversos usos e, conseqüentemente, pela degradação de ambientes aquáticos, que são afetados diretamente pelos efluentes produzidos, os quais contêm muitas impurezas, oriundas de esgotos domésticos, indústrias, entre outros (BRAGA et al., 2005). Um dos principais fatores responsáveis pela poluição dos ecossistemas aquáticos em áreas urbanizadas é o lançamento de esgotos domésticos, que são caracterizados como efluentes orgânicos por possuírem grande quantidade de matéria orgânica. Tal fato pode ser evidenciado no ribeirão Lavapés, em Botucatu e também no rio Piraquara, na bacia do alto Iguaçu, como demonstram as pesquisas realizadas por Valente, Padilha e Silva (1997) e Marques, Oliveira e Machado (2003), respectivamente, as quais verificaram a degradação de corpos hídricos que percorrem áreas urbanas, sendo os mesmos afetados pelo lançamento de detritos das mais diversas

formas, o que influencia nas características físico-químicas e biológicas do ecossistema aquático.

No Brasil, apenas uma pequena fração dos esgotos urbanos é tratada antes de ser lançada em rios, represas e mares, sendo a maior parte destes esgotos lançada sem tratamento algum. Sendo os corpos d'água detentores de capacidade de autodepuração, ocorrendo esse processo em determinado espaço e tempo, até recentemente, acreditava-se ser desnecessário o tratamento de esgotos antes do seu lançamento nos corpos d'água, pois logo a água retomava suas características naturais. Com o aumento populacional e a expansão de áreas urbanas, o uso da água aumentou e, conseqüentemente, o volume de esgotos lançados em corpos d'água. Com isso, houve um aumento da extensão dos trechos poluídos e redução de extensões de rios com água de boa qualidade para captação, sendo que o espaço e o tempo insuficientes para a autodepuração das substâncias introduzidas nos corpos d'água (BRAGA; CARVALHO, 2003).

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2006) estimou para o ano de 2005 que a população de Roraima representava 391.317 habitantes. Para o município de Boa Vista, esse número é equivalente a 242.179 habitantes. O aumento populacional e a concentração desta população em áreas urbanas tem provocado graves impactos ambientais em geral, e nos ambientes aquáticos em particular. De acordo com Sant'Ana (2003), a urbanização é um dos fatores que mais influenciam nas modificações dos ambientes aquáticos, alterando significativamente a qualidade das águas. Horbe et al. (2005) também enfatiza a contribuição da utilização das margens de corpos hídricos como fator responsável pela degradação do ambiente aquático, uma vez que o processo de lixiviação proporciona a percolação de determinadas substâncias para o leito dos corpos hídricos, podendo inviabilizar os mais diversos usos da água.

1.4 Fornecimento de água e tratamento de esgotos em Boa Vista, Roraima

A Companhia de Águas e Esgotos de Roraima – CAER, é a empresa responsável pelo abastecimento de água no Estado de Roraima. O sistema abrange a grande maioria da população urbana e parte da população rural do Estado. Na capital, Boa Vista, o fornecimento de água abrange desde o processo de captação superficial, a partir da principal bacia hidrográfica do Estado, a bacia do rio Branco, à captação subterrânea, a partir de poços tubulares, os quais se encontram distribuídos em diversos bairros da cidade. São aplicados

tratamentos rigorosos para eliminação de agentes poluentes, como coagulação, floculação, decantação, filtração, correção do pH, desinfecção e fluoretação. Posteriormente, realizam-se análises físico-químicas e microbiológicas para verificar a qualidade da água a ser servida à população (CAER, 2006a).

Além do fornecimento de água, a CAER também é responsável pelo tratamento de esgotos. O sistema de esgotamento sanitário em Boa Vista passou por duas etapas de maturação, sendo a primeira desenvolvida em 1990, a qual previa a destinação final dos esgotos no rio Branco, através de emissário submarino, contrariando a legislação do uso do solo na esfera municipal; a segunda considera a destinação final em lagoas de estabilização e uma adequação da concepção anterior em função das obras já implantadas e das novas unidades de transporte dos efluentes até o novo destino final, que seriam as lagoas de estabilização. Foram implantadas as seguintes unidades do sistema de captação: elevatória E.E.1, na Bacia do igarapé Mirandinha, com percurso localizado totalmente em área urbana e foz no rio Branco; obras civis da E.E.2, na Bacia do igarapé Caxangá, também localizado em área urbana; coletores tronco da Bacia do Mirandinha e coletores tronco da Bacia do Caxangá; emissário da elevatória E.E.1, interligando ao coletor da Bacia do Caxangá; redes coletoras nos bairros 13 de Setembro, São Vicente, Estados, 31 de Março e Aparecida. As encanações têm seu destino no conjunto de cinco lagoas de estabilização, que realizarão o tratamento final dos esgotos, lançando seus efluentes no igarapé Grande (CAER, 1992).

Em Boa Vista, cerca de 30 % da população é beneficiada por esse processo. A implantação da rede coletora de esgotos foi implantada em Boa Vista, na década de 70, apresentando 207 Km e um sistema de cinco lagoas de estabilização. O saneamento básico é oferecido à população visando melhoria nas condições de saúde e bem estar social (CAER, 2006b).

A utilização do sistema de lagoas de estabilização no tratamento de esgotos em cidades de pequeno e médio porte foi subsidiado por especialistas para a implantação do tratamento das águas residuárias domésticas da cidade de Boa Vista, sendo desenvolvido um Estudo de Impacto Ambiental para a implantação do mesmo. A princípio, esse sistema proporciona o tratamento de esgotos de apenas parte da cidade, compreendendo os bairros São Vicente, São Pedro, Caçari, Paraviana, Mecejana, São Francisco, 31 de Março, Centro, Bairro dos Estados, Aparecida, Canarinho, Calunga, e 13 de Setembro. De acordo com o estudo de impacto ambiental, a capacidade de funcionamento do sistema de lagoas de estabilização abrange especificamente a redução da matéria orgânica gerada, sendo a concentração inicial estabelecida em 300 mg/L e a final, ao despejo do efluente, equivalente a

18 mg/L. Tendo em vista a expansão populacional, a CAER prevê a implantação de um segundo sistema de tratamento de esgotos, uma vez que apenas um não será suficiente para atender toda a demanda do município. No entanto, essa implantação provavelmente deverá ocorrer somente após o ano 2065, após a saturação da área urbana da cidade de Boa Vista (CAER, 1992).

Outra consideração para a implantação do sistema de lagoas de estabilização foi a baixa produção de custos, uma vez que o tratamento das mesmas não necessita de pessoal qualificado, sendo assim enfatizado pela empresa responsável pelo estudo de impacto ambiental realizado anterior à implantação do sistema (CAER, 1992; RABELO, 2004).

Em suma, o sistema de tratamento existente, é composto por um conjunto de cinco lagoas em série, sendo a primeira lagoa anaeróbica (A1), a qual recebe o esgoto bruto, em que é realizado um pré-tratamento por bactérias anaeróbicas; posteriormente, o esgoto segue para a lagoa facultativa secundária (F1), onde são realizados processos fermentativos e oxidativos e diminuição da atividade fotossintética devido a diminuição da zona eufótica e presença de bactérias anaeróbicas. Após a lagoa F1, o esgoto segue para a lagoa de maturação primária (M1) e lagoa de maturação secundária (M2), as quais são responsáveis pela redução do número de coliformes termotolerantes e, por último, para a lagoa de maturação terciária (M3), que abriga os efluentes finais para serem despejados no igarapé Grande, através de um emissário.

1.5 Noções sobre o sistema de Lagoas de Estabilização

Lagoas de estabilização podem ser definidas como um corpo de água lântico, construído pelo homem e destinado a armazenar resíduos líquidos de natureza orgânica – esgoto sanitário bruto e sedimentado, despejos industriais orgânicos e oxidáveis ou águas residuárias oxidadas. Seu tratamento é feito através de processos naturais físicos, biológicos e bioquímicos, denominados autodepuração ou estabilização. Esses processos naturais, sob condições parcialmente controladas, são os responsáveis pela transformação de compostos orgânicos putrescíveis em compostos minerais ou orgânicos mais estáveis (UEHARA; VIDAL, 1989).

No Brasil, as condições são bastante favoráveis tanto de clima como de áreas disponíveis para o uso do sistema de lagoas de estabilização para o tratamento de esgotos, principalmente para cidades de pequeno e médio portes. Os baixos custos construtivos e

operacionais, aliados ao seu bom desempenho, tornam este sistema muito favorável às condições brasileiras (KAWAI et al.,1990). O tratamento de esgotos sanitários por meio de lagoas de estabilização é uma das formas mais utilizada no Brasil, devido ao seu baixo custo de construção e simplicidade de operação (SILVA; MENDONÇA, 2003).

As lagoas do sistema são classificadas de acordo com o processo predominante em que se dá a estabilização da matéria orgânica a ser tratada, as quais são:

- a) Lagoas anaeróbicas – ocorre a predominância do processo de fermentação anaeróbia em uma camada imediatamente abaixo da superfície, onde não se consegue medir o oxigênio dissolvido;
- b) Lagoas facultativas – ocorrem, simultaneamente, processos de fermentação anaeróbia, oxidação aeróbia e reação fotossintética; a uma zona de atividade anaeróbia se sobrepõe uma zona de atividade biológica aeróbia, próxima à superfície, ou seja, há a formação de duas camadas de estratificação, onde a inferior é totalmente anaeróbica e a superior aeróbica;
- c) Lagoas de maturação – é um refinamento do tratamento prévio realizado através de lagoas ou de outro processo biológico; devido ao processo de maturação ocorre a redução da presença de bactérias, dos sólidos em suspensão e dos nutrientes, como também de uma parcela negligenciável da Demanda Bioquímica de Oxigênio;
- d) Lagoas estritamente aeróbicas – ocorre um equilíbrio da oxidação e da fotossíntese para garantir condições aeróbicas em todo o meio; é comum chamar incorretamente de aeróbicas aquelas que, na realidade, são facultativas.

A profundidade das lagoas é de cerca de 1,5 m, devendo apresentar pH alcalino, sendo a última lagoa portadora de um número bastante reduzido de microorganismos, o que seria aceitável para ser lançado em qualquer corpo d'água sem que houvesse comprometimento com o desempenho do mesmo, bem como degradação do corpo hídrico.

Estudos desenvolvidos por Naval e Santos (2002) verificaram que o sistema de lagoas de estabilização para tratamento de esgotos é responsável diretamente pela grande contribuição no aumento das concentrações de nitrogênio, sulfato e fósforo nos ambientes hídricos em que são lançados seus efluentes, ocasionando, conseqüentemente, processos de eutrofização no ecossistema aquático.

Salienta-se, portanto, que os sistemas de lagoas de estabilização são instalações quer naturais, quer artificiais, em que prevalecem condições adequadas e controladas para que os fenômenos físicos, químicos e biológicos, que caracterizam a autodepuração, venham acontecer de modo eficiente (KAWAI et al.,1990), no entanto, deve ser realizada manutenção

adequada, bem como acompanhamento de pessoal especializado para evitar que ocorram agravantes que favoreçam a degradação do ambiente receptor de seus efluentes.

1.6 Produção, consumo e decomposição da matéria orgânica em ecossistemas aquáticos

A produção de um ecossistema aquático é realizada por todos os organismos capazes de sintetizar matéria orgânica, a partir de gás carbônico, sais minerais e energia solar. Esses organismos são chamados produtores primários, se localizam na zona eufótica e podem ser fotoautótrofos, que utilizam a energia solar; e quimiotróficos, que utilizam energia de reações de oxidação e redução para a produção de alimentos. Ambos exercem papel de fundamental importância no equilíbrio biológico desses ecossistemas, pois, no ambiente límico, os principais produtores primários são algas, macrófitas aquáticas e algumas espécies de bactérias. Uma parte da produção total (produção primária bruta) destes organismos é gasta na manutenção de seu próprio metabolismo, enquanto a outra parte é transformada em biomassa, que constitui a fonte de energia para as cadeias alimentares de todo o ecossistema. Além dos produtores, existem os organismos consumidores, os quais obtêm sua energia direta ou indiretamente, a partir da matéria orgânica sintetizada pelos produtores primários. Aqueles que se utilizam diretamente dos vegetais são chamados herbívoros, consumidores primários ou consumidores de primeira ordem. Estes organismos participam da cadeia de herbivoria e dela fazem parte várias espécies de zooplâncton, peixes e insetos aquáticos. Aqueles que não utilizam a produção primária diretamente, obtendo sua energia a partir dos consumidores primários, são chamados de carnívoros, consumidores secundários ou consumidores de segunda ordem, de terceira ordem, e assim sucessivamente. Há também os organismos detritívoros, que se alimentam de restos de plantas e animais (ESTEVES, 1998).

Os decompositores são bactérias e fungos que degradam a matéria orgânica. A ação de decomposição da matéria orgânica consome o oxigênio dissolvido na água impossibilitando a sobrevivência de organismos aeróbicos, como os peixes. Além da redução da concentração de oxigênio, a decomposição da matéria orgânica introduzida nos ambientes aquáticos pelo lançamento de esgotos, altera a turbidez, a cor, o pH, a condutividade elétrica, aumenta a concentração de amônia e promove a liberação de metano e gás sulfídrico (BRAGA; CARVALHO, 2003).

A decomposição da matéria orgânica libera nutrientes inorgânicos dissolvidos como ortofosfatos e nitratos. Além disso, a presença de detergentes e sabões aumenta as

concentrações de fosfatos na água, que favorecem o crescimento de algas. O crescimento intenso de algas, especialmente algas azuis, causa prejuízo ao ambiente aquático e ao uso da água. Estas algas, em grandes quantidades, podem liberar toxinas que, dependendo da espécie, não são eliminadas pelas estações de tratamento de água e são responsáveis pelo sabor e odor de barro na água. O aumento da quantidade de algas incrementa a produção primária dos ambientes aquáticos e este processo de aumento de produção de um sistema aquático, através de fontes externas de nutrientes (esgoto doméstico), é chamado de eutrofização artificial, o qual limita os usos múltiplos dos ambientes aquáticos. Um dos problemas que a eutrofização artificial acarreta é a proliferação de macrófitas aquáticas e fitoplâncton que prejudicam atividades turísticas e recreativas, a geração de energia hidroelétrica, o entupimento de canalizações para captação de água, a pesca, entre outros. A eutrofização artificial também ocasiona modificações nas relações de competição entre espécies e, conseqüentemente, na redução da biodiversidade do ambiente aquático (BRAGA; CARVALHO, 2003).

1.7 Características físico-químicas da água

A percepção do homem nas alterações da qualidade da água, através de seus sentidos, dá-se pelas características físicas da água, pois, espera-se que esta seja transparente, sem cor e sem cheiro. De acordo com os parâmetros de qualidade, os aspectos físicos são analisados em diferentes proporções. Na verdade, a água usualmente possui cheiro, cor e até mesmo gosto. Os parâmetros químicos, por sua vez, são os índices mais importantes para se caracterizar a qualidade de uma água, sendo determinados com o objetivo de classificar a água por seu conteúdo mineral, através dos íons presentes; o grau de contaminação que permite indicar a origem dos principais poluentes; caracterizar a concentração de poluentes tóxicos e as possíveis fontes e avaliar o equilíbrio bioquímico, os quais são necessários para a manutenção da vida aquática e permite avaliar as necessidades dos nutrientes (MACEDO, 2001).

Entre os parâmetros de qualidade da água destacam-se nitrogênio (amônia, nitrito e nitrato), enxofre (sulfato), fósforo (fosfato), pH, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, temperatura e condutividade elétrica.

1.7.1 Nitrogênio

A ocorrência de nitrogênio em corpos d'água, pode ser observada nas mais diversas formas, ou seja, nitrogênio orgânico, na forma dissolvido que integra a biomassa dos organismos aquáticos; nitrogênio molecular o qual sofre grandes perdas para a atmosfera; amônio, íon presente em ambientes anaeróbicos, o qual se encontra em equilíbrio químico com a amônia gasosa, a qual é perdida para a atmosfera ou se transforma em nitrito; nitrito, o qual representa a forma intermediária entre a redução e a oxidação do nitrogênio e; nitrato, forma oxidada do nitrogênio, o qual pode ser encontrado em ambientes anaeróbicos, sendo um parâmetro indicador de que há poluição originada de esgotos domésticos (BRAGA et al., 2005).

A amônia é a forma mais reduzida do nitrogênio, a sua presença indica poluição recente. O nitrito, por sua vez, representa a forma intermediária entre o nitrogênio na forma de amônia e nitrato, sendo encontrado em baixas concentrações em corpos d'água bem oxigenados, elevando suas concentrações na ausência de oxigênio. As baixas concentrações de nitrito ocorrem devido à altas concentrações de nitrato e também pelo fato de ser esse intermédio entre a forma mais reduzida e a forma mais oxidada do nitrogênio, como foi demonstrado em estudos realizados por Horbe et al (2005). A presença de nitrito na água pode resultar tanto da ação de bactérias nitrificantes em condições aeróbias, oxidando a amônia, quanto da ação de alguns tipos de bactérias em condições anaeróbias, que conseguem reduzir nitrato a nitrito.

Após passar pelas formas de amônia e nitrito, o nitrogênio chega à forma de nitrato. Os nitratos são produtos da oxidação do nitrogênio orgânico pelas bactérias presentes no solo e na água em presença do oxigênio. Devido à sua elevada hidrossolubilidade, o nitrato é um dos íons mais encontrados em águas naturais. Sua presença indica que a matéria orgânica foi oxidada, através do processo de transformação para nitrito e posteriormente para nitrato. Sendo assim, o nitrato encontrado em águas representa o produto final da mineralização da matéria orgânica nitrogenada. Antônio e Bianchini Jr. (2003), observaram o descrito acima em estudos realizados para verificação do processo de decomposição e mineralização de detritos em ecossistemas aquáticos, com amostras de água da Lagoa do Infernã, em São Paulo.

1.7.2 Enxofre

O sulfato se apresenta na água como uma das formas do enxofre, assumindo grande importância na produtividade primária dos ecossistemas, sendo assimilado pelos organismos produtores sob a forma de sulfato inorgânico. Pode ser um indicador de poluição em uma das fases da decomposição da matéria orgânica no ciclo do enxofre. Esse processo é realizado sob a ação de microorganismos específicos, os quais apresentam a função de redução, em condições anaeróbicas e oxidação, em condições aeróbicas. A interferência humana também é um grande contribuinte para a existência de sulfato nos mais diversos ecossistemas, através da liberação de dióxido de enxofre dos processos industriais, como a queima de carvão e óleo combustível. Grande parte do enxofre encontrado em ecossistemas aquáticos é mineralizado em processo de decomposição. Em anaerobiose, o enxofre sofre redução para sulfeto, como o gás sulfídrico, composto considerado letal para organismos aquáticos de acordo com a profundidade que o mesmo apresentar. Em condições aeróbicas, ocorre a oxidação dos sulfetos, passando então a apresentar-se na forma de sulfato (ESTEVES, 1998; BRAGA et al., 2005).

1.7.3 Fósforo

Em ambientes aquáticos, o fósforo se manifesta na forma de fosfato, originando-se a partir da dissolução de compostos no solo e da decomposição da matéria orgânica, a qual pode ser encontrada naturalmente nestes ecossistemas ou introduzida, através de ações antrópicas, como o lançamento de despejos domésticos, industriais, fertilizantes e lixiviação de criatórios de animais. É considerado o principal fator limitante ao desenvolvimento de algas e plantas no corpo d'água e um importante nutriente. Em ambientes naturais, pode ser encontrado em concentrações inferiores a 0,02 mg/L (ESTEVES, 1998; LIBÂNIO, 2005).

Estudos revelam que as concentrações elevadas de fosfato em rios indicam a contaminação por efluentes de descargas domésticas e industriais, que podem conter, entre outras substâncias, detergentes com ortofosfatos na sua composição química, o que foi comprovado por Jordão et al. (2005), que avaliou a contaminação aquática provinda de indústrias de processamento de esgotos municipais tratados e não tratados.

1.7.4 pH

O pH, ou potencial hidrogeniônico, pode ser considerado como uma das variáveis ambientais mais importantes, ao mesmo tempo, uma das mais difíceis de se interpretar. Na maioria das águas naturais o pH da água é influenciado por íons H^+ , originados da dissociação de ácido carbônico. O pH das águas naturais na sua maior parte, é controlado por reações envolvendo o sistema carbonato. O sistema carbonato é também usado como um exemplo do sistema ácido-básico em geral. A afinidade desenvolvida para equilibrar é capaz de ser usada com poucas modificações espécies como fosfato, sulfato e ácido silícico. É calculado através das expressões matemáticas:

$[H^+]_{(aq)} = 10^{-pH}$ ou $pH = -\log [H^+]$ (1), onde $[H^+]$ é a concentração molar do íon H^+ (BAIRD, 2002).

De acordo com a literatura, observa-se ainda uma estreita interdependência entre as comunidades vegetais e animais e o meio aquático. Fenômeno este que acontece paralelamente à interferência das comunidades no pH e vice-versa. Sobre as comunidades, o pH atua diretamente nos processos de permeabilidade da membrana celular, interferindo, portanto, no transporte iônico inter e extra celular e entre os organismos e o meio. As comunidades aquáticas interferem nos valores do pH do meio de diferentes maneiras. Por exemplo, através da assimilação de CO_2 , pois, durante o processo fotossintético, macrófitas aquáticas e as algas podem elevar o pH do meio, por outro lado, o processo de decomposição proporciona a diminuição do pH. Até mesmo em diferentes locais do mesmo ecossistema podem ser observados diferentes níveis de pH (ESTEVES, 1998).

1.7.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

A entrada direta de resíduos orgânicos, como o esgoto e o escoamento diário de alimentos, impõe um problema maior para a qualidade da água. Materiais orgânicos suspensos ou dissolvidos na água, criam o que é conhecido como Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, significando que a decomposição desses materiais por bactérias consome o oxigênio presente na água. As entradas orgânicas não estão relacionadas com a produtividade natural do sistema e criam condições naturais, tais que em uma corrente ou lago podem se

tornar anóxicos por longos períodos e inadequados para muitas formas de vida (ESTEVES, 1998).

A DBO é um teste padrão, realizado a uma temperatura constante de 20 °C e durante um período de incubação também fixo, 5 dias. É uma medida que procura retratar em laboratório o fenômeno que acontece no corpo d'água, sendo conhecida também por DBO₅ (CETESB, 2005).

É o parâmetro mais comumente utilizado para a medida do consumo de oxigênio na água. Representa a quantidade de oxigênio do meio que é consumido pelos organismos vivos aeróbicos na oxidação da matéria orgânica presente na água (PGAI, 2003).

As análises de DBO em efluentes de sistemas de lagoas de estabilização são consideradas análises de referência, servindo para avaliar a eficiência do funcionamento das lagoas, no entanto, a literatura enfatiza sua relação com a demanda química de oxigênio – DQO, a qual apresenta uma grande redução de custos e tempo, como foi observado em estudos realizados por Silva e Mendonça (2003) em Grande Vitória, Espírito Santo, onde grande maioria dos esgotos é tratada através de sistemas de lagoa de estabilização.

1.7.6 Oxigênio dissolvido

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio (O₂) é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas são o consumo pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos, como por exemplo, o ferro e o manganês (ESTEVES, 1998).

Através do processo de fotossíntese, a concentração de oxigênio dissolvido não pode ser considerada significativa à jusante de elevados lançamentos de esgotos, isso em trechos iniciais. A elevação da turbidez e da cor das águas, dificultam a penetração dos raios solares e apenas poucas espécies resistentes a estas condições de poluição sobrevivem. A contribuição fotossintética de oxigênio só é expressiva após grande parte da decomposição de matéria orgânica, através das bactérias, bem como após terem se desenvolvido também os protozoários que, além de decompositores, consomem bactérias que clarificam as águas e permitem a penetração de luz. Contudo, concentrações reduzidas de oxigênio dissolvido é um dos parâmetros que caracteriza a poluição das águas (CETESB, 2005).

As medições de oxigênio dissolvido são realizadas com a finalidade de avaliar as condições naturais da água, bem como impactos ambientais provenientes da poluição orgânica e eutrofização (SPERLING, 1999).

1.7.7 Temperatura

A temperatura age diretamente sobre as comunidades aquáticas. Essa variável vem sendo relacionada como um subproduto das atividades antrópicas (ANTÔNIO; BIANCHINI JR., 2003).

Em substâncias líquidas, a temperatura indica a intensidade da energia cinética do movimento aleatório de suas moléculas e produz o fenômeno de transferência de calor ao ambiente. A temperatura tem influência nos processos químicos e biológicos (LIBÂNIO, 2005). Com o aumento da temperatura, a solubilidade dos gases diminui e a dos sais minerais aumenta, influenciando ainda, o crescimento microbiológico, pois cada microorganismo possui uma faixa ideal de temperatura. O ecossistema aquático é adaptado apenas a pequenas variações de temperatura, decorrendo principalmente da insolação e da ação antrópica (MACEDO, 2001).

1.7.8 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. É a capacidade da água transmitir a corrente elétrica. A condutividade das águas superficiais e subterrâneas também é bastante variada. Em águas naturais, essa variável se apresenta inferior a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto que em ambientes com elevadas contribuições de efluentes domésticos e industriais, esse valor pode atingir até 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (MACEDO, 2001; LIBÂNIO, 2005).

Devido a condutividade elétrica estar relacionada com a quantidade de íons presentes na água, corpos d'água com altas concentrações de íons refletem elevada interferência por poluição tanto de fertilizantes como de resíduos domésticos, como foi observado por Marques, Oliveira e Machado (2003).

1.8 Classificação das águas

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, através da Resolução nº 357/05, as águas são classificadas em nove classes distintas de acordo com as características físico-químicas e microbiológicas apresentadas e as formas adequadas para a sua utilização. As classes obedecem a padrões específicos para cada destino oferecido às águas doces, salobras e salinas. Para as regiões que não possuem legislação própria para o enquadramento dos seus corpos d'água, os corpos de água doce são enquadrados na classe 2, podendo ser destinados ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção de comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca (BRASIL, 2005).

1.9 Monitoramento da qualidade das águas

O estudo das condições de ambientes aquáticos pode ser considerado como a base necessária a todos os estudos biológicos, acerca das interações bióticas e abióticas existentes nestes ecossistemas. Além disso, a qualidade da água indica qualquer alteração no meio hídrico, seja decorrente de variações cíclicas naturais ou de origem antropogênica. Com o intuito de facilitar a interpretação de informações de qualidade de água de forma abrangente e útil, para especialistas ou não, é fundamental a utilização de Índices de Qualidade da Água - IQA os quais foram criados a partir de estudos sobre a qualidade da água e indicam os parâmetros a serem avaliados, o peso relativo dos mesmos e a condição com que se apresenta cada parâmetro, os quais são avaliados num estudo de monitoramento (PGAI, 2003; CETESB, 2005).

A Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB desenvolve um monitoramento avançado em seus corpos hídricos, os quais apresentam características naturais fortemente modificadas pela extensão da urbanização, servindo de parâmetro para outras regiões. Os principais objetivos das redes de monitoramento gerenciadas pela CETESB, incluem desde a geração de subsídios para os especialistas em avaliar a qualidade das águas à geração de informações das condições dessas águas para a população. Além dos índices de qualidade das águas serem úteis para informar, de forma sintética e acessível, a

população sobre a qualidade dos recursos hídricos, também são fundamentais no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos. Esta dupla vertente apresenta-nos o desafio permanente de gerar índices que tratem um número cada vez maior de informações (CETESB, 2005).

Em Roraima, o extinto Departamento Estadual do Meio Ambiente – DEMA, atual Fundação Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia - FEMACT, em parceria com o Programa de Gestão Ambiental Integrada – PGAI, realizou estudos de monitoramento da qualidade da água em alguns municípios considerados integrantes de uma área piloto, entre eles, Alto Alegre, Boa Vista, Cantá, Iracema e Mucajai. As informações geradas a partir deste estudo deverá gerar subsídios para o melhor entendimento do funcionamento dos corpos d'água estudados, bem como suas áreas de influência direta e indireta, além de contribuir, eventualmente na elaboração futuros programas de monitoramento a serem desenvolvidos no Estado de Roraima (PGAI, 2003).

1.10 Análise exploratória de dados

A utilização de métodos matemáticos para planejar ou selecionar procedimentos ótimos de medidas e experimentos, buscando o máximo de informação química relevante, com a análise dos dados pode ser descrita através da Quimiometria, ramo da Química que envolve estudos químicos, matemáticos e estatísticos, sendo considerada uma área multidisciplinar, podendo ser desenvolvida através de Análise de Componentes Principais – PCA e Análise de Componentes Hierárquicos - HCA ou simplesmente, Agrupamentos Hierárquicos. Podem ser utilizados para ordenar dados, segundo um conjunto de variáveis observadas. Além disso, também é utilizada na diferenciação das variáveis usadas para a construção de um determinado índice, para isso, utiliza-se a técnica de Análise de Grupamento, que é usada no sentido de descartar variáveis consideradas pouco importantes do ponto de vista estatístico. Além desses aspectos, é dada uma ênfase especial na interpretação do índice, a partir das componentes principais, isto é, no significado da ordenação obtida. Logo, as técnicas de PCA e HCA são consideradas um valioso procedimento para calcular índices a partir de uma base de dados multivariados (SHARAF; ILLMAN; KOWALSKI, 1986). Silva et al. (2002), a partir de estudos de análise de componentes principais nas mais diversas áreas também evidenciaram a importância da utilidade dessa técnica.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Observar e avaliar a influência do efluente gerado pelo sistema de lagoas de estabilização do município de Boa Vista, Roraima, sobre o igarapé Grande no ano de 2005, através de parâmetros como temperatura, condutividade elétrica, pH, fosfato, amônia, nitrito, nitrato, sulfato, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar os parâmetros físico-químicos à montante do despejo do efluente gerado a partir do sistema de lagoas de estabilização, bem como no ponto de lançamento desses efluentes no igarapé Grande e à sua jusante;
- Avaliar a influência do efluente sobre a qualidade da água do igarapé Grande;
- Fornecer informações a órgãos competentes sobre as reais características físico-químicas do igarapé Grande durante o período de monitoramento, a partir dos resultados obtidos;
- Sugerir medidas mitigadoras para tratamento dos efluentes antes do seu despejo no igarapé Grande e/ou reutilização dos mesmos em outras atividades.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo - Localização e caracterização

O Estado de Roraima, localizado ao norte do Brasil, é banhado em quase toda a sua superfície pela bacia hidrográfica do Rio Branco, a qual possui uma área de 204.640 Km², com aproximadamente 5,0 % desta, situada na Guiana. A parte brasileira está totalmente no estado de Roraima, tendo como principal corpo d'água, o rio Branco, com 581 Km de extensão, formado pela confluência dos rios Tacutu e Uraricoera e percorre o Estado na direção nordeste-sudeste. Seus principais afluentes são, na margem direita: os rios Cauamé, Mucajaí, Água Boa e Catrimani; e na margem esquerda, o rio Anauá (SANT'ANA, 2003).

Boa Vista é a capital do estado de Roraima. Localiza-se á margem direita do rio Branco, à uma altitude de 90 m acima do nível do mar e com área de, aproximadamente, 5.687,064 Km². Sua temperatura varia de 20 a 38 °C. A vegetação característica é savana aberta com dominância de gramíneas e árvores isoladas . O seu clima é quente e úmido, com apenas 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; LOPES, 2002).

O corpo hídrico, objeto deste estudo, o igarapé Grande, localiza-se no Estado de Roraima, no município de Boa Vista (figura 1). O igarapé estudado compõe a microbacia do Igarapé Grande, juntamente com o Igarapé da Paca, a qual tem sua foz no rio Branco. De acordo com observações pessoais, o igarapé Grande é um corpo d'água lótico, com uma extensão de aproximadamente 8.550 m e sua largura média é de cerca de 10 m, sendo um corpo hídrico com cerca de aproximadamente 1 m de profundidade média. Vale ressaltar que essas medidas refletem medianamente no igarapé considerado como um todo, desde a nascente até a foz.

O igarapé Grande é um corpo hídrico urbano, desde a sua nascente até próximo à sua foz, logo, apresenta alterações causadas pela ação antrópica, tanto na vegetação ciliar, a qual não é respeitada quanto à manutenção, devido à derrubada para construção de casas às margens do igarapé, como também nas próprias características físico-químicas e biológicas, uma vez que os esgotos domésticos dos bairros adjacentes não recebem tratamento e, muitas das vezes, são lançados diretamente no corpo hídrico. Em relação à vegetação da área de estudo, observou-se a presença de árvores retorcidas, de casca rachada, principalmente caimbé (*Curatela americana*) e murici (*Byrsonima verbacifolia*), sendo as margens do

igarapé, bem como os lagos e lagoas existentes no entorno, representados por buritis (*Mauritia flexuosa*) e aningal, vegetação original da beira de rios. Possui vegetação de savana parque próximo à formação pioneira, com extrato herbáceo apresentando sucessão primária. Ocorre também vegetação aquática, com macrófitas dispostas por todo o curso d'água. Além da vegetação citada, foi observada também a presença de plantas frutíferas cultivadas pelos moradores do entorno, caracterizando a interferência na manutenção da vegetação ciliar.

O georreferenciamento dos locais de estudo foi realizado através de Sistema de Posicionamento Global, utilizando equipamento modelo GARMIN ETREX, 12 Channel. A localização com coordenadas geográficas N 2° 47' 21,9" e W 60° 42' 39", correspondem à montante do deságüe do efluente do sistema de lagoas de estabilização, cerca de aproximadamente cinqüenta metros; N 2° 47' 23,3" e W 60° 42' 36", é onde ocorre o despejo do efluente gerado no sistema de lagoas de estabilização, afastando-se cerca de cinco metros; e por fim, N 2° 47' 25,7" e W 60° 42' 42,9", localiza-se à jusante do deságüe do efluente do sistema de lagoas de estabilização, aproximadamente a cinqüenta metros.

A seleção dos três pontos de coleta foi feita de modo que representassem a real influência do lançamento dos efluentes gerados a partir do sistema de lagoas de estabilização no corpo receptor, o igarapé Grande, de forma a obter amostras de água com características físico-químicas isentas de influência do lançamento do efluente gerado a partir do sistema de lagoas, amostras de água com total influência do lançamento do efluente e amostras de água que apresentassem o somatório das amostras anteriores. A partir de visitas de campo pode-se determinar a significância dos pontos escolhidos, uma vez que a estética dos mesmos se apresenta relevantemente diferente.

Foi definido como referencial o ponto 2, de deságüe do efluente no igarapé Grande e denominado de "deságüe" - (D), o ponto 1, anterior ao deságüe do efluente, denominado de "montante" - (M) e, por fim, o ponto 3, posterior ao deságüe do efluente, denominado de "jusante" - (J).

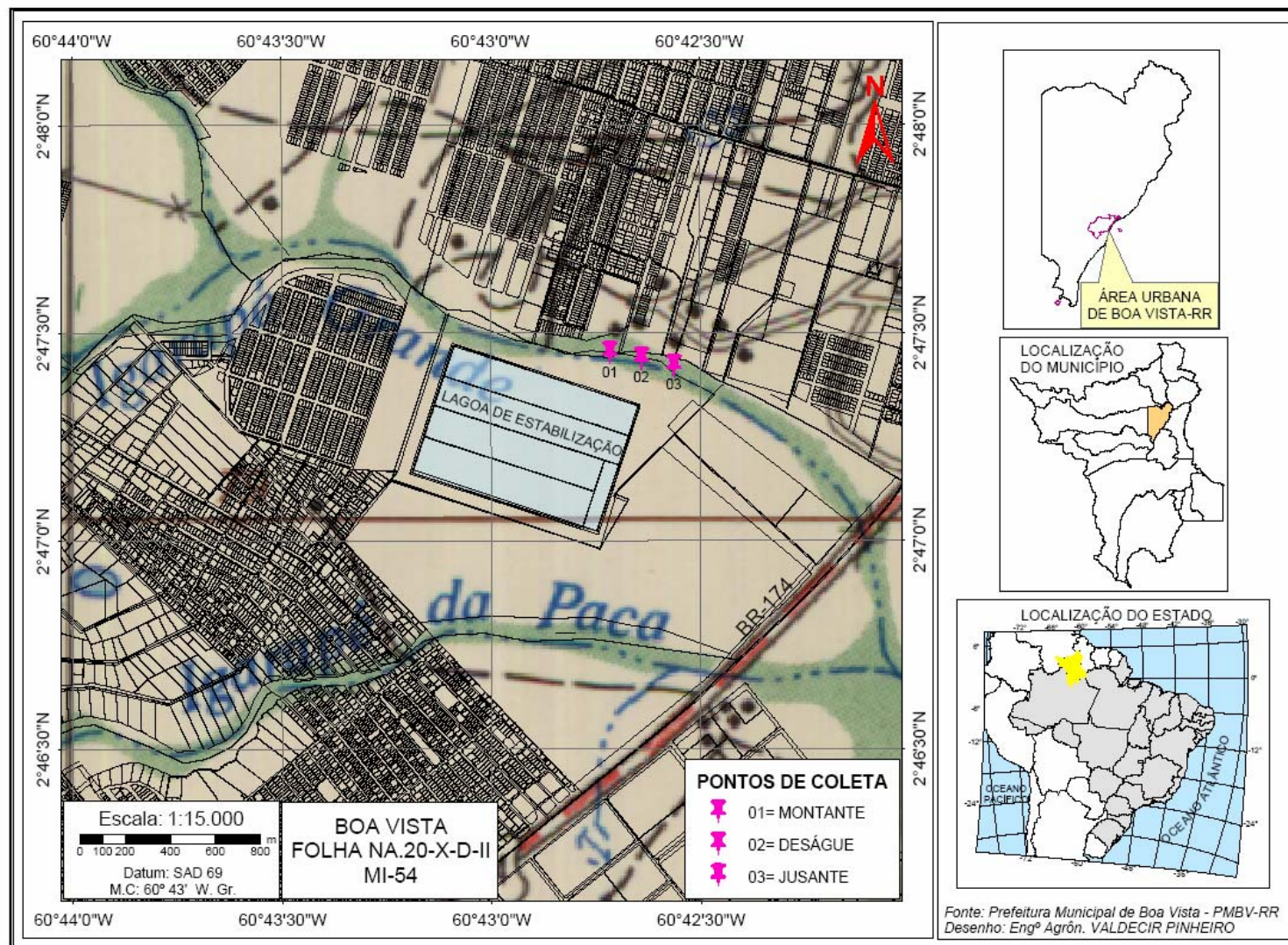


Figura 1. Localização da área de estudo.

Fonte: Prefeitura Municipal de Boa Vista - PMBV
Desenho: Eng. Agrôn. Valdecir Pinheiro (2006)

3.2 Procedimentos de coleta

As coletas foram realizadas durante doze meses, no período de janeiro a dezembro de 2005, uma vez ao mês, sendo obedecido um horário pré-estabelecido, ocorrendo sempre antes das 08:00H. Para cada ponto de coleta, foram utilizados dois frascos coletores com capacidade para 1 L, sendo um de polietileno destinado para as determinações das concentrações de nutrientes e outro de vidro âmbar, especificamente para as determinações de DBO. Cada frasco foi identificado com o nome do ponto de coleta, além da data e horário da coleta. Foram realizadas determinações de alguns parâmetros físico-químicos em campo, cujas anotações foram feitas em ficha apropriada (apêndice A).

3.3 Preservação das amostras

As amostras foram acondicionadas em isopor com gelo para a manutenção das características e transportadas para o Laboratório de Águas, do Departamento de Química da Universidade Federal de Roraima, para receber o tratamento específico. As técnicas de coleta, preservação das amostras e análises obedeceram às recomendações do Standard Methods for Examination of Water and Wasterwater (APHA, 1999) que consistiu em enluvar as mãos, aferir os frascos coletores e, com os mesmos mergulhados com a abertura totalmente para baixo, coletar amostras de água sem permitir a formação de bolhas, evitando assim, a presença de oxigênio dentro dos frascos.

3.4 Análises físico-químicas

As determinações de pH, OD, temperatura e condutividade foram realizadas em campo e os demais parâmetros em laboratório. Todas as determinações laboratoriais foram realizadas em número de determinações igual a 3. As vidrarias utilizadas nas análises foram previamente aferidas e descontaminadas com solução de ácido nítrico 10 % v/v e permanência em estufa por 24 horas a 150 °C. Os equipamentos utilizados em campo foram calibrados de acordo com as recomendações do fabricante. Para a determinação de amônia, nitrito, nitrato, sulfato e fosfato, foi utilizado o espectrofotômetro de absorção molecular UV/visível, modelo DR /4000U Hach – Hexis. Considerou-se a sazonalidade da região na análise dos resultados.

3.4.1 Amônia

A determinação de amônia nas amostras foi realizada através do método espectrofotométrico, em comprimento de onda de 450 nm, cuja curva analítica foi definida para seis pontos, na faixa de concentração de 0 a 5 mg/L (Apêndice B).

3.4.2 Nitrito

A determinação de nitrito nas amostras foi realizada através do método espectrofotométrico, em comprimento de onda de 543 nm, cuja curva analítica foi definida para seis pontos na faixa de concentração de 0 a 5 mg/L (Apêndice C).

3.4.3 Nitrato

A determinação de nitrato nas amostras foi realizada através do método espectrofotométrico, em comprimento de onda de 240 nm e 360 nm, respectivamente, cuja curva analítica foi definida para seis pontos na faixa de concentração de 0 a 50 mg/L (Apêndice D).

3.4.4 Sulfato

A determinação de sulfato nas amostras foi realizada através do método espectrofotométrico, em comprimento de onda de 415 nm, cuja curva analítica foi definida para cinco pontos na faixa de concentração de 0 a 100 mg/L (Apêndice E).

3.4.5 Fosfato

A determinação de fosfato nas amostras foi realizada através do método espectrofotométrico, em comprimento de onda de 650 nm, cuja curva analítica foi definida para seis pontos na faixa de concentração de 0 a 10 mg/L (Apêndice F).

3.4.6 pH

A determinação do pH foi feita através do pHmetro, modelo Handylab 1 – Schott, o qual possui um eletrodo íon-seletivo de vidro. O instrumento foi previamente calibrado com soluções padrões de pH 4,00 e 7,00, respectivamente, para que as determinações ficassem dentro da faixa de resposta confiável do equipamento. As medições de pH foram realizadas fora do corpo aquático, em suporte plástico apropriado, cujas amostras foram coletadas a 30 cm da superfície da água.

3.4.7 Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO₅

A determinação da DBO₅ foi realizada utilizando o método de Winkler, sendo as amostras acondicionadas em frascos de vidro âmbar a uma temperatura de 20 °C, durante 5 dias, visando avaliar a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica.

3.4.8 Oxigênio dissolvido

A determinação do oxigênio dissolvido foi feita através do instrumento Oxímetro, modelo Handylab 1 – Schott, utilizando o método eletrométrico. As medições de oxigênio dissolvido foram realizadas diretamente no corpo d'água, a aproximadamente 30 cm abaixo da lâmina d'água.

3.4.9 Temperatura

A determinação da temperatura foi feita com o instrumento Oxímetro – Handylab 1 – Schott, que registra a temperatura de um corpo d'água a uma certa profundidade. A profundidade para cada determinação foi de aproximadamente 30 cm abaixo da lâmina d'água.

3.4.10 Condutividade elétrica

A determinação da condutividade elétrica foi feita através do condutímetro modelo Handylab LF 513T/LF 613T – Schott, o qual foi previamente calibrado com KCl a 0,01 M. As medições de condutividade elétrica foram realizadas em suporte plástico apropriado, cujas amostras foram coletadas a 30 cm da superfície da água.

3.5 Tratamento dos dados

3.5.1 Avaliação dos resultados

Os critérios estatísticos adotados para a avaliação dos resultados para um número de determinações igual a três foram: estimativa de desvio padrão (s), variância (s^2), coeficiente de variação (cv). Para cada curva analítica obtida pelo método espectrofotométrico, foi estimado o seu erro.

O teste F (5 %) foi realizado mediante a hipótese verdadeira de que o ponto de coleta referente ao deságüe do efluente apresenta características físico-químicas que contribuem significativamente para a degradação do corpo receptor, sendo mantidas essas características também no ponto referente à jusante do deságüe do efluente.

O teste t (95 %) foi realizado no intuito de verificar se havia diferenças significativas entre os resultados médios das variáveis estudadas em relação aos pontos de coleta.

Para o tratamento estatístico dos dados foi utilizado o software Microsoft® Excel 2002 (10.2614.2625), Copyright©, Microsoft Corporation 1985-2001. Ident. do produto – 54870-640-1203177-17320.

As curvas analíticas foram realizadas a partir do software Origin^E 7.0 SRO, Versão 7.0220 (B220) Copyright© 1991-2002, Original Lab Corporation, Serial Number – G6354 – 9489 – 7777 Registration ID.

3.5.2 Estudos Quimiométricos

Os resultados médios obtidos foram submetidos a um estudo quimiométrico por Análise de Componentes Principais – PCA e por Análise de Agrupamentos Hierárquicos – HCA, onde se utilizou a distância euclidiana e o método de conexão incremental com o objetivo de melhor interpretar os dados analíticos e/ou avaliar a possibilidade de classificação das amostras de acordo com o local da coleta, buscando obter semelhanças ou diferenças entre as amostras utilizadas, utilizando o software Ein*Sight 3.0, Ser. Nº 9203E30B020 Infometrix, Inc. Copyright© 1991.

O número total de amostras foi de seis e as variáveis utilizadas temperatura, condutividade elétrica, pH, fosfato, amônia, nitrito, nitrato, sulfato, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio. Deste modo, a matriz de dados apresenta a dimensão 6x10, sendo os mesmos tratados por auto-escalamento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O acompanhamento do comportamento de alguns parâmetros físico-químicos do igarapé Grande realizado durante o ano de 2005, não evidenciou um padrão de distribuição definido durante o período estudado. Foram observadas oscilações constantes das concentrações obtidas em todos os pontos analisados, tanto na estação de seca como na estação das chuvas, considerando que houve a ocorrência de fortes chuvas durante todo o ano, mesmo na estação de seca, o que contribuiu para a semelhança entre alguns resultados dos pontos analisados. No entanto, foi possível observar sempre uma tendência favorável na distinção entre ambas as estações e entre os locais de estudo, possibilitando a diferenciação entre os mesmos, como demonstram os resultados dos parâmetros estudados, que foram temperatura, condutividade elétrica, pH, fosfato, amônia, nitrito, nitrato, sulfato, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio, os quais são apresentados a seguir.

A variação da quantidade de amônia no igarapé Grande pode ser observada na Tabela 1, onde está omitido o valor referente ao mês de outubro, uma vez que não foi feita esta determinação devido a problemas operacionais.

Tabela 1. Resultados obtidos nas determinações de amônia no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.

Amônia (mg/L)	Local	Ano 2005										
		Estação de seca					Estação das chuvas					
		nov.	dez.	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.
Concentração	M	0,502	0,627	0,638	0,534	0,146	0,575	0,856	0,331	0,232	0,131	0,284
	D	1,064	1,355	1,053	0,845	0,100	0,825	0,419	0,287	0,243	0,194	0,492
	J	1,022	1,417	0,638	1,334	0,115	0,804	0,575	0,381	0,253	0,159	0,253
Resultado médio do período	M			0,49						0,40		
	D			0,88						0,41		
	J			0,91						0,40		
Desvio Padrão	M			0,201						0,267		
	D			0,474						0,232		
	J			0,538						0,243		
Variância	M			0,040						0,071		
	D			0,225						0,054		
	J			0,289						0,059		
Coeficiente de Variação (%)	M			41,011						66,456		
	D			53,648						56,554		
	J			59,402						60,122		

Na estação de seca, a concentração de amônia no ponto de coleta localizado à montante do deságüe do efluente (M) apresentou-se quase sempre menor que no ponto de deságüe do efluente (D) e no ponto à jusante do deságüe do efluente (J). No mês de janeiro a jusante apresentou um decréscimo em sua concentração, igualando-se à concentração da

montante, provavelmente devido a ocorrência de chuvas mais fortes durante esse mês. No mês de março os pontos de coleta deságüe e jusante apresentaram concentrações pouco inferiores ao ponto à montante. Isso se deve provavelmente a ocorrência de chuvas mais constantes, devido a chegada da estação das chuvas, quando as mesmas se intensificaram mais ainda.

Na estação das chuvas, as concentrações médias de amônia obtidas no ponto à montante e à jusante apresentaram valores inferiores ao ponto de deságüe. No entanto, a variação mensal da concentração de amônia demonstra, no primeiro mês do período, uma maior concentração no ponto de deságüe, porém, muito próximo da concentração apresentada à jusante. Isso ocorreu devido ao aumento na vazão do igarapé em decorrência do início da estação das chuvas.

O ponto à montante apresentou concentração mais elevada que os demais pontos estudados no mês de maio, quando ocorreram fortes chuvas e, conseqüentemente, maior entrada de material a ser decomposto, sofrendo diminuição no mês de junho até o final da estação das chuvas. No ponto à jusante, as concentrações de amônia foram mais elevadas que no ponto de deságüe durante a metade da estação das chuvas, apresentando-se inferior ao deságüe apenas no primeiro mês da estação, ou seja, abril e nos dois últimos meses, agosto e setembro, provavelmente pela ocorrência de chuvas menos intensas durante esse período. No entanto, de um modo geral, houve uma semelhança entre as concentrações médias dos pontos estudados, principalmente entre a montante e a jusante, onde as mesmas apresentaram concentração média equivalente.

Essas condições vêm a confirmar que o acúmulo de matéria orgânica vem ocorrendo antes mesmo do lançamento do efluente no igarapé, sendo a quantidade encontrada à montante somada às novas entradas de material orgânico, dificultando o processo de decomposição, o que conseqüentemente ocasiona a presença de amônia.

As concentrações de amônia obtidas estão relacionadas à elevada introdução de material orgânico a ser decomposto, tendo em vista que o corpo d'água se localiza em área urbana da cidade de Boa Vista, havendo construções às margens do corpo d'água estudado, lançamento de detritos das mais diversas origens, bem como excreções de bovinos, que utilizam o igarapé para dessedentação.

Em relação à interferência antrópica observada nas margens do igarapé Grande, observou-se que a mesma não é recente, uma vez que Rabelo (2004) ao estudar o uso e a ocupação das margens do igarapé observou as mesmas características por todo o percurso. Ocasões como essas influenciam na concentração de amônia nos locais estudados, pois

quando há uma elevada entrada de material a ser degradado, o processo de decomposição favorece a formação dessas substâncias.

O teste F (5 %), quando aplicado às concentrações de amônia, no intuito de verificar a existência de variância significativa entre os pontos estudados, foi observado que existem diferenças significativas entre a montante e a jusante, durante a estação de seca, em relação ao recebimento de amônia, ou seja, a montante apresenta concentrações inferiores de amônia em relação à jusante, sendo aceita a hipótese como verdadeira de que o ponto de coleta referente ao deságüe do efluente apresenta características físico-químicas que contribuem significativamente para a degradação do corpo receptor, cujas características são mantidas no ponto à jusante do deságüe do efluente, isto é, não houve diferença significativa entre o deságüe e a jusante quando aplicado o teste F (5 %).

O teste t (95 %) mostrou que existe apenas diferença significativa entre as concentrações médias do ponto à montante em relação ao ponto de deságüe, no mesmo período. O fato pode ser explicado pelo elevado decréscimo de concentração sofrido pelo ponto à jusante, o qual apresentou concentrações superiores aos demais pontos a partir da segunda metade da estação de seca. Na estação das chuvas não houve diferenças significativas entre nenhum dos pontos estudados tanto com a aplicação do teste F (5 %) como com a aplicação do teste t (95%), devido a uma maior semelhança e constância existente entre os pontos estudados.

A Tabela 2 apresenta os resultados da aplicação dos testes F (5 %) e t (95 %), nos pontos analisados e nas estações de seca e das chuvas, respectivamente.

Tabela 2. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados médios das determinações de amônia, com grau de liberdade 4 na estação de seca e 5 na estação das chuvas.

Item/Local Analisado	Ano 2005			
	Estação de seca		Estação das chuvas	
	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)
Valor tabelado *	6,39	2,78	5,05	2,57
Montante/Deságüe	5,58	3,02	1,33	0,08
Montante/Jusante	7,18	2,27	1,21	0,04
Deságüe/Jusante	1,29	0,15	1,10	0,10

*Fonte: (HARRIS, 2001)

As variações das concentrações mensais de amônia são demonstradas na Figura 2, onde se percebe que, de forma geral, durante a estação de seca, tais concentrações se apresentam maiores no deságüe e à jusante.

Especificamente no mês de fevereiro, na estação de seca, o ponto à jusante sofreu um decréscimo significativo, quando apresentou concentrações semelhantes às obtidas no ponto à montante. No final da estação de seca, todos os pontos estudados apresentaram diminuição nas concentrações, com isso, os pontos de deságüe e jusante apresentaram concentrações inferiores às do ponto à montante, provavelmente devido o aumento na vazão das águas a partir do ponto de deságüe apresentar-se mais relevante que no ponto à montante.

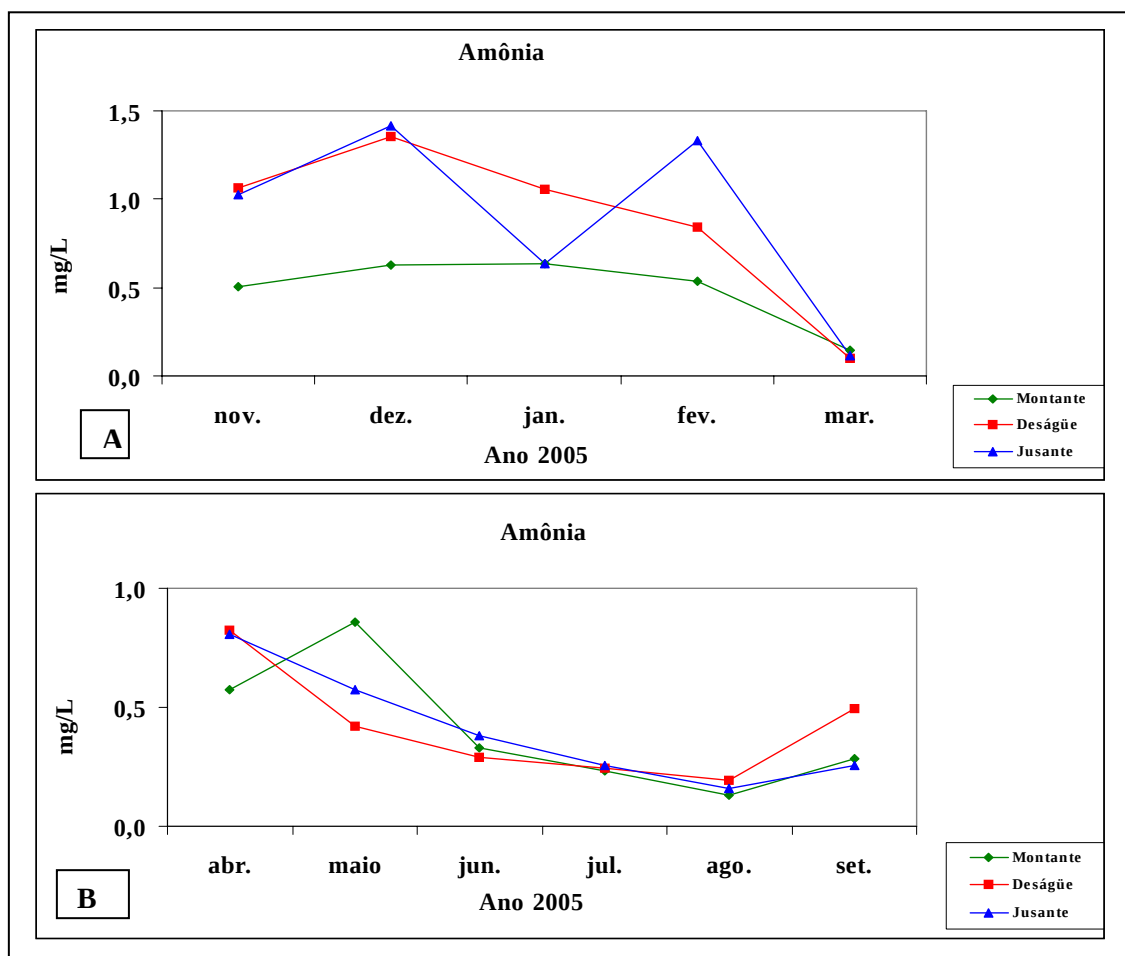


Figura 2. Variação das concentrações de amônia no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).

De acordo com a Resolução 357/05 – CONAMA, o valor permitido para as concentrações de amônia na água está relacionado com o valor do pH do corpo d'água sendo que, corpos d'água de classe 2 que apresentem valores de pH menores ou iguais a 7,5, têm valor de amônia permitido em até 3,7mg/L de nitrogênio (BRASIL, 2005).

As concentrações de nitrito no igarapé Grande foram determinadas somente por um período de seis meses, sendo três meses na estação de seca, outubro a dezembro e, três meses

na estação das chuvas, julho a setembro, devido a problemas operacionais. Os resultados médios das concentrações de nitrito são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados obtidos nas determinações de nitrito no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.

Nitrito (mg/L)	Local	Ano 2005					
		Estação de seca			Estação das chuvas		
		out.	nov.	dez.	jul.	ago.	set.
Concentração	M	0,052	0,032	0,020	0,023	0,027	0,047
	D	0,170	0,117	0,079	0,076	0,085	0,069
	J	0,222	0,162	0,105	0,085	0,094	0,074
Resultado médio Do período	M		0,04			0,03	
	D		0,12			0,08	
	J		0,16			0,08	
Desvio padrão	M		0,016			0,013	
	D		0,045			0,008	
	J		0,059			0,009	
Variância	M		0,0003			0,0002	
	D		0,002			0,0001	
	J		0,003			0,0001	
Coeficiente de variação (%)	M		46,933			38,889	
	D		37,103			10,652	
	J		35,979			11,802	

O teste F (5 %) aplicado aos resultados das determinações de nitrito mostra não haver diferenças significativas entre as variâncias dos pontos estudados. No entanto, o teste t (95 %) revelou que existem diferenças significativas entre os resultados médios de todos os pontos na estação de seca, enquanto que na estação das chuvas, essa diferença é observada apenas entre o ponto de deságüe e o ponto à jusante, como mostra a Tabela 4.

Tabela 4. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados às determinações nitrito, com grau de liberdade igual a 2.

Item/Local Analisado	Ano 2005			
	Estação de seca		Estação das chuvas	
	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)
Valor tabelado*	19	4,3	19	4,3
Montante/Deságüe	7,66	5,22	2,41	3,91
Montante/Jusante	12,83	5,23	1,62	4,16
Deságüe/Jusante	1,68	5,05	1,49	6,5

*Fonte: (HARRIS, 2001)

Apesar do teste t (95 %) não verificar diferenças significativas entre os pontos montante e deságüe e entre os pontos montante e jusante, as variações das concentrações mensais de nitrito, representadas na Figura 3, revelam que ocorrem concentrações de nitrito aumentando no sentido montante/jusante. Na estação de seca, essas concentrações são mais

elevadas, diminuindo na estação das chuvas pela precipitação ocorrida devido às chuvas, sendo possível distinguir nitidamente a diferença entre os pontos analisados.

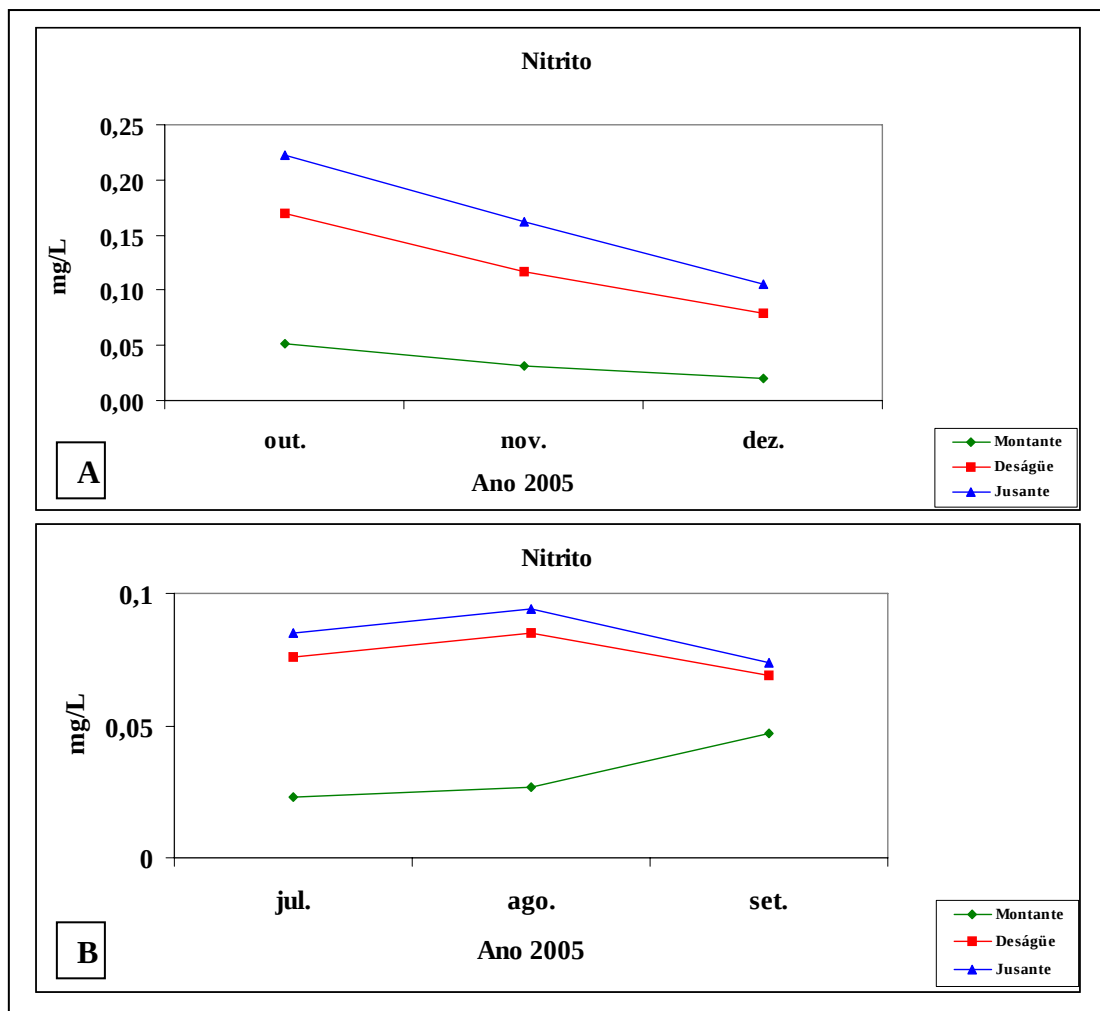


Figura 3. Variação das concentrações de nitrito no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).

As baixas concentrações de nitrito no igarapé Grande podem estar relacionadas tanto ao fato desta variável se encontrar como uma espécie intermediária entre a transformação da amônia para nitrato como também às elevadas concentrações de nitrato obtidas no igarapé Grande durante o estudo, uma vez que elevadas concentrações de nitrato indicam que houve a degradação da matéria orgânica através da oxidação total do nitrogênio, quando o mesmo apresenta-se sob a forma de nitrato, não sendo possível o nitrogênio permanecer sob a forma de nitrito, ocorrendo, portanto a presença de elevadas concentrações de nitrato no igarapé Grande.

Em estudos realizados por Gondim (2002) também foi observada uma relação entre as concentrações de nitrito e nitrato, sendo que, quando haviam elevadas concentrações de nitrato em determinada amostra de água, as concentrações de nitrito apresentavam-se de forma bem reduzida, como foi observado neste estudo.

Os resultados obtidos nas determinações das concentrações de nitrato no igarapé Grande podem ser observados na Tabela 5, onde se pode observar que mesmo antes do deságüe do efluente, existe um alto índice de nitrato, cujo valor se eleva no ponto de deságüe e diminui no ponto à jusante. Essa diminuição acontece devido ao seu alto poder de dissolução.

Este fato também pode ser explicado ao observarmos as características do entorno do igarapé, onde podemos perceber que decorre uma interferência de despejo de dejetos de forma direta e indireta no corpo hídrico, inclusive através do próprio lançamento do efluente, devido à reduzida extensão do emissário final dos efluentes para o igarapé, o qual não atinge diretamente o igarapé Grande, sendo feito o despejo do efluente no solo, à margem direita do igarapé, a alguns metros da água.

Tabela 5. Resultados obtidos nas determinações de nitrato no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.

Nitrato (mg/L)	Local	Ano 2005											
		Estação de seca						Estação das chuvas					
		out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.
Concentração	M	10,041	9,168	5,709	16,281	ND*	3,252	17,736	14,826	11,917	11,529	11,044	12,628
	D	12,078	10,559	9,136	24,041	2,379	3,511	18,027	15,505	13,048	12,208	11,076	12,596
	J	12,466	11,141	9,912	5,612	3,026	3,511	16,605	14,923	13,210	11,917	10,591	12,240
Resultado médio do período	M			7,41							13,28		
	D			10,28							13,74		
	J			7,61							13,25		
Desvio Padrão	M			5,724							2,553		
	D			7,775							2,559		
	J			4,078							2,187		
Variância	M			32,761							6,520		
	D			60,446							6,546		
	J			116,633							4,785		
Coeficiente de variação (%)	M			77,260							19,228		
	D			75,601							18,616		
	J			53,580							16,512		

*ND = Não detectado

A aplicação do teste F (5 %) para os resultados das determinações de nitrato demonstrou que os pontos analisados têm variâncias semelhantes em relação ao recebimento desse nutriente.

Isto pode ser confirmado com a aplicação do teste t (95 %), que revelou analogia entre as médias encontradas nos pontos, conforme dados da Tabela 6.

Tabela 6. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados das determinações de nitrato, com grau de liberdade igual a 5.

Item/Local Analisado	Ano 2005			
	Estação de seca		Estação das chuvas	
	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)
Valor tabelado*	5,05	2,57	5,05	2,57
Montante/Deságüe	1,85	2,50	1,00	2,54
Montante/Jusante	1,97	0,09	1,36	0,09
Deságüe/Jusante	3,63	0,86	1,37	2,33

*Fonte: (HARRIS, 2001)

Considerando que um curso de água busca as formas mais práticas do seu escoamento, observaram-se diversos caminhos formados pelo escoamento do efluente até o seu despejo final no igarapé Grande.

O fato de não haver um direcionamento do efluente para dentro do igarapé Grande, sendo o lançamento do efluente feito diretamente no solo, pode proporcionar que haja uma influência nas concentrações de nitrato no ponto à montante. Isto pode ter contribuído para que os valores de nitrato encontrados à montante fossem maiores que os observados à jusante, uma vez que os dados obtidos evidenciam a presença de matéria orgânica no corpo receptor antes mesmo do lançamento do efluente.

Gondim (2002) observou que presença de nitrato na água indica a matéria orgânica a alguma distância do ponto em que a amostra foi coletada e que a mesma foi oxidada, o que novamente vem a confirmar os resultados obtidos no igarapé Grande.

As concentrações mensais de nitrato são representadas graficamente na Figura 4, onde se percebe que, durante a estação de seca, as concentrações se apresentam mais elevadas a partir do ponto de deságüe, ocorrendo uma variação brusca no mês de janeiro, quando as maiores concentrações se apresentaram no ponto de deságüe e à montante.

Na estação das chuvas, as concentrações de nitrato se apresentaram próximas nos três pontos analisados, havendo uma leve sobreposição do ponto de deságüe em relação aos demais, que apresentaram menos concentrações de nitrato.

Pela capacidade de dissolução do nitrato, não ocorreu a precipitação ou a complexação do mesmo, prevalecendo as maiores concentrações na estação das chuvas, quando aumentou a quantidade de matéria orgânica no igarapé e também o nível das águas.

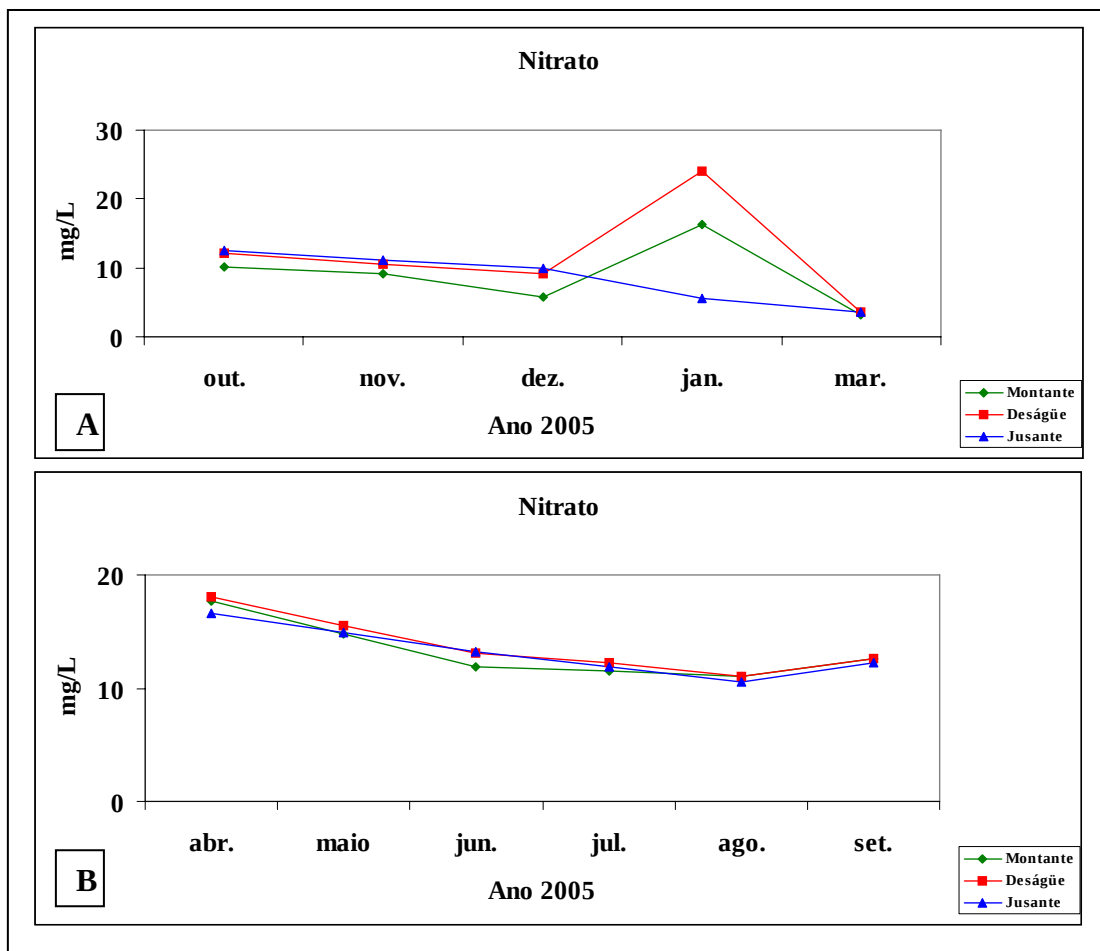


Figura 4. Variação das concentrações de nitrato no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).

Outro parâmetro analisado foi o sulfato. A Tabela 7 expressa os resultados obtidos.

Tabela 7. Resultados obtidos nas determinações de sulfato no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.

Sulfato (mg/L)	Local	Ano 2005											
		Estação de seca						Estação das chuvas					
		out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	Jun.	jul.	ago.	set.
Concentração	M	1,116	0,697	0,279	3,801	ND*	0,105	1,116	2,336	2,441	0,732	0,872	0,907
	D	6,241	3,870	1,569	8,333	ND*	0,174	1,639	1,220	2,057	1,848	2,336	2,999
	J	8,054	5,195	2,301	5,893	0,001	0,209	0,139	0,035	0,593	2,545	3,312	4,603
Resultado médio do Período	M			1,00						1,40			
	D			3,37						2,02			
	J			3,61						1,87			
Desvio Padrão	M			1,433						0,776			
	D			3,404						0,612			
	J			3,279						1,897			
Variância	M			2,054						0,602			
	D			11,587						0,375			
	J			10,756						3,599			
Coeficiente de variação (%)	M			143,383						55,389			
	D			101,172						30,354			
	J			90,873						101,389			

*ND – Não detectado.

A aplicação do teste F (5 %) aos resultados das determinações de sulfato mostrou diferenças significativas tanto na estação de seca como na estação das chuvas entre os pontos montante/deságüe e montante/jusante e deságüe/jusante. O teste t (95%) também demonstrou haver diferenças significativas entre os resultados médios das concentrações de sulfato da montante em relação ao deságüe e da montante em relação à jusante, durante a estação de seca, enquanto que na estação das chuvas não foi observada diferenças significativas entre nenhum dos pontos estudados (Tabela 8).

Tabela 8. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados obtidos para as determinações de sulfato, com grau de liberdade igual a 5.

Item/Local Analisado	Ano 2005			
	Estação de seca		Estação das chuvas	
	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)
Valor tabelado*	5,05	2,57	5,05	2,57
Montante/Deságüe	5,64	3,64	1,60	1,26
Montante/Jusante	5,24	2,64	5,98	0,46
Deságüe/Jusante	1,08	0,40	9,61	0,26

*Fonte: (HARRIS, 2001)

As concentrações de sulfato encontradas no igarapé Grande podem ser atribuídas à grande quantidade de matéria orgânica presente no ambiente estudado, devido a formação de gás sulfídrico tanto nas lagoas de estabilização, como também no próprio corpo d'água, causando o odor característico.

Na estação de seca há concentrações mais elevadas no deságüe e à jusante, havendo uma diminuição no final do período, quando percebemos valores próximos, porém, com diferença crescente entre os três pontos, permanecendo sempre a montante com valores inferiores. Este fato evidencia uma maior quantidade de matéria orgânica nos pontos de deságüe do efluente e à sua jusante.

Na estação das chuvas, o ponto à jusante apresentou concentrações menos elevadas que os demais pontos, permanecendo assim até a metade do período, quando apresentou um aumento significativo, permanecendo com concentrações mais elevadas que o deságüe e a jusante, respectivamente. No primeiro mês deste período, abril, o deságüe apresentou concentração mais elevada. Nos meses de maio e junho, o ponto à montante apresentou um aumento em suas concentrações e da metade do período até o seu final, permaneceu com concentrações menos elevadas.

As concentrações médias mensais de sulfato são representadas graficamente na Figura 5.

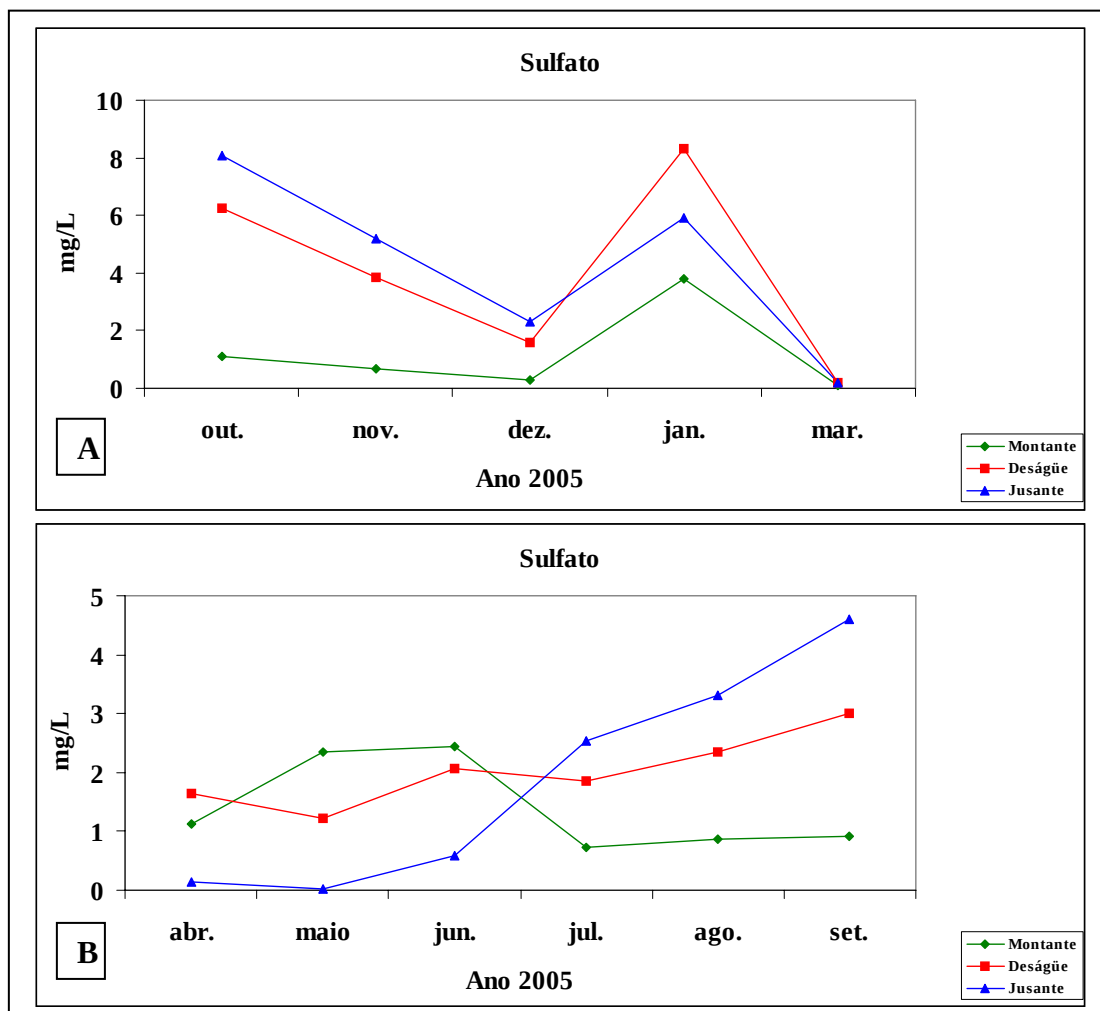


Figura 5. Variação das concentrações de sulfato no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).

A diminuição das concentrações de sulfato na estação das chuvas ocorreu devido à precipitação proporcionada pela ocorrência de chuvas mais intensas, ocasionando o acúmulo dessa substância no substrato.

É importante considerar também a interferência da ação humana que ocorre principalmente à montante do despejo dos efluentes, onde foi observado que o local é bastante utilizado também como lavatório de roupas, de louças, entre outros, sendo encontrados frascos de água sanitária, esponja de aço, bem como uma diversidade de lixos presente na área. A ocorrência de sulfatos em ecossistemas aquáticos como uma das fases de decomposição da matéria orgânica e também pela interferência antrópica, sendo também

observada a ação das águas sobre certos minerais, é observado por Gondim (2002) em seus estudos.

Com relação às análises de fosfato, obteve-se os resultados apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Resultados obtidos nas determinações de fosfato no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.

Fosfato (mg/L)	Local	Ano 2005										
		Estação de seca						Estação das chuvas				
		out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	ago.	set.
Concentração	M	0,028	0,018	0,008	0,132	0,132	0,035	0,196	0,206	0,209	0,028	0,078
	D	0,421	0,290	0,162	0,199	0,199	0,095	0,222	0,239	0,249	0,209	0,139
	J	0,552	0,411	0,283	0,098	0,132	0,088	0,206	0,182	0,179	0,212	0,159
Resultado médio do período	M			0,06						0,14		
	D			0,23						0,21		
	J			0,26						0,19		
Desvio Padrão	M			0,057						0,085		
	D			0,114						0,044		
	J			0,190						0,022		
Variância	M			0,003						0,007		
	D			0,013						0,002		
	J			0,036						0,001		
Eficiente de Variação (%)	M			97,895						58,980		
	D			49,939						20,646		
	J			72,906						11,571		

A aplicação do teste F (5 %) aos resultados obtidos nas determinações de fosfato, mostrou que existe diferença significativa entre a montante e a jusante, por todo o período estudado, ou seja, os pontos receberam concentrações distintas de fosfato durante todo o ano.

No entanto, o teste t (95 %) demonstrou que os valores das concentrações médias apenas na montante e no deságüe apresentam diferenças significativas durante a estação das chuvas. Isto pode ser explicado conforme é mostrado na Tabela 10.

Tabela 10. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados das determinações de fosfato, com grau de liberdade igual a 5 na estação de seca e igual a 4 na estação das chuvas.

Item/Local Analisado	Ano 2005			
	Estação de seca		Estação das chuvas	
	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)
Valor tabelado*	5,05	2,57	6,39	2,78
Montante/Deságüe	3,93	3,03	3,75	2,37
Montante/Jusante	10,98	2,15	15,20	1,10
Deságüe/Jusante	2,79	0,77	4,06	1,39

*Fonte: (HARRIS, 2001)

As variações nas concentrações mensais de fosfato são representadas graficamente na Figura 6, onde está omitida a variação do mês de julho, na estação das chuvas, uma vez que não foi realizada a sua determinação devido a problemas operacionais.

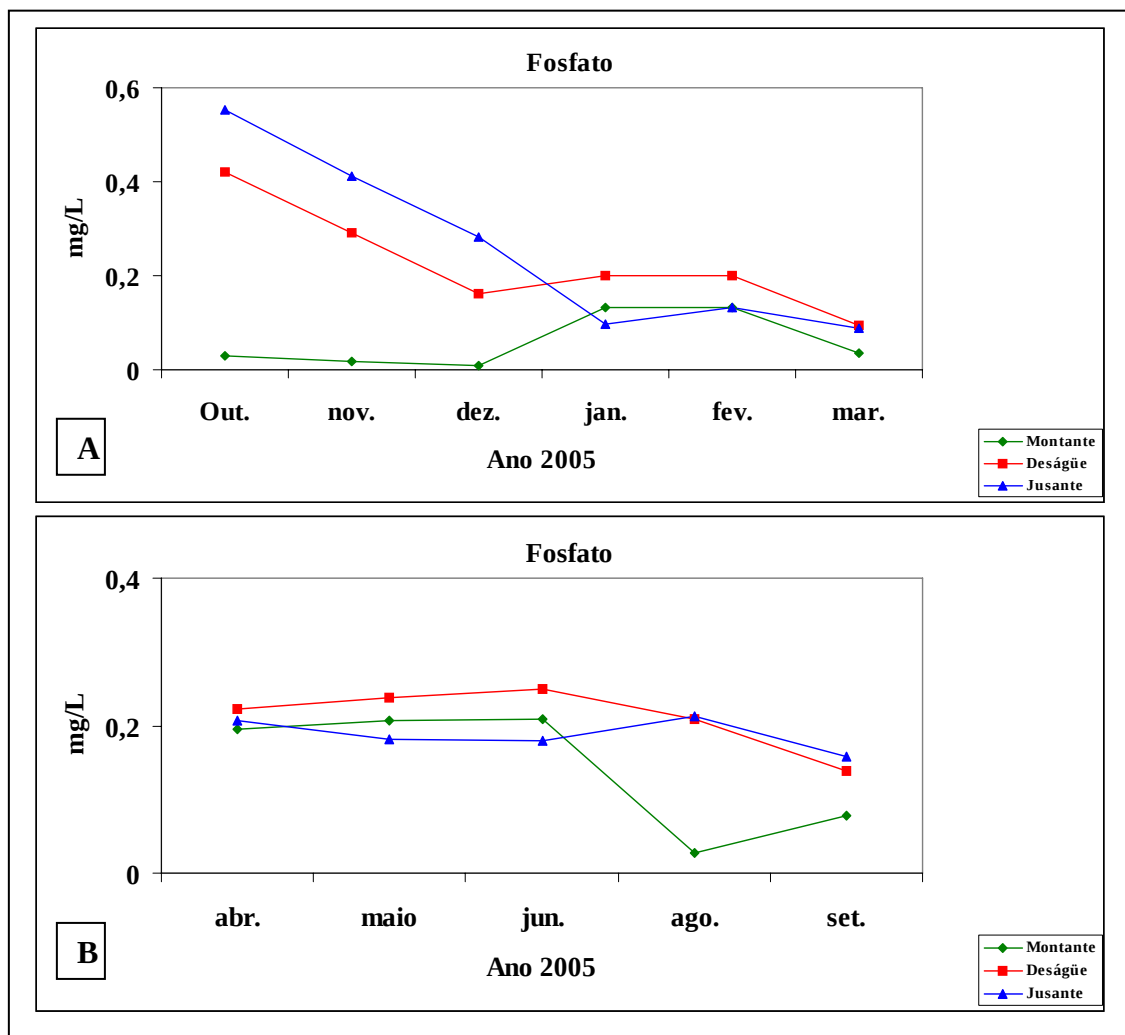


Figura 6. Variação das concentrações de fosfato no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).

Na estação de seca se observou maiores concentrações de fosfato a partir do ponto de deságüe nos meses de outubro a dezembro, ocorrendo uma diminuição da concentração à jusante em janeiro, permanecendo com concentrações semelhantes até o mês de março, quando se iniciaram chuvas mais fortes e com mais freqüência. Na estação das chuvas, as concentrações de fosfato se apresentam estáveis nos meses de abril a junho, no entanto, o ponto de deságüe sempre apresentou concentrações mais elevadas que os demais pontos, sendo a jusante, por sua vez, o ponto que apresentou menores concentrações de fosfato. As concentrações de fosfato no ponto à montante somente decresceram a partir do mês de agosto.

Vale salientar que a utilização do ponto à montante por moradores do entorno aumentou nesse período, sendo o mesmo utilizado como lavatório, uma vez que os demais pontos apresentam características estéticas que inviabilizam o uso de suas águas, o que provavelmente tenha contribuído para o aumento das concentrações de fosfato nesse ponto, devido o uso de sabões e detergentes.

Percebe-se que há uma maior quantidade de matéria orgânica no deságüe e à jusante, devido o lançamento do efluente de esgotos. As concentrações de fosfato encontradas antes do deságüe do efluente ocorreram devido à influência antrópica oriunda do entorno do igarapé, o qual se apresenta desordenadamente ocupado por residências construídas em locais não apropriados.

A quantidade de nutrientes nos mais diversos ecossistemas está relacionada a atividades antrópicas. Em ecossistemas aquáticos, a incorporação dessas substâncias, sejam elas de origens domésticas, industriais ou a partir de drenagens agrícolas, permitem o aumento da quantidade encontrada naturalmente nestes ambientes. Antônio e Bianchini Jr. (2003) e Petrucio et al. (2005) também evidenciaram em seus mais diversos estudos que concentrações de nitrogênio e fósforo em ambientes aquáticos apresentam origem a partir de ações antrópicas e contribuem para o nível de trofia em ecossistemas aquáticos.

Em relação às análises de pH, foi observado que na estação de seca, os valores obtidos foram quase sempre menores no ponto à montante. Apenas no mês de janeiro a concentração do ponto à montante se sobrepôs aos demais pontos, provavelmente devido a diminuição do lançamento de detritos, diminuindo o processo de decomposição e proporcionando a atividade fotossintética no local. Os pontos de deságüe e jusante apresentaram valores de pH mais elevados que o ponto à montante, sendo que o ponto de deságüe apresentou valores mais elevados que a jusante durante a maior parte do período, decrescendo apenas no mês de março, quando se iniciaram chuvas mais intensas. Na estação das chuvas, as concentrações do ponto à montante também permaneceram inferiores aos demais pontos por quase todo o período, exceto no mês de junho, provavelmente devido a diminuição da ocorrência de chuvas ou pela ocorrência de chuvas mais fracas. Os pontos de deságüe e jusante apresentaram valores oscilatórios por todo o período, devido ao aumento na vazão das águas do igarapé e também à distribuição das chuvas.

Os valores de pH obtidos durante as análises de campo no igarapé Grande podem ser observados na Tabela 11.

Tabela 11. Valores referentes às medições de pH no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.

pH	Local	Ano 2005											
		Estação de seca						Estação das chuvas					
		out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.
Concentração	M	6,55	5,80	6,00	6,19	5,53	6,30	6,92	5,14	7,28	6,60	5,76	6,03
	D	6,45	6,40	6,30	5,97	5,97	6,75	7,57	5,79	7,27	6,90	6,62	6,66
	J	6,51	6,35	6,08	5,91	6,00	6,84	7,55	6,11	7,26	6,5	6,65	7,55
Resultado médio do período	M			6,06						6,29			
	D			6,31						6,80			
	J			6,28						6,94			
Desvio Padrão	M			0,365						0,793			
	D			0,301						0,616			
	J			0,354						0,602			
Variância	M			0,133						0,629			
	D			0,091						0,379			
	J			0,125						0,363			
Coeficiente de variação (%)	M			6,023						12,607			
	D			4,770						9,059			
	J			5,635						8,674			

A aplicação do teste F (5 %) para pH durante o período estudado, não demonstrou haver diferenças significativas entre os pontos analisados. O teste t (95 %) demonstrou haver diferenças significativas entre as médias do ponto à montante em relação aos ponto de deságüe e jusante, na estação das chuvas, como é mostrado na Tabela 12.

Tabela 12. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados de pH, com grau de liberdade igual a 5.

Item/Local Analisado	Ano 2005			
	Estação de seca		Estação das chuvas	
	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)
Valor tabelado*	5,05	2,57	5,05	2,57
Montante/Deságüe	1,47	1,82	1,66	4,01
Montante/Jusante	1,06	1,54	1,73	2,57
Deságüe/Jusante	1,38	0,54	1,05	0,76

*Fonte: (HARRIS, 2001)

No igarapé Grande, os valores do pH variaram entre ácido e básico, no entanto, quando obtida a média sazonal, manteve-se ácido, tendendo à neutralidade. No mês de maio, houve uma diminuição nos valores de pH em todos os pontos estudados, isso pode ter ocorrido devido a quantidade de material trazido pela lixiviação, uma vez que ocorreram fortes chuvas nesse período. A diminuição do pH pode ter sido ocasionada devido o processo de decomposição de algum tipo de matéria orgânica, enquanto que o seu aumento pode estar relacionado com a realização da atividade fotossintética.

Logo, os valores médios de pH tendendo à neutralidade podem ser considerados aceitáveis em relação às características do ambiente estudado, apesar de Sioli (1957;1991) considerar o pH das águas amazônicas ácidos, devido a origem geológica. Para confirmar que podem haver diferenças entre ecossistemas aquáticos de mesmas regiões, enfatizamos as considerações de Baird (2002) e Tundisi e Souza (2000) que afirmam que essa variável é muito difícil de ser analisada, justamente pelas diferenças geológicas e pedológicas existentes.

As variações mensais dos valores de pH obtidos no igarapé Grande durante o período de estudo pode ser observada a partir da Figura 7.

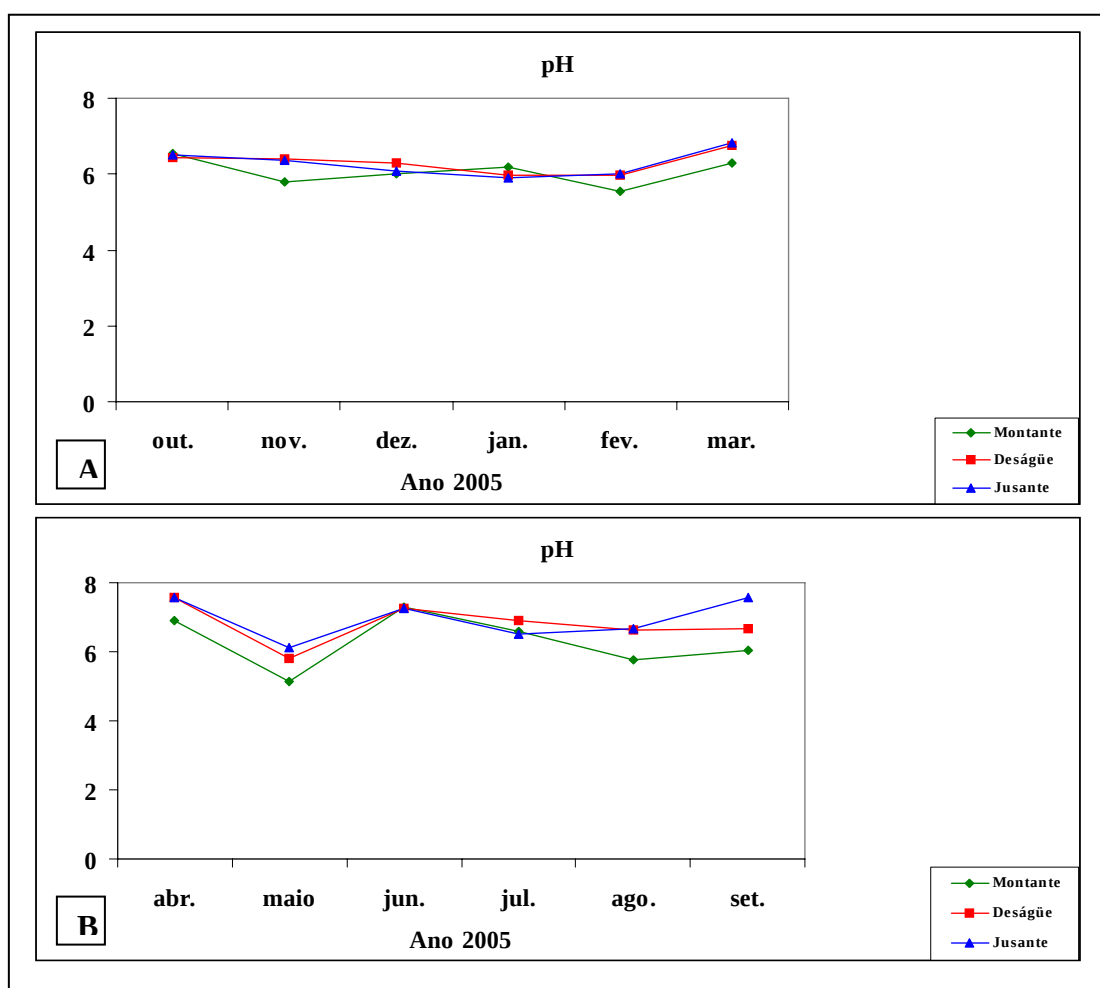


Figura 7. Variação de pH no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B)).

Em relação à demanda bioquímica de oxigênio - DBO, cujos resultados obtidos são apresentados na Tabela 13, percebe-se que houve uma diferença crescente dos valores entre os três pontos analisados, indicando que ocorre consumo de oxigênio em todos os pontos estudados, devido a elevada taxa de matéria orgânica presente no corpo d'água, causada,

conseqüentemente, tanto pela intensa degradação do ecossistema devido à ocupação humana do entorno, como também pelo lançamento do efluente.

No entanto, considerando os resultados médios, no ponto à jusante houve um maior consumo em relação aos demais pontos, mesmo o ponto à montante apresentando, em alguns meses, concentrações superiores ao deságüe e à jusante.

Isto vem confirmar que a utilização do igarapé por parte dos moradores do entorno também interfere na quantidade de oxigênio consumido no corpo hídrico, mesmo de forma mais branda que o lançamento do efluente gerado a partir do sistema de lagoas de estabilização, o qual proporciona, em média, um maior consumo de oxigênio.

Tabela 13. Resultados obtidos nas determinações de DBO no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.

DBO (mg/L)	Local	Ano 2005											
		Estação de seca						Estação das chuvas					
		out.	nov.	Dez.	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.
Concentração	M	35,85	30,55	24,67	28,93	30,59	26,77	33,91	20,50	30,19	42,98	34,42	49,95
	D	20,75	25,93	36,58	30,74	24,86	45,89	37,79	41,30	16,88	76,53	17,21	42,75
	J	12,26	25,00	39,75	34,36	16,25	62,14	49,41	42,04	37,96	63,67	34,42	31,48
Resultado médio do período	M			29,56						35,32			
	D			30,79						38,74			
	J			31,63						43,16			
Desvio Padrão	M			3,838						10,212			
	D			9,177						21,878			
	J			18,219						11,841			
Variância	M			14,734						104,292			
	D			84,212						478,647			
	J			331,936						140,216			
Coeficiente de variação (%)	M			12,984						28,913			
	D			29,805						56,474			
	J			57,600						27,435			

A aplicação do teste F (5 %) aos resultados das determinações de DBO, demonstrou não haver diferenças significativas entre o deságüe e a jusante, na estação de seca, ou seja, os pontos mantêm-se semelhantes em relação à quantidade de matéria orgânica. Na estação das chuvas não foi observada diferenças significativas em relação a nenhum dos pontos estudados.

No entanto, o teste t (95 %) demonstrou que apenas a montante e a jusante apresentam concentrações médias com diferenças significativas, durante a estação de seca, conforme é mostrado na Tabela 14. Na estação das chuvas não foram observadas diferenças significativas entre nenhum dos pontos estudados.

Tabela 14. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados das determinações de DBO com grau de liberdade igual a 5.

Item/Local Analisado	Ano 2005			
	Estação de seca		Estação das chuvas	
	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)
Valor tabelado*	5,05	2,57	5,05	2,57
Montante/Deságüe	5,72	0,24	4,59	0,42
Montante/Jusante	22,53	11,04	1,34	1,26
Deságüe/Jusante	3,94	0,22	3,41	0,74

*Fonte: (HARRIS, 2001)

Os índices medidos na montante, provavelmente são devido às mais diversas formas de ingresso de detritos no corpo d'água estudado, havendo desde as originadas pelos moradores próximos às margens do igarapé, em que são incluídos restos de alimento, escoamento de substâncias diversas pelo solo, despejos de esgotos domésticos, entre outras, como também as de origens derivadas de excreções de outros animais, lixo jogado por pessoas que vêm de outros bairros, com a visão de que a área é própria para o despejo desses produtos, além do lançamento de corpos de animais mortos. Estas características também foram observadas por Rabelo (2004) quando realizou estudos sobre o uso e ocupação das margens do igarapé Grande.

Percebe-se, portanto, que a influência da ação humana no igarapé Grande contribui para as elevadas concentrações de DBO tanto quanto o lançamento do efluente gerado a partir do sistema de lagoas de estabilização, uma vez que o ponto à montante também apresenta concentrações superiores às recomendadas pela legislação, sendo que o referido sistema de tratamento de esgotos ocasiona a elevação das concentrações de DBO no igarapé Grande, como foi observado a partir da realização deste estudo.

Apesar de muitos desses detritos não serem despejados diretamente no igarapé, ocorre a decomposição desse material, com subsequente infiltração no solo e também escoamento do mesmo para dentro do corpo d'água, a partir das chuvas.

Vale salientar que o ano de 2005 foi atípico de outros anos, havendo a incidência de fortes chuvas, mesmo durante a estação de seca. Na estação das chuvas, a DBO aumentou ainda mais, também no mesmo sentido - montante à jusante - uma vez que o nível das águas aumentou, havendo uma maior vazão do despejo do efluente no corpo d'água, o qual passou a ser, provavelmente, a maior fonte de matéria orgânica a ingressar neste ecossistema.

A variação da DBO nos pontos estudados é representada graficamente na Figura 8.

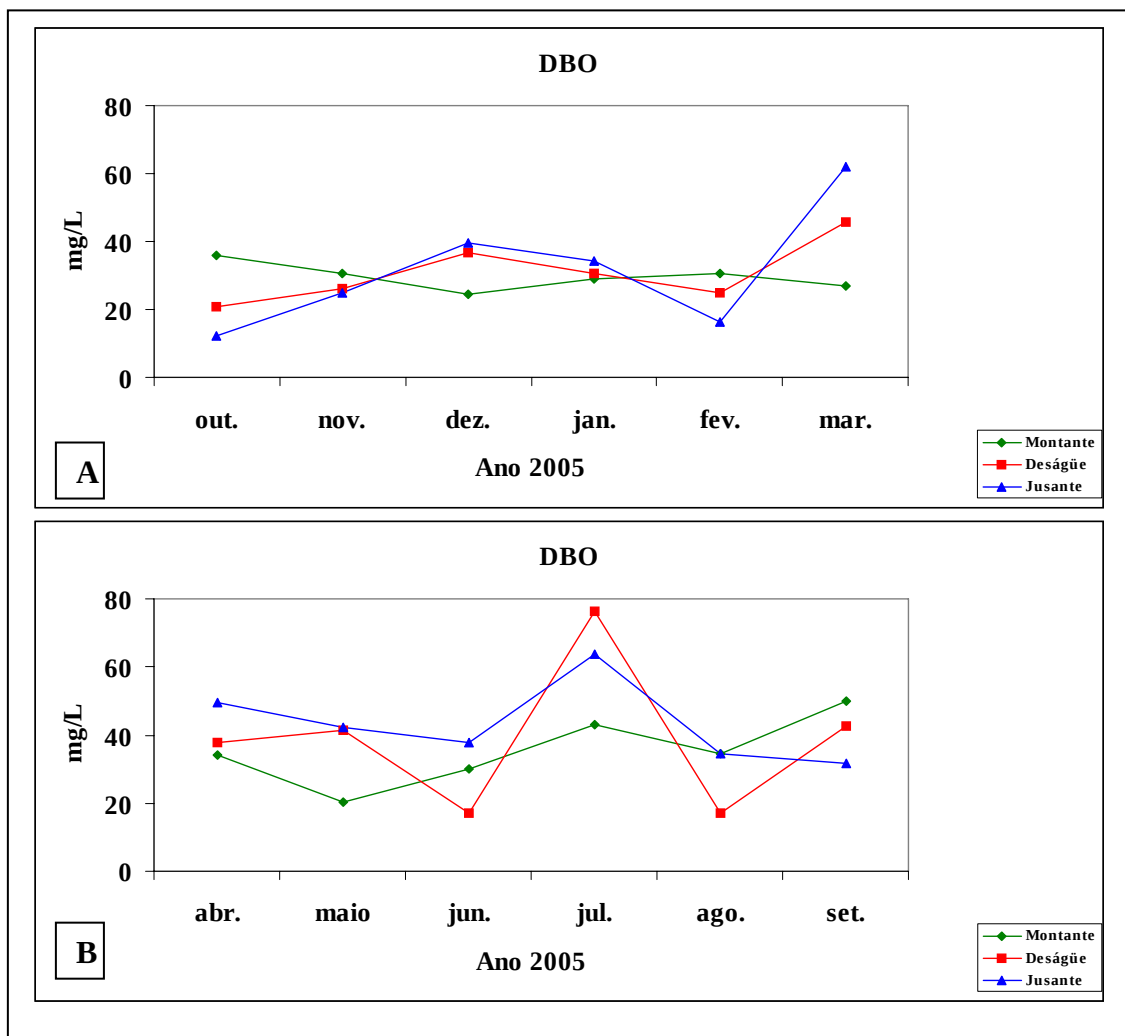


Figura 8. Variação das concentrações de DBO no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).

Trabalhos de monitoramento da qualidade da água realizados em alguns municípios do Estado de Roraima, pelo Programa de Gestão Ambiental e Integrada – PGAI (2003), em parceria com o Governo do Estado de Roraima mencionam ser comum, no período de cheia, a DBO se manter constante nos ecossistemas aquáticos não impactados e, aumentar em relação aos que estão sofrendo pressão de poluição, pelo efeito da diluição. Este fenômeno é decorrente da diminuição da intensidade da produtividade primária e secundária dos corpos aquáticos não impactados e, do efeito diluição provocado pela precipitação pluviométrica. Em estudos realizados em ecossistemas aquáticos urbanos, por Valente, Padilha e Silva (1997), mais precisamente no ribeirão Lavapés em Botucatu, São Paulo, também foi observada uma elevação da demanda bioquímica de oxigênio em corpos d'água que atravessam bairros populosos e também muito poluídos, devido à grande quantidade de matéria orgânica favorável a esses ambientes. Fritzsons et al. (2003) também constataram que as elevadas

concentrações de matéria orgânica ocorrem constantemente em ambientes mais artificializados, isto é, com menos preservação. Situações como estas foram observadas no igarapé Grande neste estudo, uma vez que, a partir do momento em que a quantidade de chuvas aumentou, sendo caracterizado pela estação das chuvas, foi evidenciado a entrada de matéria orgânica no corpo d'água, elevando, conseqüentemente, os níveis de DBO.

Pesquisas também enfatizam que a DBO mantém relação direta com a oxigenação do ecossistema aquático, sendo que as concentrações de OD decaem, quando do aumento da entrada de matéria orgânica no mesmo, medida através da DBO, como é observado em estudo realizado por Marques, Oliveira e Machado (2003), na bacia hidrográfica do rio Piraquara, Paraná, e também por Cunha-Santino e Bianchini Jr. (2004), quando avaliaram o consumo de oxigênio durante a mineralização de substâncias húmicas, na Lagoa do Infernã, São Paulo.

As condições observadas no estudo citado anteriormente, não foram observadas neste estudo realizado no igarapé Grande, onde se obteve menores concentrações de oxigênio dissolvido à montante, sendo que as maiores quantidades de DBO foram observadas a partir do deságüe, deixando um entendimento que há contribuição do mesmo em relação à quantidade de matéria orgânica presente no corpo d'água.

Marques, Oliveira e Machado (2003) e Cunha-Santino e Bianchini Jr. (2004), revelam que os baixos índices de concentrações de oxigênio dissolvido encontrados em seus estudos estão relacionados à baixa vazão do ambiente e a temperatura da água, o que explica as concentrações elevadas de OD na estação das chuvas obtidas neste estudo, quando há um aumento da vazão das águas.

A Tabela 15 exhibe os valores referentes às determinações de OD obtidas neste estudo.

Tabela 15. Resultados obtidos nas determinações de OD no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.

OD (mg/L)	Local	Ano 2005											
		Estação de seca						Estação das chuvas					
		out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.
Concentração	M	2,24	2,00	2,00	2,04	1,50	1,40	1,60	6,00	4,80	4,50	3,67	
	D	3,08	3,58	2,00	3,71	2,80	3,00	3,70	4,20	4,60	4,40	4,56	ND*
	J	1,46	2,79	2,00	2,88	2,15	2,20	3,06	5,10	4,70	4,45	4,12	
Resultado médio no período	M			1,86						3,43			
	D			3,03						3,58			
	J			2,25						3,57			
Desvio Padrão	M			0,334						2,227			
	D			0,614						1,783			
	J			0,527						1,881			
Variância	M			0,111						4,960			
	D			0,376						3,178			
	J			0,278						3,540			
Coeficiente de variação (%)	M			17,957						64,965			
	D			20,264						49,804			
	J			23,422						52,6889			

*ND – Não detectado.

A aplicação do teste F (5 %) aos resultados das determinações de OD, demonstrou não haver diferenças significativas em relação ao OD nos pontos analisados, durante todo o período estudado. No entanto, o teste t (95 %) demonstrou que apenas nos pontos montante/deságüe e deságüe/jusante, durante a estação de seca, as concentrações médias de OD são significativamente diferentes, conforme é mostrado na Tabela 16. Na estação das chuvas não houve diferenças significativas entre nenhum dos pontos estudados.

Tabela 16. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados das determinações de OD, com grau de liberdade igual a 5.

Item/Local Analisado	Ano 2005			
	Estação de seca		Estação das chuvas	
	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)
Valor tabelado*	5,05	2,57	5,05	2,57
Montante/Deságüe	3,38	4,41	1,56	0,28
Montante/Jusante	2,49	1,43	1,40	0,45
Deságüe/Jusante	2,21	3,70	1,11	0,03

*Fonte: (HARRIS, 2001)

Considerando que ocorre um aumento na vazão das águas do igarapé Grande durante a estação das chuvas, sendo comum ocorrer a elevação de oxigenação nos pontos de deságüe e jusante, uma vez que os mesmos vêm a crescer a quantidade de água do ambiente receptor.

Apesar de ser comum o déficit de oxigênio nos corpos hídricos em determinado horário do dia, como é enfatizado por Esteves (1998) em seus estudos limnológicos, é observada a reduzida presença de oxigênio por todo o período deste estudo, influenciando na manutenção de microrganismos e contribuindo para diminuição da fauna aquática, a qual apresentou-se ínfima em todas as observações realizadas durante as coletas.

As baixas concentrações de oxigênio observadas no igarapé Grande são atribuídas à grande concentração de matéria orgânica presente na área sob estudo, o que proporciona uma elevada DBO.

Os resultados médios de OD obtidos à montante, provavelmente sofreram influência da ocupação humana no entorno do igarapé, podendo também ter ocorrido lixiviação do solo para dentro do corpo d'água, considerando que o mesmo, além de sofrer influência dos moradores e de quem utiliza a região como via de acesso, além da utilização do local como "lixeiro" e até mesmo por rebanhos bovinos para dessedentação, como comentado anteriormente.

Conseqüentemente, há uma entrada direta de matéria orgânica acima do ponto à montante, o que também contribui para a elevada taxa de nitrato no ambiente estudado, uma vez que o mesmo se apresenta como a última forma de decomposição da matéria orgânica, a qual foi avaliada através da DBO.

A Figura 9 representa a variação de OD.

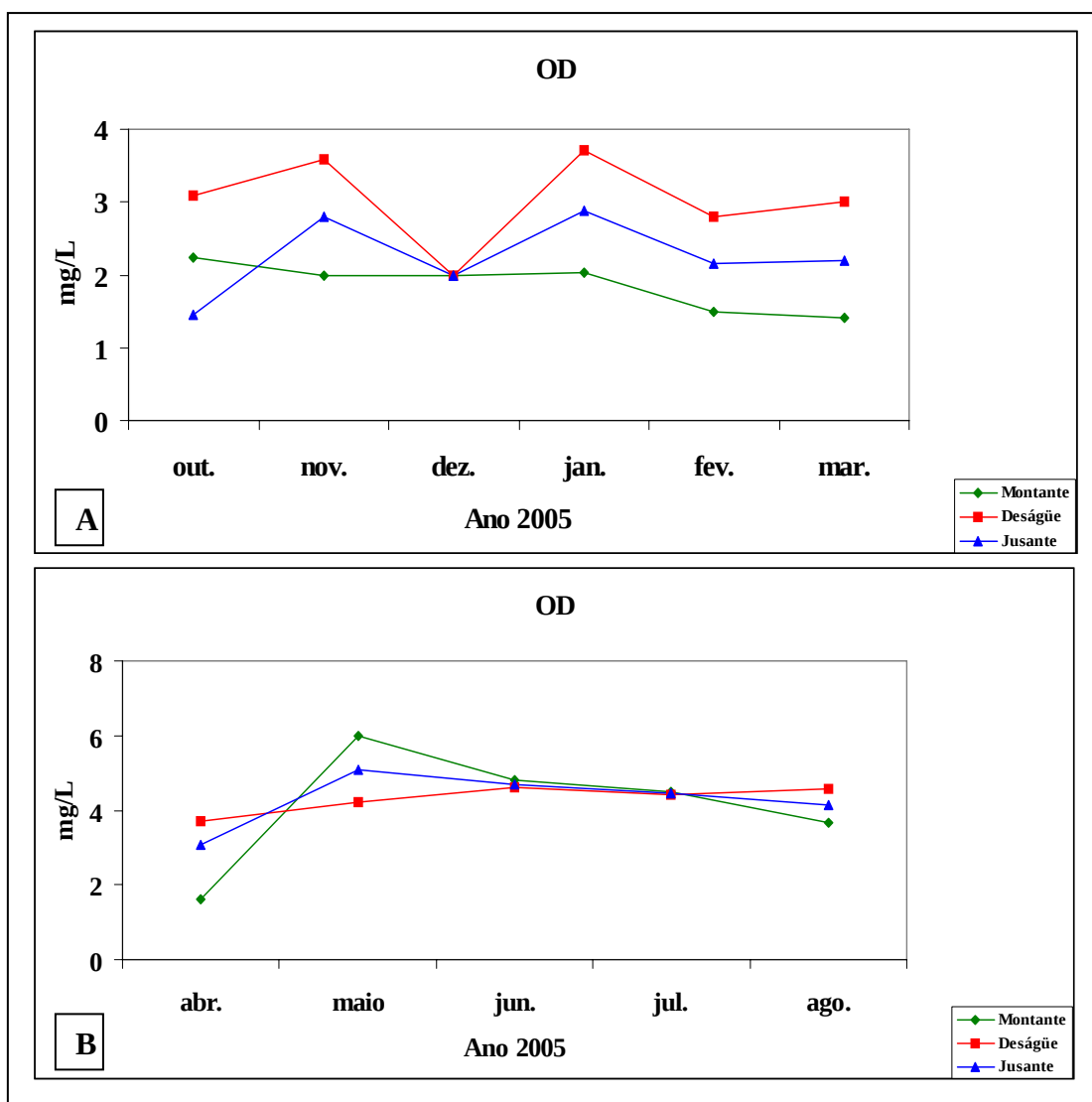


Figura 9. Variação das concentrações de OD no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).

A presença de matéria orgânica e nutrientes no igarapé, ocorrendo antes mesmo do lançamento do efluente, concorrem para que as concentrações de amônia, nitrito, nitrato, sulfato e fosfato se elevem ainda mais, mantendo-se por boa parte do curso d'água até que

ocorra a sua depuração. Com isso, há uma diminuição na capacidade de autodepuração do ecossistema, danificando o corpo hídrico, bem como os organismos que dependem do mesmo.

As variações de temperatura da água medidas no igarapé Grande podem ser observadas na Tabela 17.

Tabela 17. Resultados obtidos nas determinações de temperatura da água no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.

Temperatura	Local	Ano 2005											
		Estação de seca						Estação das chuvas					
		out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.
(°C)	M	26,8	27,1	27,3	27,9	28,2	28	27,5	26,6	27,4	27,4	27,4	27,9
	D	27,4	26,4	27,3	27,8	28	27,9	28	26,9	27,6	27,6	27,6	28,1
	J	27,5	27,2	27,3	27,8	28,0	27,8	27,9	26,0	26,5	26,0	27,2	28,1
Resultado médio do período	M				27,6						27,4		
	D				27,5						27,6		
	J				27,6						27,0		
Desvio padrão	M				0,561						0,423		
	D				0,592						0,423		
	J				0,316						0,927		
Variância	M				0,315						0,179		
	D				0,351						0,179		
	J				0,100						0,859		
Coeficiente de variação (%)	M				2,033						1,546		
	D				2,155						1,531		
	J				1,145						3,433		

A aplicação do teste F (5 %) aos resultados das análises de temperatura da água, demonstrou não haver diferenças significativas entre as temperaturas dos pontos analisados durante todo o período estudado. No entanto, o teste t (95 %) demonstrou que apenas a montante e o deságüe apresentam resultados de temperaturas médias com diferenças significativas durante a estação das chuvas, conforme é mostrado na Tabela 18.

Tabela 18. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados das análises de temperatura da água, com grau de liberdade igual a 5.

Item/Local Analisado	Ano 2005			
	Estação de seca		Estação das chuvas	
	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)
Valor tabelado*	5,05	2,57	5,05	2,57
Montante/Deságüe	1,11	0,49	1,00	5,39
Montante/Jusante	3,15	0,36	4,81	1,50
Deságüe/Jusante	3,51	0,85	4,81	2,39

*Fonte: (HARRIS, 2001)

As variações da temperatura da água medidas no igarapé Grande durante todo o período estudado está representada na Figura 10.

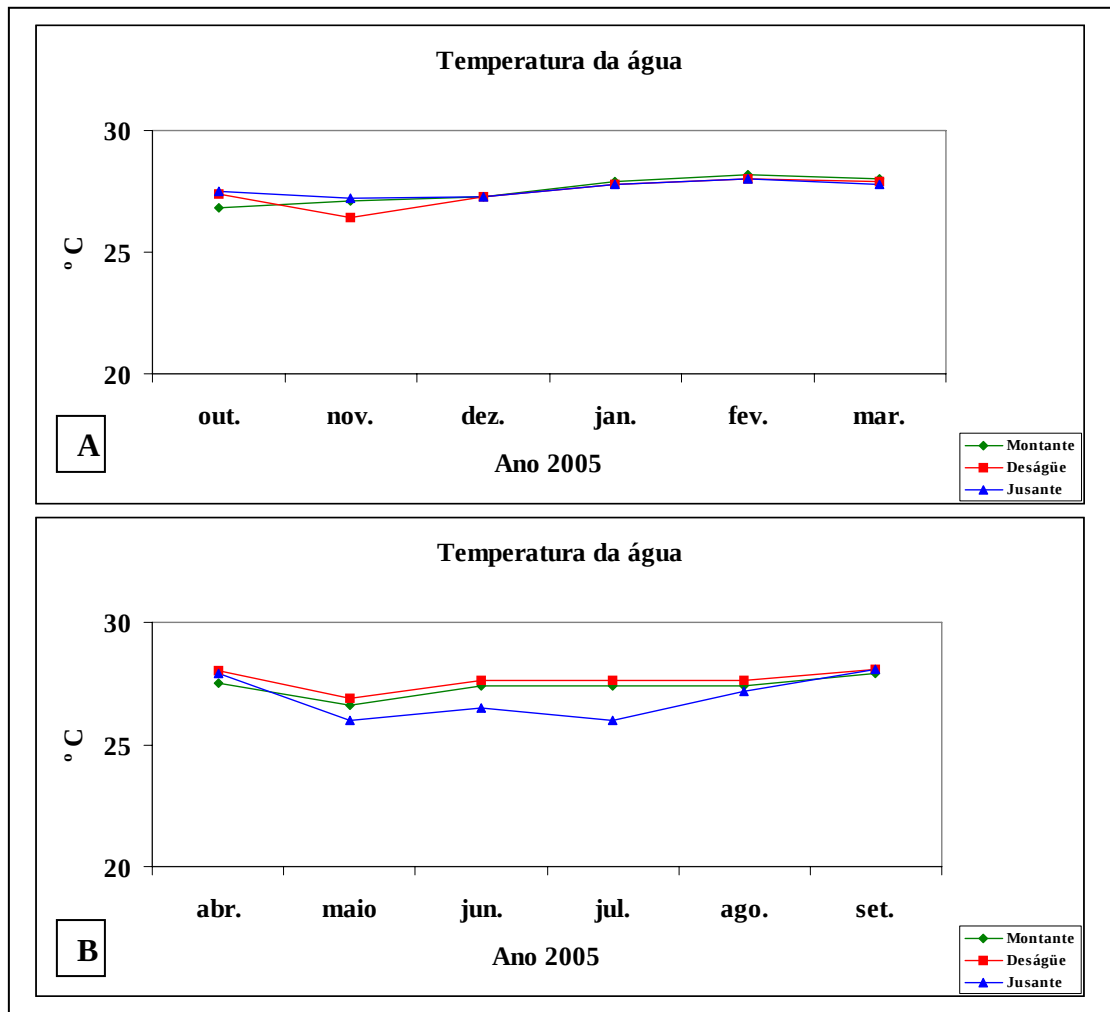


Figura 10. Variação da temperatura da água no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).

Observa-se que a temperatura manteve-se semelhante em todos os pontos estudados e por toda a estação de seca. Na estação das chuvas, o ponto à jusante sempre apresentou temperatura inferior aos demais pontos, mesmo assim, podemos considerar que essa variável não influenciou significativamente na distinção entre estação de seca e das chuvas e nem entre os pontos estudados.

Os resultados obtidos referentes à condutividade elétrica podem ser observados na Tabela 19.

Tabela 19. Resultados obtidos nas análises de condutividade elétrica no igarapé Grande à montante (M), no deságüe (D) e à jusante (J) do efluente.

Condutividade Elétrica	Local	Ano 2005											
		Estação de seca						Estação das chuvas					
		out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.
($\mu\text{S}/\text{cm}$)	M	3,0	10,1	10,4	20,6	35,5	25,3	4,2	4,2	10,3	10,1	4,2	13,6
	D	18,0	14,2	15,1	4,2	22,0	15,6	38,1	4,2	15,4	18,0	4,1	14,2
	J	3,0	4,0	4,1	21,4	22,5	4,3	35,1	4,2	4,2	3,0	4,1	14,2
Resultado médio do Período	M				17,48						7,77		
	D				14,85						15,67		
	J				9,88						10,80		
	M				11,915						4,100		
Desvio Padrão	D				5,925						12,459		
	J				9,364						12,609		
	M				141,974						16,811		
Variância	D				35,103						155,239		
	J				87,686						158,980		
	M				68,152						52,767		
Coefficiente de variação (%)	D				39,899						79,509		
	J				94,777						116,75		

O teste F (5 %), quando aplicado nas análises de condutividade elétrica foi significativo entre montante/deságüe e montante/jusante, durante a estação das chuvas. Na estação de seca não houve diferenças significativas entre nenhum dos pontos estudados.

O teste t (95 %) não apresentou diferenças entre as médias ocorridas nos pontos durante o período estudado, como é exposto na tabela 20.

Tabela 20. Testes F (5 %) e t (95 %), aplicados aos resultados das determinações de condutividade elétrica, com grau de liberdade igual a 5.

Item/Local Analisado	Ano 2005			
	Estação de seca		Estação das chuvas	
	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)	Teste F (5 %)	Teste t (95 %)
Valor tabelado*	5,05	2,57	5,05	2,57
Montante/Deságüe	4,04	0,52	9,23	1,47
Montante/Jusante	1,62	2,25	9,46	0,53
Deságüe/Jusante	2,50	1,01	1,02	1,81

*Fonte: (HARRIS, 2001)

Em estudos realizados em ecossistemas aquáticos de Roraima, incluindo o igarapé Grande, onde o monitoramento realizado pelo extinto Departamento Estadual de Meio Ambiente, atual Fundação Estadual de Meio Ambiente e Tecnologia – FEMACT, em parceria com o Programa de Gestão Ambiental Integrada – PGAI (2003), observou uma condutividade elétrica equivalente a 35 $\mu\text{S}/\text{cm}$. No igarapé Grande, os valores de condutividade elétrica se mantiveram inferiores a estes, demonstrando que houve uma diminuição na concentração de íons dissolvidos no corpo hídrico estudado, no ano de 2005, apresentando, mesmo com o

lançamento do efluente gerado a partir do sistema de lagoas de estabilização em seu leito, condutividade elétrica semelhante à de ambientes naturais.

A Figura 11 demonstra as variações mensais de condutividade elétrica no igarapé Grande, ocorridas durante todo o período estudado.

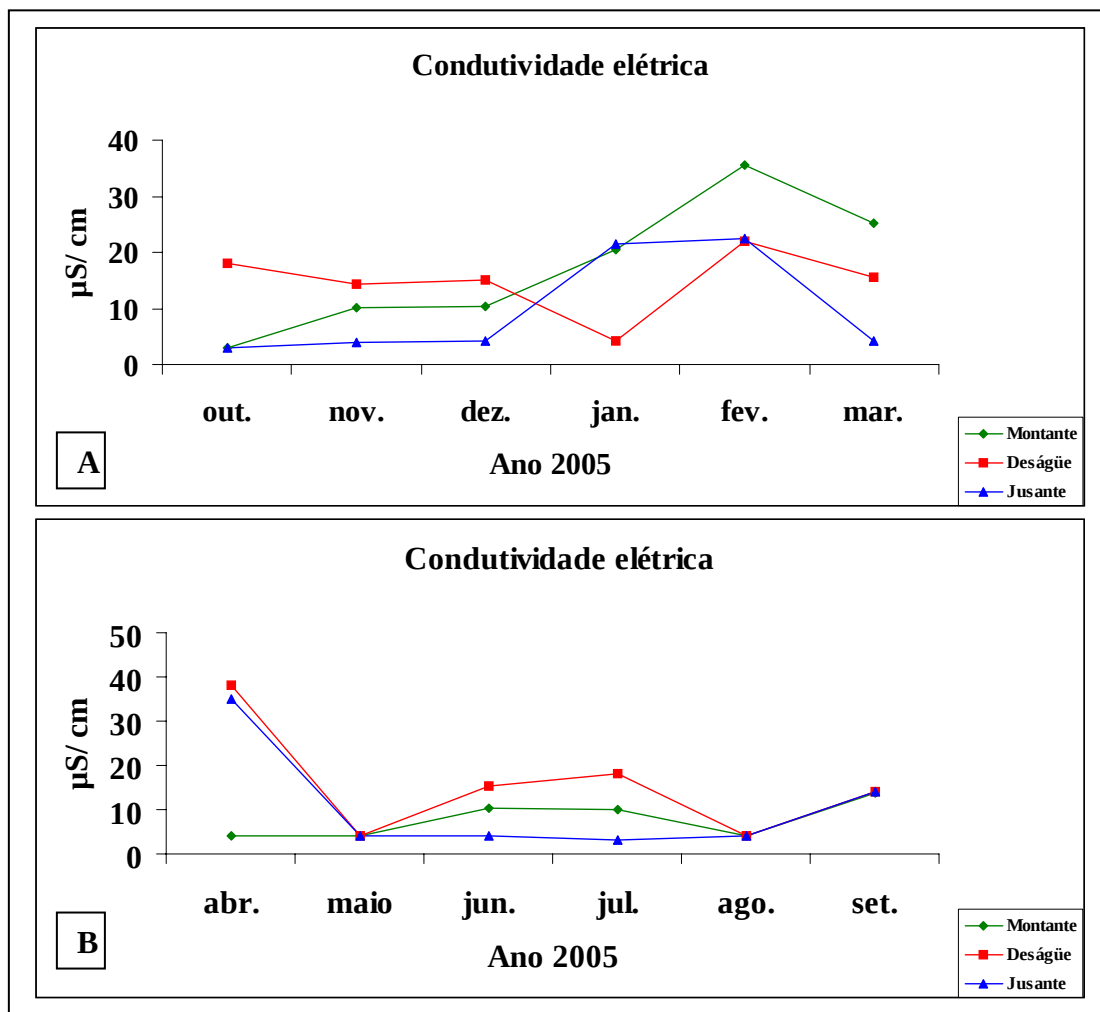


Figura 11. Variação da condutividade elétrica no igarapé Grande, no ano de 2005, em três pontos de coleta, na estação de seca (A) e na estação das chuvas (B).

Os coeficientes de variação relativamente altos obtidos a partir dos resultados médios das variáveis estudadas são indicações da inconstância dos valores dos parâmetros obtidos ao longo do período estudado e ao longo dos pontos analisados, desde a montante até a jusante. Essa grande inconstância das concentrações obtidas influencia de maneira relevante o índice de qualidade de água do igarapé Grande, evidentemente, em consequência das intervenções antrópicas existentes na área estudada, essa grande variabilidade é admissível.

Diante dessa situação surgiu a necessidade da utilização de técnicas de análise exploratória de dados. Os resultados obtidos também foram avaliados através de métodos de Análise por Componentes Principais – PCA e por Agrupamentos Hierárquicos - HCA, para um melhor entendimento dos resultados expostos anteriormente. Os dados foram pré-processados através de auto-escalamento para que todas as variáveis obtivessem pesos equivalentes, ou seja, para que os valores de cada variável fossem balanceados e equiparados de forma semelhante. Entende-se que: p1s = montante, estação de seca; p2s = deságüe, estação de seca; p3s = jusante estação de seca; p1c = montante, estação das chuvas; p2c = deságüe, estação das chuvas; p3c = jusante, estação das chuvas.

A matriz de dados foi construída utilizando as variáveis amônia, nitrito, nitrato, sulfato, fosfato, OD, DBO, pH, condutividade e temperatura bem como seus resultados médios, resultando em uma matriz de dados de dimensão 6x10.

O gráfico dos scores, PC 1 x PC 2 (Figura 12), demonstra que houve uma diferenciação entre as estações de seca e das chuvas, sendo nítida a separação do ponto à montante em relação aos demais pontos, tanto na estação de seca como na estação das chuvas, conforme descrito pela PC 1. Os pontos de deságüe e jusante permaneceram mais próximos em ambos os períodos, caracterizando uma maior semelhança entre estes, devido as características apresentadas em relação às variáveis analisadas.

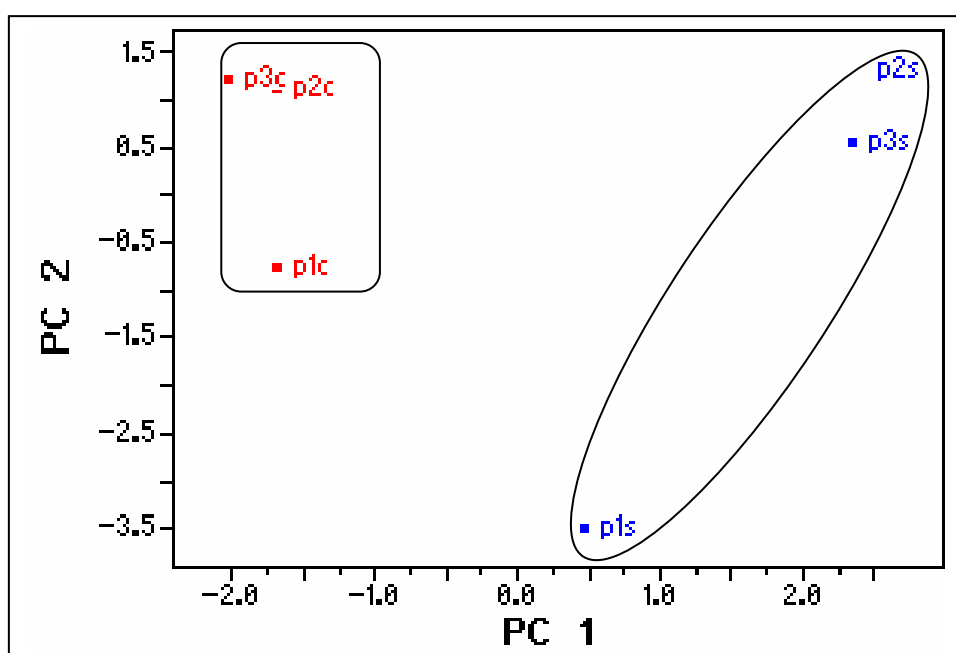


Figura 12. Gráfico dos scores: amostras em vermelho correspondem à estação das chuvas e em azul à estação de seca.

De acordo com o gráfico de loadings, PC 1 x PC 2 (Figura 13), verifica-se que a primeira componente principal indica as variáveis que mais influenciaram na diferenciação entre estação de seca e estação das chuvas, que foram, o nitrato, a DBO, o pH e o OD, apresentando valores mais elevados durante a estação das chuvas.

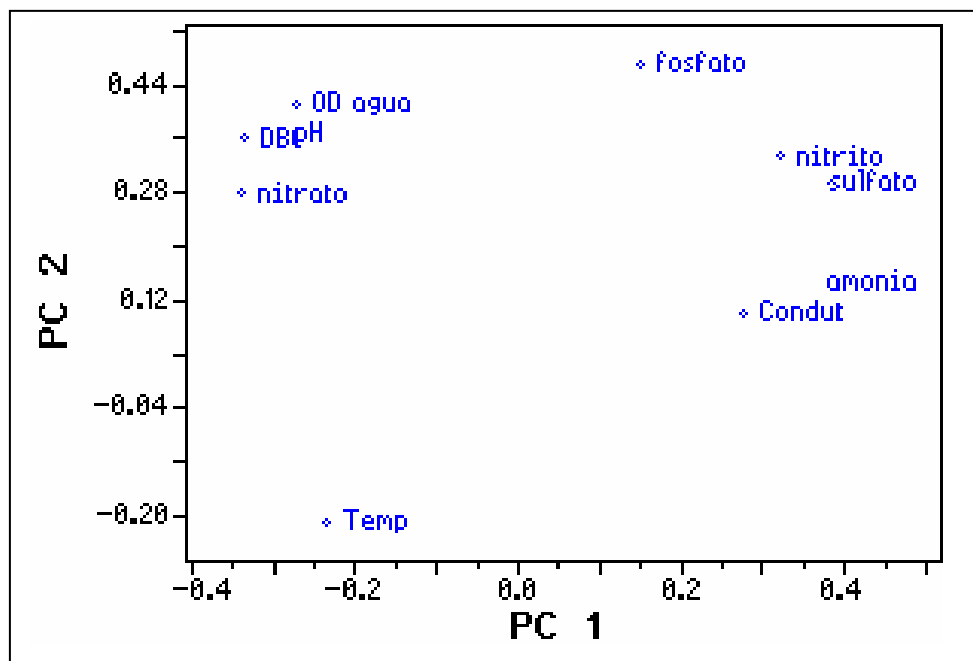


Figura 13. Gráfico de loadings, onde PC 1 x PC 2 demonstrou o peso de cada variável analisada em relação à separação ocorrida entre estação de seca e de chuvas e entre cada ponto estudado.

Isso ocorreu pelo fato de ter havido uma maior entrada de matéria orgânica no corpo d'água neste período, bem como um conseqüente aumento do fluxo das águas. Os resultados da temperatura se mostraram um pouco mais elevados na estação de seca, sendo observada apenas a diferenciação entre a montante e o deságüe, na estação das chuvas, logo, é uma variável que não teve muita influência na separação dos pontos estudados e das estações de seca e das chuvas.

No entanto, percebe-se que durante a estação das chuvas, há uma maior aproximação entre os valores dos pontos, enquanto que na estação de seca ocorre um distanciamento entre o ponto da montante em relação ao deságüe e jusante, demonstrando que, durante esse período, os pontos mantêm-se completamente distintos entre si, havendo uma maior semelhança entre os pontos que recebem uma maior entrada de matéria orgânica, ou seja, o deságüe e a jusante.

A tabela 21 exibe os valores referentes ao peso de cada variável nas componentes principais 1 e 2.

Tabela 21. Auto-valor de cada componente principal em relação à variável analisada, onde PC 1 corresponde à primeira componente principal e PC 2 à segunda componente principal.

VARIÁVEL ANALISADA	COMPONENTE PRINCIPAL	
	PC 1	PC 2
Sulfato	0,39	0,30
Amônia	0,45	0,15
Fosfato	0,15	0,47
Nitrato	- 0,34	0,28
DBO	- 0,34	0,36
OD	- 0,27	0,41
pH	- 0,30	0,36
Condutividade elétrica	0,28	0,10
Nitrito	0,32	0,33
Temperatura	- 0,24	- 0,21

As diferenças e similaridades existentes entre a estação de seca e estação das chuvas e entre os pontos analisados, são mais bem visualizadas pelo método HCA. A Figura 14 apresenta o dendrograma desta análise.

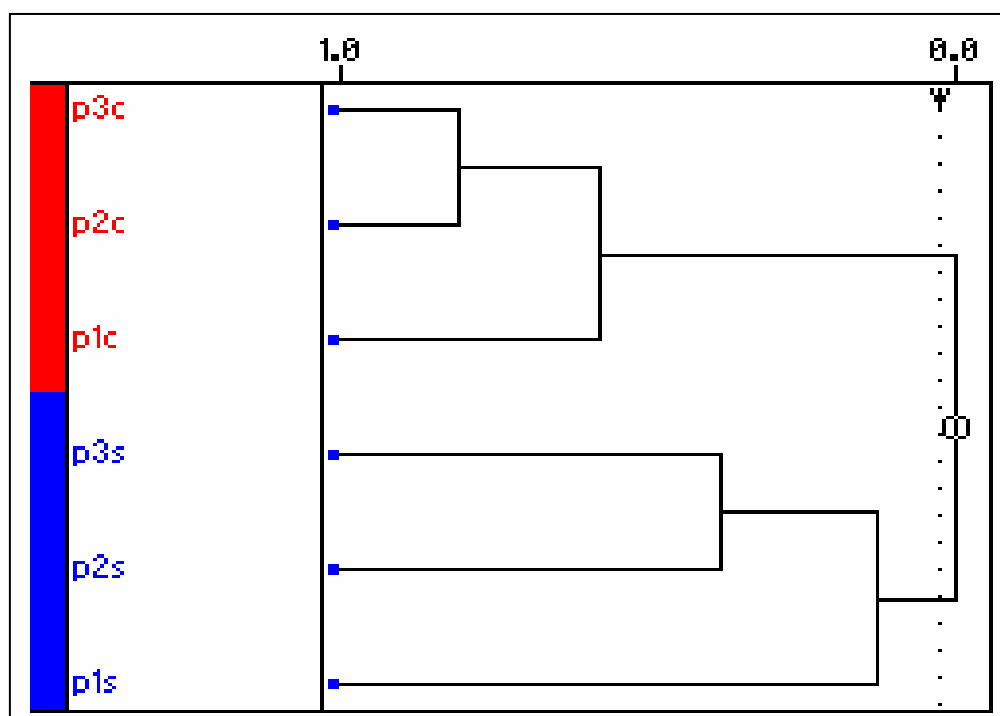


Figura 14. Dendrograma das amostras, construído a partir da Análise de Agrupamentos Hierárquicos - HCA, revelando similaridade quase nula entre a estação de seca e das chuvas e distanciando a montante do deságüe e da jusante.

Foi utilizada a distância euclidiana para o cálculo de similaridade e o método de conexão incremental confirmou e complementou as informações dadas pelo método do PCA, apresentando a formação de dois grupos, estação de seca e estação das chuvas, com um grau de similaridade quase nulo entre estes grupos, o que vem a confirmar a contribuição que o efluente gerado a partir do sistema de lagoas de estabilização vem oferecendo ao igarapé Grande, permanecendo o corpo hídrico com essas mesmas características por boa parte do curso d'água, até mesmo após o ponto de coleta localizado à jusante.

A representação gráfica das componentes principais permite a caracterização das variáveis analisadas nos diferentes pontos, em diferentes períodos. A primeira componente principal (PC 1) explicou 44,5% da variância total dos dados. A segunda componente principal (PC 2) obteve um percentual de 35,3% de variância. O percentual acumulado descreveu um total de 79,8%, como é demonstrado na tabela 22.

Tabela 22. Variâncias explicadas pela primeira componente principal (PC 1) e pela segunda componente principal (PC 2).

COMPONENTE RINCIPAL	VARIÂNCIA (%)	PERCENTUAL (%)	PERCENTUAL ACUMULADO (%)
PC 1	22,25	44,50	44,50
PC 2	17,64	35,27	79,78

Há uma relação entre as variáveis analisadas e a interferência humana no igarapé Grande, uma vez que os corpos d'água urbanos apresentam modificações em suas características naturais, devido à entrada de detritos no ecossistema aquático e, principalmente, ao deságüe do efluente gerado a partir do sistema de lagoas de estabilização no referido corpo d'água, pois o efluente contribui com o aumento das concentrações dos detritos, não sendo possível uma rápida decomposição dos mesmos, comprometendo inclusive a oxigenação do corpo hídrico, devido o processo de decomposição que vem a ocorrer e, conseqüentemente, a vida aquática nele existente.

A Figura 15 apresenta, a título de ilustração, uma vista de cada ponto estudado, verificando as diferenças estéticas existentes do ponto localizado à montante em relação aos demais pontos, ou seja, deságüe e jusante. A quantidade de matéria orgânica e nutrientes evidenciam a eutrofização através da coloração das águas, principalmente a partir do local em que os efluentes são lançados e à sua jusante.

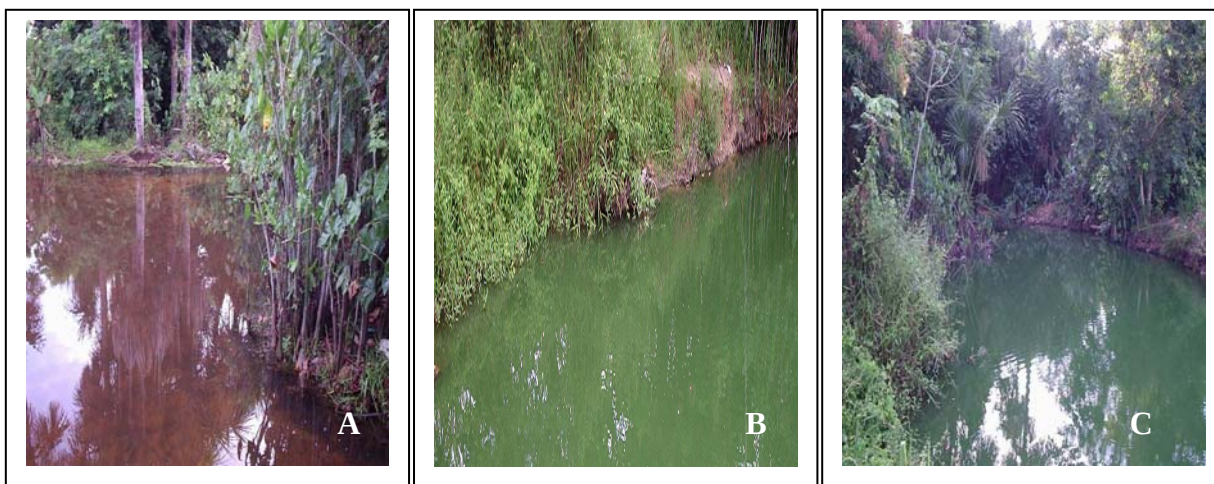


Figura 15. Vista geral dos pontos amostrados no igarapé Grande. A) Montante; B) Deságüe; C) Jusante.

Observou-se que apesar do igarapé Grande receber influência da ocupação humana do entorno, essa influência aumenta ainda mais a partir do lançamento do efluente gerado a partir do sistema de lagoas de estabilização, que comporta a destinação final dos esgotos de parte da cidade de Boa Vista, os quais, apesar de tratados, interferem significativamente no comportamento do corpo receptor, tanto na estação de seca como na estação das chuvas.

A alimentação residual do sistema de lagoas não é feita somente pela ligação de esgotos domésticos, é realizada também por caminhões limpa-fossas que despejam os seus produtos, originados de fossas sépticas que comumente são utilizadas para despejo de dejetos domésticos. Durante a estação das chuvas, com a elevação do nível do lençol freático do município de Boa Vista, Roraima, é constante a extrapolação dessas fossas, sendo necessário utilizar os serviços de limpeza. Os carros limpa-fossas, por sua vez, sem compromisso algum com a preservação e conservação da área, não realizam o despejo de forma correta, ou seja, na primeira lagoa do sistema de lagoas de estabilização, lagoa anaeróbica, lançando os mesmos diretamente no emissário que direciona os dejetos ao igarapé Grande, ou ainda, no solo, aumentando ainda mais o odor desagradável originado pelo processo de decomposição. Todos esses aspectos geram ao corpo receptor alterações de suas características naturais, proporcionando condições de degradação da área estudada.

Apesar de não ter havido uma distribuição padronizada para os dados avaliados no decorrer das estações de seca e das chuvas, foi possível visualizar as diferenças entre ambos os períodos e entre os pontos analisados através do PCA e do HCA.

Considerando os dados obtidos, pode-se perceber que a lagoa de estabilização apresenta uma contribuição significativa nos níveis de nitrogênio, sulfato e fósforo

encontrados no igarapé Grande, condições que igualmente foram observadas em estudos realizados por Naval e Santos (2002) em Palmas, Tocantins, localidade que também utiliza o sistema de lagoas de estabilização para tratamento de esgotos.

De acordo com o Estudo de Impacto Ambiental (CAER, 1992) realizado para a implantação do sistema de lagoas de estabilização em Boa Vista, não há previsão de que ocorra a redução dos nutrientes, sendo considerada apenas a redução da DBO, que, por sua vez, reflete a concentração de matéria orgânica que é introduzida no ambiente receptor, o qual enfatiza que, no efluente final, a DBO seria equivalente a 18 mg/L O₂. Isto não foi observado durante este estudo, sendo encontrados valores muito superiores, porém, de um modo geral, a jusante revelou valores mais elevados que os demais pontos estudados.

Todavia, não se considera demais uma avaliação contínua do sistema de lagoas de estabilização, uma vez que não foi percebido, durante todo o período estudado, qualquer tipo de manutenção nas lagoas, buscando sustentar o que realmente foi proposto no projeto de implantação, ou seja, não ocasionar degradação ao ambiente receptor, o que não vem acontecendo, sendo observada uma limitação de autodepuração do ecossistema e uma transformação visual física e físico-química da água do igarapé Grande.

Atualmente, devido o adensamento populacional, a área do entorno do sistema de lagoas de estabilização encontra-se totalmente habitada. A distância das casas em relação à este sistema é de menos de 50 m, uma vez que não é possível a construção de mais casas próximas devido a uma vala cavada entre o sistema de lagoas e as habitações improvisadas.

A proximidade de habitações ao igarapé Grande gera uma conseqüente utilização do corpo d'água pela população, situação que também foi observada por Rabelo (2004), uma vez que o igarapé Grande vem sendo utilizado através de recreação e até mesmo de alimentação para o sustento dos familiares que residem no entorno, sendo percebido a disposição de redes de pesca no ponto localizado à jusante do deságüe do efluente, apesar da reduzida quantidade de peixes. Foi observada também a presença de alguns peixes mortos, presos às redes. Provavelmente, os peixes são consumidos sem nenhuma preocupação com contaminações. Em visitas à área de estudo, pode-se observar que até mesmo o sistema de lagoas de estabilização, como um todo, vem sendo utilizado por crianças, como forma de divertimento, percebendo-se a falta de informação existente entre os habitantes da área.

Em cidades que também utilizam o sistema de lagoas de estabilização para o tratamento de esgotos, é muito comum o aproveitamento dos efluentes tratados para utilização em sistemas de irrigação. Isto vem a ser bastante proveitoso para o crescimento de plantas arbóreas, como foi comprovado por pesquisas realizadas por Augusto et al., (2003) quando o

mesmo utilizou águas provenientes de esgotos tratados para fertirrigação em viveiros, visando a produção de mudas de *Croton floribundus* (capixingui) e *Copaifera langsdorffii* (Copaíba), sendo observado um crescimento superior ao tratamento convencional com adubos minerais.

Em estudo realizado por Magalhães et al., (2002) em corpo hídrico receptor de efluente de esgotos na cidade de Campina Grande, constatou-se que o mesmo tratamento não pode ser aplicado a forrageiras e hortaliças, devido à qualidade sanitária, sendo observada a presença de coliformes termotolerantes nos mesmos. No entanto, estudos realizados por Berndtsson e Hyvönen (2002) enfatizam a importância da reciclagem e conservação de nutrientes gerados a partir de tratamentos de esgotos, recomendando o emprego dos mesmos na agricultura, uma vez que os mesmos estão disponibilizados no ambiente e são elementos que fazem a terra fértil, junto com a água e a energia solar, estabelecendo uma base indispensável para produções agrícolas. Apesar disso, também deve ser analisada a qualidade microbiológica da água utilizada.

Menciona-se também, como uma forma de absorção de nutrientes, a implantação de macrófitas aquáticas, principalmente *Eichhornia crassipes* e *Salvinia auriculata*, como foi confirmado em pesquisas realizadas por Petrucio e Esteves (2000a; 2000b) em Macaé, Rio de Janeiro, onde se observou a elevada taxa de absorção de fósforo e nitrogênio pelas macrófitas, em amostras de ambiente com condições semelhantes, ou seja, corpo hídrico receptor de efluentes de esgotos. Em estações do ano com elevado fotoperíodo, como o verão, a absorção desses nutrientes pelas macrófitas aumenta ainda mais. Logo, percebe-se que esses resultados podem ser úteis para a implementação e manejo de sistemas de tratamento de efluentes, em áreas tropicais, onde ocorre elevada atuação solar.

Roraima, por sua vez, apresenta tal característica, sendo considerado um local ideal para a realização do experimento. Desta forma, poderiam ser implantadas macrófitas na última lagoa de maturação para que houvesse a absorção de nutrientes pelas mesmas e, conseqüentemente, uma redução na quantidade desses nutrientes quando do lançamento do efluente no igarapé Grande. No entanto, quando as macrófitas alcançam um determinado crescimento e nível de proliferação, as mesmas devem ser retiradas para evitar um desequilíbrio no funcionamento da lagoa em que estariam implantadas.

Portanto, venho enfatizar da necessidade de um manejo adequado das macrófitas, com acompanhamento por profissionais da área, no intuito de controlar a proliferação das mesmas em grandes quantidades, o que ocasionaria um novo descontrole ambiental, dessa vez, pela cobertura total da lâmina d'água da lagoa onde as mesmas seriam implantadas, devido ao excesso de macrófitas, impedindo a penetração da luz solar nas lagoas. Além disso, a falta de

um acompanhamento adequado poderia implicar em um aumento da quantidade de matéria orgânica, sendo que as macrófitas aquáticas também são consideradas como tal.

Apesar do conhecimento de diversas formas de reutilização dos efluentes gerados por sistemas de lagoas de estabilização, é de importância fundamental a realização de um pós-tratamento na última lagoa, antes do despejo final do efluente no igarapé Grande, através de processos de aeração, decantação e precipitação, visando a redução de amônia, nitrito, nitrato, sulfato e fosfato, para que, ao serem introduzidos no corpo receptor, apresentem condições adequadas para possibilitar o funcionamento natural do corpo hídrico, através do processo de autodepuração.

De acordo com informações fornecidas pela CAER (2006b), vem sendo realizado um processo de retirada do lodo depositado no fundo das lagoas visando reduzir o gás sulfídrico, que contribui significativamente para o mau cheiro proveniente do sistema de lagoas de estabilização, o que, por sua vez, vem afetando os moradores das proximidades. O lodo retirado das lagoas é depositado em uma vala cavada ao redor do sistema, a qual posteriormente receberá um aterramento. A presença da vala foi observada, como descrito anteriormente. A CAER visa implantar na área do entorno do sistema de lagoas de estabilização um plantio de eucalipto, acácia e ipê, objetivando direcionar o mau cheiro para a atmosfera em sentido vertical. Vale salientar que o nome científico das espécies a serem cultivadas não foram divulgadas, sendo citado apenas o nome vulgar, no entanto, acredita-se que sejam *Eucalyptus globulus*(eucalipto), *Acacia mangium*(acácia) e *Tabebuia chrysotricha*(ipê), pela sua grande diversidade no Brasil e pela presença de pequenas plantações de acácia e eucalipto no Estado da Roraima.

Apesar da divulgação do projeto, de acordo com os moradores vizinhos ao sistema de lagoas, os quais preferiram não se identificar, o mesmo provavelmente poderá não acontecer, uma vez que os terrenos deles se encontram dentro da área pretendida para o plantio, sendo que existem terrenos que serão totalmente atingidos se a plantação ocorrer.

Observamos também que há uma preocupação por parte da empresa responsável pelo tratamento do sistema de lagoas de estabilização com a eliminação de parte do odor gerado, como se em momento algum tivesse se pensado na probabilidade de isso vir a ocorrer. No seu próprio estudo de impacto ambiental (CAER, 1992), desenvolvido para a implantação do sistema de tratamento de esgotos, menciona-se a implantação imediata de um “cinturão verde” ao redor do sistema de lagoas de estabilização. Demorou muito tempo para novamente voltar a se pensar na possível realização da plantação desse cinturão verde. Mas, é muito bem vinda a idéia e se espera que realmente seja implantada.

Mesmo com uma plantação realizada, não será cessada a formação de gás sulfídrico, sendo apenas o mau cheiro desviado para outra direção, mantendo a relevante ocorrência de sulfato no igarapé Grande, principalmente no local de despejo dos efluentes e à sua jusante, que são os pontos onde mais se observa a exalação de mau cheiro proveniente de processos de decomposição.

No entanto, sabemos que o mau cheiro não é o único fator desagradável originado a partir da lagoa de estabilização. E as visíveis condições em que se encontra o corpo receptor? Nada pode ser feito para a redução da degradação que se intensifica a cada momento?

De acordo com informações fornecidas por funcionários da empresa, os quais não se identificaram, não vem sendo realizado acompanhamento algum que compreenda o funcionamento do sistema de lagoas de estabilização. A CAER não possui dados das análises físico-químicas do corpo receptor e do sistema de lagoas de estabilização no ano de 2005, o que indica que não há um comprometimento com as condições que os efluentes submetem o igarapé Grande, quando incorporados pelo mesmo.

A indicação de medidas mitigadoras para minimizar os impactos causados ao igarapé Grande é apresentada também com o intuito de que providências urgentes sejam tomadas pelos órgãos competentes, pois, de acordo com o estudo de impacto ambiental (CAER, 1992), a implantação da lagoa de estabilização foi em área imprópria, sendo a área do Distrito Industrial a mais adequada. Nessas condições, além da lagoa de estabilização estar muito próxima às margens do igarapé Grande, tangenciando o talude do mesmo, também está dentro de área de expansão urbana.

Vale salientar que a implantação da lagoa de estabilização na referida área, foi no intuito de reduzir gastos com encanamentos, sendo considerado também que o crescimento da cidade de Boa Vista, seria no mesmo sentido da área em que a lagoa foi implantada, o que, por sua vez, conseqüentemente vinha a oferecer uma maior proximidade das residências e relação ao sistema de lagoas de estabilização, visando novamente a redução de gastos futuros, sendo que, em momento algum se refletiu ao dano ambiental que o referido sistema de tratamentos de esgotos poderia causar ao corpo hídrico receptor de seus efluentes e também ao meio ambiente como um todo, principalmente ao homem.

Portanto, há necessidade de ações que impliquem em soluções para os agravantes impactos que o igarapé Grande vem sofrendo, principalmente relacionado à quantidade de nutrientes, que inviabiliza o uso da água no seu percurso e causa outros prejuízos. No entanto, qualquer medida mitigadora que venha a ser aplicada no intuito de minimizar os impactos causados ao corpo hídrico receptor do efluente gerado pelo sistema de lagoas de estabilização

somente deve ser desenvolvida após a realização de um detalhado estudo de caso, através do qual poderão ser melhor avaliadas as medidas mais adequadas para serem desenvolvidas no ambiente em questão.

5 CONCLUSÕES

Através deste estudo foi possível constatar que existe uma contribuição para a degradação do igarapé Grande por parte da ocupação humana do entorno, devido ao crescente processo de urbanização que avassala a área à limitadas condições físicas. Apesar disso, o despejo dos efluentes domésticos gerados pelo sistema de lagoas de estabilização do município de Boa Vista, contribui significativamente para o aumento da quantidade de nutrientes presentes no igarapé Grande, além de influenciar também em outros parâmetros físico-químicos como DBO, pH, condutividade elétrica, temperatura e OD, causando, consequentemente, a sua degradação.

Foi observada a presença de amônia, nitrito, nitrato, sulfato e fosfato, em concentrações mais elevadas no ponto de deságüe do efluente e à sua jusante, o que vem a confirmar a contribuição do despejo dos efluentes na quantidade de nutrientes no corpo hídrico estudado. As concentrações de nutrientes se apresentaram mais evidentes durante a estação de seca, enquanto que na estação das chuvas decresce, devido à diluição dos mesmos, com exceção apenas nas concentrações de nitrato, cuja espécie apresenta alta solubilidade, sendo considerado o nutriente que mais favoreceu para a diferenciação entre as estações de seca e das chuvas, além da DBO, OD, pH e temperatura, que também aumentaram durante a estação das chuvas. A amônia foi a variável que mais contribui para diferenciar os pontos estudados, seguida em ordem pelo sulfato, nitrito e fosfato. A DBO se mostrou mais elevada no ponto de deságüe e à sua jusante, devido ao aumento da introdução de matéria orgânica no igarapé. Estes resultados foram confirmados através dos métodos quimiométricos PCA e HCA, ocorrendo a separação entre as estações de seca e das chuvas e entre os pontos montante, deságüe e jusante de acordo com a sazonalidade.

Para o efluente a ser descartado do sistema de lagoas de estabilização, percebe-se a obrigação da aplicação de medidas mitigadoras, sendo considerada como necessidade primordial a realização de um pós-tratamento específico a fim de diminuir a quantidade de nutrientes no igarapé Grande, podendo ser aplicada também outro tipo de medida, como a implantação de macrófitas aquáticas para a absorção de nutrientes ou a utilização do efluente em sistemas de irrigação, desde que haja a realização de estudo de caso, pois os impactos que os efluentes vêm causando ao corpo receptor vêm alterando sua capacidade de absorção das substâncias, não apresentando condições adequadas para serem incorporadas pelo ecossistema, causando danos ambientais ao mesmo.

REFERÊNCIAS

ANTÔNIO, R. M.; BIANCHINI JR. I. Methodological tests of a heterotrophy index for aquatic ecosystems. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 63, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 12 maio 2005.

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

AUGUSTO, D. C. C.; GUERRINI, I. A.; ENGEL, V. L. ROUSSEAU, G. X. Utilização de esgotos domésticos tratados através de um sistema biológico na produção de mudas de *Croton floribundus* Spreng. (Capixingui) e *Copaifera langsdorffii* Desf. (Copaíba). **Revista Árvore**. Viçosa, v.27, n.3, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 20 abr. 2005.

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

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 1995.

BERNDTSSON, J. C.; HYVÖNEN, I. Are there sustainable alternatives to water-based sanitation system? Practical illustrations and policy issues. **Water Policy** 4, Sweden, 2002. Disponível em: <<http://www.iwaponline.com/wp/toc.htm>>. Acesso em 05 jan. 2006.

BRAGA, A.; CARVALHO, J. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal – DEPLAN – UNESP - IGCE, 2003.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; MIERZWA, J.C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental - o desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRANCO, S. G. **Água, origem, uso e preservação**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 1993.

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.

CAER – Companhia de Águas e Esgotos de Roraima. Lagoa de Estabilização para tratamento de esgoto doméstico da cidade de Boa Vista. **Estudo de Impacto Ambiental - EIA**. Boa Vista, 1992.

CAER – Companhia de Águas e Esgotos de Roraima. **ETA** (Estação de Tratamento de Água). 2006a. Disponível em: <<http://www.caer.com.br>>. Acesso em: 01 jul. 2006a.

CAER – Companhia de Águas e Esgotos de Roraima. **ETE** (Estação de Tratamento de Esgotos) 2006b. Disponível em: <<http://www.caer.com.br>>. Acesso em: 01 jul. 2006b.

CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Variáveis de Qualidade das Águas**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#dbo>>. Acesso em 10 mar. 2005.

CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI JR., I. Consumo de oxigênio durante a mineralização de substâncias húmicas provenientes da Lagoa do Infernã (São Paulo, Brasil). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v.64, n.3b, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 12 maio 2005.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FERREIRA, M. C.; ANTUNES, A. M.; MELGO, M. S.; VOLPE, P. L. O. Quimiometria I: calibração multivariada, um tutorial. **Química Nova**, São Paulo, v.22, n. 5, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 10 fev. 2006.

FRINTZSONS, E.; HINDI, E. C.; MANTOVANI, L. E.; RIZZI, N. E. As alterações da qualidade da água do rio Capivari com o deflúvio: um instrumento de diagnóstico de qualidade ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro. v. 8. n. 4, 2003. Disponível em: <<http://www.abes-dn.org.br/publicacoes>> . Acesso em 05 jun. 2005.

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.

GONDIM, J. A. M. **Níveis de poluentes ambientais em águas residenciais nos bairros Nordeste, Petrópolis e Capim Macio em Natal-RN**. Natal, 2002. 106f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

HARRIS, D. C. **Análise química quantitativa**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

HORBE, A. M. C.; GOMES, I. L. F.; MIRANDA, S. F.; SILVA, M. S. R. Contribuição à hidroquímica de drenagens no município de Manaus - AM. **Acta Amazônica**, Manaus, v.35, n.2, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 20 jan. 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População Estimada 2005 em Roraima**. 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 12 maio 2006.

JORDAO, C. P.; PEREIRA, M. G.; MATOS, A. T.; PEREIRA, J. L. Influence of domestic and industrial waste discharges on water quality at Minas Gerais State, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. São Paulo, v.16, n.2, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 20 jan. 2006.

KAWAI, H; BEZERRA, J. F..M.; COSTA, J. R.; VIDAL, W. L. **Avaliação de desempenho de Lagoas de Estabilização**. São Paulo: CETESB, 1990.

KUBRUSLY, L. S. Um procedimento para calcular índices a partir de uma base de dados multivariados. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v.21, n.1, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 10 fev. 2006.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2005.

LOPES, E. S. **Hidroclimatologia**. Manaus: [s.n.], 2002. v. 1-B. t. 3.

MACEDO, J. A. B. **Águas e águas**. São Paulo: Varela, 2001.

MAGALHAES, N.F.; CEBALLOS, B. S. O.; NUNES, A. B. A.; GHEYI, H. R.; KONING, A. Principais impactos nas margens do baixo rio Bodocongó - PB, decorrentes da irrigação com águas poluídas com esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 11 nov. 2005.

MARQUES, P. H. C.; OLIVEIRA, H. T.; MACHADO, E. C. Limnological study of Piraquara river (Upper Iguaçu basin): spatiotemporal variation of physical and chemical variables and watershed zoning. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.46, n.3, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 11 mar. 2005.

NAVAL, L. P.; SANTOS, L. M. P. Avaliação de um sistema de lagoas de estabilização para tratamento de águas residuárias domésticas na região Norte. In: **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Porto Alegre: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002. Disponível em: <<http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/aresidua/i-020.pdf>>. Acesso em 11 nov. 2005.

PETRUCIO, M. M.; ESTEVES, F. A. Taxas de absorção de nitrogênio e fósforo na água por *Eichhornia crassipes* e *Salvinia auriculata*. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v.60, n.2, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 07 mar. 2005.

PETRUCIO, M. M.; ESTEVES, F. A. Influência do fotoperíodo na absorção de nitrogênio e fósforo na água por *Eichhornia crassipes* e *Salvinia auriculata*. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v.60, n.3, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 07 mar. 2005.

PETRUCIO, M. M.; MEDEIROS, A. O.; ROSA, C. A.; BARBOSA, F. A. R. Trophic state and microorganisms community of major sub-basins of the middle rio Doce basin, southeast Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.48, n.4, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 13 mar. 2006.

PGAI – Programa de Gestão Ambiental Integrada. **Monitoramento da qualidade da água nos municípios de Alto Alegre, Boa Vista, Cantá, Iracema e Mucajai, área piloto I**. Governo do Estado de Roraima - Departamento Estadual de Meio Ambiente – DEMA, 2003.

RABELO, A. M. F. **Uso e ocupação das margens do igarapé Grande no município de Boa Vista – RR**. Boa Vista, 2004. 79f. Monografia (Especialização em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Roraima.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (org.) **Águas doces do Brasil**. 2. ed. rev. e ampl. São Paulo: Escrituras, 2002.

SANT'ANA, A. C. **Urbanização e seus atuais reflexos sobre a qualidade ambiental do igarapé Caranã, Boa Vista - RR**. Boa Vista, 2003. 175f. Monografia (Especialização em Meio Ambiente e Políticas Públicas) - Faculdades Cathedral.

SHARAF, M. A.; ILLMAN, D. L.; KOWALSKI. **Chemical Analysis** – a series of monographs on analytical chemistry and its applications. Canadá: John Wiley & Sons, 1986.

SILVA, F. V.; KAMOGAWA, M.Y.; FERREIRA, M. M. C.; NÓBREGA, J. A.; NOGUEIRA, A. R. A. Discriminação geográfica de águas minerais do Estado de São Paulo

através da análise exploratória. **Eclética Química**, São Paulo, v. 27, n. special, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 10 fev. 2006.

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 24 mar. 2005.

SIOLI, H. Valores de pH de águas amazônicas. Belém. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, n. 1, 1957.

SIOLI, H. **Amazônia – fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais**. 3 ed. Petrópolis: Vozes, 1991.

SKOOG, D. A. ;WEST, D. M.; HOLLER, F. J. **Fundamentals of analytical chemistry**. 7. ed. Forth Worth: Saunders College Publishing, 1996.

SPERLING, M. V. **Introdução á qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**, 2. ed. Belo Horizonte: DESA/UFGM, 1999.

TUNDISI, J. G.; SOUZA, A. D. G. Hidrogeochemical comparative study of the Jaú and Jacaré-guaçu river watersheds, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 60, n. 4, 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 24 mar. 2006.

UEHARA, M. Y.; VIDAL, W. L. **Operação e manutenção de lagoas anaeróbicas e facultativas**. São Paulo: CETESB, 1989.

VALENTE, J. P. 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/Botucatu - SP. **Ecletica Química**. São Paulo, v. 22, 1997. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em 22 abr. 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Planilha para anotação de análises de variáveis medidas em campo

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
 MESTRADO EM RECURSOS NATURAIS
 PROJETO MONITORAMENTO DO IGARAPÉ GRANDE
 ALUNA: DIANE MACEDO ESBELL
 ORIENTADOR: PROF. Dr. HENRIQUE EDUARDO BEZERRA DA SILVA

Data da coleta: _____

Local 01: _____

Local 02: _____

Local 03: _____

Horário: _____

Horário: _____

Horário: _____

Equipament o	Temperatur a Água °C	OD Água		Temperatura Água °C	OD Água		Temperatura Água °C	OD Água
Oxímetro								

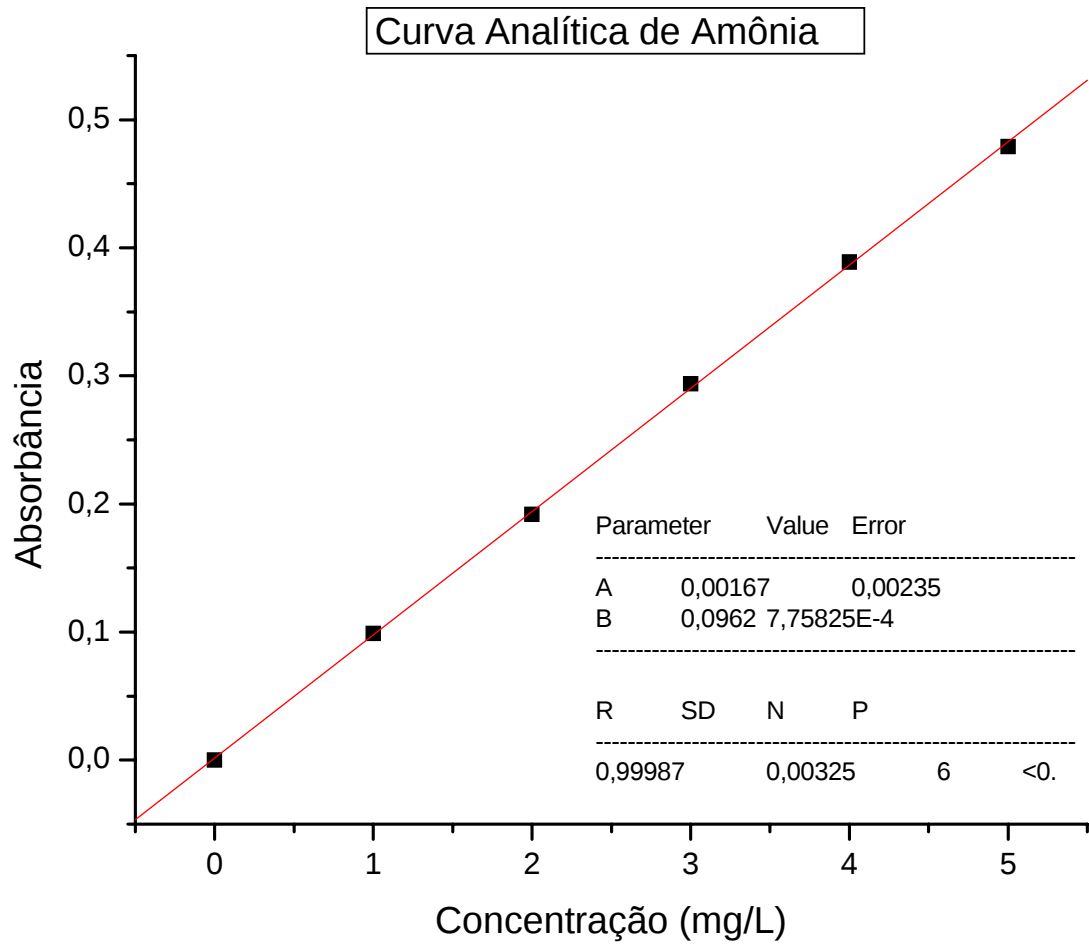
Equipament o	Temperatur a Água °C	OD Água		Temperatura Água °C	OD Água		Temperatura Água °C	OD Água
pHmetro								

Equipamento	Temperatur a Água °C	OD Água		Temperatura Água °C	OD Água		Temperatura Água °C	OD Água
Condutivímet ro								

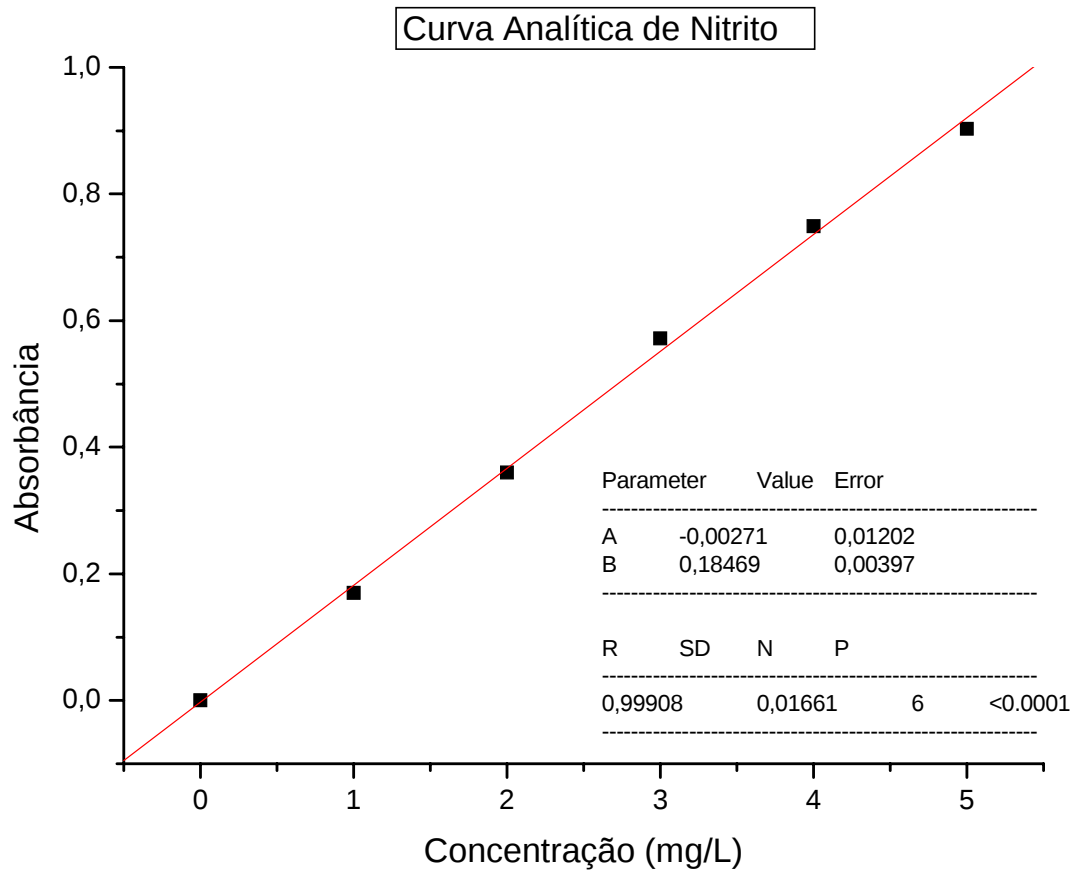
Condições climáticas:

Observações:

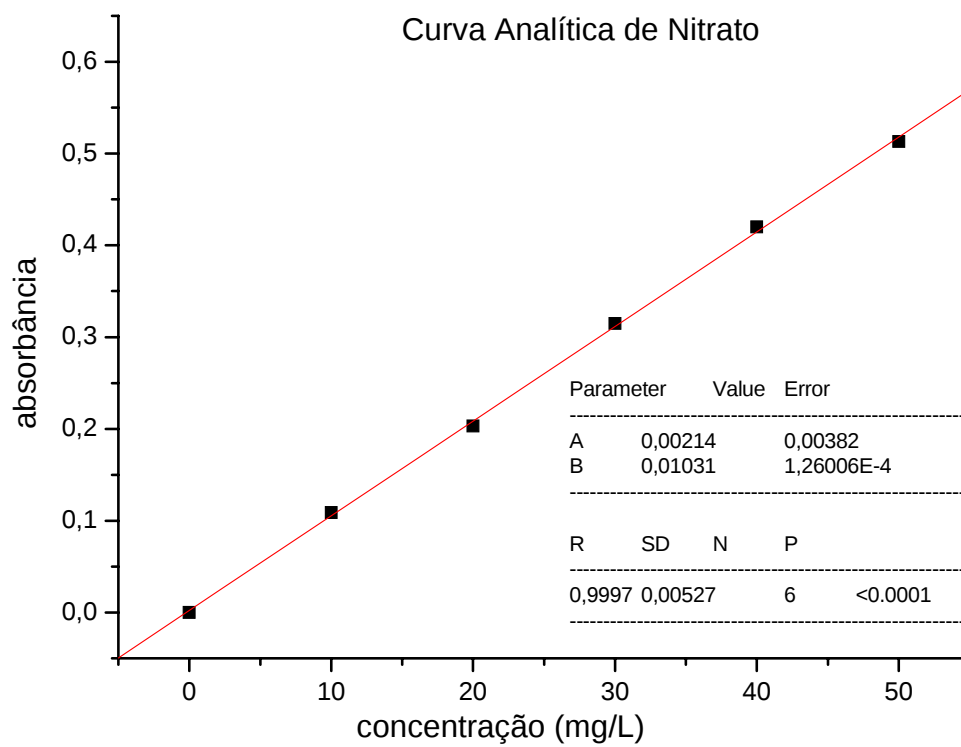
APÊNDICE B – Curva analítica utilizada como base para as análises de amônia.



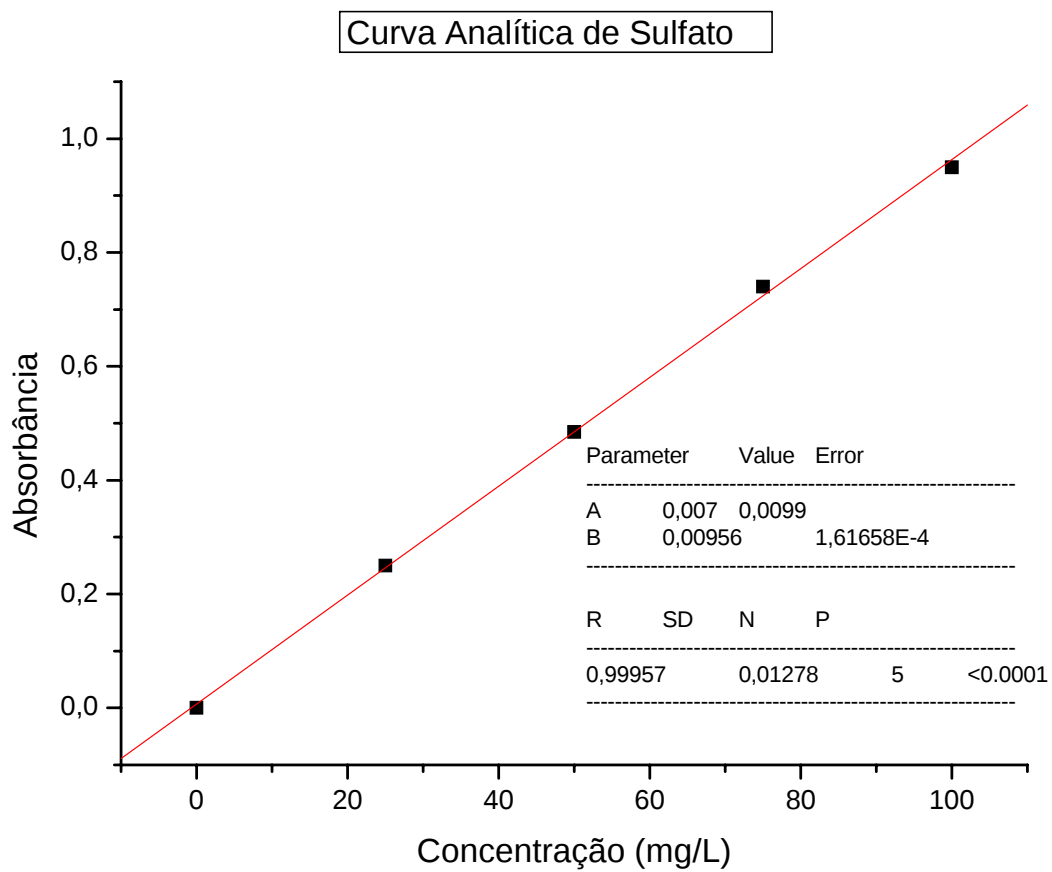
APÊNDICE C – Curva analítica utilizada como base para as análises de nitrito



APÊNDICE D – Curva analítica utilizada como base para as análises de nitrato.



APÊNDICE E - Curva analítica utilizada como base para as análises de sulfato.



APÊNDICE F - Curva analítica utilizada como base para as análises de fosfato.

