UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
***CAMPUS* DE JI-PARANÁ**
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

RAFAEL RANCONI BEZERRA

A QUALIDADE DA ÁGUA DO IGARAPÉ RIACHUELO EM ASSOCIAÇÃO COM INDICES FISIOGRÁFICOS E USO E OCUPAÇÃO DE SUA MICROBACIA: UM APONTAMENTO PARA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM JI-PARANÁ/RO

Ji-Paraná

2014

RAFAEL RANCONI BEZERRA

A QUALIDADE DA ÁGUA DO IGARAPÉ RIACHUELO EM ASSOCIAÇÃO COM INDICES FISIOGRÁFICOS E USO E OCUPAÇÃO DE SUA MICROBACIA: UM APONTAMENTO PARA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM JI-PARANÁ/RO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof. Drª. Nara Luísa Reis de Andrade

Ji-Paraná

2014

B574q
2014

Bezerra, Rafael Ranconi

A qualidade da água do Igarapé Riachuelo em associação com índices fisiográficos e uso e ocupação de sua microbacia em apontamento para gestão dos recursos hídricos em Ji-Paraná/RO / Rafael Ranconi Bezerra; orientador Nara Luisa Reis de Andrade. -- Ji-Paraná, 2014
70 p. : 30 cm

Trabalho de conclusão de Curso Bacharel em Engenharia Ambiental. – Universidade Federal de Rondônia, 2014

Inclui referências

1. Gestão Ambiental. 2. Bacia Hidrográfica. 3. Impacto Ambiental. I. Andrade, Nara Luisa Reis de. II. Universidade Federal de Rondônia. III. Título

CDU 502.51

Bibliotecário: Alex Almeida CRB 11/ 853

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
***CAMPUS* DE JI-PARANÁ**
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

TÍTULO: A QUALIDADE DA ÁGUA DO IGARAPÉ RIACHUELO EM ASSOCIAÇÃO COM INDICES FISIOGRÁFICOS E USO E OCUPAÇÃO DE SUA MICROBACIA: UM APONTAMENTO PARA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM JIPARANÁ/RO.

AUTOR: RAFAEL RANCONI BEZERRA

O presente Trabalho de Conclusão de Curso foi defendido como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e aprovado pelo Departamento de Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Ji-Paraná, no dia 08 de dezembro de 2014.

Elisabete L. Nascimento
Elisabete Loures do Nascimento (membro)
DEA/UNIR

Robson Alves de Oliveira
Robson Alves de Oliveira (membro)
DEA/UNIR

Nara L. Reis
Nara Luisa Reis de Andrade (orientadora)
DEA/UNIR

Ji-Paraná, 29 de dezembro de 2014.

AGRADECIMENTOS

Ouvi dizer durante toda minha vida que gratidão é um dos sentimentos mais nobres que o ser humano pode sentir. Verdade, de fato é. E Deus, unicamente ELE, sabe o quanto sou grato por todas a obras que ELE fez em minha vida, e agora mais ainda por me conceder a Graça de conseguir concluir mais esta etapa de minha vida.

Sou muito grato também aos meus pais, Sydneya Ranconi e Rosinaldo de Castro (*in memoriam*), que tanto me ajudaram, me guiaram, me ensinaram a ser o que sou hoje. Palavras não seriam suficientes para transmitir quão grandioso é meu sentimento.

Meu irmão, Bruno Ranconi, também se faz presente neste sentimento, ele, que muito novo tomou a responsabilidade de ser um adulto com deveres, que muito novo tomou a obrigação de ajudar no meu desenvolvimento, sem sombras de dúvidas, foi e é um ser muito especial em minha vida. Renata Frez, sua mulher, foi e é um ser de luz que se juntou a nós e que em pouco tempo mostrou ser uma pessoa admirável, também merece menção em meus agradecimentos.

A toda minha família, madrinha, padrinho, tios, tias, primos e primas, agradeço imensamente por me compreenderem, me darem conselhos e me incentivarem, antes e após a engenharia, sem vocês minha felicidade seria reduzida.

Quanto aos amigos, não mencionarei todos, pois cada um tem o seu devido espaço em meu coração, mas durante todo esse tempo, de lutas, choros, sofrimentos, alegrias, ociosidades e tantas outras coisas feitas em conjunto, eu simplesmente não poderia deixar de citar ELES. Eles que foram, são e serão amigos que, do fundo do meu coração, gostaria de levar por longos e longos anos. Cada um terá um espaço a seguir, pois merecem.

Agni Cristina, um ser tão paciente que às vezes irrita, impossível não mencioná-la, um ser de tanta compaixão, paciência, serenidade, descontraída, inteligente, esforçada e tantas outras boas qualidades as descrevem perfeitamente. Sem sua ajuda, eu, de fato, estaria mais louco do que já sou. Muito obrigado, de coração.

Andeson Rudke, um desinibido nato, um estressado, preguiçoso, esforçado, conselheiro e inteligente. Se não fossemos amigos a faculdade certamente não seria tão

comédia. Minha gratidão é imensa, pois me ajudou em muitos momentos e que se fosse mencioná-los seriam necessárias boas páginas desta monografia.

Jéssica Cristina, uma pessoa de uma simplicidade que impressiona, não, eu não poderia, em hipótese alguma de deixar você a parte desse momento tão singular. Uma pessoa tão inteligente e esforçada que não me admira se ela se tornar uma excelente profissional e bem resolvida.

Amigos eu fiz muitos, mas esses eu não poderia deixar de mencionar. Aos demais, Graziele Caetano, Daiane Rodrigues, Amauriny da Silva, Henrique Riça, Vinicius Souza, Lucas Ton, Aretuza Nogueira, Wesley de Souza, Victor Nathan e tantos outros, ficam meus mais sinceros agradecimentos.

Aos professores, fica também minha gratidão, por serem ímpares na minha passagem pela engenharia, mas meu especial agradecimento à Prof Nara, que me ajudou muito ao longo de dois anos e meio de trabalhos entre aulas, PROEXT e PIBIC. Se estressou muito com minhas escritas, mas desempenhou com maestria sua função de professora/orientadora, e por que não amiga?!

Não poderia deixar passar meus mais sinceros agradecimentos ao Técnico de Laboratório e faz tudo da UNIR, Aurelino, que me ajudou nas coletas, nos laboratórios, e se mostrou ser um amigo em todas as empreitadas que aparecerem. Muitíssimo obrigado.

No mais, meu muito obrigado a todos.

RESUMO

O estudo qualitativo de corpos d'água seja em zonas rurais, urbanas ou em transição é de fundamental importância, uma vez que tal conhecimento contribui pela manutenção da vida aquática e das condições sanitárias. De modo a suprir a falta de estudos em nível de bacia para o município de Ji-Paraná, o objetivo desse estudo foi analisar as características da água do Igarapé Riachuelo e associá-las com o uso e ocupação e índices físicos de sua microbacia.. As análises da qualidade da água se deram conforme descrito em APHA (2005) em 5 pontos amostrais, cujas mesmas foram Oxigênio Dissolvido, pH, Temperatura, Nitrato, Fósforo total, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO_5^{20} e Condutividade elétrica. Quanto aos índices fisiográficos e uso e ocupação se deram em ambiente computacional utilizando o software SPRING versão 5.1.8. De acordo com os resultados, concebeu-se que há a necessidade de execução de programas de gestão ambiental visto que os altos índices de uso e ocupação tanto em nível de Áreas de Preservação Permanentes (APPs) quanto em nível de microbacia, 80,24% e 65,24%, respectivamente, foram constatados. Variáveis como a DBO, Nitrato, Fósforo total e *E. coli* que apresentaram médias elevadas como 63,52mg.L^{-1} (P1), 6,93mg.L^{-1} (P3), 0,24mg.L^{-1} (P2) e 109.444UFC/100mL (P4), respectivamente foram exemplos obtidos da pressão que o curso d'água apresentou durante o estudo. A variável OD apresentou valores satisfatórios, em torno de 6mg.L^{-1}, nos pontos P1, P2 e P3, no entanto, no P4 e P5 houve concentrações que demandam atenção, cerca de 4mg.L^{-1}, visto que as mesmas podem ser restritivas para algumas espécies aquáticas. Levando em consideração os índices físicos da bacia, por expor um tempo de concentração reduzido, 50,24min, e ser de 2ª ordem a mesma está susceptível a eventos de enchentes, e devido isso transtornos sociais e ambientais tendem a ser recorrentes, como contato com água de má qualidade ou assoreamento do curso d'água. Diante de um ambiente sem o devido acesso ao tratamento de resíduos, um curso d'água que recebe carga poluente, expõe uso e ocupação de forma não planejada e índices fisiográficos que acabam favorecendo o contato com a água em eventos de precipitação acentuada, sugere-se que medidas sejam tomadas, como estudo, monitoramento e controle ambiental no contexto da bacia hidrográfica, de modo que estes dados possam subsidiar a criação de um comitê de bacia hidrográfica.

Palavras-chave: Gestão ambiental, Variáveis microbiológicas, Bacia hidrográfica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Internações hospitalares por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado nas regiões do Brasil em 2010 (Unidades por cem mil habitantes). 19
Figura 2 – Localização da microbacia do igarapé Riachuelo, Ji-Paraná, RO. 26
Figura 3 – Localização dos pontos amostrais na microbacia do igarapé Riachuelo, Ji-Paraná/RO. 27
Figura 4 – Relação índice/formato das bacias hidrográficas. 31
Figura 5 – Vidrarias (A) e membrana (B) utilizados para a técnica de membrana filtrante. ..33
Figura 6 – Procedimento de coleta para os P1 (A) e P4 (B) em outubro/13 e agosto/14, respectivamente. 34
Figura 7 – Resultado do PDI das imagens de satélite para as classes temáticas utilizadas para a microbacia do igarapé Riachuelo. 36
Figura 8 – Disposição de resíduos sólidos urbanos no igarapé Riachuelo e em suas imediações em 21/08/2014. 37
Figura 9 – Resíduos sólidos urbanos no P4, Ji-Paraná/RO, 21/08/2014. 37
Figura 10 – Uso da APP do igarapé Riachuelo. 39
Figura 11 – Resíduos sólidos registrados nos pontos de monitoramento no igarapé Riachuelo, Ji-Paraná. 41
Figura 12 – Principais resíduos sólidos registrados nos pontos de monitoramento no igarapé Riachuelo, Ji-Paraná. 41
Figura 13 – Influência da declividade na dinâmica dos processos erosivos na Nascente (P5) nos meses de julho/2014 e outubro/2014. 45
Figura 14 – Faixas de pH entre os limites da Resolução CONAMA 357/2005 nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo entre outubro/13 e agosto/14. 47
Figura 15 – Ponto 1 (A) e 2 (B) registrados no dia 21/agosto. 48
Figura 16 – Box-plot dos valores de pH dos pontos de monitoramento entre outubro/13 e agosto/14 do igarapé Riachuelo, Ji-Paraná/RO. 48

Figura 17 – Faixas de nitrato em relação ao limite da Resolução CONAMA 357/2005 nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo, Ji-Paraná/RO. 49
Figura 18 – Animal em decomposição a montante do ponto de monitoramento da Rua Aracaju (P2), em Ji-Paraná, 3 de outubro de 2014. 50
Figura 19 – Box-plot dos valores de nitrato dos pontos de monitoramento entre outubro/13 e agosto/14 do igarapé Riachuelo, Ji-Paraná/RO. 51
Figura 20 – Faixas de fósforo total em função da Resolução CONAMA 357/2005 nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo em Ji-Paraná/RO. 51
Figura 21 – Escoamento canalizado para o igarapé Riachuelo de efluente de construção civil com parcela de contribuição de prédio público em construção próximo ao P5 em 3 de outubro de 2014. 53
Figura 22 – Fontes pontuais registradas na rua Vinicius Brás a jusante do P4 em Ji-Paraná/RO, 3 de outubro de 2014. 54
Figura 23 – Faixas de oxigênio dissolvido em função da Resolução CONAMA 357/2005 nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo em Ji-Paraná/RO. 54
Figura 24 – Faixas de DBO_5^{20} nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo em Ji-Paraná/RO, entre os meses de outubro/13 e junho/14. 56
Figura 25 – Condições da Nascente no mês de outubro/2013. 58
Figura 26 – Condições da cabeceira da Nascente no mês de outubro/2013. 58
Figura 27 – Condições da Nascente no mês agosto/2014. 59
Figura 28 – Condições da cabeceira da Nascente no mês de agosto/2014. 59
Figura 29 – Faixas de condutividade elétrica nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo em Ji-Paraná/RO. 60
Figura 30 – Comportamento das médias de CE ao longo do período de estudo do igarapé Riachuelo, Ji-Paraná/RO, 2014. 61
Figura 31 - Faixas de temperatura nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo em Ji-Paraná/RO. 62
Figura 32 – Ilustração das características da água e do entorno do P1 nos meses de outubro/2013 (A), fevereiro/2014 (B), março/2014 (C) e abril/2014 (D). 63
Figura 33 – Vegetação ripária presente no P4 e P5. 63
Figura 34 – Concentrações de coliformes totais nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo em Ji-Paraná/RO 62
Figura 35 – Concentrações de E. coli nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo em Ji-Paraná/RO. 65

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 12

1 OBJETIVOS 14
1.1 OBJETIVO GERAL 14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 14

2 REFERENCIAL TEÓRICO 14
2.1 BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE GESTÃO 14
2.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA QUALI-QUANTITATIVA 16
2.3 USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA 16
2.4 SANEAMENTO BÁSICO E RELAÇÃO COM A SAÚDE 18
2.5 ABASTECIMENTO DE ÁGUA 20
2.6 COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO 20
2.7 DRENAGEM 22
2.8 COLETA E DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS 23
2.9 ÍNDICES FISIOGRÁFICOS E USO E OCUPAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS 24

3 MATERIAL E MÉTODOS 25
3.1 ÁREA DE ESTUDO 25
3.2 PONTOS DE MONITORAMENTO 26
3.3 GEOPROCESSAMENTO 28
3.3.1 Uso e ocupação 28
3.3.2 Análise morfométrica 29
3.3.2.1 Sistema de drenagem 29
3.3.2.2 Forma da bacia e do curso d'água 30
3.3.2.3 Relevo da bacia 31
3.3.2.4 Modelo hidrológico 31
3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA 32
3.5 TRATAMENTO DOS DADOS 34
3.6 ATIVIDADE OBSEVARCIONAL DOS PONTOS DE MONITORAMENTO 34

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 35
4.1 ASPECTOS GERAIS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO 35
4.2 USO E OCUPAÇÃO DA MICROBACIA 35
4.3 CARACTERIZAÇÃO DA MICROBACIA 42
4.3.1 Coeficiente de compacidade 43
4.3.2 Fator de Forma 43
4.3.3 Densidade de drenagem 43
4.3.4 Índice de sinuosidade e Declividade 44

4.3.5 Tempo de concentração 45
4.3.6 Ordem da bacia 45
4.4 QUALIDADE DA ÁGUA (PARÂMETROS) 46
4.5 ANÁLISE DOS PARÂMETROS QUÍMICOS 46
4.5.1 pH 46
4.5.2 Nitrato 49
4.5.3 Fósforo total 51
4.5.4 Oxigênio dissolvido 54
4.5.5 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5^{20}) 56
4.6 PARÂMETROS FÍSICOS 59
4.6.1 Condutividade elétrica 59
4.6.2 Temperatura 62
4.7 PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS 64
4.7.1 Coliformes totais e *E. coli* 64

CONSIDERAÇÕES FINAIS 68

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 70

INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais a água é o bem comum que apresenta significativo grau de impacto na dinâmica da sociedade. Tal impacto pode ser positivo ou não, estando intimamente condicionado às características quali-quantitativas da mesma, ora atreladas principalmente ao aumento da população e à ausência de políticas públicas direcionadas a sua preservação (SANTOS, J. et al., 2013).

A Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico é um avanço em termos de políticas públicas, entretanto, prevalece interferências na dinâmica dos recursos naturais que comprometem a conservação do meio físico e biótico e contribuem para impactos na saúde humana devido às alterações físico-químicas e microbiológicas que a água sofre no processo (SOARES et al., 2002). Dessa maneira, o estudo e monitoramento de parâmetros indicadores de qualidade da água assumem um papel fundamental para a regulação de um ambiente equilibrado.

Essa problematização incorreu na criação da Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997 que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos e tem dentre os objetivos a execução de estudos e gestão dos recursos hídricos utilizando a bacia hidrográfica como unidade de gerenciamento. Dentre as premissas da referida lei tem-se assegurar a qualidade e quantidade dos recursos hídricos tanto em ambientes urbanos quanto rurais, de modo que as presentes e futuras gerações possam ter acesso à água em níveis que atendam suas necessidades básicas.

O estudo qualitativo de corpos d’água seja em zonas rurais, urbanas ou em transição é de fundamental importância, uma vez que é fonte de dados responsável pela manutenção da vida aquática. De acordo com Francisco & Carvalho (2004) o monitoramento de bacias hidrográficas de pequeno porte ainda é pouco usual no Brasil, porém, de extrema necessidade a fim de assegurar o desenvolvimento, principalmente local.

Os dados de uso e ocupação, por exemplo, incluem-se no contexto da referida lei e podem ser analisados, em ambiente computacional por meio de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os SIG's nesse âmbito "permitem a integração da área de estudo com as

mudanças ocorridas, através de uma análise multitemporal essas alterações podem sugerir diretrizes de uso e ocupação da área" (SILVA et al., 2012).

Uma vez que se tem conhecimento acerca do uso e ocupação, como a retirada de vegetação e impermeabilização do solo para a construção de edifícios ou loteamentos, as consequências oriundas dessas práticas poderão ser mitigadas ou minimizadas, haja vista que se tem conhecimento da dinâmica que ocorre na bacia e não a levará a um estado de vulnerabilidade a processos erosivos ou alterações nos padrões de qualidade da água, por exemplo.

Além de dados de uso e ocupação, os índices fisiográficos ou morfométricos são variáveis que também podem ser implementadas em bacias hidrográficas, cujos mesmos servirão principalmente na proposição de medidas de gerenciamento acerca das regiões mais propícias a ocupação. Salgado (2009) elenca que os dados morfométricos ou fisiográficos englobam uma gama de parâmetros que estão interligados com a dinâmica hidrológica das microbacias, de modo que subsidiarão planos territoriais.

Em termos de índices fisiográficos de bacias hidrográficas transtornos sociais e ambientais também tendem a serem mitigados ou minimizados, visto que estes índices podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais, elencando quão ambientalmente vulnerável a bacia hidrográfica pode estar (TEODORO, et al., 2007).

No Estado de Rondônia, por exemplo, pode-se notar um déficit de estudos sobre monitoramento qualitativo dos recursos hídricos, bem como os dados acima citados quando comparado com estados da Região Sudeste que apresentam comitês de bacias hidrográficas atuantes na gestão dos recursos hídricos.

Em suma, ao adotar a bacia hidrográfica como unidade de gestão, a manutenção dos recursos hídricos para os diversos usos poderá ser mais eficaz em decisões, uma vez que as potencialidades e fragilidades da mesma serão levadas em consideração nas outorgas e nas cobranças pelo seu uso.

Em Ji-Paraná-RO a microbacia do igarapé Riachuelo, integra este cenário por estar disposta no perímetro urbano da cidade. De modo a suprir a falta de estudos em nível de bacia para o município, a presente pesquisa pretende analisar as características da água do igarapé Riachuelo e associar com o uso e ocupação e índices físicos de sua microbacia a fim de servir como incentivo a novos estudos e contribuir para uma melhor gestão dos recursos naturais.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar as características da água do igarapé Riachuelo e associar com o uso e ocupação da microbacia de modo a servir de incentivo a novos estudos e dessa forma contribuir para uma melhor gestão dos recursos naturais ao longo de um ano hidrológico.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos, buscou-se:

a) verificar as condições físicas, químicas e microbiológicas da água;

b) caracterizar a bacia e os principais usos da terra;

c) analisar a qualidade ambiental a sua influência nas condições sanitárias da população.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE GESTÃO

A demanda dos recursos hídricos no Brasil para os usos múltiplos vem aumentando devido à expansão das fronteiras agrícolas, populacional e de matrizes energéticas, ao passo que a manutenção da qualidade dos mesmos não é assegurada em igual proporção.

Nestes termos, o uso demasiado deste recurso proporciona sua deterioração gradativa, podendo ser agravada a preocupação com a utilização de tecnologias para o seu tratamento e conservação não são implementadas, permanecendo em segundo plano. Brito et al. (2005) abordam que os recursos hídricos tendem a se tornar mais escassos caso não haja ações enérgicas visando melhorias da gestão da oferta e demanda de água.

A Política Nacional dos Recursos Hídricos, Lei 9.433 de 8 de janeiro de 2007, que assegura o uso múltiplo das águas, é um grande avanço para garantia da água para população atual e às futuras gerações. Essa mesma política adota a bacia hidrográfica como unidade gestão e estabelece normativas para a execução de estudos voltados aos recursos hídricos.

Tal unidade é de acordo com Tucci (2009) “a área de captação natural de água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório”.

Caso a dinâmica da mesma sofra algum tipo de alteração, como citado, a mesma deve ser área de estudo para que assegure de forma equilibrada quaisquer tipos de atividades de interesse.

Conforme Christofoletti (1980), o estudo hidrológico e das características físicas de uma bacia hidrográfica tem implicação direta no (a):

a) Escolha de mananciais para abastecimento de água;
b) Projeto e construções de empreendimentos hidráulicos;
c) Projetos de drenagem urbana;
d) Irrigação;
e) Regularização de corpos d'água e controle de inundações;
f) Controle da dispersão de poluentes;
g) Controle de processos erosivos.

Salgado (2009) indicam que os dados morfométricos ou fisiográficos englobam uma gama de parâmetros que estão interligados com a dinâmica hidrológica das microbacias. Ou seja, influentes nos tópicos citados, assim como no uso e ocupação do solo.

O uso e ocupação, por sua vez, vem ganhando maior destaque com a execução de estudos em nível de bacias hidrográficas, devido disponibilizar dados acerca das interferências da ocupação de modo desordenado nas áreas de entorno dos corpos d'água. Em função dessa dinâmica, Barboza (2010) cita que o uso e ocupação de áreas de entorno é um dos principais problemas gerados nas bacias, o que acabam proporcionando na sua mínima conservação ambiental.

Além do lançamento de resíduos, o comprometimento da qualidade da água de mananciais urbanos se dá pela intensificação dos processos erosivos e carreamento de materiais particulados ao curso d'água. Lima et al. (2004) e Poleto, Carvalho e Matsumoto (2010), corroboram isto ao citarem que cursos hídricos próximos às áreas urbanas se tornam vulneráveis à degradação quali-quantitativa decorrente do excesso de nutrientes e matéria orgânica, por sua vez aliada aos processos erosivos, proporcionando eutrofização, assoreamento e contaminação dos mananciais.

Haja vista que a deterioração ocorre principalmente em regiões ocupadas, a delimitação de sub-bacias ou microbacias permite melhor identificação, estudo, monitoramento e elaboração de planos de manejos, o que de fato pode proporcionar redução ou mitigação de impactos ambientais.

Ao voltar-se para os ambientes urbanos, estes estão cada vez mais antropizados, com alto grau de impermeabilização do solo e ocupação sem planejamento, interferindo no ciclo

da água e consequentemente em seus usos, o que Lucas et al. (2010) citam ser algumas das principais causas de sua reduzida disponibilidade.

Nestes termos, o corpo hídrico, bem como a bacia hidrográfica, passa por uma série de exigências para definição de seu aproveitamento e necessidade de implementação de planos de manejo de acordo com os principais usos que se demandam. Desta forma, os impactos ambientais poderão ser mitigados e consideravelmente reduzidos quando se tem conhecimento do que se dispõe na bacia.

2.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA QUALI-QUANTITATIVA

A água é um bem essencial para manutenção da qualidade de vida, no entanto, sua qualidade e quantidade vem sofrendo sérios impactos pelas mais variadas atividades antrópicas exercidas tanto no meio urbano quanto rural. Deste modo, a execução de programas de monitoramento a fim de se conhecer a qualidade da água para determinar quais as possíveis interferências que a mesma vem sofrendo é uma das alternativas para a execução de ações intervencionistas e de gerenciamento para a manutenção quali-quantitativa dos recursos hídricos.

Nestes termos, tais atividades demandam de processos de gerenciamento que vislumbrem a manutenção da qualidade e quantidade da água, caso contrário a mesma tende a estar comprometida para os usos que dela se fazem necessários. Segundo Santos, J. et al. (2013) este comprometimento apresenta relação direta com o aumento da população, volume precipitado e ausência de políticas voltadas à sua preservação.

Por apresentar deficiências em termos de políticas públicas de preservação, as doenças de veiculação hídrica são características inerentes de regiões desprovidas das mesmas, e que acabam sendo potencializadas com a ausência ou déficit da oferta de saneamento básico, expondo ambientes com mais impactos negativos do que positivos, sejam sociais ou ambientais.

Ao levar em consideração aspectos econômicos, Teixeira et al. (2012) cita que a infraestrutura deficitária do saneamento influencia diretamente nas condições de vida da população, pois na sua ausência ou operação sem a devida manutenção há a prevalência de doenças infecciosas causadoras de morbimortalidade.

2.3 USOS MÚLTIPLOS DA ÁGUA

Gerir os recursos hídricos para garantir o uso múltiplo das águas é um dos princípios da Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, entretanto, em situações adversas, como escassez de água, seu uso é prioritariamente destinado ao consumo humano e dessedentação de animais. Tais usos são considerados como consuntivos, pois retiram através de derivações e regularizações parte da vazão natural que ocorreria na bacia hidrográfica caso não houvesse interferência humana, ao passo que os demais, denominados não consuntivos são, segundo Mendes (2012), aqueles que retornam praticamente em sua totalidade à fonte de origem.

Na Tabela 1 estão listados alguns dos usos múltiplos que a água pode apresentar em bacias hidrográficas.

Tabela 1 – Alguns tipos de usos da água em bacias hidrográficas.

Tipos de usos	
Consuntivos	Agricultura
	Irrigação
	Pecuária
	Dessedentação animal
	Abastecimento humano
	Uso de poços
Não consuntivos	Geração de energia hidrelétrica
	Navegação
	Controle de cheias
	Manutenção de ecossistemas
	Lazer
	Pesca

Fonte: Adaptado de Nascimento (2011) e Ludmilson (2012).

Braga et al. (2005) abordam que o abastecimento humano é considerado o mais nobre e prioritário, uma vez que os indivíduos necessitam de sua adequada oferta para sobrevivência. Entretanto, nos ambientes urbanos ocorrem práticas que desprivilegiam a manutenção desta oferta, como o despejo de resíduos tanto líquidos quanto sólidos diretamente em cursos d'água, favorecendo sua deterioração e redução considerável da gama de usos que a água pode apresentar.

Os eventos de escassez quali-quantitativa ainda podem ser reflexos mais recorrentes do ineficiente gerenciamento do uso do solo, na zona urbana e rural, visto que práticas como a pecuária, agricultura e irrigação estão inseridas no contexto de áreas destinadas à preservação. Tais atividades ao interferir na qualidade, comprometem diretamente a quantidade disponível.

Segundo a ANA (2014) na região Amazônica embora a disponibilidade seja consideravelmente elevada, cerca de 132.145$m^3.s^{-1}$, nas bacias com mais expressividade para a região, bacias do Madeira, Tapajós e Negro, apenas 78,8$m^3.s^{-1}$ demandam-se para os usos múltiplos, com parcela mais expressivas para a dessedentação de animais e abastecimento humano, 33 e 32%, respectivamente.

Disto tira-se que a disponibilidade ainda é considerável, no entanto, vale ressaltar que por ser a região com maior déficit em termos de esgotamento sanitário, tema a ser tratado mais a frente, a disponibilidade tende a ser reduzida.

2.4 SANEAMENTO BÁSICO E RELAÇÃO COM A SAÚDE

O saneamento básico configura-se como fator preponderante na manutenção da qualidade de vida e saúde pública. Pela Lei n° 11.445 de 5 de janeiro de 2005, o mesmo é entendido como um conjunto de serviços e infraestruturas importantes no processo de gestão ambiental e é composto por: abastecimento de água; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Em relação ao acesso ao saneamento em nível mundial, de acordo com o Fundo das Nações Unidas para a Infância UNICEF (2006) 2,5 bilhões de pessoas não tinham acesso ao mesmo e cerca de um em cada quatro pessoas em países em desenvolvimento chegou a defecar ao ar livre, favorecendo dessa forma, a inserção de compostos nocivos na água capazes de desencadear transtornos à saúde. Como exemplo tem-se, ainda de acordo com a UNICEF (2006), a morte de 88% dos casos por doenças diarreicas. Carvalho & Rodrigues (2004) ratificam a informação supracitada ao mencionarem que estes dados estão relacionados a não universalização do saneamento básico aliado ao baixo nível de educação formal e ambiental da população.

Um ambiente que apresente saneamento está mais propenso a estar limpo, o que Ribeiro & Rooke (2010) mencionam ser fundamental na prevenção de doenças advindas, por exemplo, do manejo inadequado de resíduos sólidos, o que ocasiona a proliferação de vetores de doenças como ratos e insetos.

As regiões que não dispõem dos serviços que compõem o saneamento básico estão mais susceptíveis a apresentarem situações adversas, sejam elas em termos de saúde pública ou qualidade de vida, como mencionado. Ao dispor de ambientes que não apresentem serviços de saneamento a água podem sofrer alterações em seus padrões físico-químicos e

microbiológicos e Ohira (2005) aborda que os mesmos “podem tornar inviável o uso da água de rios, lagos e reservatórios para o consumo".

Em termos de saneamento básico, o Brasil apresenta uma relativa desigualdade de acesso aos serviços. Por exemplo, na região norte pouco mais de 60% dos municípios é atendido com tratamento de água, enquanto na região sudeste o percentual é de aproximadamente 80%, (ATLAS DE SANEAMENTO, 2011).

Tais desigualdades podem influenciar nas ocorrências de internações oriundas de doenças relacionadas à falta de saneamento mais em uma região do que em outra. De acordo com a Figura 1 e baseado em dados também disponibilizados pelo IBGE (2011) no Sistema de Recuperação Automática – SIDRA, a maior incidência de registros nacionais de internações por doenças relacionadas à falta de saneamento pertence à região norte, com cerca de 34%, enquanto que a região sudeste possui cerca de 6% de registros, o menor percentual.

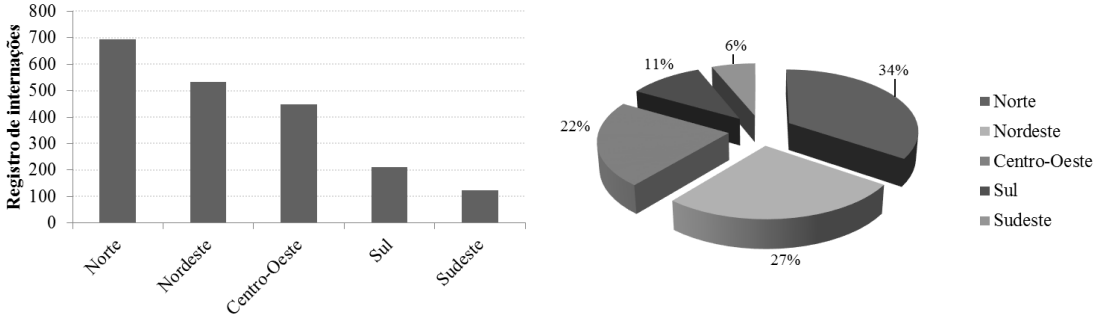

Figura 1 – Internações hospitalares por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado nas regiões do Brasil em 2010 (Unidades por cem mil habitantes).
Fonte: IBGE (2011).

Ao abordar tais temas, a água em uma bacia hidrográfica atua como condicionante, haja vista que de acordo com Ribeiro & Rooke (2010) é um elemento essencial à vida, sendo imprescindível a manutenção satisfatória de sua qualidade e quantidade para atender as necessidades humanas, proteção de sua saúde e desenvolvimento econômico.

A poluição de corpos hídricos em bacias hidrográficas, entretanto, pode ocorrer sob duas formas, sejam elas de forma pontual ou de forma difusa. Na forma pontual a carga orgânica é lançada concentradamente e um ponto do corpo d’água, por exemplo, um emissário de esgoto de uma região que não apresenta o seu tratamento, apenas a coleta.

Em relação à forma difusa, a carga poluente insere-se de maneira distribuída no corpo d’água, reflexo da drenagem da mesma na área da bacia hidrográfica.

Desse modo, as cargas poluentes, sejam de formas pontuais ou difusas, podem desencadear doenças na população, quando não se dispõe de serviços de saneamento básico.

Pela sua ausência, tendem a influenciar no equilíbrio natural e antrópico com redução da qualidade de vida e comprometimento da saúde pública, (STACCIARINI, 2002).

2.5 ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Como definição a portaria ministerial MS 2.914, de 12 de dezembro de 2011 trás que o abastecimento de água é realizado através de um sistema compostos por obras civis, materiais e equipamentos, partindo do ponto de captação até as ligações prediais, com fim a produzir e fornecer água potável à coletividade.

Nas cidades brasileiras a fonte de abastecimento de água pode ser realizada ou por aquíferos superficiais ou subterrâneos, sendo que estes tipos de fontes podem variar de acordo com os aspectos quali-quantitativos da região. Num panorama geral o abastecimento de água para a população brasileira a Agência Nacional de Águas - ANA (2014) estima que será de, aproximadamente, 570,2$m^3.s^{-1}$numa previsão para 2015. Em contrapartida, a ineficiência do saneamento, principalmente coleta e tratamento de esgoto, induz a indisponibilidade de mananciais para o referido fim.

À medida que a definição de um novo manancial de abastecimento seja mais complexa, conflitos por novas fontes também tendem a ser. Por expressar estas características a utilização de mananciais subterrâneos ou superficiais inaptos tende a maximizar os riscos à saúde pública por agentes biológicos, pois expõe a população a eventos com maior periodicidade a doenças decorrentes destes agentes, com elevação dos números de casos de diarreia, enterites e doenças epidêmicas (como a febre tifoide). D'aguila (2000) menciona que "as bactérias patogênicas encontradas em água e/ou alimentos constituem uma das principais fontes de morbidade em nosso meio".

Ressaltando que a manutenção da qualidade de mananciais superficiais não se restringe com maior rigor aos que tem aptidão para o abastecimento humano por estações de tratamento, pois em sub ou microbacias a qualidade da água superficial também deve ser alvo de preocupação, visto que, como mencionado, a qualidade também deve ser assegurada, por exemplo, para sistemas de irrigação e dessedentação animal.

2.6 COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTO

A coleta e o tratamento de esgoto devem ser realizados pelo responsável pelo sistema de coleta e tratamento de esgoto, no qual empreenderá de acordo com a NBR 12.209/1992 um

conjunto de obras, equipamentos e órgãos auxiliares com vistas à redução das cargas com capacidade poluidora do esgoto sanitário. Do ponto de vista social e ambiental, os empreendimentos que possam se ligar à rede coletora de esgoto para que se tenha um tratamento e destinação final adequado dos esgotos gerados influenciam diretamente numa melhor qualidade ambiental e saúde da população.

Em contraponto tem-se que o baixo atendimento possibilita, por exemplo, a disposição de dejetos da rede coletora de água pluvial, por ligações clandestinas, fossa rudimentar, vala em rios, lagos ou mar. Neste cenário, consequências ambientais, sociais e econômicas poderão ser maximizadas via proliferação de vetores de doenças, mortandade de algumas espécies aquáticas, depreciação de estabelecimentos às redondezas da área, etc.

Segundo a Atlas do Saneamento (2011) as doenças que desencadeiam o maior número de internações relacionadas à falta de saneamento das cidades brasileiras são as diarreias, embora venham reduzindo com o tempo. As mesmas podem ser consequência da inexistência do acesso ao tratamento de esgoto, em torno de 71,5% de municípios brasileiros.

O ineficiente atendimento à população pelo sistema de tratamento de esgoto na região Norte do Brasil é ainda mais crítico quando comparada com as outras regiões brasileiras. A região Norte apresenta um déficit de atendimento de afastamento de esgoto sanitário de 69% ao passo que a região sudeste apresenta um percentual de atendimento de 85,5%, (PLANSAB, 2013).

Quando tratado e disposto em rios, lagos ou mar, o esgoto terá carga de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), nitrito, nitrato, coliformes, turbidez e outros parâmetros físico-químicos e microbiológicos reduzida. A partir destas características os corpos receptores terão a capacidade de autodepuração mantida, assim como suas condições hidrosanitárias.

Em casos de lançamento de esgotos *in natura* problemas ambientais como a eutrofização de corpos hídricos podem ocorrer e interferir tanto na saúde da população, como mencionado, quanto na biota aquática. Para Sperling et al. (2008) “o início da eutrofização pode trazer prejuízos graves para a qualidade da água, essa proliferação de algas, déficit de oxigênio, maus odores e crescimento excessivo de macrófitas”. Este processo é um problema particularmente evidente em países em desenvolvimento, em que não existem legislações pertinentes ou que não são seguidas afinco (PEREIRA, 2012).

Em zonas urbanas o controle deste processo pode ser através de medidas preventivas e que podem abranger a bacia hidrográfica. As medidas podem ser infiltração do esgoto no

terreno, tratamento a nível terciário com remoção de nutrientes, controle do uso e ocupação do solo e áreas destinadas a preservação das margens de corpos hídricos.

No entanto, vale ressaltar que medidas corretivas podem ser: aeração, remoção de algas, sombreamento, desestratificação, remoção de macrófitas. Tais medidas são de características mecânicas, mas também há soluções por vias biológicas, tais como a biomanipulação, por exemplo, o uso de peixes herbívoros.

2.7 DRENAGEM

A drenagem tem por objetivo minimizar os impactos oriundos exclusivamente do excesso de água precipitada em uma região, seja ela urbana ou rural. Deste modo, a implementação de obras de engenharia possibilita,

> tornar salubres os ambientes habitados por populações humanas, evitando a ocorrência de inundações, bem como a formação de empoçamentos e alagadiços, responsáveis pela criação de condições favoráveis à transmissão de doenças, e que caracterizam a carência e precariedade dos serviços de drenagem urbana. Souza (2001, p.9).

Para um adequado funcionamento do sistema de drenagem, a existência de cobertura vegetal assim como uma impermeabilização do solo planejada são importantes, ao passo que a ausência de tais itens pode afetar diretamente tanto na maior quantidade de água a escoar no talvegue quanto no fator qualitativo dos recursos hídricos, haja vista que solos desnudos permitem o carreamento de sedimentos e solos impermeabilizados proporcionam o aporte de maior carga de constituintes orgânicos e inorgânicos no mesmo.

Além destes aspectos a ausência de sistemas de coleta de resíduos sólidos e esgotamento sanitário influencia, na maioria das cidades brasileiras, no lançamento destes resíduos nas redes de drenagem, proporcionando desta forma o entupimento das canalizações, bem como a redução da capacidade de vazão da estrutura. Segundo o PLANSAB (2013) na Pesquisa Nacional do Saneamento Básico (PNSB) em 2008 de 2.278 municípios que participaram da pesquisa 43% relataram ocorrência de eventos de enchentes ou inundações num período de cinco anos, e que estes podem ter sido potencializados pela ineficiência de coleta e tratamento de esgotos e manejo de resíduos sólidos.

Com relação ao lançamento de esgotos nas vias de drenagem, as ligações clandestinas de esgotos, ou domésticos ou comerciais, apresentam-se como potenciais agentes de degradação da qualidade da água do corpo receptor, visto que ao escoar por ambientes

potencialmente impactantes a água pode contaminar-se e influenciar nas características biológicas e físico-químicas do ponto e a jusante do lançamento. Fátima & Cabral (2013) elencam que práticas como despejos de águas servidas, esgoto, lixo, ligações clandestinas nas redes de drenagem de águas pluviais podem contribuir para a poluição hídrica e atingir mananciais superficiais e subterrâneos.

Nas cidades com este cenário os eventos de doenças apresentam relação com o déficit dos serviços de drenagem. Souza (2001) encontrou relação entre a febre amarela urbana, dengue, malária, filariose, leptospirose e esquistossomose.

2.8 COLETA E DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS

A coleta e destinação final dos resíduos sólidos apresentam influência direta na manutenção da qualidade dos cursos d'água em bacias hidrográficas, uma vez que o aporte de resíduos sólidos urbanos nas calhas dos corpos d´água compromete suas características em detrimento da decomposição destes materiais.

Outro aspecto de relevante importância acerca da coleta de resíduos está atrelado à obstrução de calhas e bueiros. A partir desta situação, permite-se relação intrínseca com obras de drenagem que, como citado, proporcionam eventos de alagamentos em regiões que não dispõem de coleta e limpeza, viabilizando desta maneira a proliferação de vetores e agentes etiológicos que podem acometer a população da área afetada.

Em seu estudo, Deus et al. (2004) notaram que ao aplicar o Índice de Impacto dos Resíduos Sólidos Urbanos na Saúde Pública (IIRSP) para uma faixa entre 10.000 e 100.000 habitantes, os municípios da região Sul do Estado do Rio Grande do Sul apresentaram um déficit no IIRSP de, aproximadamente, 64,93%, ao passo que os municípios da região Norte apresentaram, em sua grande maioria, valores abaixo de 20%, sendo que, além de coleta/tratamento/destinação final, doenças como toxoplasmose, leptospirose e cisticercose foram preponderantes no decaimento ou elevação do referido índice.

Como medida ambientalmente correta tem-se os aterros sanitários para minimizar ou mitigar os impactos ambientais que decorrem da decomposição dos resíduos de forma livre. Uma vez presente, o processo de gerenciamento dos mesmos leva em consideração a produção de resíduos da região de modo a viabilizar a coleta do maior quantitativo possível de resíduos para não favorecer o lançamento de resíduos e assim influenciar negativamente a rede de drenagem e os corpos receptores. No entanto, cerca de 60% dos municípios brasileiros

em 2013 não dispunham de tal estrutura, depositando, por sua vez, os resíduos em vazadouros a céu aberto ou em aterros controlados (MMA, 2014).

No Brasil este segmento do saneamento ainda encontra-se defasado, visto que segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, SNIS (2012) 23% dos 3.043 municípios que participaram do Diagnóstico do Manejo dos Resíduos sólidos Urbanos em 2012 utilizavam lixões e 14% de forma controlada.

Tal situação, entretanto, pode interferir diretamente na qualidade de corpos d'águas superficiais e subterrâneos pela ação do produto da decomposição dos materiais ali depositados.

2.9 ÍNDICES FISIOGRÁFICOS E USO E OCUPAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

A exploração e a procura por novas fontes de recurso naturais são os principais propulsores para o desenvolvimento econômico do Brasil, no entanto, tais práticas vêm influenciando negativamente na manutenção desses recursos, pois excedem os limites de áreas apropriadas ao uso e ocupação do solo. Ocorre a partir disso, conforme Silva (2012), a rápida degradação dos recursos naturais em função de seu mau uso.

A utilização de SIG é uma ferramenta que pode auxiliar na mitigação de passivos ambientais oriundos daquelas práticas, elencando principalmente as mudanças ocorridas na paisagem ao longo do tempo, e viabilizando a proposição de diretrizes norteadoras mais apropriadas acerca do uso e ocupação Silva (2012). Além disso, Nascimento et al. (2005) destacam que as mesmas são como alternativas para se apurar com rigorosidade os impactos ocasionados ao meio ambiente e avaliar, Lima et al. (2011), a correlação em termos de espaço do uso e cobertura do solo com outros parâmetros naturais.

Nas bacias hidrográficas as práticas de monitoramento dos recursos naturais utilizando esta ferramenta estão sendo amplamente difundidas, visto que permite a associação dos aspectos quali-quantitativos do curso hídricos com o uso e ocupação das imediações do terreno. Este, por sua vez, detém relevante poder no âmbito das tomadas de decisões e estruturação de planos e programas de gestão que visam a manutenção dos recursos naturais.

Em relação aos recursos hídricos, o uso e ocupação de forma desordenada vêm apresentando relação inversamente proporcional com a manutenção de sua qualidade, pois na falta de saneamento, como coleta, tratamento e disposição final de resíduos, muitas vezes a

qualidade decai e influencia na aptidão para os mais variados usos, por exemplo, a inviabilidade para práticas de lazer ou para fins potáveis da população.

Diante disto, a importância da utilização de SIG's na análise do uso e ocupação do solo atrela-se ao fato vislumbrar alternativas que possam minimizar a degradação dos recursos naturais frente às atividades potencialmente impactantes, que de forma direta ou indireta alteram a dinâmica dos recursos hídricos. As atividades neste contexto podem ser: a preparação do solo para cultivo em áreas de preservação, e consequente exposição, erosão e conflito por seu uso, desmatamento e uso e ocupação urbana, (CANDIDO, 2008).

Além do uso e ocupação os elementos que também podem ser elencados na utilização de SIG's são os índices físicos da bacia de modo que servirão de medidas norteadoras na proposição de medidas mitigadoras ou em planos de gestão de bacia.

Dentre os índices que se utilizam, a densidade de drenagem, o fator e a forma da bacia são alguns exemplos que podem ser determinados para a gestão de bacias hidrográficas.

Quanto à densidade de drenagem, Cardoso (2006), indica quão desenvolvida é a bacia em termos de drenagem e o que influencia na velocidade com que a água vem a sair da mesma. Indica desta forma a eficiência de drenagem exposta pela mesma.

Em relação à forma, de acordo com Júnior (2012) "quanto mais próximo de 1, mais compacta ou circular será a bacia, portanto com maior tendência de enchentes". Esta maior susceptibilidade a eventos de enchentes de bacias com formato próximo a circular, segundo Porto et al. (1999), está relacionada ao escoamento superficial que tende a convergir ao mesmo tempo para um trecho pequeno do canal principal.

Para o fator de forma, bacias que apresentam um valor baixo, mediante Villela & Mattos (1975), tendem a apresentar menor susceptibilidade a eventos de enchentes quando comparadas a outras, no entanto, com fatores de forma maiores.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Ji-Paraná encontra-se no leste rondoniense e tem uma população e densidade demográfica de 116.610 habitantes e 16,91hab.$(km^2)^{-1}$, respectivamente, segundo censo demográfico do IBGE (2010).

Seu clima pela a classificação de Koppen é do tipo Equatorial Aw (Tropical de Monção), quente úmido, com uma pluviosidade em torno de 2.000mm/ano e estiagem que se

estende por volta de 3 meses durante o ano, o que influencia na média anual de temperatura entre 24 e 26°C. O período chuvoso está compreendido entre os meses de outubro e abril, e a estiagem entre junho e agosto, com período transicional em maio e setembro, (SEDAM, 2010).

O solo predominante na cidade de Ji-Paraná é do tipo Argissolo vermelho-amarelo (IBGE, 2006), apresentando susceptibilidade a eventos de erosão e necessidade de práticas de conservação, mesmo em relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2010).

A microbacia do igarapé Riachuelo, objeto deste estudo, está disposta em sua totalidade no perímetro urbano de Ji-Paraná e está localizada no segundo distrito da cidade, entre as coordenadas 10° 54’ 20” S e 61°56’ 40” O (FIGURA 2).

O curso d'água estudado tem sua nascente entre as ruas Rodrigues Alves, Café Filho, Sena Madureira e Basiléia no bairro São Pedro passando pelos bairros Riachuelo e Primavera, desaguando, por fim, na Lagoa do Parque Ecológico Lagoa dos Buritis (LEI MUNCIPAL nº 1.179 de 26 de julho de 2002).

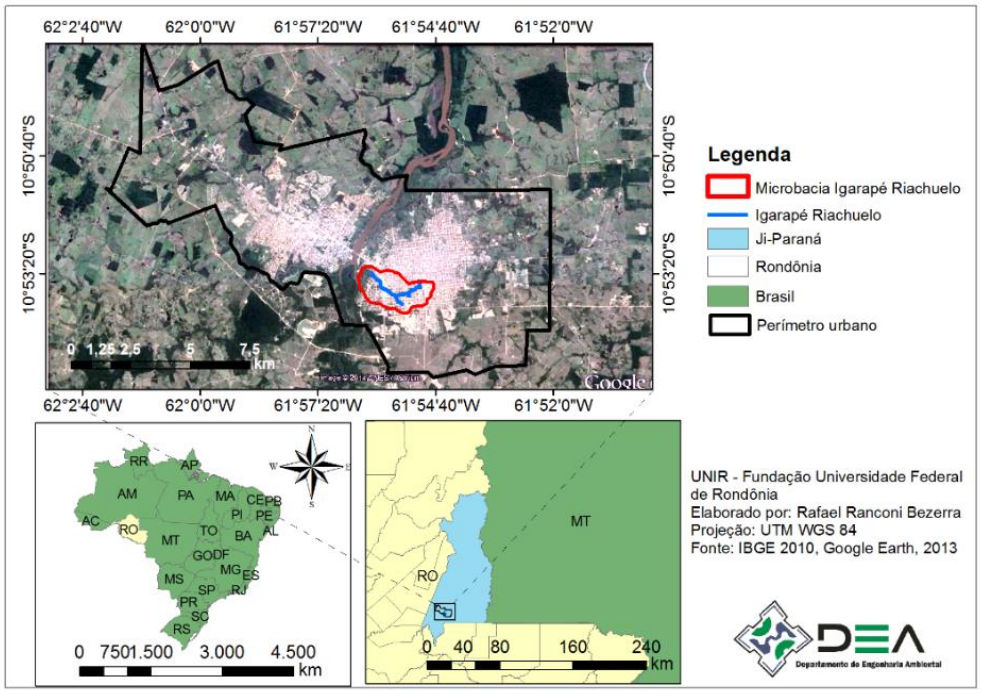

Figura 2 – Localização da microbacia do igarapé Riachuelo, Ji-Paraná, RO.

3.2 PONTOS DE MONITORAMENTO

Os pontos amostrais para análise das variáveis foram determinados por amostragem simples aleatória, em que as ruas foram transcritas e posteriormente sorteadas. Entretanto, a

nascente e o exutório foram definidos previamente, neste caso, não participaram do sorteio. Os mesmos estão apresentados na Figura 3.

Os eventos de amostragem realizaram-se mensalmente de modo a tentar visualizar o comportamento sazonal das variáveis quali-quantitativas da água, assim como os processos intervenientes na organização da área de estudo ao longo de um ano hidrológico. As datas das campanhas estão descritas na Tabela 2.

.

Tabela 2 – Datas das campanhas para obtenção de dados relativos ao uso e ocupação e coletas de amostras de água.

Período sazonal	Data da campanha						
Chuvoso	25/out	26/nov	18/dez	15/jan	17/fev	03/mar	15/abr
Transição	29/mai						
Estiagem	26/jun	21/ago					

Para fins de espacialização, os pontos de monitoramento juntamente com suas coordenadas de localização estão representados na Figura 3.

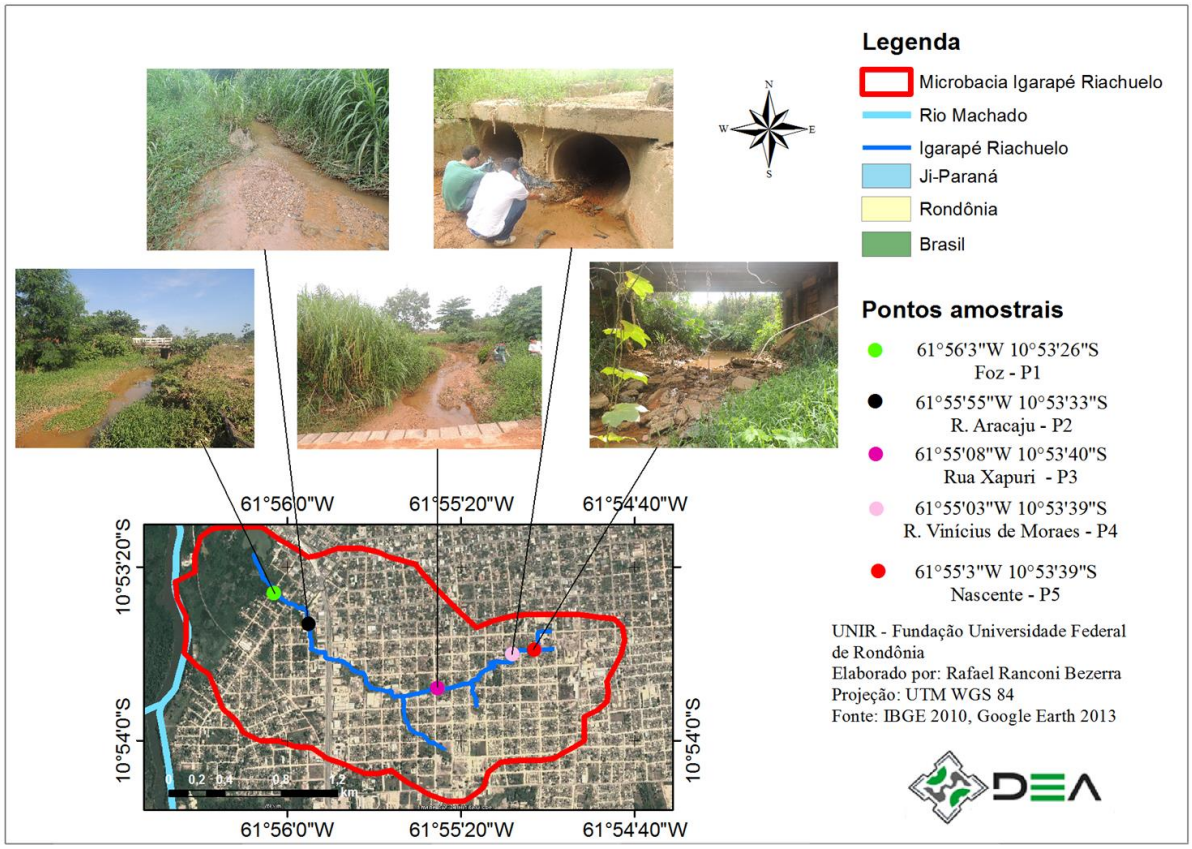

Figura 3 – Localização dos pontos amostrais na microbacia do igarapé Riachuelo, Ji-Paraná/RO.

3.3 GEOPROCESSAMENTO

3.3.1 Uso e ocupação

Os dados de uso e ocupação e índices fisiográficos relacionados à microbacia, decorreram do Processamento Digital de Imagens (PDI) em ambiente computacional. Este mesmo PDI decorreu da utilização do software SPRING versão 5.1.8, com arquivos vetoriais, linhas, pontos ou polígonos, por exemplo, hidrografia e malha viária, conjuntamente com imagens de satélite.

As imagens de satélites espaciais, utilizadas neste estudo, foram adquiridas no sítio do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), sendo as mesmas do satélite ResourceSat-1 com resolução espacial de 23,5m e de sensor LISS III (*Linear Imaging Self-Scanner*) bandas 3, 4 e 5 do dia 26 de julho de 2013. Sua órbita e ponto de imageamento são 314 e 84, respectivamente.

Além do PDI fez-se uso do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) para otimizar a interpretação das imagens geradas. Ponzoni (2007) associa este índice a parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, como biomassa e índice de área foliar. Além do que Freire e Pacheco (2005) afirmam ser uma técnica bastante importante utilizada para melhor visualizar os alvos no que diz respeito à variação da vegetação.

Ressalta-se que a técnica de NDVI utiliza através de um modelo matemático as bandas espaciais que ressaltam a biomassa vegetal, por sua vez sendo elas a do vermelho, com comprimento de onda entre 620-670nm, e a do infravermelho próximo, com faixa espectral entre 841-876nm, (CAMARA et al., 1996). Rouse et al. (1974) propuseram o seguinte arranjo para o cálculo do índice.

$$NDVI = \frac{\rho\mathrm{RED} - \rho\mathrm{NIR}}{(\rho\mathrm{RED} + \rho\mathrm{NIR})} \quad (1)$$

NIR = Infravermelho Próximo
RED = Vermelho

Após o PDI utilizou-se como base as classes de nível I elencadas no Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013), sendo as mesmas *Água*, *Área Antropizada* e *Vegetação Natural*, para elaboração de mapas temáticos da área em estudo. O nível I tem por objetivo

indicar as principais categorias ou classes de cobertura da superfície da Terra que podem ser discriminadas a partir da interpretação direta dos dados dos sensores remotos.

Entretanto, incluiu-se na classe *Área Antropizada* as classes *Áreas Antrópicas Não Agrícolas* e *Áreas Antrópicas Agrícolas* devido à resolução espacial do sensor do satélite ser de média a baixa resolução, o que consequentemente demanda de visitas a campo para validação.

Para a delimitação das APPs no software SPRING 5.1.8 utilizou-se como referência a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, comumente conhecida como Código Florestal. As faixas marginais utilizadas neste estudo foram de 30 metros, sendo que em toda a sua extensão registrou-se largura superior a 10 metros.

3.3.2 Análise morfométrica

A caracterização d a microbacia foi realizada mediante o levantamento topográfico e processamento digital das imagens de radar do modelo digital de terreno SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) o qual dispõe de uma resolução espacial de 90 metros. As mesmas são as folhas SC-20-Z-A e SC-20-Z-C e Datum WGS84, obtidas gratuitamente no site da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

Com o uso do software SPRING versão 5.1.8 foi possível a determinação de vários fatores físicos, dentre eles a densidade de drenagem, coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de sinuosidade, tempo de concentração, ordem da bacia, comprimento axial do rio principal e o comprimento total dos cursos d'água da microbacia. Além da determinação destas características físicas, em tal programa foram elaborados todos os mapas necessários.

As variáveis que foram utilizadas para a determinação dos aspectos físicos da microbacia e posterior análise foram divididas em: Sistema de drenagem, Forma da bacia e Relevo da bacia. Além destes, utilizou-se o modelo proposto por Picking como modelo hidrológico.

3.3.2.1 Sistema de drenagem

Densidade de drenagem (Dd): É a relação entre o comprimento dos cursos d'água (∑Li) da bacia e a sua área (A), proposta por Villela e Mattos (1975), onde este índice varia de 0,5 para bacias com drenagem pobre a 3,5 ou mais para bacias excepcionalmente bem drenadas.

$$Dd = \frac{\sum \text{Li}}{\text{A}} \quad (2)$$

sendo Dd expresso em (km/km^2), Li em (km) e A em (km^2).

3.3.2.2 Forma da bacia e do curso d'água

Coeficiente de compacidade (Kc): Encontra-se pela relação entre o perímetro da bacia (P) e o comprimento da circunferência de um círculo de igual área (A) da bacia e raio (r).

$$Kc = \frac{P}{2\pi r} \quad (3)$$

em que o perímetro (P) e o raio (r) são expressos em (km) e o coeficiente de compacidade (Kc) adimensional.

Fator de forma (Kf): É a razão da largura média da bacia (B) e o comprimento axial (L) de tal, mensurado ao longo do canal principal.

$$Kf = \frac{B}{L} \quad (4)$$

Ambos em (km) e o fator de forma sendo adimensional.

Os índices acima foram analisados simultaneamente de modo a verificar sua relação com o curso d'água principal. A Figura 4 ilustra o formato que as bacias hidrográficas tendem a apresentar de acordo com os índices determinados.

	FF	KC
	0,79	1.00
	1.00	1.12
	0.25	1.40
	4.00	1.40

Figura 4 – Relação índice/formato das bacias hidrográficas.
Fonte: Porto et al. (1999).

Índice de sinuosidade (Si): Dado parâmetro está relacionado com a razão entra o comprimento do rio (Lrio) pelo comprimento vetorial (Lvetorial).

$$Si = \frac{Lrio}{Lvet} \tag{5}$$

sendo o comprimento do rio e vetorial com dimensão em (km) e o índice de sinuosidade adimensional.

3.3.2.3 Relevo da bacia

Declividade do curso d'água principal (S1): De acordo com Santos (2001) a declividade do rio principal é muito utilizada em estudos hidrológicos e pode ser calculada pela curva S1, representada pela declividade entre o exutório e a nascente.

$$S1 = \frac{\Delta H}{L} \tag{6}$$

em que: é diferença de cota entre a nascente mais distante e o exutório (m) e L o comprimento do talvegue principal (m).

3.3.2.4 Modelo hidrológico

Tempo de concentração (Tc): É a relação entre o comprimento do curso d'água, em km, e a declividade equivalente (Ieq) expressa em m/m. Dado tempo de concentração foi calculado de acordo com a proposição de Villela e Mattos (1975).

$$Tc = 5{,}3\left(\frac{L^2}{Ieq}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (7)$$

em que o Tc será dado em minutos.

Ordem da bacia: Classificação do rio principal em função do grau de ramificação ou bifurcação na bacia e pode ser classificado seguindo alguns requisitos determinados por Horton (1945) ou Strahler (1957). No presente estudo foi utilizada a metodologia proposta por Horton (1945) que considera canais de ordem 1 todos os que não apresentam contribuintes, ou seja, aqueles que que são cabeceiras de drenagem.

3.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA

As variáveis físicas e químicas que foram analisadas estão descritas na Tabela 3, juntamente com a metodologia de análise adotada.

Tabela 3 – Metodologia de análise das variáveis para qualidade de água.

Variável	Unidade	Metodologia
Oxigênio Dissolvido	$mg.L^{-1}$	Medido *in loco* por meio de sonda (HOMIS modelo HOD-8403)
pH	-	Determinado *in loco* através de pHmetro ORION modelo 250ª.
Temperatura da água	°C	Foi utilizado termômetro com precisão de ± 0,1ºC e sonda HOMIS modelo HOD-8403.
Nitrato	$mg.L^{-1}$	NBR ABNT 12.620 de setembro de 1992 (Método Fenoldissulfônico)
Fósforo total	$mg.L^{-1}$	NBR ABNT 12.772 de novembro de 1992 (Método Colorimétrico - Método A)

Demanda Bioquímica de Oxigênio – $DBO_{5, 20}$	$mg.L^{-1}$	Para a análise da demanda bioquímica de oxigênio, volumes de amostras foram diluídos em água destilada saturada de oxigênio. Valores de concentração de oxigênio antes e depois de 5 dias de incubação a 20 ± 1°C foram anotados para a determinação do OD residual (APHA, 2005).
Condutividade elétrica	$\mu S.cm^{-1}$	Foi realizada por sonda *in loco* da marca Eugene Oregon Modelo 2052.

Além das variáveis citadas na tabela acima foi realizada a determinação das Unidades Formadoras de Colônias como variável microbiológica. Estas unidades são determinadas em função de um volume conhecido, neste caso 100 mL, tanto para Coliformes totais como para os Coliformes fecais, estes sendo representados pela *Escherichia coli*.

Esta determinação ocorreu por meio do método das membranas filtrantes em meio cromogênico, cujos procedimentos estão explicitados no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, (APHA, 2005).

O meio filtrante utilizado neste estudo foi a membrana quadriculada de acetato de nitrato com porosidade e diâmetros de 0,45 µm 0,44 mm, respectivamente. Após o processo de filtragem, as membranas foram acondicionadas em placas *Petri* de acrílico preenchidas com substrato cromogênico ChromoCult® Coliform Agar de marca *Merk Millipore* e posteriormente armazenadas em estufa bacteriológica por 24 horas numa temperatura de 35±2 °C.

Os materiais utilizados para este procedimento estão representados na Figura 5.

Figura 5 – Vidrarias (A) e membrana (B) utilizados para a técnica de membrana filtrante.

Vale salientar que a metodologia de coleta das amostras assim como o preparo dos recipientes coletores seguiu o que está estabelecido na ABNT NBR 9.898 de 30 junho de 1987 que trata sobre a preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.

Na Figura 6 está ilustrada a forma como procediam as coletas nos pontos amostrais.

Figura 6 – Procedimento de coleta para os P1 (A) e P4 (B) em outubro/13 e agosto/14, respectivamente.

3.5 TRATAMENTO DOS DADOS

Neste estudo o método estatístico utilizado para analisar se a existência de diferença significativa entre médias pareadas dos pontos amostrais foi o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, com um nível de significância de 5%. Neste método adotou-se a hipótese nula de que todas as populações não possuíam diferença significativa, ou seja, apresentavam distribuição igual, ao passo que a hipótese alternativa adotada relacionou-se ao fato de que pelo menos duas das populações envolvidas viessem a apresentar distribuição distinta. Para tal, os dados coletados foram manipulados no Action versão 2.7 do Microsoft Office.

As análises de consistência dos dados foram realizadas estritamente pelo método não-paramétrico citado, mas para efeito de comparação de resultados entre trabalhos fez-se uso da estatística descritiva. Vale ressaltar que em função do quantitativo reduzido de amostras esta técnica serviu de base apenas para comparativo e possível inferência de similaridade entre os trabalhos.

3.6 ANÁLISE VISUAL DO ENTORNO

De modo a levantar informações sobre as condições espaciais de cada ponto de monitoramento, com relação a aspectos como resíduos no entorno e no curso d'água, dados climáticos, aspectos organolépticos da água, dados de uso e ocupação em nível de detalhe e formas pontuais de lançamento de efluentes.

A cada coleta foram realizadas observações em conjunto com recursos digitais, como câmera digital, e, após cada registro, anotavam-se todas as informações em blocos de notas para posteriormente armazená-las em planilhas eletrônicas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ASPECTOS GERAIS DOS PONTOS DE MONITORAMENTO

Dentre os aspectos que puderam ser elencados nos pontos de monitoramento, foi observada forte interferência humana nas características naturais. Dentre os cinco pontos estudados, todos apresentavam resíduos em suas margens, ora de construção civil ora resíduos domésticos, como garrafas PET ou sacos plásticos, quando não dentro do mesmo.

Efluentes líquidos escoando superficialmente pelas vias públicas também foram constatados nos pontos, no entanto, nos mesmos as coletas realizaram-se a montante do cruzamento da via sobre o curso d'água, exceto para o ponto de monitoramento P2, no qual por questão de inviabilidade não foi possível fixar ponto a montante do cruzamento.

Além de aspectos visuais como os mencionados, o odor se mostrou bastante característico, principalmente em períodos prolongados entre uma precipitação e outra, neste caso no período transicional e de estiagem para a região. Dentre os pontos de monitoramento, o odor apresentou-se mais característico no P1, sendo seguido pelo P4.

Em termos espaciais, verificou-se que o tipo de vegetação que predominou nas imediações dos pontos foram as gramíneas e alguns remanescentes de vegetação arbustiva, sendo que a vegetação de maior porte se concentrou nos pontos P4 e P5.

4.2 USO E OCUPAÇÃO DA MICROBACIA

Em termos de uso e ocupação, tem-se a Figura 7 que representa a classificação obtida pelo PDI das imagens adquiridas do site do INPE.

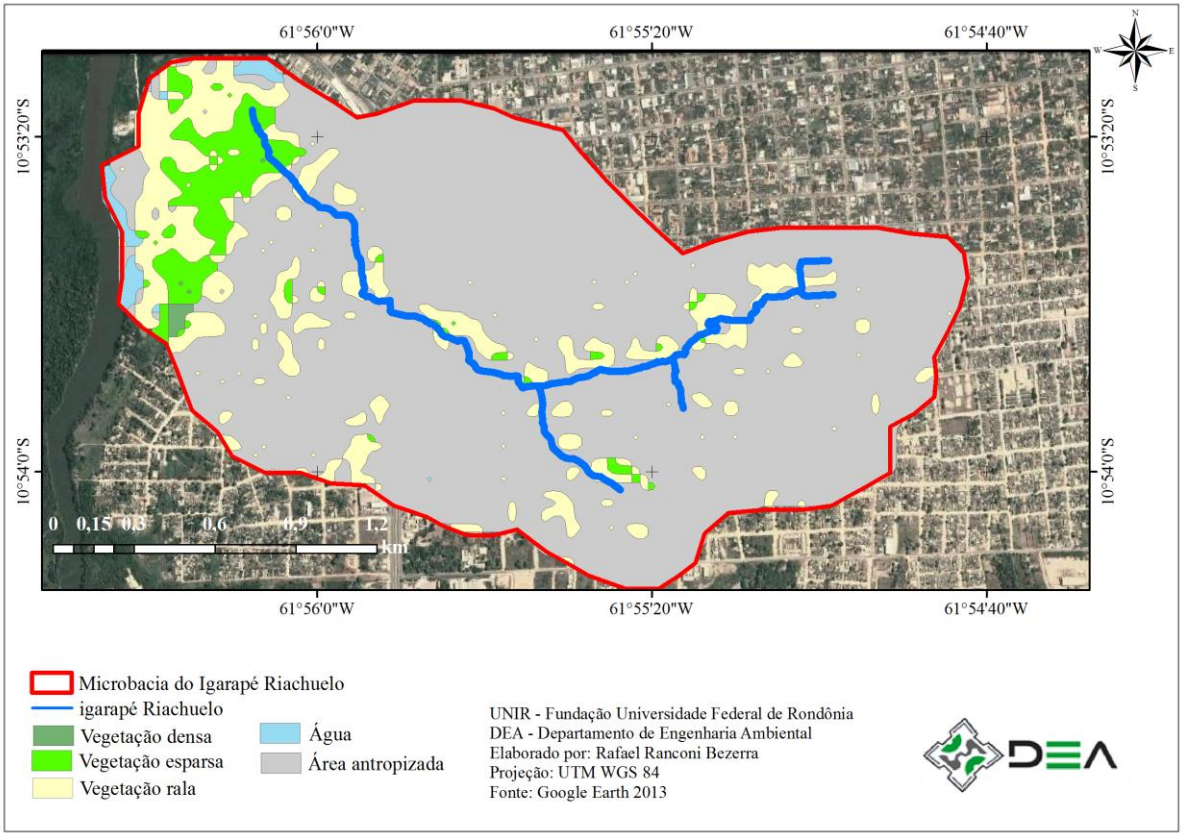

Figura 7 - Resultado do PDI das imagens de satélite para as classes temáticas utilizadas para a microbacia do igarapé Riachuelo.

Na microbacia do igarapé Riachuelo constatou-se o predomínio de áreas antropizadas em relação às áreas de vegetação. Este comportamento proporciona a mudança acelerada da temperatura da região, visto que a radiação solar não é absorvida pela vegetação, e tende a ser refletida com maior ocorrência, por exemplo, por pavimentos asfálticos.

Por esta situação, a manutenção da temperatura tende a ser reduzida, visto que Barbosa (2005) em seu estudo constatou que as áreas verdes exercem influência na variação térmica da área central e áreas verdes na cidade de Maceió-AL. Desta forma, na área de estudo há maior propensão de se obter elevadas temperaturas em função da relação de área verde e área antropizada.

Em termos de recursos hídricos, a disponibilidade de áreas verdes apresenta influência direta na qualidade e quantidade da água de mananciais superficiais e subterrâneos principalmente em ambientes urbanos, visto que atua como barreira física de elementos poluentes oriundos do escoamento superficial, além de ser fator preponderante no reabastecimento de aquíferos subterrâneos. Desta forma, trata-se de um sistema devidamente interligado e demanda de um modelo de gestão que vise tanto a gestão territorial, assim como

a gestão dos recursos hídricos, pois, Santos, K. (2013), aborda que “os desequilíbrios e conflitos na bacia são gerados por incompatibilidade entre a localização das atividades com relação ao meio social em que se insere e a capacidade de suporte do meio natural”.

Em análise da classificação obtida pelo PDI, chega-se à consideração de que o corpo hídrico está devidamente susceptível às interferências do tipo antrópica, visto que a dimensão de área antropizada sobrepõe-se consideravelmente em relação às outras.

Em relação ao que foi mencionado têm-se as Figuras 8 e 9 que exemplificam o uso e ocupação ao longo dos pontos de monitoramento.

Figura 8 – Disposição de resíduos sólidos urbanos no igarapé Riachuelo e em suas imediações em 21/08/2014.

Figura 9 – Resíduos sólidos urbanos no P4, Ji-Paraná/RO, 21/08/2014.

Toda esta problemática de aspectos ambientais que detém o potencial de poluição degradação dos recursos hídricos poderia ser minimizada com uma política de educação ambiental nas escolas, associações, órgãos públicos e privados, haja vista que ao passo que se tenha mais acesso ao conhecimento de que toda atividade apresenta influência direta e indireta no próprio contexto social a qualidade ambiental e social tendem a se manter para presente e futura população.

Implantação de projetos ambientais como a coleta seletiva, seja para compostagem, reciclagem e reutilização de resíduos são alternativas advindas de uma maior consciência e que possibilitam a melhora do ambiente, pois não proporcionam o despejo de resíduos e evitam o contato do produto da decomposição com os corpos superficiais e subsuperficiais, solo e ar.

Uma vez que a largura máxima do curso hídrico não ultrapassa 10 metros, de acordo com a Lei Federal 12.651 de 25 de maio de 2012 a faixa mínima deveria ser de 30 metros para área não consolidada ou de 15 metros caso contrário. Entretanto, na análise do entorno ao longo das idas a campo, pôde-se constatar a inexistência de faixas verdes marginais em boa extensão do curso d'água.

Na Figura 10 estão representados os principais usos da APP do igarapé Riachuelo.

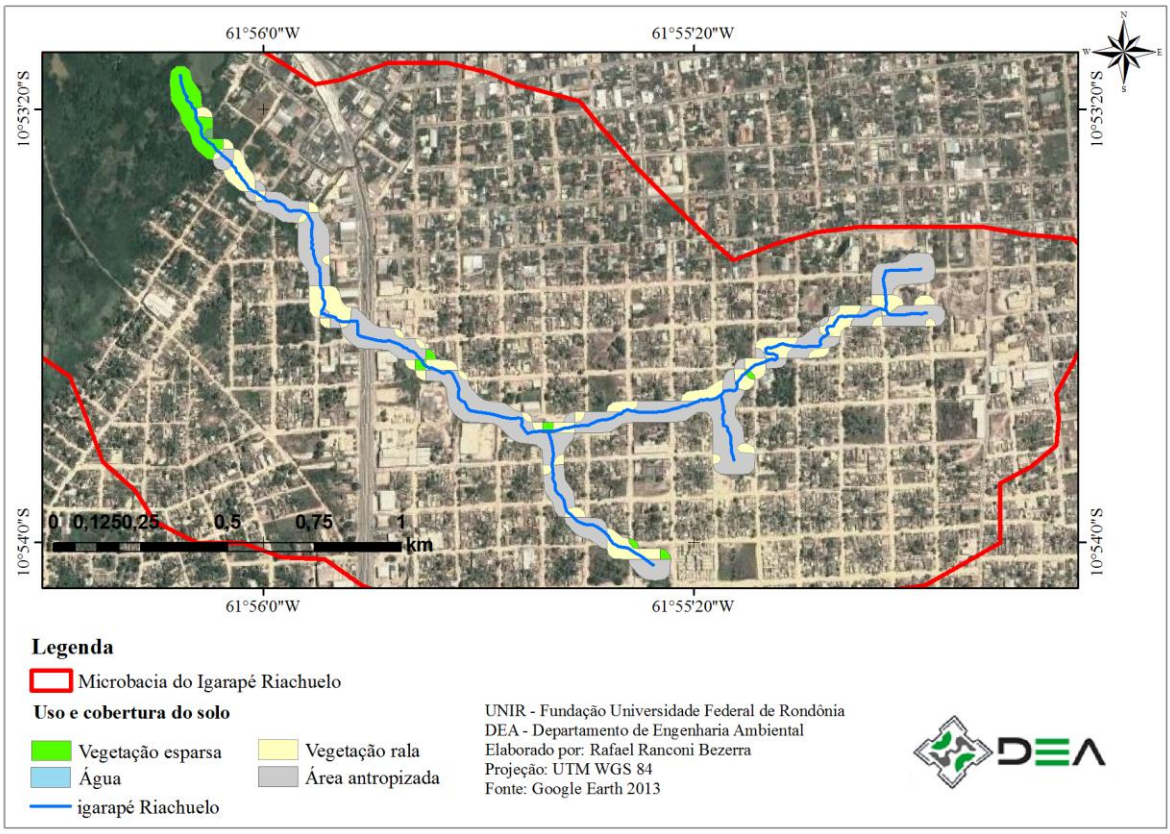

Figura 10 - Uso da APP do igarapé Riachuelo.

Além do fato de proporcionar a alteração acelerada da temperatura do ar, como mencionado, a inexistência de vegetação ciliar pode resultar num maior aporte de material particulado na calha do corpo hídrico tendo como consequência, Souza et al. (2013) relatam que a inconstância da vazão do curso hídrico, maior aporte de sedimentos na calha do mesmo, a não dissipação de energia da água de precipitação e menos áreas verdes para refúgio e fonte de alimentos à fauna, além de favorecer a eutrofização do mesmo. Para Pinto-Coelho et al. (2005), "é uma das modificações induzidas pelo homem mais importante que afetam sistemas aquáticos na biosfera".

Levando em consideração os valores obtidos de uso e ocupação da APP e estabelecendo associação com os dados da microbacia foi possível chegar à Tabela 4.

Tabela 4 - Uso e ocupação na microbacia e APP do igarapé Riachuelo.

	Uso e ocupação da microbacia		**Uso e ocupação da APP**	
	km²	**%**	**km²**	**%**
Água	0	0	0,04	1,02

Área antropizada	0,17	65,24	3,05	80,44
Vegetação esparsa	0,02	7,87	0,18	4,76
Vegetação densa	0	0,19	0,01	0,21
Vegetação rala	0,07	26,70	0,52	13,57
TOTAL	0,26	100,00	3,80	100,00

Nela percebe-se que há ainda um remanescente de vegetação em torno do igarapé, visto que dos 0,26km² aproximadamente 65,24% são ocupados pela classe "Área antropizada". Valores semelhantes foram encontrados por Souza et al. (2013) e Nascimento et al. (2005)**,** 62,1% e 78,46%, respectivamente, de áreas dentro das APPs que apresentavam interferência antrópica. Valle Junior et al**.** (2011) encontraram 292,07ha necessários a preservação na microbacia do córrego Jataí, sendo que apenas 102,07ha encontravam-se preservados, uma representatividade em termos de APP de aproximadamente 35%.

Apesar de não estar elencado na classe específica, o solo exposto está inserido na classe supracitada, visto que tudo o que não foi considerado como vegetação e água foi considerado como "área antropizada".

Mesmo procedimento foi realizado para a microbacia o qual também consta na Tabela 4. Ao passo que a escala diminui, a proporção de área antropizada frente à classe vegetação sofre um salto considerável. Nas APPs o percentual obtido pelo PDI perfez um total de pouco mais de 34%, entretanto, em termo de bacia, este caiu para, aproximadamente, 19%.

Isto pode ser um indicativo de decaimento da qualidade ambiental da microbacia, e que para medida de contorno demandam, conforme Batista et al. (2013) de decisões que viabilizem sua sustentabilidade geossistêmica, frente aos seus usos, como atividades agrícolas, retificação de canais fluviais e construção de estradas.

Outra assertiva a ser elencada é quanto à política ambiental que o governo municipal pode estar empregando, haja vista que por apresentar baixo percentual de áreas verdes implique num investimento reduzido de verbas públicas em projetos de arborização, assim como na estruturação de órgãos responsáveis pela temática ambiental.

Em relação aos principais resíduos que puderam ser constatados na bacia, tem-se que resíduos de construção civil e resíduos sólidos urbanos foram os que apresentaram parcela significativa de recorrência. Os resíduos de construção foram representados, principalmente,

por tijolos e concreto, oriundos de demolição, e os resíduos sólidos urbanos por sacos, plásticos, caixas de papelão, panfletos de mercados, garrafas PET e de agrotóxicos.

Na Figura 11 estão alguns exemplos de recorrência dos tipos de resíduos citados.

Figura 11 – Resíduos sólidos registrados nos pontos de monitoramento no igarapé Riachuelo, Ji-Paraná.

Quanto aos resíduos sólidos domiciliares, há registros de sua inadequada disposição na Figura 12.

Figura 12 – Principais resíduos sólidos registrados nos pontos de monitoramento no igarapé Riachuelo, Ji-Paraná.

Entre os que podem ser notados na figura acima, o que mais chamou atenção foi o recipiente de defensivo químico, em destaque. Isto reflete certa deficiência em regular o

lançamento desse tipo de recipiente no ambiente, visto que a Lei n° 9.974, de 6 de junho de 2000, que descreve as formas de rotulagem, armazenamento, destino final dos resíduos e embalagens de agrotóxicos, dentre outros, atua juntamente com a Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, Política Nacional dos Resíduos Sólidos, nas quais citam que as embalagens de agrotóxicos devem apresentar destinação adequada, assim como ter um sistema de logística reversa implementado de modo a assegurar a qualidade ambiental dos recursos naturais.

Estes compostos, como mencionado, podem interferir na qualidade ambiental e em relação às variáveis que foram tratadas nesta pesquisa podem interferir na concentração, por exemplo, do nitrato. Silva & Araújo (2003), citam que elevadas concentrações deste elemento são oriundos do despejo inapropriado de efluentes humanos ou industriais, ou ainda o uso de fertilizantes nitrogenados na agricultura.

Colleti et al. (2010) encontraram deterioração, pelo cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA), na qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio das Pedras inserida na bacia do rio Mogi-Guaçu, devido ao uso do solo predominantemente por atividades agrícolas.

Quando comparam-se as concentrações dos elementos químicos, como o nitrato (NO_3^-) e o fósforo total (PO_4^{3-}), com os registros fotográficos, tem-se que os elevados valores eram esperados, e que sua quantificação para fins comparativos, tanto com textos normativos quanto por produções cientificas, vem ratificar quão necessária é a implantação de políticas públicas que versem sobre a temática ambiental, haja vista que assegurar um ambiente natural equilibrado tem reflexos diretos na manutenção da qualidade de vida da população.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DA MICROBACIA

Em relação às características morfométricas, a microbacia em análise dispõe de uma área de aproximadamente 3,762km², largura média de 1,24km e um perímetro de 8,55km. As demais variáveis morfométricas estão elencadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Índices morfométricos da microbacia do igarapé Riachuelo, Ji-Paraná/RO

Índices morfométricos	Valor encontrado	Índices morfométricos	Valor encontrado
Comprimento do rio	3,13km	Coeficiente compacidade	1,24
Altitude máxima do rio	174m	Densidade de drenagem	1,06km/km²
Altitude mínima do rio	138m	Fator de forma	0,34

Altitude Máxima da bacia	183m	Índice de sinuosidade	1,44
Altitude mínima da bacia	138m	Tempo de concentração	50,24min
Diferença de nível do rio	36m	Ordem da bacia	2
Diferença de nível da bacia	45m	Declividade equivalente	0,0115m/m

4.3.1 Coeficiente de compacidade

Ao tomar o coeficiente de compacidade como ponto de partida, pode-se perceber que está ligeiramente acima da unidade, ao dispor de 1,24 de magnitude. Apresentando este valor, a microbacia tende a não apresentar eventos de enchentes recorrentes e apresentar uma forma levemente alongada de acordo com Cardoso (2006).

4.3.2 Fator de Forma

Ao dispor de um fator de forma consideravelmente baixo (0,34), além inferir a baixa susceptibilidade a eventos de cheias, o mesmo ratifica o fato de a mesma expor uma forma alongada. Cardoso (2006) abordam que “em bacias com forma circular, há maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda a sua extensão, concentrando grande volume de água no tributário principal". Santos, E. et al. (2013) ratificaram este conceito quando estudaram a microbacia do córrego Tamanduá que apresentou um formato retangular e com baixa susceptibilidade a eventos de enchentes.

Ao associar a dispersão de poluentes e o uso e ocupação pode-se inferir que, expondo um caráter alongado o aporte de poluentes originários da lixiviação do solo e lavagem de vias impermeabilizadas, por exemplo, tende a ser minimizado, haja vista que a decresce a chance de ocorrência de eventos de precipitação simultâneos na bacia, consequentemente menor carga a ser aportada no curso d’água.

4.3.3 Densidade de drenagem

Quanto a densidade de drenagem, a microbacia do igarapé Riachuelo apresentou 1,06km/km², o que leva a caracterizá-la de média a baixa densidade.

Diante disto, planos de manejo que priorizem área de entorno do curso d'água devem dispor de uma atenção maior, visto que ao apresentar ocupação em suas margens os impactos negativos às populações podem ser maximizados.

4.3.4 Índice de sinuosidade e Declividade

O índice de sinuosidade encontrado para o Riachuelo foi de 1,44, indicando que o mesmo encontra-se numa transição entre o formato tortuoso e o retilíneo. De acordo com Veiga (2013) "valores próximos a 1 indicam elevado controle estrutural ou alta energia e valores acima de 2 indicam baixa energia, sendo os valores intermediários relativos a formas transicionais entre canais retilíneos e meandrantes".

Stipp et al. (2010) encontraram o índice de sinuosidade de 2,18 para rio Taquara no município de Londrina/PR e citaram que ao dispor desta característica natural de acumular sedimentos o mesmo pode ter sua situação agravada pela ação antrópica.

O recobrimento vegetal, por sua vez, é o principal regulador desta dinâmica em corpos hídricos, no entanto as principais atividades antrópicas, como a agricultura e a pecuária, impulsionam ainda mais sua retirada, e ao passo que estas atividades são realizadas, soma-se ao processo natural a influência destas no carreamento de material particulado oriundos, principalmente, do escoamento superficial.

A declividade do igarapé Riachuelo, 0,0115m/m, ao ser relacionada com o índice de sinuosidade, permite inferir que há uma certa capacidade de arraste de material e de acordo visto que condiciona a velocidade do escoamento superficial da mesma, além da dinâmica dos processos erosivos.

A Figura 13 ilustra como a declividade tem exercido influência na dinâmica dos processos erosivos na microbacia.

Figura 13 – Influência da declividade na dinâmica dos processos erosivos na Nascente (P5) nos meses de julho/2014 e outubro/2014.

4.3.5 Tempo de concentração

Tomando como base o tempo de concentração com a declividade, pôde-se notar que ambos estão relacionados de maneira inversamente proporcionais, visto que dispõe de uma declividade consideravelmente elevada, 0,0115 m/m, ao passo que o tempo gasto para ocorrer no exutório reflexo de um evento de precipitação no ponto mais distante do mesmo foi de 50,24 minutos.

Em relação ao tempo de concentração sua determinação se faz de grande importância, uma vez que no dimensionamento de obras hidráulicas demandam de tal conhecimento. Segundo Araújo et al. (2011) “para a determinação mais segura da vazão de projeto é fundamental o conhecimento das características físicas da bacia e o tempo de concentração da mesma”.

Conhecendo estes índices transtornos sociais da população que reside em área de influência direta tendem a decair, conjuntamente com impactos ambientais, como o arraste de material das margens desnudas e consequentemente assoreamento, por exemplo.

Os valores de declividade média e tempo de concentração aqui encontrado são similares ao que Dias (2011) também encontrou de 15,33m/km e de 47,57 minutos, respectivamente.

4.3.6 Ordem da bacia

O igarapé Riachuelo foi classificado como de segunda ordem. Disto tira-se que a o grau de ramificação da drenagem é pouco acentuado e que mesma pode não apresentar eficiência na drenagem dos eventos pluviométricos, assim como a bacia hidrográfica do rio

Debossan em Nova Friburgo/RJ, que mesmo apresentando nível de ramificação de terceira ordem, apresenta pouca ramificação para a grande área que possui (CARDOSO et al., 2006).

4.4 QUALIDADE DA ÁGUA (VARIÁVEIS)

As variáveis que foram utilizadas neste estudo estão elencadas na Tabela 6. Nessa tabela encontram-se as médias e os desvios padrões entre os meses de outubro/13 e agosto/14.

Tabela 6 – Valores de médias e desvios padrões obtidos para cada ponto de monitoramento.

		P1	P2	P3	P4	P5
	Unidade	MÉDIA ± DESVIO PADRÃO				
pH	-	6,58 ± 0,49	6,79 ± 0,45	6,56 ± 0,33	6,38 ± 0,26	6,30 ± 0,3
Nitrato	$mg.L^{-1}$	6,15± 1,65	6,46 ± 1,34	6,93 ± 2,55	4,31 ± 1,66	4,12 ± 1,22
Fósforo total	$mg.L^{-1}$	0,2 ± 0,12	0,25 ± 0,21	0,24 ± 0,24	0,19 ± 0,14	0,15 ± 0,18
OD	$mg.L^{-1}$	6,19 ± 1	6,73 ± 1,01	6,49 ± 0,98	4,61 ± 0,54	4,53 ± 0,61
DBO	$mg.L^{-1}$	63,53 ± 20,99	47,49 ± 30, 39	53,94 ± 22,24	59,86 ± 19,62	44,68 ± 17,68
CE	$\mu S.cm^{-1}$	260,87 ± 48,6	291,7 ± 54,41	255,1 ± 39,54	317,9 ± 57,69	346,2 ± 50,36
Temperatura	°C	26,27 ± 1,12	27,25 ± 1,72	28,37 ± 1,09	27,88 ± 0,84	28,06 ± 0,81
Coliformes totais	UFC/100mL	501444,44 ± 416735,56	272666,66 ± 194392	299777,77 ± 226976,74	321888,88 ± 325802,64	88444,44 ± 107367,48
E. coli	UFC/100mL	95222,22 ± 85340,17	46444,44 ± 41910,41	45777,77 ± 31736,32	109444,44 ± 194184,9	2733,33 ± 4211,88

Tomando como base primeiramente os valores de pH, pela Tabela 8, percebe-se que esta variável apresentou os menores valores de desvios padrões (DP) em relação à média. Assim como o pH, os valores de DP do Nitrato, OD, CE e temperatura foram baixos, o que permite inferir consistência entres os valores obtidos.

Num âmbito geral, os valores das variáveis se comportaram de modo semelhante uns em relação aos outros, salvo algumas especificidades. Em função dessas s serão trabalhadas em detalhes cada variável em termos de valores associando-as com o uso e ocupação e índices físicos da bacia pertinentes.

4.5 VARIÁVEIS QUÍMICAS

4.5.1 pH

Na Figura 14, tem-se os dados obtidos e trabalhados estatisticamente para o pH para o período amostral de outubro/2013 a agosto/2014.

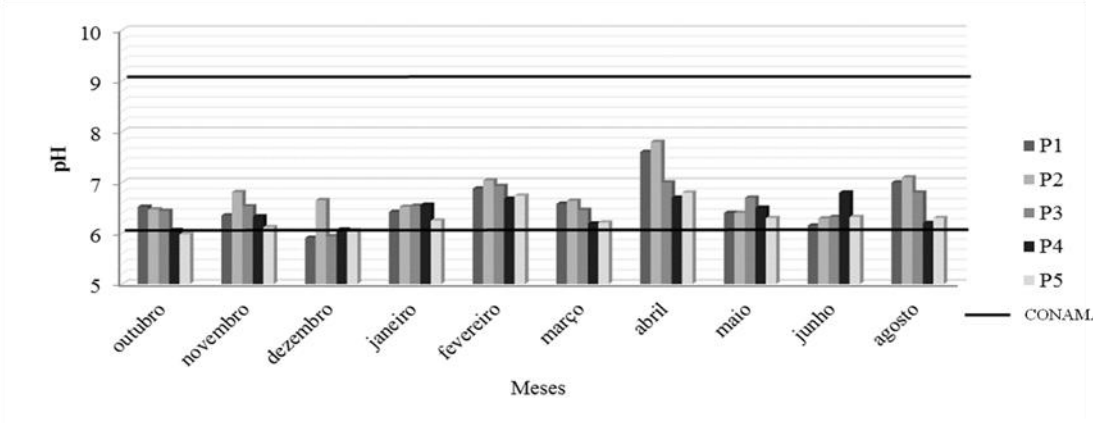

Figura 14 – Faixas de pH entre os limites da Resolução CONAMA 357/2005 nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo entre outubro/13 e agosto/14.

Pode-se verificar valores de pH entre 6 e 9, faixa determinada pela Resolução CONAMA 357 de 17 de 2005, que dispõe sobre os critérios de enquadramento de corpos d'água, entretanto nos pontos P1, P3 e P5, foram obtidos valores abaixo do mínimo estabelecido nos meses de outubro e dezembro de 2013. Pode-se associar estes valores à maior incidência pluviométrica na região, que no contexto do curso d'água podem proporcionar maior aporte de cargas orgânicas, por sua vez influenciado na maior dissolução de ácidos carbônicos.

Sua regulação na faixa estipulada na referida resolução é decisiva, haja vista que de acordo com Esteves (1998) a faixa ideal para a ictiofauna está entre 6 e 9. Valores fora substancialmente estes limites tendem a influenciar na permanência e sobrevivência de espécies, sejam menos ou mais exigentes.

Ainda, pode-se notar que não houve bruscas oscilações ao longo do período amostral, conferindo comportamento constante, exceto para o mês de abril em que ocorreram picos no P1 e no P2.

Estes podem ser reflexos de uma maior dissolução de ácido carbônico por um aporte maior de carga orgânica de efluentes domésticos ou industriais, haja vista que os dois pontos localizam-se em regiões com característica comercial e sofrem influência de todo aporte de carga dos pontos de monitoramento a montante, como efluentes domésticos e dejetos de animais que frequentam as proximidades.

Na Figura 15 tem-se a ilustração dos pontos de monitoramento que em função dos valores obtidos e das condições espaciais foram considerados mais susceptíveis à variação de pH do igarapé Riachuelo.

Figura 15 - Ponto 1 (A) e 2 (B) registrados no dia 21/agosto.

Em detrimento destes valores encontrou-se um p = 0,062 pelo teste de Kruskal-Wallis, que representa a inocorrência de diferença estatística significativa entre os pontos. Ou seja, rejeitou-se a hipótese de que ao menos duas das distribuições dos pontos amostrais diferenciaram-se ao nível de caracteriza-los como distintos entre si.

Na Figura 16 pode-se melhor visualizar como se deu a distribuição dos valores obtidos para cada ponto de monitoramento em termos de pH e que levaram à ocorrência de tal valor p. Os valores variaram dentre 6 e 7,5, ocorrendo apenas valores fora desta faixa no P2.

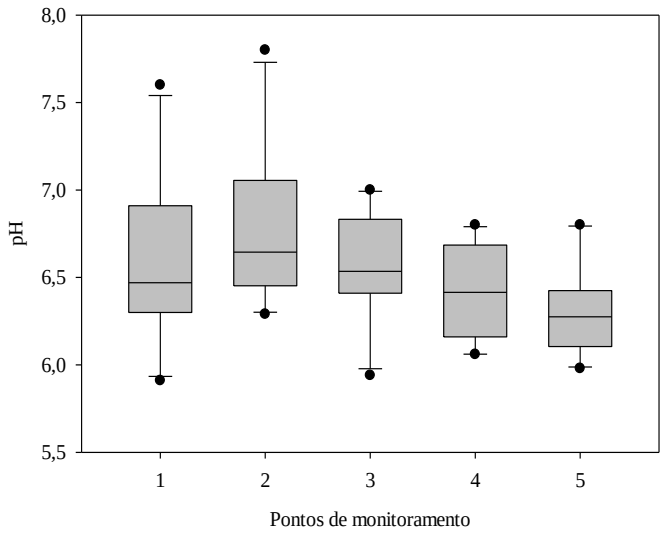

Figura 16 – Box-plot dos valores de pH dos pontos de monitoramento entre outubro/13 e agosto/14 do igarapé Riachuelo, Ji-Paraná/RO.

Os pontos 1 e 2 foram os que apresentaram maior variabilidade, tanto que suas amplitudes foram maiores quando comparadas com os demais pontos. Assim como a

amplitudes os percentis de 75 e 25% geraram blocos maiores quando comparadas com os dos demais pontos.

Levando em consideração a localização dos referidos pontos, esses apresentam característica de área comercial, o que de fato pode proporcionar um maior aporte de resíduos industriais, e desencadear tal oscilação.

4.5.2 Nitrato

Na Figura 17 apresentam-se as concentrações encontradas do Nitrato (NO_3^-), forma de Nitrogênio em seu estágio final de oxidação para cursos hídricos.

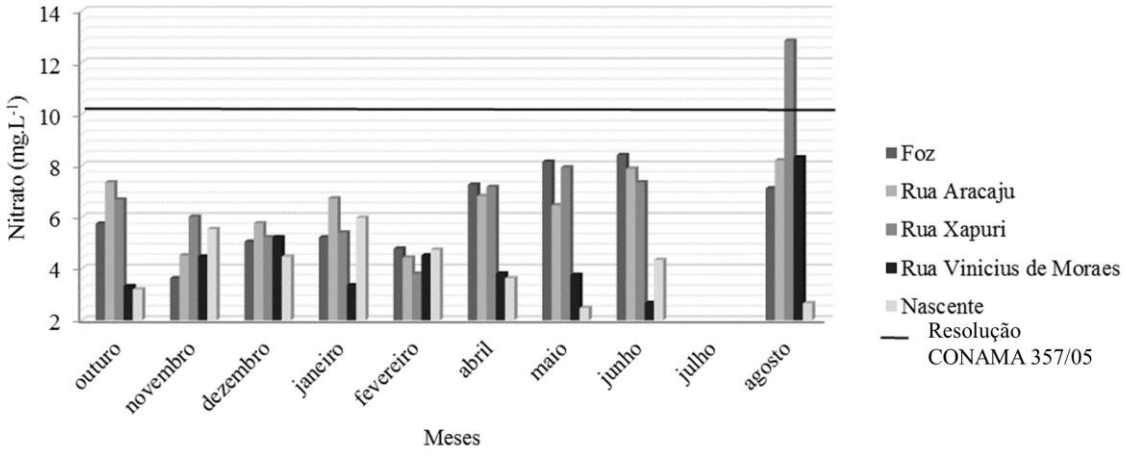

Figura 17 - Faixas de nitrato em relação ao limite da Resolução CONAMA 357/2005 nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo, Ji-Paraná/RO.

Com relação aos valores registrados percebeu-se que boa parte ficou abaixo do estipulado pela referida portaria, com pico mais acentuado somente para o mês de agosto/2014 no P3. Este apresentou uma magnitude de 12,84mg.L^{-1}, consideravelmente acima do que está estabelecido na Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005.

Na Figura 18 tem-se um exemplo que pode corroborar tais concentrações, neste caso sendo a decomposição de animal dentro do curso d'água. O mesmo foi registrado a montante do ponto de monitoramento do P2.

Figura 18 – Animal em decomposição a montante do ponto de monitoramento da Rua Aracaju (P2), em Ji-Paraná, 3 de outubro de 2014.

Entretanto, os valores relativamente elevados de nitrato, como o registrado no P3, também foram encontrados no P5, os quais sugerem um ambiente que recebe carga poluente. Pinto et al. (2012) também encontraram valores elevados em nascente disposta em zona urbanizada e atribuíram a estes o lançamento de efluentes sanitários somados aos despejos de resíduos orgânicos, que podem ter percolado até ao nível freático.

Comparando os pontos amostrais, variação significativa foi registrada entre esses ($p=0,003$). Tal fato pode relacionar-se à existência de zonas de depuração da carga orgânica presente no corpo hídrico.

Utilizou-se o Box-plot para ilustrar a variação dos valores em termos de percentis. Na Figura 19 tem-se as concentrações de nitrato agrupadas de acordos com os percentis de 25 e 75%.

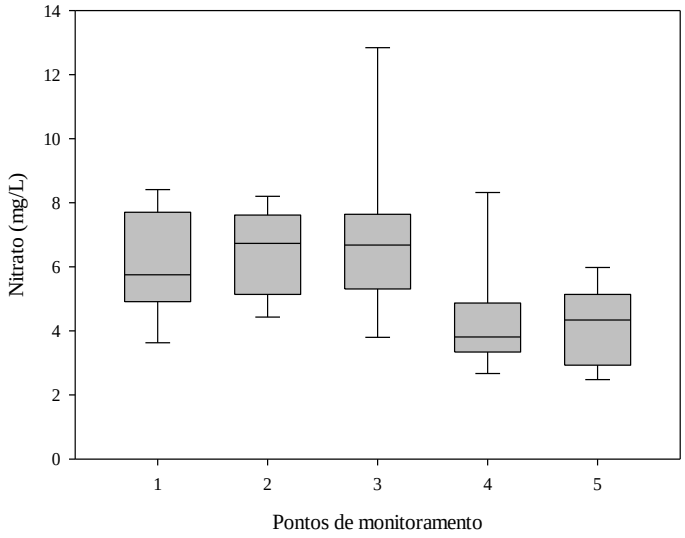

Figura 19 – Box-plot dos valores de nitrato dos pontos de monitoramento entre outubro/13 e agosto/14 do igarapé Riachuelo, Ji-Paraná/RO.

Em razão do valor de 12,84mg.L^{-1}, registrado no P3, na Figura 19 acima gerou-se elevada amplitude para diagrama do referido ponto.

4.5.3 Fósforo total

Na Figura 20 tem-se o comportamento para o fósforo total para o período de estudo juntamente com a faixa limite de 0,10 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 357 de 17 março de 2005.

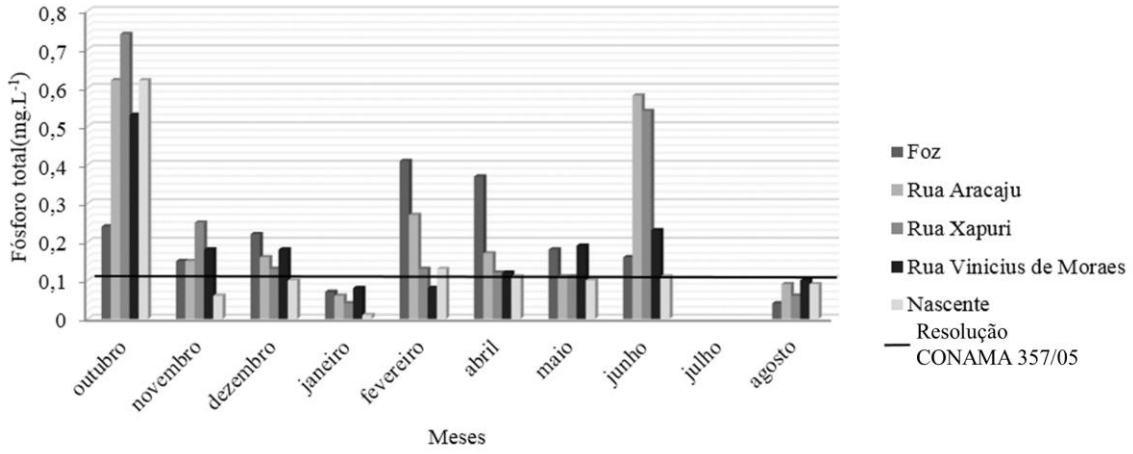

Figura 20 - Faixas de fósforo total em função da Resolução CONAMA 357/2005 nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo em Ji-Paraná/RO.

De acordo com os resultados obtidos de fósforo total nas amostras dos cinco pontos de monitoramento, percebe-se valores acima dos 0,1mg.L^{-1} estabelecidos para ambientes lóticos de classe 1 e 0,02mg.L^{-1} para ambientes lênticos pela referida resolução. Como exemplo, tem-se o P1 que apresentou recorrência de eventos acima do limite de 0,1mg.L^{-1} em torno de 4 a 7 vezes mais. Entretanto, foram registrados valores relativamente baixos, principalmente no P5, assim permanecendo em boa parte dos meses.

Leite (2004) também verificou elevadas concentrações de fosfato nas águas do Rio Ji-Paraná, sendo que as mesmas foram registradas na região central da bacia do rio e promovidas a partir da ampliação dos processos erosivos pela implantação de pastagens da região.

Derisio (2012) relata que o aumento das concentrações deste composto está diretamente relacionado ao lançamento de efluentes domésticos e que o mesmo podem desencadear prejuízos aos usos da água como recreação e abastecimento público.

Estes elevados valores também são oriundos do fenômeno do escoamento superficial que proporciona a lixiviação do solo e aporte de compostos fosfatados nos corpos receptores. Campos et al. (2011) abordam que, assim como os coliformes totais e a turbidez a concentração de fósforo é elevada a partir de um evento de precipitação numa região que apresenta solo compactado e sem mata ciliar.

Embora tenha ocorrido valores tão distintos entre si, ao aplicar o teste de estatístico pôde-se chegar à conclusão de que não houve diferença significativa estatística entre os pontos amostrais, ($P = 0,428$).

Visto que não pode-se constatar mais do que duas fontes pontuais, recai às fontes difusas o papel de agente principal de interferente na dinâmica das concentrações de Fósforo total. Como registro de fontes pontuais e difusas tem-se na Figura 21 e 22 suas ilustrações.

Figura 21 – Escoamento canalizado para o igarapé Riachuelo de efluente de construção civil com parcela de contribuição de prédio público em construção próximo ao P5 em 3 de outubro de 2014.

Percebe-se pela coloração do efluente direcionado pela galeria ao curso d'água que o mesmo entrou em contato com material cimentante utilizado na obra, possivelmente oriundo da lavagem de equipamentos como enxadas, fôrmas, carriolas, baldes, betoneiras, etc. Entretanto, de acordo com a Resolução CONAMA n°430 de 13 de maio de 2011 que trata sobre os padrões de lançamento de efluentes, os mesmos somente poderão ser lançados diretamente no curso d'água após o devido tratamento e que venha a obedecer o que a referida Resolução em termos de condições, padrões e exigências.

Em situação de disposição no solo, como o que percebe-se na Figura 22, a mesma Resolução não pontua sobre seus parâmetros e padrões, pontuando apenas que os mesmos não causem poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas, por exemplo, no âmbito da turbidez.

Na Figura 22 tem-se dois casos de fontes pontuais de lançamento de efluentes.

Figura 22 – Fontes pontuais registradas na rua Vinicius Brás a jusante do P4 em Ji-Paraná/RO, 3 de outubro de 2014.

Os mesmos talvez estejam sofrendo algum tipo de tratamento para o seu lançamento no corpo hídrico, em função do aspecto límpido, mas para devida constatação há a necessidade de análise de suas características físico-químicas e microbiológicas, cujas mesmas não foram realizadas neste estudo, se atendo estritamente à análise visual.

4.5.4 Oxigênio dissolvido

Quanto à dinâmica do oxigênio dissolvido nos pontos de monitoramento, têm-se na Figura 23 os resultados obtidos.

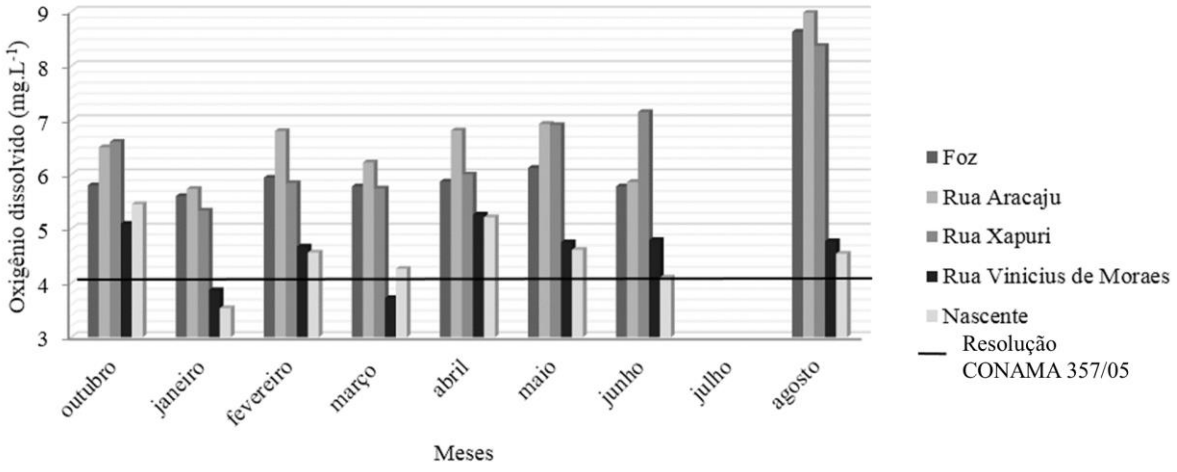

Figura 23 - Faixas de oxigênio dissolvido em função da Resolução CONAMA 357/2005 nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo em Ji-Paraná/RO.

Entre os pontos monitorados os registros tiveram como valor máximo e mínimo, 8,98 e 3,53mg.L^{-1}, respectivamente. Entretanto, pelo comportamento dos valores percebe-se que o comportamento dos valores foi homogêneo, visto que nos três primeiros pontos os valores de OD permaneceram e torno de 6 mg.L^{-1} e os demais oscilaram em torno de 5mg.L^{-1} ao longo dos meses.

Na Figura 23 ainda se percebe comportamento atípico no mês de agosto/14 no qual foram registrados os maiores valores para os pontos 1, 2 e 3. Estes podem estar associados ao maior fluxo d'água que se percebeu no momento da coleta.

Os valores observados norteiam para um enquadramento de classe 4 pela Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005, haja vista que estabelece limite mínimo de 2mg.L^{-1}. Esta classificação, no entanto, deve levar em consideração, principalmente, os níveis de qualidade que deveriam apresentar, para atender às necessidades da comunidade, à saúde e ao bem-estar humano e ao equilíbrio ecológico aquático.

Ao associar o formato do canal e os valores de OD o igarapé Riachuelo dispondo de um formato entre tortuoso e retilíneo como mencionado o mesmo tende a proporcionar um maior arraste de material, o que acaba influenciando maior turbidez, redução da capacidade fotossintética e na concentração de oxigênio dissolvido.

Ao aplicar o teste estatístico não-paramétrico esta variação incorreu num p<= 0,001, em outros termos, houve diferença significativa entre os pontos amostrais. E em função do uso da estatística descritiva para fins de comparação tem-se a Tabela 7 a seguir, que elenca as médias dos pontos de monitoramento, além dos seus respectivos desvios padrões.

Tabela 7 – Médias ± desvios padrões (DP) entre a presente área de estudo e a Bacia do Gama/DF.

		OD (igarapé Riachuelo)	**OD (Bacia do Gama)**
		mg.L^{-1}	
P1	Média ± DP	6,19 ± 1,00	6,71 ± 0,91
P2	Média ± DP	6,73 ± 1,01	5,96 ± 0,60
P3	Média ± DP	6,49 ± 0,98	5,84 ± 0,98
P4	Média ± DP	4,61 ± 0,54	6,45 ± 0,92
P5	Média ± DP	4,53 ± 0,61	7,14 ± 0,73

Fonte: Adaptado de Moura (2010)

Em relação aos valores de média percebe-se pouca variação, salvo nos pontos 4 e 5, visto que no estudo que serviu de comparativo valores de OD apresentaram-se consideravelmente acima dos registrados no igarapé Riachuelo em Ji-Paraná. Moura (2010) que realizou estudo de monitoramento da qualidade da água de todo curso do córrego Cedro e

curso médio final do Ribeirão do Gama com condições de ocupação semelhantes chegou à conclusão de que, a partir de métodos estatísticos, os recursos hídricos sofrem alterações pelos resíduos de construção civil, minerais presentes no solo e pelo uso de fertilizantes.

4.5.5 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5^{20})

A Figura 24 representa a Demanda Bioquímica de Oxigênio dos microorganismos, também conhecida como DBO_5^{20}. Na mesma expõe-se que os microorganismos demandaram de alta concentração de OD para degradar a matéria orgânica presente na amostra.

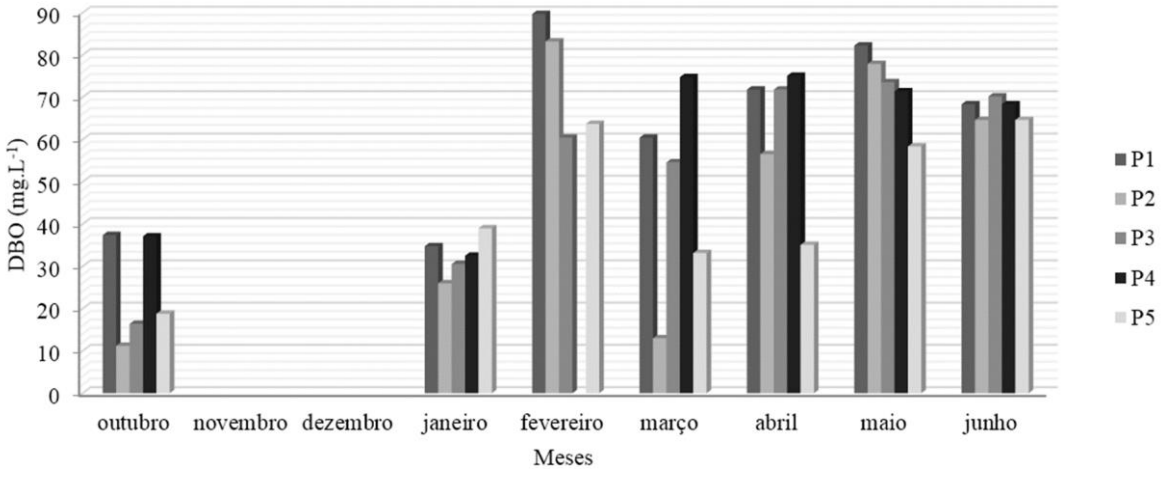

Figura 24 - Faixas de DBO_5^{20} nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo em Ji-Paraná/RO, entre os meses de outubro/13 e junho/14.

Nela nota-se que há resultados consideravelmente baixos, como o registrado no P2 no mês de outubro/13, e consideravelmente altos como os registrados no P1 no mês de fevereiro/14 e maio/14. No entanto, deve-se ressaltar que mesmo expondo valores reduzidos, como nos meses de outubro/13 e janeiro/14, os mesmos expõem características elevadas para corpos naturais.

A média dos valores de DBO_5^{20} entre os pontos foi de 53,73mg.L^{-1} e como é observado na Tabela 8 o P1 foi o que apresentou o maior valor, 63,53mg.L^{-1}, inferindo dessa forma que expõe maior concentração de material orgânico a ser degradado.

O valor de p=0,428 não influenciou numa diferença estatística, podendo ser explicada pela diferença de períodos climáticos, haja vista que entre outubro e abril há a predominância de eventos de precipitação quase cotidianos, e nos demais, de longos períodos sem chuva ou com eventos esporádicos.

Com a ocorrência de precipitação na região há o carreamento de particulados para o curso d'água, principalmente de origem orgânica, como folhas, madeiras, restos de alimentos, excrementos de animais e animais em decomposição, viabilizando desta forma o aumento da demanda de oxigênio pela elevação de carga disponível a ser degradada.

Em seu estudo, Oliveira et al (2010) encontraram em 55% das amostras valores de DBO_5^{20} acima da normalidade para águas doces de classe 2, $5mg.L^{-1}$, na bacia hidrográfica do rio Salitre, sendo que o máximo registrado foi de $37mg.L^{-1}$. O mesmo autor ainda cita que estes valores podem ser reflexo da decomposição de restos de vegetação presentes no corpo d'água. Assim sendo, valores consideravelmente elevados de DBO_5^{20} não são em sua totalidade inerentes a lançamento de efluentes domésticos ou industriais, mas também de aspectos ambientais naturais que fazem parte do ciclo biogeoquímico.

Embora tenha apresentado em boa parte das campanhas realizadas valores de DBO_5^{20} abaixo dos outros pontos amostrais o P5 do igarapé Riachuelo apresentou valores consideravelmente elevados também quando comparados ao estudo de Pinto et al (2012) realizado no município de Inconfidentes/MG, que encontraram o valor de $1,9mg.L^{-1}$ para uma nascente também em condições de urbanização, sejam elas de via com trânsito de automóveis, retificação do canal e inexistência de vegetação ciliar. Este baixo valor, ainda segundo o autor, pode ser consequência do uso de seu entorno, que tem como impactos positivos a presença de cerca, ausência de processos erosivos e de defensivos agrícolas.

No caso do P5 do igarapé Riachuelo, seu o uso e ocupação e seu entorno corrobora o que foi registrado, uma vez que a interferência antrópica é característica consideravelmente marcante. Aspectos ambientais como resíduos de construção civil, material de terraplanagem e resíduos sólidos urbanos são corriqueiros, visto que a nascente dispõe-se em área com residências a menos de 15 metros e estabelecimento comercial de depósito de areia.

Nas Figuras 25, 26, 27 e 28 percebe-se a disposição do exposto e as condições espaciais da nascente para os meses de outubro/2013 e agosto/2014.

Figura 25 – Condições da Nascente no mês de outubro/2013.

Figura 26 – Condições da cabeceira da Nascente no mês de outubro/2013.

Figura 27 – Condições da Nascente no mês agosto/2014.

Figura 28 – Condições da cabeceira da Nascente no mês de agosto/2014.

4.6 VARIÁVEIS FÍSICO-QUÍMICAS

4.6.1 Condutividade elétrica

Na Figura 29 estão dispostos os resultados obtidos para a condutividade elétrica (CE).

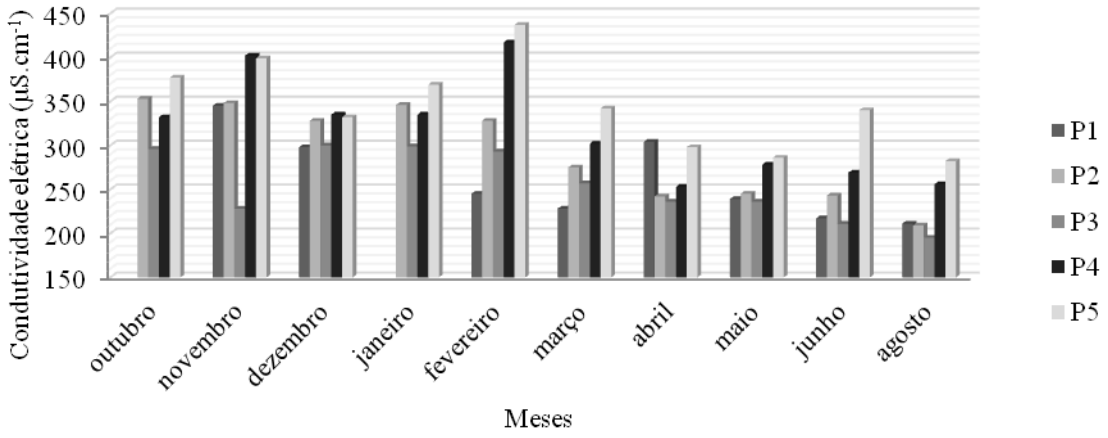

Figura 29 - Faixas de condutividade elétrica nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo em Ji-Paraná/RO.

Os valores de CE apresentaram grandes amplitudes entre pontos num mesmo mês. Estas bruscas variações podem estar relacionadas à dissolução de sólidos ou sais minerais, oriundos do solo, águas de lixiviação ou de lançamento de efluentes, principalmente domésticos.

Com um valor mínimo de 228µS.cm^{-1} no P3 em novembro e P1 no mês de março, e máximo no mês de fevereiro no P5 de 437µS.cm^{-1}, os valores oscilaram entre estes limites e acabaram por influenciar em um p valor de 0,004, em outros termos, as médias amostrais apresentaram diferença estatística significativa entre si.

Finotti et al. (2009) tratam que em cursos naturais a condutividade elétrica pode variar de 10 a 1.000µS.cm^{-1}por função da variação dos sólidos dissolvidos, principalmente sais minerais, e da temperatura do ar e da água.

Salvo o mês de fevereiro/2014 a partir de dezembro/2013 notou-se um decréscimo dos valores de CE no igarapé Riachuelo até o mês de agosto/2014. De uma forma geral, esperava-se dado comportamento, uma vez que o período chuvoso proporciona a dissolução de sais no meio líquido devido o maior volume que escoa na calha do igarapé.

Além disso, águas que escoam por regiões com litologia de caráter carbonáceo tendem a apresentar condutividade maior, no entanto, em regiões que não apresentam esta característica, como é caso da região Amazônica, Pinto et al. (2010), estabelecem que níveis acima de 100µS.cm^{-1} indicam ambientes que estejam sofrendo algum tipo de impacto.

Neste caso, ao levar em consideração que a microbacia encontra-se disposta em sua totalidade no perímetro de Ji-Paraná, este impacto ambiental expõe mais relação com os

lançamentos de efluentes, ora doméstico ora industrial, e os resíduos que são carreados pelo escoamento superficial e subsuperficial do que com as características pedológicas regionais.

Percebe-se ainda na Figura 29 que os valores de CE do P5 permaneceram constantemente elevados em relação aos outros pontos amostrais. Isto, por sua vez, corrobora as possíveis interferências antrópicas, como as já mencionadas, aliadas a fatores como o fluxo d'água de pequena intensidade que inviabiliza a dissolução de íons, assim como a ausência de proteção física, neste caso a mata ciliar, que possa impedir o carreamento de resíduos, principalmente da via de trânsito que sobrepõe-se ao manancial.

Na Figura 30 tem-se a representação dos valores médios de CE de cada ponto ao longo do período amostral e relação de magnitude estabelecida entre si.

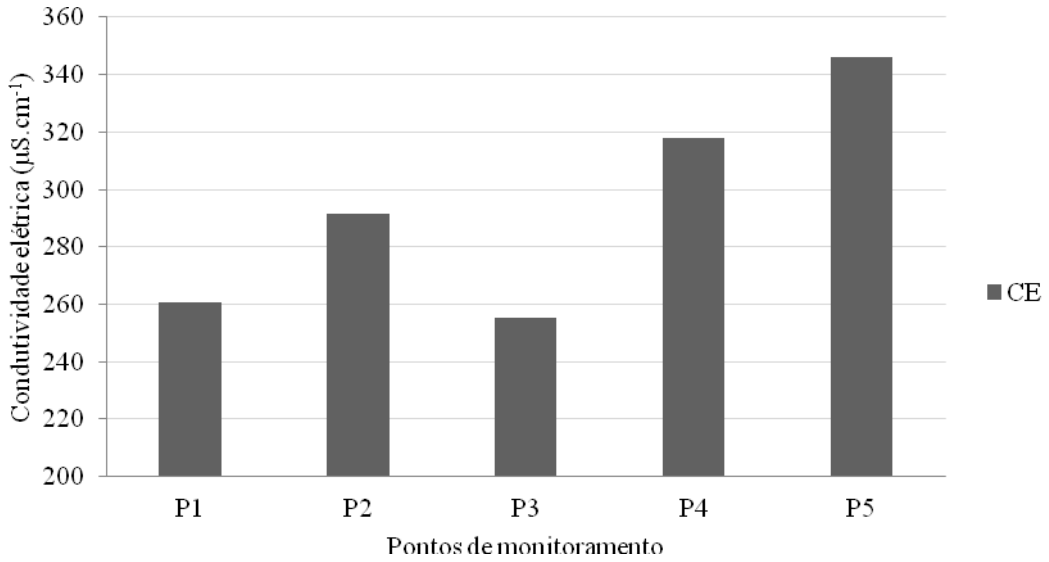

Figura 30 – Comportamento das médias de CE ao longo do período de estudo do igarapé Riachuelo, Ji-Paraná/RO, 2014.

Além da percepção acerca da CE na nascente é possível notar que a condutividade até o P3 apresentou um comportamento de decréscimo a partir do P5, ou seja, ocorreu dissolução de sair devido à vazão do curso d'água, no entanto, este regime foi alterado quando os mesmos tornaram a se elevar a partir do P2. Neste caso, suscita-se a ideia de que o novo arranjo do uso e ocupação, bem como sua nova característica tenham influenciado nesta dinâmica.

Visto que até o P3 a característica é estritamente residencial, com alguns estabelecimentos, por exemplo, lava-jatos de pequeno porte, na nova região há predomínio de

zona comercial, como mecânicas, posto de gasolina e retífica de peças de tratores. Além destes fatores o trânsito de veículos é consideravelmente intenso, pelo fato de que a avenida no qual o ponto de monitoramento localiza-se é uma das principais na cidade.

4.6.2 Temperatura

Em termos de temperatura, os comportamentos da mesma nos pontos de monitoramento estão elencados na Figura 31.

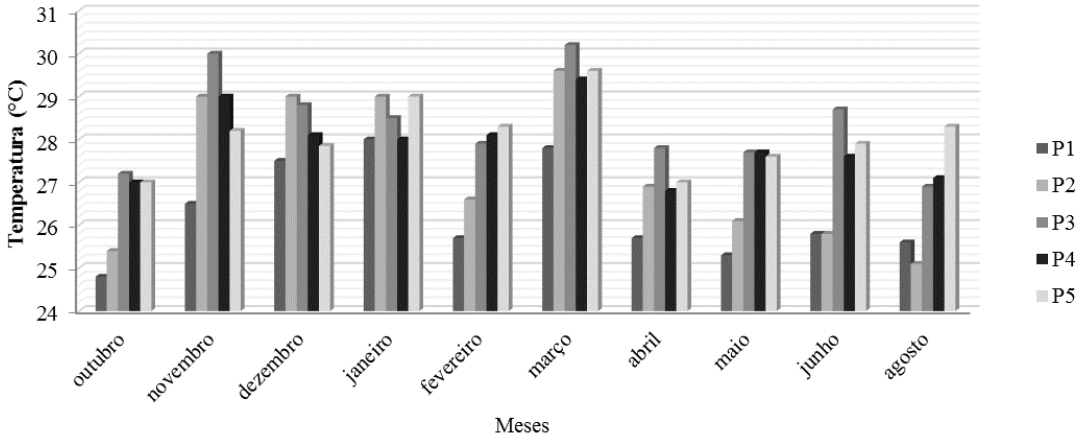

Figura 31 - Faixas de temperatura nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo em Ji-Paraná/RO.

No que concerne aos registros obtidos, não ocorreram consideráveis oscilações, apresentado apenas recorrência de picos nos meses de novembro/13 e março/14 para o P3 e sempre valores menores de temperatura para o P1. Esta característica talvez deva estar relacionada à turbidez da água, uma vez que em boa parte das campanhas realizadas a água do corpo d'água expunha-se intensamente turva, o que tornava inviável a penetração de raios solares em camadas mais profundas, consequentemente sua manutenção.

Por dispor de um comportamento sem consideráveis oscilações, salvo em algumas ocorrências, houve uma diferença acima do esperado, influenciando na existência de diferença significativa entre os valores de média dos grupos de tratamento com um valor $p = 0,009$.

A Figura 32 vem a ilustrar o aspecto da água da foz nas coletas realizadas em diferentes meses, além das condições de uso de seu entorno, as quais podem contribuem para a regulação da temperatura e aeração natural do meio, devido à presença de vegetação rasteira/arbustiva.

Figura 32 – Ilustração das características da água e do entorno do P1 nos meses de outubro/2013 (A), fevereiro/2014 (B), março/2014 (C) e abril/2014 (D).
Fonte: Imagem D disponibilizada por DA ROCHA, V.N.L

Levando em consideração o uso e ocupação do entorno dos pontos de monitoramento, o fato de dispor em partes de vegetação ripária como no P4 e P5, Figura 33,

Figura 33 - Vegetação ripária presente no P4 e P5.

A temperatura é um parâmetro importante no monitoramento de água, pois interfere diretamente no ciclo de vida dos mais diferentes tipos de organismos aquáticos. Mota (1995) cita que "o aumento da temperatura das águas também pode aumentar a ação tóxica de muitos elementos e compostos"

A elevação da temperatura torna mais intensa a assimilação de nutrientes por organismos fitoplantônicos, o que influencia na solubilidade do oxigênio dissolvido, assim como de componentes químicos que proporcionam efeitos nocivos à vida aquática.

Segundo a (CETESB, 1995) os organismos apresentam limites de temperatura, sejam superiores ou inferiores, para migração, crescimento, desova e incubação do ovo. Disto tira-se que a temperatura ao ser alterada de forma natural ou antropogênica influenciará em outros parâmetros físico-químicos, que por sua vez também interferirão na biota aquática, no entanto, o grau desta alteração ocorre mais bruscamente pelas ações antrópicas do que pelas ações naturais.

4.7 VARIÁVEIS MICROBIOLÓGICAS

4.7.1 Coliformes totais e *E. coli*

Nas Figuras 34 e 35 estão elencadas as UFC/100 mL de Coliformes totais e *E. coli* para cada campanha de monitoramento.

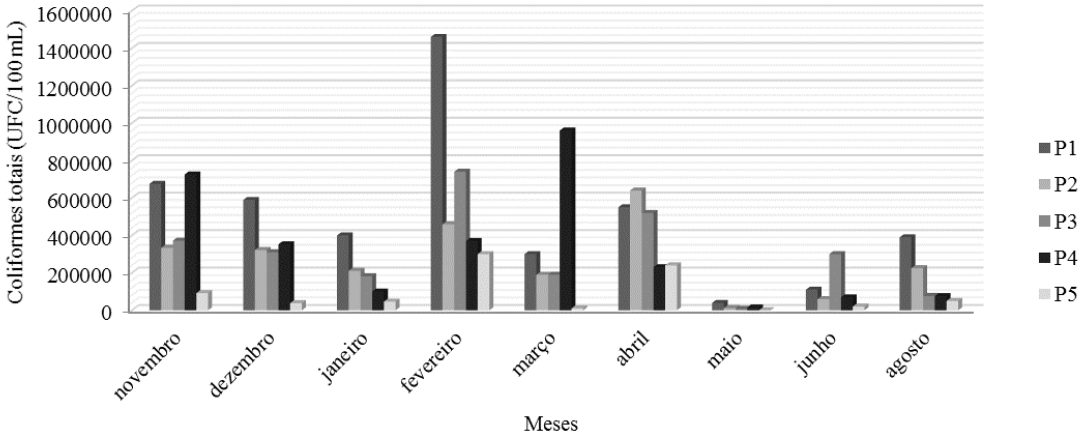

Figura 34 – Concentrações de coliformes totais nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo em Ji-Paraná/RO.

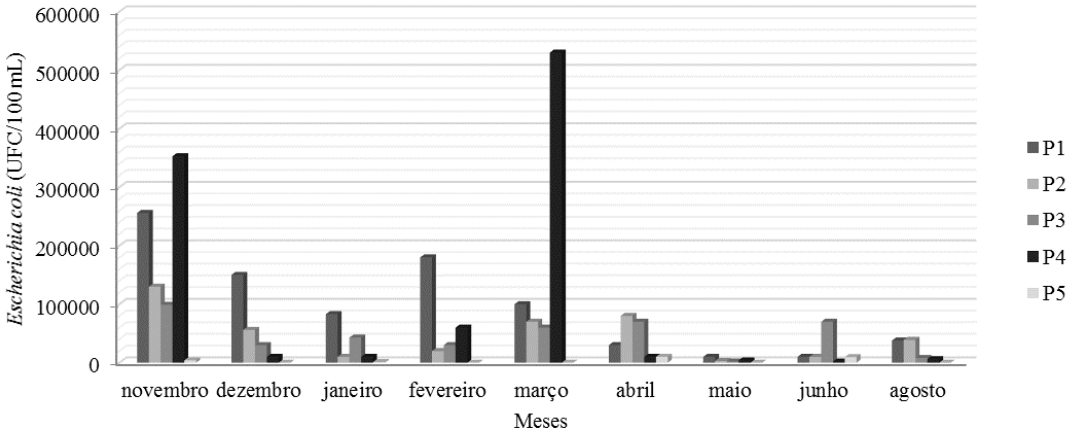

Figura 345 – Concentrações de E. coli nos cinco pontos de monitoramento do igarapé Riachuelo em Ji-Paraná/RO.

Os resultados obtidos para os microrganismos indicadores de lançamento de efluentes a princípio sugerem um ambiente utilizado como aporte de efluentes domésticos, variando consideravelmente tanto para Coliformes totais quanto para *E. Coli*.

Nos diferentes pontos registram-se elevadas concentrações das referidas variáveis biológicas, bem como forte oscilação dos números de colônias em todos os pontos. No entanto dentro deste universo, eventos que merecem atenção são os que ocorreram nos meses de fevereiro e março de 2014, uma vez que o P1, P3 e P4 expuseram elevadas concentrações destes agentes nas amostras. Para o mês de fevereiro/14 infere-se que a precipitação ocorrida na madrugada do dia da campanha, (17/02) possa ter influenciado este valor.

Pela tabulação destes resultados chegou-se à Tabela 8 que apresenta o desvio padrão para cada ponto monitorado ao longo do tempo transcorrido pelo estudo.

Tabela 8 – Média e desvio padrão (DP) para *E. coli* e Coliformes totais nos pontos de monitoramento.

Ponto amostral	**Média ± DP**	**Média ± DP**
	E. coli	C. totais
P1	95222,22 ± 85340,17	501444,44 ± 416735,56
P2	46444,44 ± 41910,41	272666,66 ± 194392
P3	45777,77 ± 31736,32	299777,77 ± 226976,74
P4	109444,44 ± 194184,9	321888,88 ± 325802,64
P5	2733,33 ± 4211,88	88444,44 ± 107367,48

Esta análise preliminar de ambos os agentes, embora apresente desvios relativamente altos, permitem retratar um ambiente devidamente impactado e com precárias condições

sanitárias, haja vista que mesmo apresentando variação para menos o número provável de sorotipos encontra-se consideravelmente elevado.

Em relação ao teste estatístico utilizado, a tabulação dos mesmos proporcionou valores de p de 0,025 e 0,001, para CT e *E. coli*, respectivamente. Destes, tira-se que os valores de média entre um ponto e outro apresentaram diferença estatística significativa, ou seja, condições espaciais e atividades antrópicas foram determinantes na elevada diferença os mesmos.

Quando se apresentam altas densidades deste grupo em águas de recreação o risco de desencadear surtos diarreicos à população é elevado, visto que há maior chance de se encontrar indivíduos que se proliferem rapidamente e produzam toxinas danosas à saúde.

Em vista dessas a Resolução CONAMA 274 de 29 de novembro de 2000 que dispõe sobre os critérios de balneabilidade determina a que categoria um curso d'água se enquadra mediante o número de unidades formadoras de colônias por amostras de 100 ml. No Quadro 1 seguem.

Quadro 1 – Limites para C. termotolerantes e *E. coli*

Categoria		**Valor de colifome termotolerante (UFC/100 mL)**	**Valor de *E. coli* (UFC/100 mL)**
Própria	Excelente	De 80% acima do tempo, apresentar no máximo 250	De 80% acima do tempo, apresentar no máximo 200
	Muito boa	De 80% acima do tempo, apresentar no máximo 500	De 80% acima do tempo, apresentar no máximo 400
	Satisfatória	De 80% acima do tempo, apresentar no máximo 1.000	De 80% acima do tempo, apresentar no máximo 800

Fonte: CONAMA 274 de 2000 (adaptado)

Mediante os valores das Figuras 35 e 36 entende-se que o cenário no qual o curso d'água se encontrava era considerado como inapropriado para práticas menos nobres como a recreação (contato primário), uma vez que os mesmos figuraram acima do que a referida resolução determina.

Ao levar em consideração os demais usos, a densidade microbiana, pela Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, deveria ficar abaixo 200 C. termotolerantes num volume de 100 mililitros em 80% ou mais de tempo, num conjunto de amostras, pelo menos 6, ao longo de um ano, com coletas frequentes bimestre a bimestre. No caso da *E.coli* a

referida resolução não trata de valores normativos, deixando-os a cargo do órgão ambiental competente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo, no qual o principal objetivo foi analisar a qualidade da água do igarapé Riachuelo e associá-la com o uso e ocupação e seus índices físicos, propiciou a concepção de que o ambiente aquático sofre com cargas poluentes, que alteram suas propriedades físico-químicas e microbiológicas.

Atividades com potencial poluidor e ocupação por residências ao longo de zonas destinadas à preservação permanente, em torno de 80,44% da APP, são alguns exemplos que foram constatados e que corroboram a necessidade de programas de gestão que versem sobre a manutenção da qualidade dos recursos hídricos e ordenamento territorial.

Variáveis como a DBO, Nitrato, Fósforo total e *E. coli* que apresentaram médias elevadas como 63,52mg.L^{-1} (P1), 6,93mg.L^{-1} (P3), 0,24mg.L^{-1} (P2) e 109.444UFC/100mL (P4), respectivamente, apresentam indícios de um ambiente que demanda de políticas públicas em torno de temas ambientais tendo em vista que tais concentrações expõe a saúde e qualidade de vida da população. À medida que as práticas que proporcionam dadas concentrações perdurem os impactos na qualidade dos recursos hídricos tendem a limitar gradativamente seus usos,

Diante de um ambiente sem o devido acesso ao tratamento de resíduos, um curso d'água que recebe carga poluente, expõe uso e ocupação de forma não planejada e índices fisiográficos que acabam favorecendo o contato com a água em eventos de precipitação acentuada, sugere-se que medidas sejam tomadas, como estudo, monitoramento e controle ambiental no contexto da bacia hidrográfica, de modo que estes dados possam subsidiar a criação de um comitê de bacia hidrográfica.

Aconselha-se também que órgãos públicos exerçam atividades continuadas no contexto da educação ambiental, tendo em vista que resíduos domiciliares se fizeram presentes em boa parte dos momentos das coletas.

Uma vez que o uso e ocupação está interferindo negativamente na qualidade dos recursos hídricos, espera-se que medidas como planos de arborização das margens e reordenamento territorial, tanto de atividades econômicas quanto de residências sejam uma

das primeiras medidas a serem tomadas com o intuito de reduzir os passivos ambientais que proporcionam.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9.898/1987** – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.209/1992** – Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 12.614/1992**: Águas – Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) – Método de Incubação (20°C, cinco dias).

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.620/1992** - Águas - Determinação de nitrato - Métodos do ácido cromotrópico e do ácido fenoldissulfônico - Método de ensaio.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.772/1992** - Água - Determinação de fósforo - Método de ensaio.

AGENCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA – AGEITEC. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT000g5twggzi02wx5ok01edq5sp172540.html>. Acesso em: 13/08/2014.

American Public Health Association. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 21. ed. Washington (EUA): Centennial Edition, 2005.

ANA – Agência Nacional de Águas, Região Hidrográfica Amazônica – A maior do mundo em disponibilidade de água. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/amazonica.aspx>. Acesso em: 12/08/2014.

ANDRADE, C. L. T.; ALVARENGA, R. C.; COELHO, A. M.; MARRIEL, I. E.; TEIXEIRA, E. G. Dinâmica de água e soluto em um latossolo cultivado com milho irrigado: 2 - Lixiviação de nitrogênio. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14.; ENCONTRO LATINOAMERICANO DE IRRIGAÇÃO, DRENAGEM E CONTROLE DE ENCHENTES, 1., 2004, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: ABID, 2004.

ARAÚJO, B. A. M., SILVEIRA, C. S.,SOUZA, J. L., JÚNIOR, J. V. F. M., ALMEIDA, F. A. F., STUDART, T. M. C. Análise do Tempo de Concentração Em Função das Características Fisiográficas das Bacias Urbanas; XIX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS- MACEIÓ- 2011.

BARBOSA, R. V. R. **Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudo em microclimas de Maceió (Al).** 117f. Dissertação (mestre em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2005.

BARBOZA, G. C. **Monitoramento da qualidade e disponibilidade da água do córrego do Coqueiro no noroeste paulista para fins de irrigação**. 2010. 143 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

BATISTA, J. P G., SILVA, F. M. Avaliação da fragilidade ambiental na microbacia do Riacho Cajazeiras no Semiárido Potiguar. **Bol. Goia. Geogr. (Online)**. Goiânia, ISSN: 1984-8501 v. 33, n.1, p. 53-72./jan/abr. 2013

BEZERRA, P. L. **A influência da atividade urbana sobre a qualidade da água do Igarapé Dois de Abril em Ji-Paraná-RO**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Rondônia – UNIR. 41f. 2012

BRAGA, B. HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental.** 2ª ed. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Lei Federal N.º 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 9 jan. 1997.

BRASIL, LEI n° 9.974, de 6 de junho de 2000. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 7 de junho de 2000.

BRASIL, LEI n° 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 3 de agosto de 2010.

BRASIL. Lei Federal N.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [República Federativa do Brasil]**, Brasília, 25 de maio 2012.

BRITO, L. T. de; SRINIVASSAN, V. S.; SILVA, A. de S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. de O.; HERMES, L. C. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Salitre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 596-602, 2005.

CALIJURI, M.C.; BUBEL, A.P.M. Conceituação de Microbacias. In: LIMA, W de P.; ZAKIA, M.J.B. (Orgs.) **As florestas plantadas e a água. Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento**. São Carlos: Ed. RiMA, 2006. 226p.

CAMPOS, K. B. G., RAMIRES, I., PAULA, S. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos de quatro córregos na região de Caarapó-MS. **Revista de Ciências Ambientais**, Canoas, v.5, n.2, p. 77 a 92, 2011 / ISSN 1981-8858

CANDIDO, H. G. **Degradação ambiental da bacia hidrográfica do Rio Uberaba - MG**. 96 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho - UNESP, Jaboticabal, 2008.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Rev. Árvore [online]**. 2006, vol.30, n.2, p. 241-248.

CARVALHO, O., RODRIGUES, F. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável (Escala de Necessidades Humanas e Manejo Ambiental Integrado). **Revista GEOgraphia** – Ano 6 – N° 12, 2004.

CETESB – Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 1996. 286p. ISSN: 0103-4103

CHISTOFOLETTI, A. – Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 188p.

COLLETI, C. TESTEZLAF, R.; RIBEIRO, T. A. P.; SOUZA, R. T. G.; PEREIRA, D. A Water quality index using multivariate factorial analysis. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande , v. 14, n. 5, May 2010 . Versão on-line ISSN 1807-1929

CONAMA. Resolução n° 274 de 29 de novembro de 2000. Revisa os critérios de Balneabilidade em Águas Brasileiras. **Diário Oficial da União** nº 018, Brasília, DF, 08 de janeiro de 2001, págs. 70-71.

CONAMA. Resolução N° 307, de 5 de julho de 2002 Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União** nº 136, de 17 de julho de 2002, págs. 95-96.

CONAMA. Resolução n°357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 de março de 2005, págs. 58-63.

COSTA, P. R., TONELLO, K. C., VALENTE, R. O. A., MINGOTI, R., SANTOS, I. P. Ocupação e caracterização hidrológica da microbacia do Córrego Ipaneminha, Sorocaba-SP. **Irriga**, Botucatu, v. 16, n. 3, p. 234-245, julho-setembro, 2011ISSN 1808-3765.

Resolução CONAMA Nº 430/2011 - "Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA." - Data da legislação: 13/05/2011 - Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89

DEUS, A. B. S., LUCA, S. J., CLARKE, R. T. Índice de impacto dos resíduos sólidos urbanos na saúde pública (IIRSP): metodologia e aplicação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. Vol. 9, n°4. 2004.

DERISIO, J.C. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4.ed. São Paulo, Oficina de textos, 2012.

DIAS, R. S. **Aplicação de geotecnologias na verificação de influência do uso e ocupação do solo no escoamento superficial na cidade de Ji-Paraná-RO**. Tabalho de Conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Rondônia, UNIR. 94 f. 2011.

D'AGUILA, P. S., ROQUE, O. C. C., MIRANDA, C. A. S., FERREIRA, A. P. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. **Caderno de Saúde Pública** [online]. 2000, vol.16, n.3, pp. 791-798. ISSN 0102-311X.

ESTEVES, F.A. 1998. **Fundamentos de Limnologia**. Interciência, Rio de Janeiro. 2ª ed. 602 pp.

FÁTIMA, M., CABRAL, J. J. S. P. Impacto na saúde por deficiência de drenagem urbana no município de Jucurutu – RN. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Vol. 18, n°3, p. 181-191. 2013.

FINOTTI, A. R., FINKLER, R., SILVA, M. D., CEMIN, G. Monitoramento de recursos hídricos em áreas urbanas. Caxias do Sul, RS. Ed. Educs, 2009. 272 p.

FRANCISCO, C. N.; CARVALHO, C. N. de. Disponibilidade hídrica - da visão global às pequenas bacias hidrográficas: o caso de Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro. **Revista Geociência**, Niterói, v. 3, n. 3, p. 1-13, 2004.

FREIRE, N. C. F, PACHECO, A. P. Aspectos da detecção de áreas de risco à desertificação na região de Xingo. XII. **In:** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Anais, Goiânia, Brasil, Abril 2005, INPE.

HORTON, R.E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**. v. 56, n. 3, p. 275-370.

IBGE - Sistema de Recuperação Automática – SIDRA. Indicadores de desenvolvimento sustentável. Acesso em: 2 de julho de 2014. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=898&z=p&o=8&i=P>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE

cidades. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=110012&search=rondonia|ji-parana>. Acesso em: 19 de março 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra.** Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_uso_da_terra.pdf> Acesso em: 27 abr. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE mapas. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos>. Acesso em 13/08/2014
Júnior, C. B. Geoprocessamento e recursos hídricos: aplicações práticas. São Carlos: UduFSCar, 2012 STRAHLER, A.N. (1957). "Quantitative analysis of watershed geomorphology". Transactions of the American Geophysical Union, v. 38 p. 913-920.

LEITE, N. K**. A biogeoquímica do Rio Ji-Paraná, Rondônia**. Dissertação de mestrado apresentada à Escola de Ensino Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. 44f. Piracicaba/SP. 2004.

LIMA, L.; CALONIO, L. W.; MENEZES, J. Mapeamento do uso e cobertura do solo e suas implicações na qualidade da água subterrânea. Estudo de caso: Distrito de Tamoios, Cabo-Frio/RJ. **Caderno de Estudos Geoambientais – CADEGEO** v.02, n.01, p.05-13, 2011.

LIMA, E. A. C. F.; SILVA, H. R.; ALTIMARE, A. L. Uso atual da terra no município de Ilha Solteira, SP, Brasil: riscos ambientais associados. **Holos Environment**, Rio Claro, v. 4. n. 2, p. 81-96, 2004.

LUCAS, A. A. T.; FOLEGATTI, M. V.; DUARTE, S. N. Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba, SP. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 14, n. 9, Sept. 2010.

MENDES, L. A. **O impacto dos usos consultivos na operação de sistema de reservatórios para produção de energia elétrica**. Tese de doutorado apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. 167f. 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/10272-pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos-apresenta-resultados-em-4-anos>. Acesso em: 05 de agosto de 2014.

MINISTÉRIO DAS CIDADES – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. ATLAS DO SANEAMENTO – Saneamento e Meio Ambiente. p. 1. 2014.

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

MOURA, L. H. A., BOAVENTURA, G. R., PINELLI, M. P. A qualidade da água como indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama – Distrito Federal. **Revista Quim. Nova**, Vol. 33, No. 1, 97-103, 2010.

NASCIMENTO, M. C. do; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**, v.15, p.207-220, 2005.

NASCIMENTO, F. R., AIRES, R. Usos múltiplos e gestão participativa dos recursos hídricos na microbacia Riacho das Pedras – médio Jaguaribe-CE. **Revista Caminhos da Geografia**. Uberlândia v. 12, p. 56 -69, n. 40 dez/2011.

OHIRA, T. H. **Fronteira de eficiência em serviços de saneamento no estado de São Paulo**. Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 109 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2005.

OLIVEIRA, C. N.; CAMPOS, V. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Avaliação e identificação de parâmetros importantes para qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Salitre. **Revista Química Nova**, vol. 33, n° 5, 1059-1066, 2010.

PEREIRA, J. S., MERCANTE, C. T. J., LOMBARDI, J. V., VAZ-DOS-SANTOS, A. M., CARMO, C. F., OSTI, J. A. S. Eutrophization process in a system used for rearing the nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), São Paulo State, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, vol. 24, n°4, p. 387-396. 2012.

PINTO-COELHO, R.M.; BEZERRA-NETO, J.F. & MORAIS-JR., C.A. Effects of eutrophication on size and biomass of crustacean zooplankton in a tropical reservoir. **Brazilian Journal of Biology**, v. 62, n. 2, p. 325-338, 2005.

PINTO, A.L.; OLIVEIRA, G.H. de; PEREIRA, G.A. Avaliação da eficiência da utilização do oxigênio dissolvido como principal indicador da qualidade das águas superficiais da bacia do Córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS. **Revista GEOMAE - Geografia, Meio Ambiente e Ensino**. Campo Mourão, PR v.1n.1 p.69 - 82 1º SEM/2010 ISSN 2178-3306

PINTO, L. V. A.; ROMA, T. N.; BALIEIRO, K. R. C. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos de solo em seu entono. **Revista Cerne**, Lavras, Vol. 18, n°3, p, 495-505, jul./set. 2012.

PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO. Brasília: Departamento de Articulação Institucional / Secretaria Nacional de Saneamento Básico / Ministério das Cidades. 2013.

POLETO, C.; CARVALHO, S. L. de; MATSUMOTO, T. Avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no município de Ilha Solteira (SP). **Holos Environment**, Rio Claro, v. 10, n. 1, p. 95-110, 2010.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação, São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed. P. 111-118, 2007.

PORTO, R. L. L.; ZAHED FILHO, K.; SILVA, R. M. Bacias Hidrográficas. 1999. PHD 307 – Hidrologia Aplicada, Departametno de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Escola Politécnica da USP. Disponível em: <http://www.poli.usp.br/Organizacao/Departamentos/GraduacaoDisciplina.asp?discip=PHD2307>. Acesso em: 18 agosto de 2014.

RIBEIRO, J. W., ROOKE, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde público**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Especialização em Análise Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora, UFJF. 36 f. 2010.

RODIGUES, V. A. FENNER, P. T., AMARAL, L.P. BANTEL, C. A., BLANCO, J. I. O. E. Degradação ambiental da microbacia do ribeirão Tamanduá em relação com sua morfometria. **Revista Forestal Venezolana**, Año XLv, Volumen 55(1) enero -junio , 2011

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS**. In**: ERTS-1 SYNPOSIUM, 3, 1973, Washington. Proceedings… Washington: NASA, 1974. v. 1, p. 309-317.

SALGADO, M. P. G.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W.; TARGA, M. S. Caracterização de uma microbacia por meio de geotecnologias. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil. **Anais…** 25-30 abril 2009, INPE, p. 4837-4843.

SANTOS, J. J.; AQUINO, R. F.; SANTOS JUNIOR, A.; SILVA, F. L.; BARRETO, M.M.; TOPÁZIO, E. F. Monitoramento Quali-Quantitativo da Lagoa do Abaeté, Salvador-Ba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRICOS, 2013, Bento Gonçalves - RS. **Anais**... Bento Gonçalves: ABRH, 2013. p.1-9.

SANTOS, A. R. **Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, microrregião de Viçosa, MG**. Tese de Doutorado Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa – UFV. 125f. 2001.

SANTOS, K. P., OLIVEIRA, W. N., KOPP, K. Geoprocessamento como um instrumento para a gestão dos recursos hídricos e gestão territorial nas microbacias Foz Ribeirão dos Pereiras/Rio Anicuns e Microbacia Ribeirão dos Pereiras – Goiás. **Anais** XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE 4602

SANTOS, E. F., SOUZA, F. A. Aspectos morfométricos da bacia do Córrego Tamanduá em Iporá-GO. **Revista Acta Geográfica**, Boa Vista, v.7, n.15, mai./ago. de 2013. pp.191-199 DOI: 10.5654/actageo2013.0715.0012

SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO AMBIENTAL. Boletim Climatológico de Rondônia - Ano 2010. COGEO - SEDAM / Coordenadoria de Geociências – Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental - v12, 2010 - Porto Velho: COGEO. Disponível em: <http://www.sedam.ro.gov.br> Acesso em: 01 setembro de 2014.

SILVA, R. C. A., ARAUJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência e saúde coletiva**, São Paulo , v. 8, n. 4, 2003. ISSN 1413-8123

SILVA, R. A., PIRES, E. V. R. IZIPPATO, F. J., MIRANDOLA, P. H. Geoprocessamento aplicado à análise do uso e ocupação da terra e apps de nascentes no rio Indaiá Grande – Chapadão do Sul/Cassilândia/Inocência (MS). **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial, V.2, N.4, p.1497 – 1508, 2012.

SOARES, S. R. A.; BERNARDES, R. S.; CORDEIRO NETTO, O. M. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Caderno de Saúde Pública,** Rio de Janeiro, 18(6):1713-1724, nov-dez, 2002.

SOUZA, C.M.N. **Carência ou Precariedade dos Serviços de Drenagem Urbana e Ocorrência de Doenças de Importância para a Saúde pública – Contribuição ao Estabelecimento de Modelo Causal**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, UNB, Brasília, DF, 2001. 147p.

SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2ª ed. Departamento de Eng. Sanitária e amb. – DESA. Universidade Federal de Minas Gerais. Brasil. 1996. 243p.

SPERLING, E. V.; FERREIRA, A. C. S.; GOMES, L. N. L. Comparative eutrophication development in two Brazilian water supply reservoirs with respect to nutrient concentrations and bacteria growth. **Desalination**, v. 226, n. 1-3, p. 169–174, 2008.

SPRING: Integrating remote sensingand GIS by object-oriented data modelling" Camara G, Souza RCM, FreitasUM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

STIPP, N. A. F., CAMPOS, R. A., CAVIGLIONE, J. H. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Taquara – Uma Contribuição para o estudo das ciências ambientais. **Portal da Cartografia**, Londrina v. 3 n. 1, p. 105-124. 2010. ISSN:1983-6546

TEIXEIRA, J. C.; GOMES, M. H. R.; SOUZA, J. A. Associação entre cobertura por serviços de saneamento e indicadores epidemiológicos nos países da América Latina: estudo com dados secundários. **Revista Panamericana Salud Publica**, Washington, v. 32, n. 6, dez. 2012 .

TEODORO, V. L. I,; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n.20, p. 137 -156. 2007

TUCCI, C. E. M., DA SILVEIRA, A. L. L. A. 4ª ed. 1ª reimpressão. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH. V.4. 2009

UNICEF - United Nations Children's Fund. UNICEF e OMS lançam relatório sobre diarreia, a segunda maior causa de mortalidade infantil. Disponível em: <http://www.unicef.org/brazil/pt/media_16165.htm>. Acesso em: 7/08/2014.

VALLE JUNIOR, R. F. VAL, B.H.P., DO CARMO, D.A. SOUZA, M. A. S.ABDALA, V.L. Diagnóstico das áreas de preservação permanente na microbacia hidrográfica do Córrego Jataí. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 153-157, jul.-set., 2011-ISSN 1983-2125 (online)

VEIGA, A. M., SANTOS, C. C. P., CARDOSO, M. R. D. LINO, N. C. Caracterização hidromorfológica da bacia do Rio Meia Ponte. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n.46 Jun/2013 p. 126–138.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.