

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - *CAMPUS* LONDRINA

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

MONICA LUIZA RIVAROLI DE MORAIS

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUA RELAÇÃO COM AS
CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DA BACIA DO RIBEIRÃO
CAFEZAL – LONDRINA/PR**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2015

MONICA LUIZA RIVAROLI DE MORAIS

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUA RELAÇÃO COM AS
CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DA BACIA DO RIBEIRÃO
CAFEZAL – LONDRINA/PR**

Monografia apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, como requisito para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira.

Co-orientador: Prof. M.Sc. Thiago Dias Azenha.

LONDRINA

2015



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Londrina
Departamento de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO¹

Título da Monografia

Uso e ocupação do solo e sua relação com as características limnológicas da bacia do Ribeirão
Cafezal – Londrina/PR

por

Mônica Luiza Rivaroli de Morais

Monografia apresentada no dia 26 de Novembro de 2015 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho _____ (aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

Profa. Dra. Edilaine Regina Pereira
(UTFPR – Departamento de Engenharia Ambiental)

Profa. Dra. Ligia Flávia Antunes Batista
(UTFPR – Departamento de Engenharia Ambiental)

Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira
(UTFPR – Departamento de Engenharia Ambiental)
Orientador

Profa. Dra. Ligia Flávia Antunes Batista
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

¹ A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

Tottus Tuus Maria

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a Nossa Senhora por todas as graças concebidas em toda a minha vida. Pelo amparo e misericórdia nos momentos de dificuldade, de medo, de incertezas e dor sendo minha fortaleza, me capacitando, dando sabedoria, paciência e discernimento.

Agradeço profundamente aos meus pais, Mônica e Luiz, por ter me concedido a vida, por todos os desafios e dificuldades enfrentados pela nossa felicidade e prosperidade. Agradeço por abdicarem de tantas oportunidades para que pudéssemos ser o que somos hoje e para que chegássemos aonde chegamos. Vocês são minha inspiração, minha fortaleza, fonte de alegria e meu maior amor! Obrigada por nunca me deixarem desistir mesmo quando já estava exausta! Obrigada pelas orações e por caminharem sempre comigo! Obrigada por ouvirem todos os meus sofrimentos, me compreenderem em todas as minhas dificuldades, por me ajudarem sem precisar pedir. Obrigada por me deixarem viver tudo o que foi vivido durante a graduação, por me ensinarem os caminhos certos e seguros. Amo vocês imensamente! Essa graduação é de vocês!

Agradeço aos meus avós, Sebastiana e Paschoal, por todas as orações e por todas as palavras de consolo e de preocupação. Por todo o carinho, amor e amparo quando precisei. Vocês são o meu exemplo de sabedoria, de humildade, de prosperidade e de fé! Agradeço aos meus tios, Angélica, Marcus, Júlio, Eslaine e aos meus primos Felipe, Vinícius, Henrique e Rafael pelo amor de sempre!

Agradeço ao meu irmão, Gustavo, por ser meu companheiro em tantas horas de estudo, meu exemplo de persistência e confiança. Obrigada Gu, pela ajuda em todas as horas que precisei, por todos os livros emprestados, exercícios ensinados e por todas as palavras de carinho e motivação, enfim, por tudo! Amo você!

Agradeço ao meu co-orientador e namorado, Thiago, por ser minha principal inspiração! Obrigada por todo o carinho, por todas as palavras de incentivo, pelo amor incondicional em todas as horas. Obrigada pelo auxílio em tudo o que precisei, pela ajuda nas vésperas de provas, por não me deixar desistir quando já não conseguia. Você é meu exemplo de inteligência, de sabedoria, de confiança em si mesmo! Exemplo de profissional e um impecável engenheiro! Você me faz mais confiante e melhor a cada dia!

Meus sentimentos mais sinceros por você, meu amor e melhor amigo! Deus me permita ser uma engenheira e pessoa como você é!

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira, pela oportunidade de realizar este trabalho. Obrigada pela total confiança nos meus conhecimentos, por acreditar que eu desenvolveria um bom trabalho e por me deixar caminhar sozinha. Não há aprendizado maior quando corremos atrás dos resultados para que seja feito o melhor e, você acreditou que deste trabalho sairia o meu melhor. Obrigada por me conhecer e por propor desafios. Obrigada pela amizade, parceria, confiança e intimidade. Mais que orientador, um amigo que quero levar sempre por perto.

Agradeço ao Thiago Henrique, principal auxílio na elaboração deste trabalho me ajudando na confecção dos documentos cartográficos e por me auxiliar em todas as horas que precisei durante o período de elaboração dos resultados do trabalho! Com sua bondade, responsabilidade e competência alcançará vôos mais altos e será muito feliz.

Agradeço aos amigos que conquistei na Universidade, fundamentais para que eu chegasse aonde cheguei! Obrigada pelas noites de estudos, pelas listas de exercícios, pelo auxílio em todas as horas, pelas conversas de ponto de ônibus, de intervalo, pelos almoços compartilhados, por tudo! Todos sabem o quanto foi difícil e trabalhoso chegar até aqui, mas tudo realmente valeu a pena! Levarei todos vocês no meu coração, repleto de lembranças boas e de alegrias. Além dos amigos da Universidade, agradeço aos meus amigos/irmãos Ana Lídia, Ana Carolina, Alice, Paulinha, Fernanda, Kerolin, Fernanda, Renato, Gabriel e Bruno pelas palavras de carinho, pelo incentivo em não desistir, pela torcida e por sempre quererem o meu bem! Amo cada um de vocês!

Agradeço a todos os meus professores, exemplos de amor pelo que fazem e por nunca desistirem dos seus e dos nossos sonhos! Obrigada aos professores mais próximos que além de mestres se tornaram amigos e dividiram momentos inesquecíveis na UTFPR.

Aos membros da banca por terem aceitado fazer parte deste trabalho, contribuindo com ideias e sugestões para o enriquecimento deste.

Ao Laboratório de Ecologia Teórica e Aplicada (LETA) pelos dados fornecidos para a realização do trabalho. E a UTFPR – Câmpus Londrina pelo auxílio na minha formação.

*“Não sei... Se a vida é curta
Ou longa demais pra nós,
Mas sei que nada do que vivemos
Tem sentido, se não tocamos o coração das
pessoas.*

*Muitas vezes basta ser:
Colo que acolhe,
Braço que envolve,
Palavra que conforta,
Silêncio que respeita,
Alegria que contagia,
Lágrima que corre,
Olhar que acaricia,
Desejo que sacia,
Amor que promove.*

*E isso não é coisa de outro mundo,
É o que dá sentido à vida.
É o que faz com que ela
Não seja nem curta,
Nem longa demais,
Mas que seja intensa,
Verdadeira, pura... Enquanto durar”.*

(Cora Coralina)

RESUMO

MORAIS, M. L. R. de. **Uso e Ocupação do Solo e sua relação com as características limnológicas da Bacia do Ribeirão Cafezal – Londrina/PR.** 2015. Monografia (Graduação) – Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2015.

O Ribeirão Cafezal é um dos principais mananciais de abastecimento das cidades de Rolândia, Cambé e Londrina no Estado do Paraná. A bacia hidrográfica é constituída por áreas urbanas e rurais, fatores que contribuem com a poluição dos corpos hídricos. Assim, os impactos gerados em ecossistemas aquáticos afetam não só as características químicas da água e da biota aquática, mas também, a população que faz uso desta água para consumo e lazer. O presente estudo teve por objetivo principal avaliar os diferentes usos e ocupações do solo e suas influências sobre as características limnológicas e a estrutura da assembleia de peixes, por meio da correlação destes parâmetros através de análises multivariadas. As coletas dos dados limnológicos e da estrutura da assembleia de peixes foram realizadas em três pontos ao longo do trecho superior do Ribeirão divididas em quatro coletas trimestrais nos meses de Março, Junho, Setembro e Dezembro dos anos de 2013 e 2014. Foram elaborados, também, documentos cartográficos de uso e ocupação do solo a fim de correlacionar os dados das unidades da paisagem com as diversas formas de uso do solo. Após o estudo foi possível concluir com a utilização das análises multivariadas foi possível analisar os impactos oriundos dos processos de urbanização. Com essa técnica foi possível confirmar a relação dos impactos gerados com os parâmetros limnológicos e físicos, além de provar que estes encontram-se intimamente relacionados ao processo de uso e ocupação do solo no entorno da área de estudo. O ponto 1, se caracterizou fortemente influenciado por parâmetros como condutividade elétrica, paisagens urbanas e baixos índices de riqueza de espécies. Já os pontos 2 e 3 obtiveram maiores relações com as classes de ambientes aquáticos e solo nu, respectivamente, além de ter demonstrado correlação com os parâmetros de diversidade de espécies e melhores condições de qualidade de água. Esta influência pode ser avaliada como indicadora do grau de degradação promovida pelo uso e ocupação do solo na paisagem dos ecossistemas aquáticos.

Palavras-chave: uso e ocupação do solo; parâmetros limnológicos; estrutura da assembleia de peixes; elementos da paisagem; sensoriamento remoto.

ABSTRACT

MORAIS, M. L. R. de. **Use And Coverage Of Soil and relationship with the limnological characteristics In Watershed Ribeirão Cafezal - Londrina / PR.** 2015. Monograph (Graduation) – Degree in Environmental Engineering, Federal Technological University of Paraná. Londrina, 2015.

The Ribeirão Cafezal is one of the main supply sources of the cities of Rolândia, Cambé and Londrina in Parana state. The watershed is made up of urban and rural areas, all of which contribute to the water bodies pollution. Thus, impacts on aquatic ecosystems affect not only the chemical characteristics of water and aquatic biota, but also the population that uses of this water for drinking and recreation. This study had the main objective to evaluate the different uses and land occupation and its influence on the limnological characteristics and the structure of the fish assemblage, through the correlation of these parameters through multivariate analyzes. The collections of limnology data and fish assemblage structure were carried out at three points along the upper stretch of Ribeirão divided into four quarterly collections in the months of March, June, September and December of the years 2013 and 2014. It was prepared, too, land use and occupation cartographic documents in order to correlate the data of landscape units with the various forms of land use. After the study was concluded with the use of multivariate analyzes were used to analyze the coming impacts of urbanization processes. With this technique it was possible to confirm the list of impacts with the limnológicos and physical parameters, and prove that they are closely related to the use of process and land use in the vicinity of the study area. Point 1 was characterized strongly influenced by parameters such as electrical conductivity, cityscapes and low species richness indices. As for the points 2 and 3 had higher relationships to classes of aquatic environments and bare soil, respectively, and has shown correlation with the species diversity of parameters and better standards of water quality. This influence can be evaluated as an indicator of the degree of degradation promoted the use and occupation of land in the landscape of aquatic ecosystems.

Key Words: use and Coverage of soil; landscape elements; limnological parameters; assemblage structure of fish; remote sensing.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MAPA DA DIVISÃO DA REGIÃO NORTE DO ESTADO DE PARANÁ.....	16
FIGURA 2 - MAPA DA DIVISÃO DAS REGIÕES DO ESTADO DE PARANÁ.	17
FIGURA 3 - REFLEXÃO DA ENERGIA SOLAR POR UM ALVO.....	35
FIGURA 4 - DELIMITAÇÃO DA BACIA DO RIBEIRÃO CAFEZAL.	39
FIGURA 5 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM AO LONGO DO TRECHO SUPERIOR DA BACIA DO RIBEIRÃO CAFEZAL.....	40
FIGURA 6 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA AO LONGO DO TRECHO SUPERIOR DA BACIA DO RIBEIRÃO CAFEZAL.....	41
FIGURA 7 - CARTA TEMÁTICA DE COBERTURA DO SOLO DA BACIA DE MANANCIAL DO RIBEIRÃO CAFEZAL.	48
FIGURA 8 - ÁREAS QUE DELIMITAM 1 KM DE RAIOS NO ENTORNO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE DADOS LIMNOLÓGICOS E ICTIOLÓGICOS.....	51
FIGURA 9 - DETALHAMENTO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DAS ÁREAS QUE DELIMITAM 1 KM DE RAIOS NO ENTORNO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM DE DADOS LIMNOLÓGICOS E ICTIOLÓGICOS.....	52
FIGURA 10 - CLASSIFICAÇÃO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO PONTO 1 DA AMOSTRAGEM DE DADOS LIMNOLÓGICOS E ICTIOLÓGICOS.....	54
FIGURA 11 - CLASSIFICAÇÃO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO PONTO 2 DA AMOSTRAGEM DE DADOS LIMNOLÓGICOS E ICTIOLÓGICOS.....	55
FIGURA 12 - CLASSIFICAÇÃO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO PONTO 3 DE DA AMOSTRAGEM DE DADOS LIMNOLÓGICOS E ICTIOLÓGICOS.....	56
FIGURA 13 - DIAGRAMA COM ESCORES DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA) OBTIDOS A PARTIR DA MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PERCENTUAIS DE CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DOS 3 PONTOS DE AMOSTRAGEM E DOS PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS E DA ESTRUTURA DAS ASSEMBLEIAS.	64

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ÁREA E PERCENTUAIS DAS DIFERENTES CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO RIBEIRÃO CAFEZAL (REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA).	49
TABELA 2 - ÁREA E PERCENTUAIS DAS DIFERENTES CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO NOS TRÊS PONTOS DE AMOSTRAGEM DOS DADOS LIMNOLÓGICOS E ICTIOLÓGICOS.....	53
TABELA 3 - CORRELAÇÕES DE PEARSON ENTRE OS PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS E DA ESTRUTURA DAS ASSEMBLEIAS DE PEIXES DOS TRÊS PONTOS ANALIZADOS (P1, P2 E P3).....	57
TABELA 4 - LISTA DE ESPÉCIES COLETADAS NOS TRÊS PONTOS DE COLETA NO ANO DE 2013.	59
TABELA 5 - LISTA DE ESPÉCIES COLETADAS NOS TRÊS PONTOS DE COLETA NO ANO DE 2014.	60
TABELA 6 - CORRELAÇÕES DE PEARSON ENTRE OS VALORES DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS E ASSEMBLEIA DE PEIXES.....	62
TABELA 7 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE PEARSON (R) OBTIDOS ENTRE AS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NOS TRÊS PONTOS DE AMOSTRAGEM E OS PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS E DA ESTRUTURA DA ASSEMBLEIA DE PEIXES PARA OS DOIS PRIMEIROS EIXOS DA PCA.	63

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 HISTÓRICO DA URBANIZAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA (PR)	15
3.1.1 CRESCIMENTO E URBANIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE LONDRINA	18
3.2 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE A PAISAGEM	19
3.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E AS CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	20
3.4 ANÁLISE DE INDICADORES BIOLÓGICOS.....	25
3.4.1 UTILIZAÇÃO DE PEIXES COMO INDICADORES DE IMPACTOS AMBIENTAIS	26
3.4.2 <i>ESTRUTURA E DINÂMICA DA ASSEMBLEIA DE PEIXES EM RIACHOS</i>	27
3.5 ECOLOGIA DA PAISAGEM	29
3.6 ANÁLISE DOS DADOS DA ASSEMBLEIA DE PEIXES	31
3.6.1 RIQUEZA DE ESPÉCIES.....	31
3.6.2 <i>ABUNDÂNCIA RELATIVA</i>	32
3.7 GEOPROCESSAMENTO E SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....	33
3.8 SENSORIAMENTO REMOTO	34
3.8.1 <i>A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA</i>	34
3.8.2 <i>SENSORES REMOTOS</i>	36
3.8.3 <i>CLASSIFICAÇÃO DA IMAGEM DE SENSORIAMENTO REMOTO</i>	36
3.8.3.1 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA.....	37
4. METODOLOGIA	38
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	38
4.2 AMOSTRAGEM DOS PEIXES E DOS DADOS LIMNOLÓGICOS.....	39
4.3 AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA ANÁLISE ESPACIAL.....	42
4.3.1 <i>PROCESSAMENTO DAS IMAGENS</i>	43
4.3.2 <i>CLASSIFICAÇÃO DE USO DO SOLO</i>	44
4.4 ANÁLISE DOS DADOS	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
REFERÊNCIAS	68

1. INTRODUÇÃO

A transição do modo de vida nômade das sociedades humanas para a vida sedentária promoveu o desenvolvimento das áreas urbanas. O processo de expansão das cidades tem se intensificado nos últimos anos, promovendo diversos impactos aos ambientes naturais. Ao longo desse período o homem tem explorado o ambiente por meio da extração dos recursos naturais, visando atender às demandas populacionais.

O consumo baseado na alta produtividade industrial e na necessidade por matéria prima tem causado inúmeras interferências na natureza, tais como, por exemplo, alterações na qualidade de água, dificultando a captação e aumento dos custos com tratamento de água e esgoto, impermeabilização do solo, erosão das margens, assoreamento dos cursos d'água, dentre outros (AMORIM e CORDEIRO, 2004). Diretamente influenciada pelos problemas ambientais, a saúde humana também é comprometida pela contaminação da água e o seu uso inadequado, o que tem estimulado estudos relacionados à tecnologia dos sistemas de distribuição e gerenciamento, além de recuperação de ecossistemas degradados (TUNDISI, 2008).

Segundo Silva (2014), os ecossistemas aquáticos são receptores finais de grande parte da poluição urbana, recebendo compostos advindos da atmosfera, do solo adjacente por meio da lixiviação de substâncias tóxicas, além de efluentes não tratados e despejados de forma inadequada em corpos hídricos. Portanto, as condições ambientais desses ecossistemas refletem as interferências antrópicas nos ambientes aquáticos e em seu entorno. Nesse contexto, Casatti *et al.* (2006) salientam que a análise da estrutura das assembleias de peixes pode proporcionar uma visão das condições em que se encontram os ecossistemas aquáticos, sendo considerado um bom bioindicador da qualidade de hábitat e dos efeitos dos impactos.

Desta forma, o presente estudo avaliou se as diferentes formas de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Ribeirão Cafezal alteram as características limnológicas do ecossistema aquático e impactam a ictiofauna local, testando a hipótese de que ambientes mais desprotegidos, devido à ausência da cobertura vegetal e a presença de áreas urbanas impermeáveis, tendem a apresentar maior pressão de impactos sobre a biota aquática.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os diferentes usos e ocupações do solo e suas influências sobre as características limnológicas e a estrutura da assembleia de peixes da Bacia do Ribeirão Cafezal, localizado nos Municípios de Londrina e Rolândia (PR).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Categorizar os usos múltiplos da Bacia do Ribeirão Cafezal;
- Estimar a variação nos parâmetros limnológicos ao longo da bacia do Ribeirão Cafezal, tais como: temperatura, oxigênio dissolvido, pH, turbidez e condutividade elétrica;
- Reconhecer e quantificar os principais parâmetros da estrutura da assembleia de peixes ao longo do gradiente longitudinal do Ribeirão Cafezal, dentre eles: riqueza, dominância, equitabilidade e diversidade de espécies;
- Avaliar a correlação entre as variáveis espaciais com as características limnológicas da bacia e com os atributos da assembleia de peixes através de análises multivariadas;
- Identificar e avaliar os trechos da Bacia do Ribeirão Cafezal potencialmente impactantes para a assembleia de peixes;
- Analisar a interferência da urbanização, avaliada a partir do uso e ocupação do solo da bacia do Ribeirão Cafezal, sobre as suas características limnológicas e ictiológicas aplicando técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 HISTÓRICO DA URBANIZAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE LONDRINA (PR)

A exploração e o uso de recursos terrestres e aquáticos se intensificaram e foi se diversificando ao longo do tempo, principalmente devido à transição do modo de vida nômade para o comportamento sedentário dos seres humanos. O surgimento das primeiras vilas se deu nas proximidades dos corpos d'água, pois possibilitava o desenvolvimento da agricultura de subsistência e o desenvolvimento econômico e social, fatores essenciais para a consolidação das cidades (OLIVEIRA, 2009).

O desenvolvimento de atividades econômicas foi decisivo para a intensificação da ocupação territorial brasileira. A chegada de imigrantes europeus e japoneses ao sul e sudeste do país favoreceu o surgimento de empreendimentos agrícolas nesta região. No Estado do Paraná, fatores como as excelentes condições topográficas, climáticas e pedológicas favoreceram o interesse da Companhia de Terras Norte do Paraná (CTNP) em explorar essa região, visando seu fortalecimento econômico (FARIA, 2005). Ainda segundo Faria (2005), a paisagem densa de floresta que cobria o norte do Paraná nos primeiros anos da década de 1940 passou a ser formada por uma extensa área de cultivo de café, motivando a chegada e fixação de imigrantes.

Com a descoberta de novas terras para plantio, algumas regiões se desenvolveram mais com o passar do tempo, em razão de características físicas peculiares. O Norte do Paraná, delimitado pelos rios Itararé, Paranapanema, Paraná, Ivaí e Piquiri, foi dividido em três regiões de acordo com a origem da colonização (CHIES; YOKOO, 2012) (Figura 1).

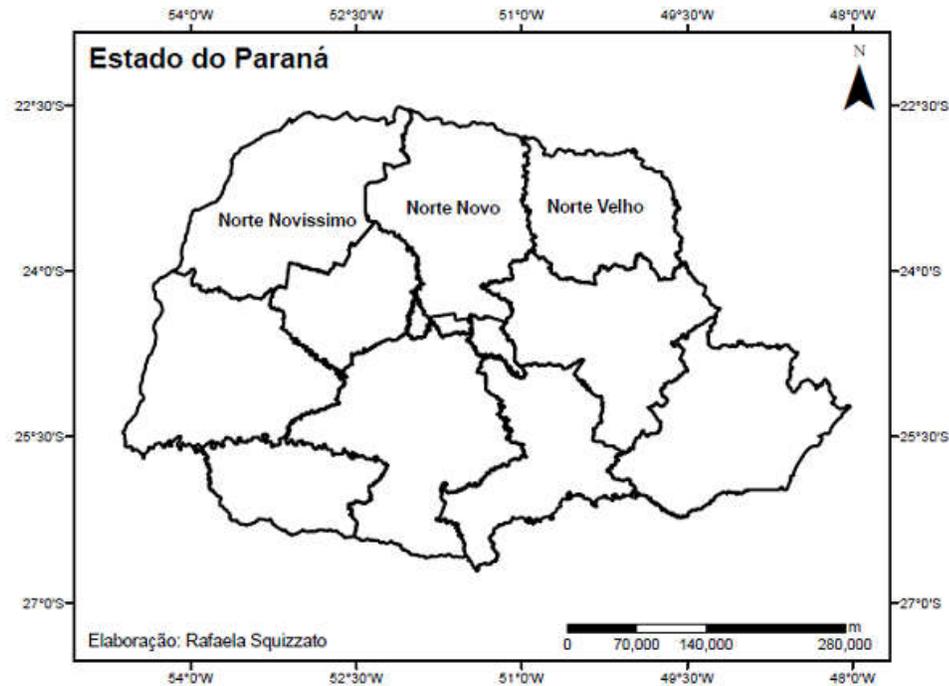


Figura 1: Mapa da divisão da região norte do Estado de Paraná.
Fonte: Squizzato (2014).

Estas regiões são divididas em: Norte velho (que se estende do rio Itararé até a margem direta do rio Tibagi), Norte Novo (que vai do rio Tibagi até as barrancas da margem direita do rio Ivaí, tendo como limite a linha traçada pelas cidades de Terra Rica e Terra Boa) e, por fim, o Norte Novíssimo (que se desdobra dessa última linha até o curso do Rio Paraná, ultrapassando o rio Ivaí e abarcando toda a margem direita do Piquiri).

A colonização do Norte Velho paranaense seguiu o mesmo modelo de estrutura fundiária das grandes propriedades do Oeste Paulista que, de acordo com Marcondes (2011), eram compostas por um conjunto de grandes propriedades e, posteriormente, por unidades de médio e pequeno portes. O mesmo autor ainda cita que a formação das pequenas propriedades se dava pela necessidade de mão de obra para desenvolver as atividades do cotidiano das fazendas. Já no Norte Novo e Novíssimo, a colonização e o planejamento urbano foram realizados por companhias estrangeiras, como a CTNP, denominada mais tarde como Companhia Melhoramentos Norte do Paraná (CMNP). A CMNP passou a administrar a venda de lotes em áreas específicas, visando o desenvolvimento econômico do local (CHIES; YOKOO, 2012).

Devido à elevada fertilidade do solo, às excelentes condições climáticas e topográficas, as lavouras de café atingiram primeiramente o norte velho, em seguida, o Norte Novo, composto pelas cidades de Londrina, Cambé, Apucarana, Rolândia, Ivaiporã, Primeiro de Maio, Sertanópolis e Maringá, por fim chegando ao Norte Novíssimo (CHIES; YOKOO, 2012).

A região norte-paranaense passou por um processo geral de modernização devido às atividades agrícolas provocando uma diversidade produtiva com a implantação de complexos agroindustriais, assim, muitas áreas foram incorporadas à produção de soja e trigo, à pecuária, à produção de açúcar e álcool além de outros tipos de produção em escalas menores. Diante disso, esta modernização trouxe uma dinâmica populacional que implicou no esvaziamento demográfico do campo e a migração desta população para os centros urbanos (FRESCA, 2002). Atualmente, o Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico (IPARDES), fornece uma divisão de regiões um pouco diferenciada, onde o Norte Novo e Novíssimo passaram a ter nomenclaturas diferentes, sendo agora, denominados por Norte Central e Noroeste do Estado do Paraná (Figura 2).

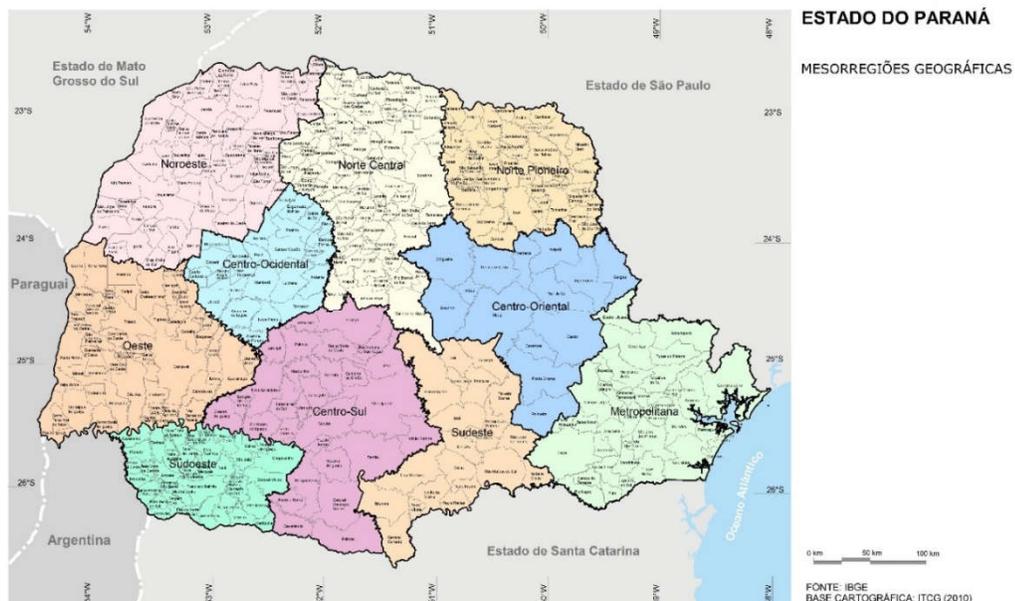


Figura 2: Mapa da divisão das regiões do Estado de Paraná.
Fonte: IPARDES (2010).

Segundo Faria (2005), uma série de quedas e oscilações de preços do café no mercado internacional a partir da década de 1960 gerou uma grave crise econômica na região, culminando em importantes mudanças nas formas de uso do solo da região. Após esse período o café foi substituído por lavouras de uso rotativo, tais como, a soja, o trigo e o milho, as quais se mostraram mais produtivas e rentáveis pela alta tecnologia empregada nos processos de plantio e colheita.

A sede da Companhia de Terras Norte do Paraná foi instalada em Londrina e interferiu decisivamente para o desenvolvimento da cidade e da região. Devido à valorização do café entre as décadas de 40 e 70, o município de Londrina apresentou um elevado crescimento. Esse desenvolvimento urbano estimulou a criação de um Plano Diretor, Lei nº 133 de 07 de Dezembro de 1952, que tinha como objetivo ordenar o crescimento desenfreado da cidade através do controle das vias e dos loteamentos, proibindo o uso do solo em locais insalubres, tendo em vista, manter o equilíbrio do meio ambiente (ROSOLÉM, 2011).

3.1.1 Crescimento e urbanização do Município de Londrina

Desde a elevação a município em 1929, Londrina teve sua emancipação em 10 de Dezembro de 1934. A ocupação do município de Londrina se deu basicamente por migrantes de outros estados brasileiros e por imigrantes estrangeiros que, com o acúmulo de dinheiro proveniente das vendas da produção de café, conseguiam dar entrada na compra de terras e, assim, se tornaram o principal mercado consumidor para a CNTP. A crise de 1929 favoreceu a saída dos fazendeiros em busca de terras mais baratas e férteis, contribuindo para a colonização do norte do Estado de Paraná (ALVES, 2005).

Alves (2005) ressalta que Londrina teve sua planta pré-estabelecida com uma população de somente 20 mil habitantes. Com o passar dos anos e com o apoio da CNTP, o município adquiriu importância política e econômica, cresceu demograficamente, o que fez com que os limites da planta estabelecidos inicialmente fossem superados, surgindo assim, novas vilas fora dos limites originais.

O município tem passado por uma constante mudança em sua base econômica que, inicialmente, era sustentada pela economia cafeeira e sofreu um intenso processo de crescimento econômico entre as décadas de 1930 a 1970. Nos anos seguintes, iniciou-se um processo de transformações que englobou diversas cidades do Estado e, devido à crise enfrentada e baixas produtividades, houve a introdução de novas culturas. O desenvolvimento tecnológico associado à própria agricultura, além do avanço industrial, gerou um fluxo de habitantes para a cidade devido à venda dos produtos, provocando o aumento da população na área urbana (ALVES, 2005).

De acordo com o mesmo autor, com o passar dos anos, a cidade se estabilizou economicamente, um aspecto que favoreceu a instalação da indústria fabril no município visando melhor retorno financeiro devido ao acelerado crescimento. Aliado ao crescimento econômico houve o pleno crescimento populacional, os quais promoveram a urbanização e a consequente pressão de impactos sobre os ecossistemas aquáticos.

3.2 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO SOBRE A PAISAGEM

Há algumas décadas, os ecossistemas têm sofrido constantes alterações em função de diversos impactos ambientais advindos de atividades antrópicas, como o desvio do curso natural dos rios, lançamentos de efluentes domésticos e industriais não tratados e o uso inadequado do solo.

Em áreas de elevada urbanização, a simples necessidade de ocupação do espaço e as próprias relações de produção promovem significativas alterações na composição e diversidade funcional da paisagem (FARIA, 2005). Segundo Vieira e Cunha (2000), o crescimento dos centros urbanos provoca um aumento no escoamento superficial devido à impermeabilização do solo, provocando alterações nos mecanismos de infiltração e escoamento. Além disso, os solos expostos favorecem o carreamento de sedimentos que são transportados para os fundos de vale, alterando a dinâmica da condução do fluxo, o que tende a aumentar a magnitude de carga e descarga de sedimentos.

Em bacias com cobertura de floresta natural, a vegetação promove proteção mecânica contra erosões no solo e lixiviação de nutrientes, constituindo um processo fundamental para a manutenção do abastecimento de água de boa qualidade (CUNICO,

2010). Segundo Miranda (2009), a qualidade da água de uma microbacia pode ser influenciada por diversos fatores, dentre eles estão o clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia e o uso e manejo do solo da bacia hidrográfica. Por outro lado, as práticas seguintes à retirada de vegetação tendem a gerar intensa e prolongada degradação da qualidade da água por tender a provocar degradação do solo, gerando erosão e carreamento de sedimentos em excesso para o corpo hídrico.

3.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E AS CARACTERÍSTICAS LIMNOLÓGICAS DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Segundo Chaves e Santos (2009), os cursos d'água agem como integradores das características da paisagem terrestre e como receptores dos poluentes da terra e da atmosfera. A qualidade da água é um parâmetro que resulta de fatores geomorfológicos, pedológicos, climáticos, hidrológicos e biológicos e, dessa forma, a qualidade da águas nas bacias hidrográficas é diretamente influenciada pelo uso e manejo do solo.

Os rios são bons indicadores de impactos e quanto maior a sua área de drenagem, maior tende a ser a variabilidade na qualidade da água. Dentre as bacias mais impactadas estão aquelas que passam por processos de intensa ocupação do espaço geográfico. O processo de impermeabilização do solo em áreas urbanas é um dos fatores que mais contribuem para as mudanças nas características da bacia.

Segundo Mendes e Cirilo (2001), o impacto decorrente da alteração do uso do solo reflete-se em todos os componentes do ciclo hidrológico, ou seja, no escoamento superficial, na recarga de aquíferos e, por conseguinte, na qualidade da água. Assim, alguns estudos do meio físico devem ser realizados para analisar os impactos associados ao uso e ocupação do solo. Esses estudos devem abranger a análise integrada do ambiente natural, de modo a construir unidades naturais que expressem as relações entre os seus diferentes componentes, detectando suas potencialidades e limitações (ITCG, 2006).

De acordo com Sousa *et al.* (2009), as imagens de satélite são um importante recurso que permite análises das mudanças ocorridas no uso do solo, por meio de fontes de dados de origem espaço-temporais. Portanto, para se obter informações a respeito da cobertura da área de forma rápida, confiável e econômica, utiliza-se as técnicas de

sensoriamento remoto como principal ferramenta para auxiliar no mapeamento, identificação e monitoramento das feições terrestres (SOUSA *et al.*, 2009).

A obtenção das imagens de satélite e a sua posterior análise permitem realizar o estudo da estrutura espacial de uma determinada área. A partir de uma classificação das imagens de satélite que são tomadas com base nas informações presentes na imagem, sendo estas divididas em regiões rurais e urbanas, cobertas por vegetação, água, solo exposto, entre outras classes é possível elaborar documentos cartográficos que contribuem para a análise dos dados de uso e ocupação do solo da área delimitada.

Segundo Marotta *et al.* (2008), o processo de urbanização privilegiou os interesses de grandes empresas em função de serviços sociais, porém, não foram levados em conta os projetos de infraestrutura sanitária. Dessa forma, uma das principais causas de degradação das águas no espaço urbano é o lançamento de efluentes domésticos sem tratamento adequado. Nesse contexto, é esperado que o carreamento de nutrientes nos ecossistemas aquáticos seja fortemente correlacionado ao uso e ocupação do solo em bacias hidrográficas.

Como foi mencionado anteriormente, as bacias hidrográficas mais impactadas são aquelas onde existe maior ocupação. As áreas impermeabilizadas geram, não só poluição, mas também, tendem a causar mudanças nas características hidrológicas da bacia.

A água é o solvente universal e, por isso, além de sua estrutura em ambientes naturais pode carregar diversas substâncias. Segundo Tundisi (2008), a água natural contém inúmeras substâncias dissolvidas, por isso, apresenta característica bastante complexa. Os constituintes da água são resultantes dos processos químicos e da interação entre os ambientes aquático e terrestre. Dessa forma, para compreender as características físicas e químicas da água de um determinado ambiente, é necessário o monitoramento das características das variáveis limnológicas e sua interação com o uso do solo.

De acordo com Nascimento *et al.* (2012), para que ocorra um adequado gerenciamento da bacia hidrográfica, além dos estudos de erosão, assoreamento e desmatamento, é preciso realizar análises físico-químicas e biológicas a fim de apontar os riscos de contaminação.

Portanto, para a detecção dos impactos causados pelo uso e ocupação do solo, é preciso realizar as análises dos parâmetros limnológicos. Os parâmetros físicos e químicos mais utilizados são: pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, turbidez, temperatura da água, DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), DQO (Demanda Química de Oxigênio), fosfato, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato (ESTEVES, 2011).

De acordo com a CETESB (2008):

“O pH é uma medida do grau de acidez ou alcalinidade da água, sendo 7 o pH neutro. Valores acima de 7 (até 14) indicam o aumento do grau de alcalinidade e, abaixo de 7 (até 0) o aumento do grau de acidez do meio. Algumas substâncias têm seus efeitos tóxicos atenuados em pHs extremos”.

Segundo Esteves (2011), em relação ao pH, é observado uma estreita interdependência entre as comunidade vegetais, animais e o meio aquático. Sobre as comunidades aquáticas, o pH atua diretamente nos processos de permeabilidade da membrana celular, podendo interferir no transporte iônico intra e extracelular e entre os organismos e o meio. Portanto, as comunidades aquáticas podem interferir nos valores de pH do meio de diversas formas, como por exemplo, na assimilação do gás carbônico pelo processo de fotossíntese, podendo elevar o pH do meio aquático.

De acordo com Bariani (2012), águas com valores de pH não neutros podem afetar a vida aquática. Oliveira e Goulart (2000), afirmam que o equilíbrio do pH é fundamental para a fisiologia dos peixes, por isso, as variações nos valores podem afetar suas habilidades em relação à ocupação dos habitats.

A diminuição do pH no ambiente, além de provocar a morte das espécies, pode apresentar vários efeitos indiretos sobre a comunidade aquática. Pode-se destacar alguns efeitos de águas ácidas sobre a saúde dos peixes de água doce, com destaque para: a) redução no potencial reprodutivo em função da falta no metabolismo do cálcio e a ausência de deposição de proteínas; b) danos às brânquias; c) perda de sal corpóreo; d) redução da capacidade da hemoglobina no transporte de oxigênio entre outros² (OLIVEIRA E GOULART* (2000)).

² Fromm, P.O. **A review of some physiological and toxicological responses on freshwater fish to acid stress.** Environ. Biol. Fish., 5(1):79-93, 1980.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece que as águas das classes Especial, Classes I e II devem apresentar pH na faixa entre 6,0 e 9,0. Os valores abaixo do estabelecido pela legislação podem provocar a mortandade dos peixes, enquanto os pHs alcalinos (na faixa de 9,0 e 10,0) podem ser extremamente prejudiciais ao sistema aquático e à biota.

Outro parâmetro muito importante nos estudos limnológicos e limitante para a manutenção da vida aquática, a qualidade das águas dos corpos hídricos e os processos de autodepuração é o oxigênio dissolvido (OD). Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio (O_2) é um dos gases mais importantes na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos, tendo como principais fontes de oxigênio para a água a atmosfera e a fotossíntese. Por outro lado, as perdas são o consumo pela decomposição de matéria orgânica, perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e a oxidação de íons, como o ferro metálico e o manganês (ESTEVES, 2011).

Esteves (2011) afirma que a solubilidade do oxigênio na água, assim como de todos os gases, depende de dois principais fatores: temperatura e pressão. A elevação da temperatura e diminuição da pressão provocam a redução e solubilidade do oxigênio em água.

A ação direta da temperatura sobre os organismos aquáticos baseia-se na Regra de Van T'Hoff. Segundo esta regra, a elevação da temperatura das soluções em até $1,0^\circ C$ pode duplicar ou triplicar a velocidade das reações. Este aumento na velocidade das reações pode implicar na rapidez da decomposição de matéria orgânica morta (detrito orgânico) e no consumo de oxigênio (ESTEVES, 2011).

Segundo a CETESB (2015), a temperatura da água é um dos fatores ecológicos mais importantes para a comunidade aquática. Em geral, para cada espécie existem faixas de temperaturas ótimas para o desenvolvimento e alimentação para os animais aquáticos, podendo ser diferentes nas fases adulta e jovem. Ainda, de acordo com a CETESB (2015), pode-se descrever os efeitos da temperatura nos ecossistemas aquáticos:

- **Altas temperaturas:** Poucas espécies resistem às temperaturas elevadas, acima dos $35^\circ C$, pois estão associadas à diminuição nos teores de OD no meio

e, também, ao aumento na taxa respiratória. Além de afetar o metabolismo dos peixes, diminuindo a afinidade da hemoglobina pelo oxigênio. Essas condições podem resultar na morte dos peixes por asfixia.

- **Baixas temperaturas:** As baixas temperaturas também causam a morte de peixes, além de provocar o enfraquecimento dos organismos pela diminuição da produção do muco protetor da pele, facilitando assim, o ataque de parasitas, podendo, inclusive, levar as espécies à morte.
- **Choques térmicos:** As variações bruscas de temperatura são estressantes para os peixes (levando-os geralmente à morte), sobretudo para peixes em estágios mais jovens e mais sensíveis. Pelo fato de serem organismos de sangue frio, os peixes não tem a capacidade de regular a temperatura corpórea e necessitam de um tempo de adaptação e aclimatação quando ocorrem alterações repentinas na temperatura do ambiente.

Durante a degradação da matéria orgânica, as bactérias utilizam o oxigênio nos processos respiratórios, podendo causar a diminuição do OD na superfície dos corpos d'água. A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece um valor mínimo de OD de 5 mg/L para a preservação da vida aquática.

Além dos parâmetros citados acima, outra variável importante é a condutividade elétrica, que segundo a CETESB (2008):

“É a expressão numérica da capacidade de uma solução conduzir corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e pode indicar a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, pode representar uma medida indireta da concentração de poluentes.”

Sendo assim, a condutividade elétrica é capaz de medir a quantidade de sais na água e, segundo Bariani (2012), pode expressar a degradação dos ambientes sob interferência antrópica. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, os níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados. Segundo a CETESB (2008), a condutividade elétrica fornece uma boa indicação das modificações na composição da água, principalmente na concentração mineral. Os índices de condutividade elétrica

umentam à medida que são adicionados sólidos dissolvidos e os valores mais altos indicam características corrosivas da água.

Já a turbidez, segundo a CETESB (2008), é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a água (podendo se dar pela absorção e pelo espalhamento) devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas e detritos orgânicos.

Um dos principais responsáveis pelo aumento na turbidez são os despejos de esgotos domésticos e efluentes industriais nos corpos hídricos. A alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação submersa e das algas e isso pode suprimir a produtividade dos peixes, influenciando nas comunidades biológicas aquáticas (CETESB, 2008). Na Resolução CONAMA nº 357/2005 são estabelecidos os valores máximos de turbidez de acordo com a classificação dos corpos hídricos. Para os rios de Classe II, como é o caso do Ribeirão Cafezal, a legislação estabelece o valor máximo de 100 NTU.

Além destes parâmetros citados, a análise de nitrogênio e fósforo tem grande importância para a análise da qualidade da água em riachos.

3.4 ANÁLISE DE INDICADORES BIOLÓGICOS

O processo de crescimento e desenvolvimento das áreas urbanas vem provocando fortes alterações nos ecossistemas aquáticos. Muitos rios, córregos, lagos e reservatórios estão sendo impactados e pressionados devido às atividades antrópicas (GOULART, 2003). De acordo com este autor, como consequência desta urbanização, é possível observar a queda na qualidade das águas e perda de biodiversidade aquática em função da desestruturação do ambiente e a conseguinte alteração da dinâmica natural das comunidades biológicas.

Segundo Callisto (2004), o *status* de qualidade ambiental de um ecossistema depende de variáveis físico-químicas e biológicas. Os métodos físico-químicos quando associados aos biológicos permitem uma caracterização mais completa do ambiente. Como forma de monitoramento biológico, alguns grupos específicos de peixes, macroinvertebrados bentônicos, protozoários, ciliados e algas têm sido selecionados e utilizados em diversos métodos de avaliação ambiental (ROSENBERG E RESH, 1993).

Domingos (2006) conceitua bioindicadores como espécies de organismos vivos com características que favorecem a avaliação da vitalidade de um determinado ecossistema. O autor ressalta que alguns fatores devem ser considerados na escolha de uma espécie como bioindicadora em um determinado estudo:

- 1) A espécie deve ser representativa na área estudada;
- 2) Deve possuir hábitos preferencialmente sedentários ou com baixa mobilidade;
- 3) Deve ser de fácil identificação e amostragem em todas as estações do ano;
- 4) O tamanho do animal deve ser o suficiente para garantir as análises.

De acordo com Queiroz *et al.* (2000), há diversas vantagens em se utilizar indicadores biológicos da qualidade de água com relação aos parâmetros físico-químicos, tais como, a rapidez e eficiência na obtenção de resultados, a relação custo-benefício e a avaliação da qualidade da água nos locais de coleta.

O monitoramento biológico tem sido realizado principalmente pela aplicação de protocolos de avaliação e índices biológicos, tendo como base a utilização de bioindicadores de qualidade de água e habitat. Segundo Goulart (2003), os principais métodos envolvidos abrangem o levantamento e avaliação de alterações na riqueza de espécies e índices de diversidade, abundância de organismos e medidas de produtividade primária e secundária.

3.4.1 Utilização de peixes como indicadores de impactos ambientais

O constante crescimento populacional nas proximidades de ambientes aquáticos tem feito com que, a cada dia, as populações naturais de peixes estejam expostas às águas contaminadas. Por este motivo, segundo Soares *et al.* (2011), nos últimos anos, os peixes tem sido utilizados como indicadores de qualidade dos ecossistemas. As comunidades de peixes podem auxiliar no diagnóstico ambiental da área analisada pois disponibilizam informações sobre o ciclo de vida das espécies. Além disso, estas espécies possuem fácil identificação quando encontradas em situações críticas.

Santos (2007) afirma que a ictiofauna é útil como indicadora de alterações ambientais por diversos motivos. Primeiramente, as diferentes tolerâncias aos fatores físicos, químicos e biológicos permitem que muitas espécies possam indicar eventuais alterações nos ecossistemas. De acordo com Lopes (2006), os peixes expostos à

poluição tem o crescimento retardado, maturam mais tarde, possuem gônadas pequenas, apresentam baixa fertilidade, além de apresentarem machos sem características sexuais e fêmeas com interferência no tamanho dos ovos. Os indícios de poluição e de ações antrópicas no ambiente também podem promover a redução no número de espécies e o aumento na densidade de espécies resistentes a estes impactos (SANTOS, 2007), as quais tendem a dominar nesses ambientes submetidos a *stress* ambiental.

Malabarba *et al.* (2004) estabeleceram alguns critérios para que uma espécie de peixe possa ser considerada um organismo indicador biológico em potencial, como ser residente (não apresentar migração trófica ou reprodutiva), apresentar displasias e/ou tumores externamente detectáveis nos tecidos analisados e ser uma espécie constante nas análises, ou seja, ter ocorrência em 50 a 100% das amostras analisadas.

3.4.2 Estrutura e dinâmica da assembleia de peixes em riachos

Estudos recentes sobre a ecologia de comunidades tem mostrado que as comunidades locais são determinadas por processos que agem em diversas escalas temporais e espaciais³ (SÚAREZ*, 2008). Oliveira e Goulart (2000) enfatizam que os padrões espaciais e temporais destas comunidades são resultados de complexos relacionamentos ecológicos entre as espécies, sendo limitados pelas características de cada ecossistema e pela sua composição.

A ictiofauna de riachos tem sido interpretada de acordo com a composição e/ou a diversidade de espécies, bem como através de padrões de distribuição que refletem a disponibilidade de recursos ambientais e/ou as interações biológicas entre as espécies desta comunidade (SÚAREZ E LIMA-JÚNIOR, 2009; MIRANDA & MAZZONI, 2009).

Assim, a assembleia de peixes tem sido descrita como resultado, principalmente, de restrições biogeográficas e hidrológicas, combinadas com as preferências similares ambientais de cada espécie, com pouca influência das interações biológicas (SÚAREZ E LIMA-JÚNIOR, 2009). Por isso, de acordo com Oliveira e Goulart (2000), é de suma

³ HEINO, *et al.* **Ecological filters and variability in stream macroinvertebrate communities: do taxonomic and functional structure follow the same path?** *Ecography* 30(2): 217-230. 2007.

importância conhecer as origens evolutivas e as tendências na distribuição das espécies em uma assembleia local ou uma fauna regional, assim como os eventos geológicos e climáticos que foram responsáveis pela modelagem deste ambiente ao longo do tempo.

Segundo Oliveira e Goulart (2000), a distribuição espacial de peixes depende fundamentalmente de seus requerimentos fisiológicos e comportamentais aliados à disponibilidade de habitats. Dessa forma, fatores como parâmetros físico-químicos, complexidade do habitat, competição e predação são considerados reguladores da distribuição da ictiofauna.

Matthews (1998) afirma que a compreensão da estrutura das assembleias de peixes depende do entendimento de quatro fatores: 1) Zoogeografia dos grupos baseada na evolução dos principais grupos de peixes; 2) Fenômenos abióticos locais; 3) Auto-ecologia dos indivíduos, revelando as características próprias de cada espécie e; 4) Dinâmica das interações bióticas entre as espécies, tais como, competição, predação e parasitismo.

Os parâmetros físico-químicos como os valores de pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e temperatura da água, segundo Trindade (2008), são variáveis que influenciam diretamente a distribuição das espécies. Para Casatti *et al.* (2006), a qualidade física do habitat pode influenciar na disponibilidade de áreas para alimentação, abrigo e reprodução, além de afetar a diversidade da biota e a abundância das espécies.

Segundo Caramaschi *et al.* (1999), rios e riachos são ambientes lóticos, com fluxo unidirecional, e apresentam características que podem ser alteradas ao longo do seu curso, influenciando fortemente a composição das comunidades aquáticas. Além disso, a vegetação presente no entorno do rio exerce dois tipos de influência sobre a disponibilidade de recursos: sombreamento do leito do riacho (provocando a redução de algas e outras macrófitas) e a perda de folhas que contribui com o suprimento alimentar das espécies (AGUIAR, 2006). Townsend *et al.* (2006) afirma que ambientes mais heterogêneos podem acomodar mais espécies, pois apresentam maior número de micro-habitats que tendem a estar associados a maiores variações de microclimas.

Aguiar (2006) ressalta que ao longo do gradiente longitudinal, os processos a montante dos rios determinam os da jusante, causando alteração na paisagem e, principalmente, na estrutura alimentar destas espécies, com implicações na

heterogeneidade e disponibilidade de recursos. Além deste fator, algumas espécies podem ocorrer mais em uma comunidade do que em outra devido à maior quantidade de recursos disponíveis (TOWNSEND *et al.*, 2006).

3.5 ECOLOGIA DA PAISAGEM

Segundo Ferraz e Vettorazzi (2003), com o processo de desenvolvimento das cidades, a “paisagem natural” vem sendo substituída pela “paisagem urbana e rural”. As diversas mudanças nesta paisagem têm causado diversos impactos ambientais que podem ser avaliados pelas alterações na relação da paisagem com os parâmetros físicos, químicos e biológicos. No presente estudo assume-se estrutura da paisagem como o conjunto de elementos que compõe uma determinada área geográfica, formando um mosaico interativo no espaço e ao longo do tempo.

A ecologia da paisagem estuda a estrutura, o desenvolvimento e a dinâmica da heterogeneidade espacial, as interações temporais e espaciais ao longo de paisagens heterogêneas, as suas influências sobre os processos bióticos e abióticos, bem como o seu manejo⁴ (ODUM E BARRETT*, 2013). Segundo Odum e Barrett (2013), a ecologia da paisagem é um campo de estudo que liga a teoria ecológica com a aplicação prática. Os princípios e conceitos da ecologia da paisagem ajudam a fornecer os embasamentos teórico e empírico necessários para a compreensão de uma variedade de ciências aplicadas.

De uma forma bem simples, a Ecologia é definida pelo Odum e Barrett (2013) como a ciência que estuda as interações dos organismos entre si e com seus ambientes. Essas interações envolvem diversos processos que variam no espaço e ao longo do tempo e, com os quais, os ecossistemas se relacionam.

De acordo com Martins *et al.* (2004), o termo paisagem pode apresentar duas possíveis etimologias, com dois significados principais: de coleção de territórios e de resultado de ação no território. O primeiro significado apresenta uma conotação de diferenciação das características dos territórios que podem ser agrupados em coleções

⁴ Risser, P.G., Karr, J.R. & Forman, R.T.T. 1984. **Landscape ecology, directions and approaches.** Illinois Natural History Surveys. Special Publications, 2: 1-18.

ou classes de terra, já o segundo significado, indica uma conotação de transformação dos territórios por meio da ação de processos dinâmicos. Em síntese, existem diversos sentidos etimológicos para a palavra paisagem em relação à região, terra, território. Cientificamente, o termo paisagem é definido como o espaço de terreno que se abrange num lance de vista e, também, como uma pintura, gravura ou desenho que representa uma paisagem natural ou urbana (MARTINS *et al.*, 2004).

Na definição de Lima e Queiroz Neto (1997), paisagem é um sistema onde todos os fatos ambientais interagem entre si e funcionam organizados no espaço. É compreendida como uma entidade natural que reúne atributos litológicos, geomorfológicos, topográficos, sociais e econômicos. De acordo com Refusco (1996), a ecologia da paisagem é uma ciência que trabalha com três características do espaço geográfico:

- **Estrutura:** Elementos constituintes dos ecossistemas, e suas relações com a distribuição de energia, materiais e espécies em relação às dimensões, formas, número, tipo e configuração dos ecossistemas (CASIMIRO, 2000);
- **Funcionamento:** Interações entre os elementos espaciais, ou seja, nos fluxos de energia, ciclagem de matéria e seus efeitos sobre as espécies dentro da paisagem e;
- **Alterações / Mudanças:** Modificações observadas na estrutura e nos fluxos do mosaico ecológico ao longo do tempo.

Segundo Rocha (1995), os ecossistemas e paisagens são sistemas abertos, pois podem ser caracterizados pela troca de matéria e energia com as suas superfícies. Os diferentes fluxos de energia, representados pelos agentes transformadores da paisagem, atuam em escalas espaciais e temporais variáveis. O mesmo autor ainda ressalta que a distribuição dos fluxos energéticos resulta em diferenças e semelhanças entre as superfícies consideradas, tendo assim, uma relação entre a unidade e o todo. Casimiro (2000) afirma que os padrões espaciais e temporais apresentados pelos elementos da paisagem influenciam fortemente as características ecológicas de uma determinada área geográfica.

Assim, a ecologia da paisagem proporciona uma base científica para projetos, planejamentos, manejo, proteção, conservação e restauração de ecossistemas, além de

fornecer o alicerce para o manejo do ambiente natural e do solo utilizados pelo homem em escala local e regional (ODUM E BARRETT, 2013).

3.6 ANÁLISE DOS DADOS DA ASSEMBLEIA DE PEIXES

A estrutura da assembleia de peixes pode ser analisada a partir de parâmetros como riqueza, equitabilidade e diversidade de espécies, bem como, as relações de abundância-biomassa das espécies coletadas. A diversidade de espécies em qualquer um dos níveis dos sistemas ecológicos é dividida em dois componentes principais: i) Riqueza de espécies; e ii) Abundância relativa. A seguir, estão descritos cada um desses dos componentes, incluindo as equações utilizadas para caracterizá-los.

3.6.1 Riqueza de Espécies

O componente riqueza de espécies pode ser definido como o número de espécies por unidade de espaço. Segundo Magurran (2004), existem dois métodos para estimar a riqueza de espécies:

- Riqueza numérica de espécies: definida como número de espécies pelo número de indivíduos específicos ou biomassa;
- Densidade de espécies: definida como o número de espécies por unidade de área específica.

Segundo a mesma autora, existem vários índices que normalizam a riqueza de espécies (S) em relação ao tamanho da amostra (N). Os mais utilizados são o Índice de Margalef e o Índice de Menhinick, determinados, respectivamente, de acordo com as equações (1) e (2):

$$D_{Mg} = \frac{(S - 1)}{\ln N} \quad (1)$$

e

$$D_{Mn} = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (2)$$

3.6.2 Abundância Relativa

Segundo Ricklefs (2010), a abundância relativa de uma espécie é sua proporcionalidade dentro de uma amostra ou comunidade que abriga outras diversas espécies. Esse fator permite identificar quais espécies são dominantes e quais são raras no sistema ecológico. Se em uma comunidade natural, composta por várias espécies, o número de indivíduos é aproximadamente o mesmo em cada, podendo classificá-la como de alta uniformidade ou equitabilidade. Caso existam espécies dominantes, essa comunidade é classificada como de baixa uniformidade.

Algumas medidas combinam riqueza de espécies (S) com a variação nas abundâncias das espécies em um método denominado equalização de espécies (MAGURRAN, 2004). Uma dessas medidas é conhecida como índice de Simpson (D') que é descrito pela equação (3):

$$D' = \sum p_i^2 \quad (3)$$

onde, p_i é a proporção de indivíduos na amostra que pertence à espécie i ;

Assim, γ é a somatória da proporção quadrada de cada espécie na amostra, isto é, a probabilidade de que quaisquer indivíduos retirados aleatoriamente da amostra serão da mesma espécie. O índice de Simpson varia de 0 a 1, onde valores próximos a 1 (um) indicam forte dominância e baixa diversidade.

Outra medida bastante usual para calcular abundância de espécies é denominada índice de Shannon (H'). Esse índice é calculado pela equação (4):

$$H' = - \sum P_i \log P_i \quad (4)$$

onde, P_i é a proporção dos indivíduos pertencentes à espécie i . Quanto maior o valor do índice de Shannon maior é a diversidade. Após calculado \bar{H} , a uniformidade (e) da comunidade é determinada por:

$$e = \frac{\log S}{\bar{H}} \quad (5)$$

Em situações em que não se conhece o número de indivíduos por espécie, a biomassa pode ser usada para determinar esse índice.

No levantamento da diversidade de uma comunidade é importante considerar os componentes riqueza de espécies e abundância relativa, pois, por exemplo, dois sistemas ecológicos podem ter a mesma riqueza porém, serem muito diferentes entre si devido à diferença na abundância de indivíduos em cada espécie.

3.7 GEOPROCESSAMENTO E SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

De acordo com Lang e Blaschke (2009), a análise da estrutura da paisagem, definida pelo conjunto de elementos que compõem uma determinada área geográfica formando um mosaico interativo no espaço e ao longo do tempo, depende de ferramentas computacionais e métodos para o processamento de informações geográficas interativas. Câmara e Davis (2001) e Fitz (2008b) descrevem Geoprocessamento como um conjunto de tecnologias fundamentadas em técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas que possibilitem a manipulação, análise e simulação de modelos e com aplicações em áreas como a Cartografia, Transportes, Planejamento urbano e Ecologia da Paisagem.

Pode-se definir um Sistema de Informação Geográfica (SIG) como o sistema constituído por programas computacionais para o Geoprocessamento que permitem realizar análises de grande complexidade, com a finalidade de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar bancos de dados georreferenciados (CÂMARA e DAVIS, 2004). Os SIGs são estruturados a partir de uma interface ligada à entrada e integração de dados, consulta e análise espacial, além da visualização e plotagem. De acordo com Fitz (2008b), o SIG é constituído por *hardware*, *software*, dados e interface com o usuário. Dentre as funções de um SIG, pode-se destacar a aquisição e edição de dados, gerenciamento do banco de dados, análise geográfica e representação de dados.

Segundo Mattikalli *et al.* (1995), os SIGs estão sendo usados numa ampla faixa de aplicações ambientais que envolvem integração e análise de grande quantidade de dados espaciais em diferentes escalas. Os SIGs são muito eficazes na elaboração de

mapas, como suporte para análise espacial de fenômenos e como banco de dados geográficos com funções de armazenamento e recuperação de informações espaciais.

3.8 SENSORIAMENTO REMOTO

O termo sensoriamento remoto surgiu na década de 1960 e foi definido como a aquisição de informações geográficas sem contato físico com os objetos (NOVO, 2008). Com o passar dos anos, as técnicas se desenvolveram, permitindo que o sensoriamento remoto utilize sensores com o objetivo de estudar o meio terrestre através do registro e análise de interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta.

Novo (2008) define sensoriamento remoto da seguinte forma:

“Sensoriamento remoto é a utilização de um conjunto de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra, a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que a compõem em suas mais diversas manifestações.”

O sensoriamento remoto é uma técnica muito útil, pois apresenta funções que conferem a manutenção do equilíbrio ecológico. Neste sentido, esta técnica auxilia os estudos ambientais, pois proporciona maior facilidade de compreensão dos impactos ambientais, principalmente quando comparados às imagens de satélites de épocas anteriores, criando assim, subsídios para a elaboração de soluções possíveis de recuperação de áreas e, também, ações que impeçam a degradação da cobertura vegetal de uma determinada área (SILVA e BARBOSA, 2013).

No presente estudo será analisada a interferência da urbanização, avaliada a partir do uso e ocupação do solo da bacia do Ribeirão Cafezal, sobre as suas características limnológicas e ictiológicas, aplicando técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto.

3.8.1 A Radiação Eletromagnética

Jensen (2009) diz que a maioria dos dados de sensoriamento remoto coletados para aplicações em estudo utilizando recursos naturais é o resultado dos sensores que registram a energia eletromagnética (REM). Como a radiação eletromagnética não necessita de um meio para se propagar, pois é definida como uma energia que se move na forma de ondas eletromagnéticas à velocidade da luz, estes sensores podem ser dispostos a longas distâncias dos objetos de estudo. Assim, para Novo (2008), o principal meio para a aplicação do sensoriamento remoto em estudos ambientais é o uso de sensores de radiação eletromagnética.

Segundo Fitz (2008a), o sol é a fonte natural mais importante de radiação eletromagnética (REM). Ao interagir com a superfície terrestre, parte dela é refletida para a atmosfera, que a captura através de sensores acoplados em satélites artificiais em órbita (Figura 3).

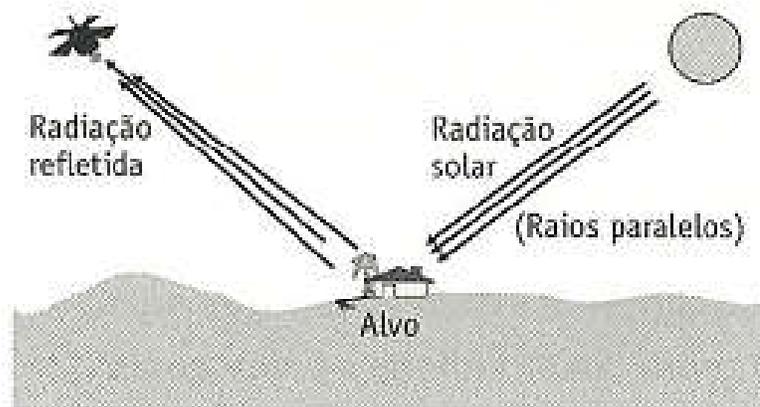


Figura 3 - Reflexão da energia solar por um alvo.

Fonte: Fitz (2008a).

Segundo Meneses e Almeida (2012), a REM é dividida em regiões espectrais denominadas espectro eletromagnético que se estende dos comprimentos de onda dos raios cósmicos (ondas curtas) aos comprimentos de corrente alternada (ondas longas).

Algumas das principais faixas definidas dentro do espectro eletromagnético são conhecidas por faixas de ondas de rádio e TV, faixas de micro-ondas, faixa do infravermelho, faixa do visível, faixa do ultravioleta (UV), raios X, raios gama e raios cósmicos.

De acordo com Meneses e Almeida (2012), é de fundamental importância que os usuários de sensoriamento remoto saibam quais comprimentos de onda são potencialmente detectáveis pelos sensores, pois nem todas as faixas espectrais são utilizadas para a obtenção de dados. Em algumas faixas do espectro, há interferência da opacidade da atmosfera, o que dificulta a coleta de dados, uma vez que a faixa de luz visível da radiação solar corresponde à faixa onde a atmosfera é relativamente transparente.

3.8.2 Sensores Remotos

Sensores remotos são equipamentos eletrônicos, a bordo de satélites ou aeronaves, que tem a função de converter a energia oriunda dos objetos em registros na forma de imagens, gráficos ou dados numéricos (NOVO, 2008). De acordo com Fitz (2008b), os sensores podem ser classificados quanto à origem da fonte de energia e podem ser ativos ou passivos. Os sensores ativos são os que possuem fonte de energia própria, já os passivos não possuem fonte própria de energia e necessitam de fontes externas para a captação da reflexão dos alvos, como por exemplo, a energia solar.

Outra forma de classificação proposta por Fitz (2008b) se dá em função do produto gerado, assim, os sensores são classificados como *não-imageados* (que traduzem os dados coletados sob a forma de gráficos e diversos dados digitais) e *imageados* (que traduzem a informação coletada na forma de uma imagem, semelhante a uma fotografia).

3.8.3 Classificação da Imagem de Sensoriamento Remoto

De acordo com Meneses e Sano (2012), o sensoriamento remoto tem entre seus principais objetivos a extração das informações contida nas imagens e sua codificação em documentos que possam ser lidos em forma de tabelas, gráficos ou mapas. Para extrair estas informações é preciso estabelecer métodos de análises que possam ser reaplicados por qualquer analista na interpretação do significado do dado.

O processo de classificação multiespectral consiste em atribuir cada *pixel* de uma imagem a uma das classes pertencentes. Esta atribuição pode ser feita tendo como base as observações no *pixel* em si e na sua vizinhança (BELUCO, 2002). Este tipo de classificação é utilizada na elaboração de mapas temáticos e, para isto, são utilizados diversos métodos como forma de classificação, podendo ser supervisionados ou não supervisionados, *pixel a pixel* ou por regiões.

3.8.3.1 Classificação Supervisionada

De acordo com Fitz (2008b), a classificação supervisionada diz respeito ao método que faz uso da capacidade interpretativa do analista, ou seja, é essencial que o profissional tenha conhecimento da área a ser estudada.

Alguns aspectos devem ser avaliados pelo analista responsável pelo estudo: a escolha do melhor conjunto de bandas espectrais para a área de interesse; a determinação da relação entre o tipo de objeto e o nível digital das bandas escolhidas; a extrapolação desse relacionamento para a cena; e a avaliação da precisão da classificação realizada (NOVO, 2008).

Em outras palavras, a classificação será realizada a partir da escolha de áreas ou polígonos representativos ou de treinamento na imagem e servirá como base para a sua padronização (FITZ, 2008b).

Segundo Fitz (2008b), existem alguns métodos utilizados na classificação supervisionada, denominados como o Método do Paralelepípedo, Método da Distância Mínima e o Método da Máxima Versossimilhança. O Método da Máxima Versossimilhança ou também chamado de MAX-VER, baseia-se na escolha de áreas que possam ser representativas de determinadas feições conhecidas. Neste método, são utilizadas a média e a covariância dos *pixels* amostrados e calcula-se a probabilidade de cada *pixel* externo a essas amostras pertencer a elas. É o método mais utilizado entre os métodos de classificação supervisionada (FITZ, 2008b).

4. METODOLOGIA

4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Londrina está localizado no Norte do Estado de Paraná, entre as coordenadas 23°08'47" e 23°55'46" de Latitude Sul e entre 50°52'23" e 51°19'11" de Longitude Oeste (PREFEITURA DE LONDRINA, 2014).

O Ribeirão Cafezal nasce no município de Rolândia/PR e é um dos principais responsáveis pelo abastecimento de água da cidade de Londrina/PR. De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, é classificado como um rio de Classe II.

Segundo Silva (2006), a bacia do Ribeirão Cafezal percorre os municípios de Londrina, Cambé e Rolândia, apresenta área de aproximadamente 20.617,7 hectares e situa-se entre as coordenadas 23°16'30" e 23°22'30" de Latitude Sul e 51°11'40" e 51°23'30" de Longitude Oeste (Figura 4).

O traçado delimitado pela linha tracejada na Figura 4 representa a delimitação da Bacia do Ribeirão Cafezal e seus afluentes. A área estudada é considerada uma sub-bacia do Ribeirão Três Bocas, afluente da margem esquerda do Rio Tibagi e é composta por 23 afluentes diretos, destacando-se os Ribeirões São Domingos, Pedroso, Unda do Salto, Ciclone e Esperança. Além disso, a bacia do Ribeirão Cafezal é composta por outros 17 ribeirões sem denominação conhecida e outros 10 afluentes indiretos distribuídos ao longo de sua extensão (SUGUIMOTO, 2002).

Ainda segundo Suguimoto (2002), da sua nascente localizada no município de Rolândia até a sua foz no Ribeirão Três Bocas, o Ribeirão Cafezal percorre cerca de 42 km, sendo 27,3 km até a captação, passando por uma paisagem que intercala áreas rurais e urbanas. Dessa forma, o Ribeirão Cafezal está inserido na bacia do rio Tibagi (alto rio Paraná).

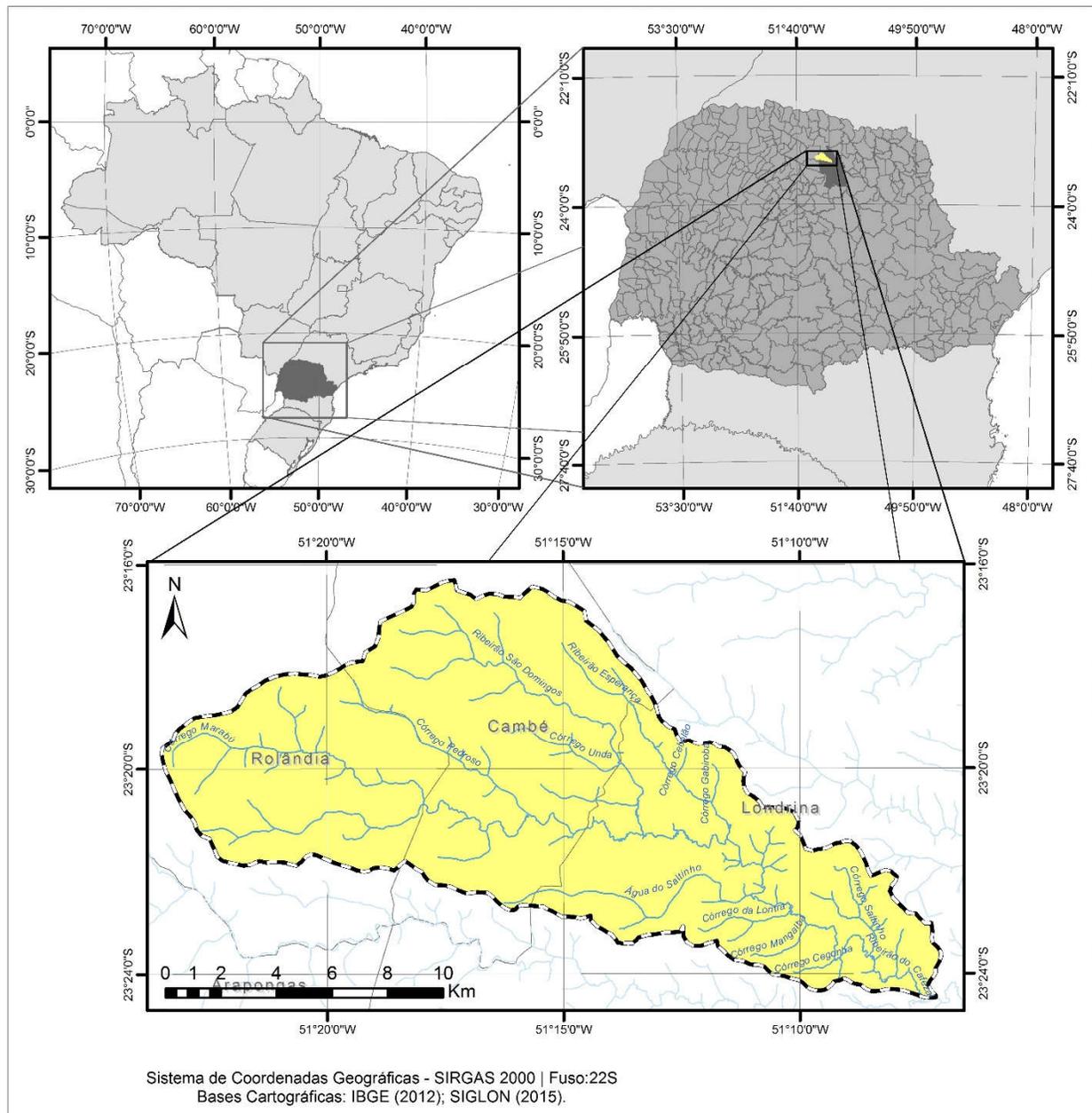


Figura 4 - Delimitação da bacia do Ribeirão Cafezal.

Fonte:Silva (2015).

4.2 AMOSTRAGEM DOS PEIXES E DOS DADOS LIMNOLÓGICOS

A amostragem dos peixes foi realizada em três pontos ao longo do trecho superior do Ribeirão Cafezal, nos Municípios de Rolândia e Londrina/PR (Figura 5). Foram realizadas quatro coletas trimestrais dos dados limnológicos e da estrutura da

assembleia de peixes, nos meses de Março, Junho, Setembro e Dezembro dos anos de 2013 e 2014.

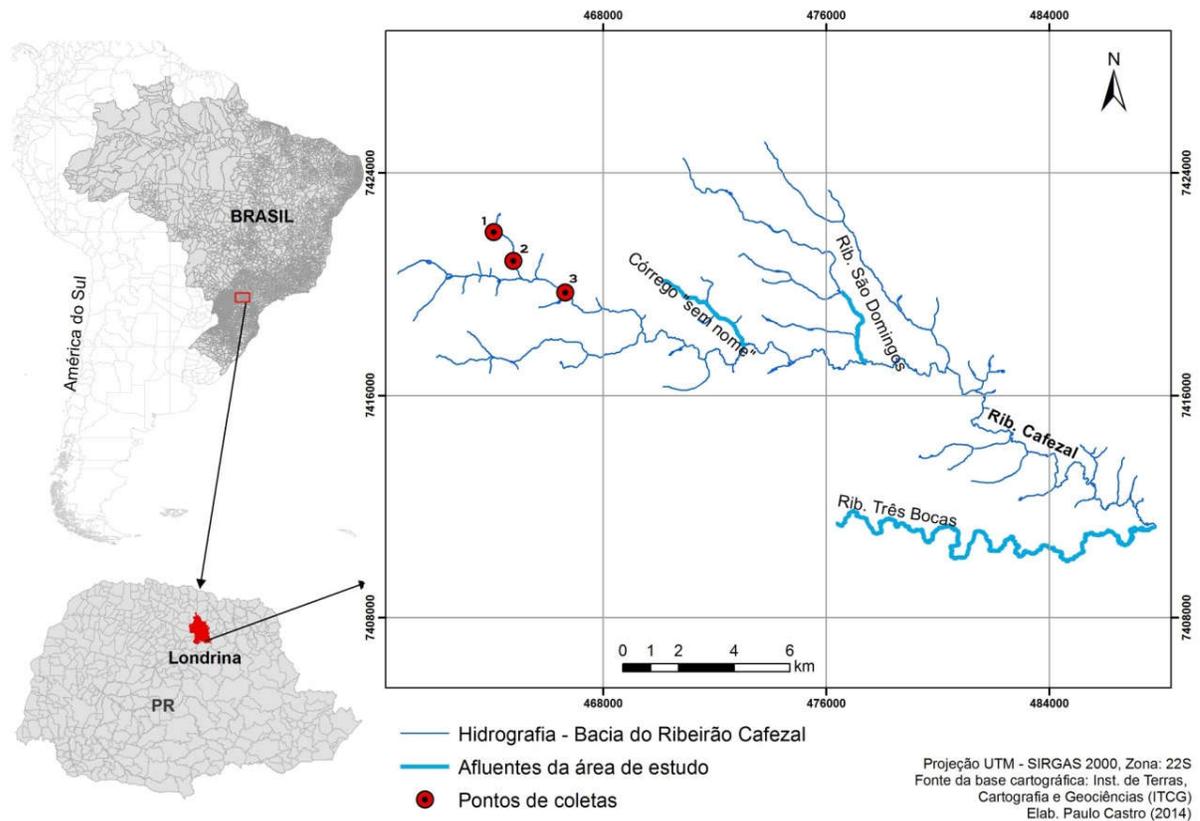


Figura 5 - Localização dos pontos de amostragem ao longo do trecho superior da Bacia do Ribeirão Cafezal.
 Fonte: Balestri (2015).

A escolha dos pontos de coleta levou em conta a proximidade destes com a área urbana, assim como, a acessibilidade aos locais selecionados. O Ponto 1 (Figura 6A), localiza-se próximo à nascente do Ribeirão na zona urbana da cidade de Rolândia, trata-se de um trecho arborizado, porém com elevada densidade de *Pinnus*, uma espécie exótica, no entorno. Este ponto apresenta registros de frequente disposição inadequada de resíduos oriundos de construção civil e forte entrada de águas pluviais, provavelmente associadas às áreas de erosão e assoreamento próximas ao trecho.

O Ponto 2 (Figura 6B) está localizado em uma área adjacente à cidade de Rolândia, às margens de uma rodovia estadual com forte fluxo de veículos. O local encontra-se intensamente assoreado e delimitado por uma floresta ciliar desestruturada. Por outro lado, o Ponto 3 (Figura 6C) fica localizado em uma área rural no Município de

Rolândia, inserida em uma matriz predominantemente agrícola com floresta ciliar e um longo trecho de corredeira.

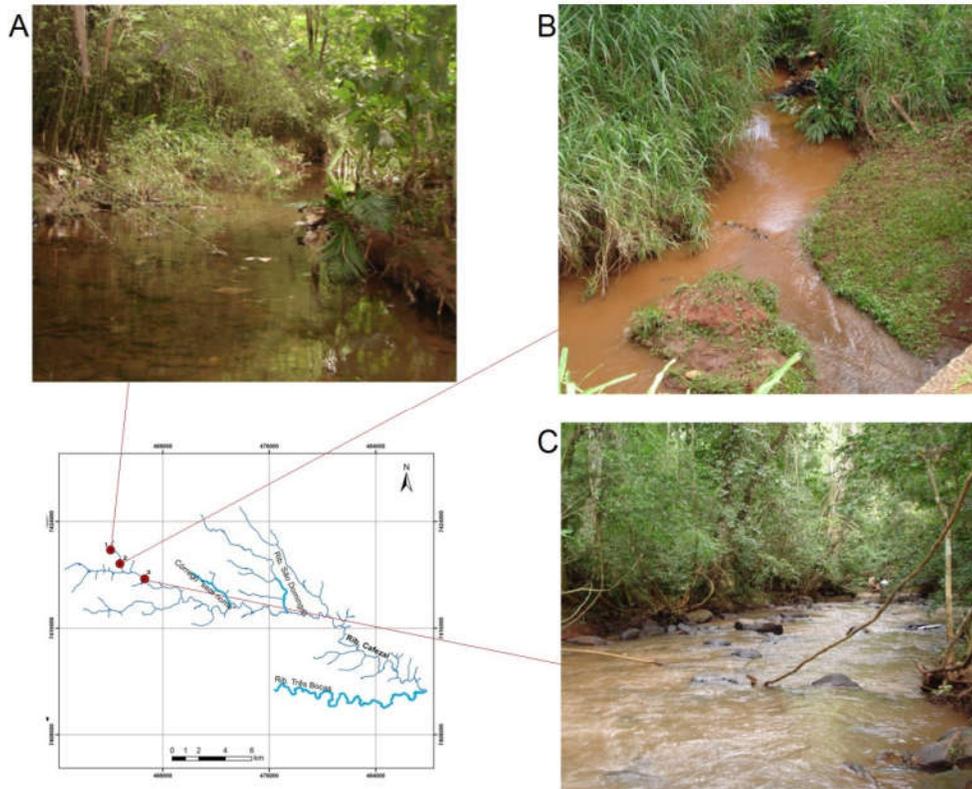


Figura 6: Localização dos pontos de coleta ao longo do trecho superior da Bacia do Ribeirão Cafezal.

Fonte: Balestri (2015).

As assembleias de peixes foram amostradas sob licença do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO, Licença permanente nº 28.113-1/2011) utilizando equipamentos de pescas convencionais (redes, tarrafas e puçás) e pesca elétrica (gerador portátil de corrente alternada, 2.5kW, 400V, 2A).

Segundo Gambarotto (2014), primeiramente, utilizou-se o método de pesca manual utilizando peneira, redinha e puçá, com esforço amostral de três pessoas por um tempo aproximado de 40 minutos em um trecho de 50 metros. Após a coleta manual, foi utilizado o método de pesca elétrica com gerador portátil de corrente alternada, 2,5 kW, 400V, 2A, no mesmo trecho percorrido pela coleta manual e aplicando o mesmo esforço, com o auxílio de uma rede de contenção multifilamentada com 2 mm entre-nós.

Após coletados, os espécimes foram fixados em formol 10% e posteriormente conservados em álcool 70%. No laboratório de Ecologia Teórica e Aplicada (LETA) da UTFPR - Londrina, as espécies foram identificadas e os indivíduos medidos (biomassa e comprimento total e padrão).

Segundo Gambarotto (2014), foram definidos três transectos aproximadamente equidistantes na área amostral de cada ponto, onde foram coletados os dados físico-químicos da água. Um conjunto de parâmetros foram estimados *in loco*, com equipamentos portáteis, tais como: oxigênio dissolvido (oxímetro portátil, Politerm, Modelo POL-60), pH (peagâmetro portátil TECNOPON, Modelo MPA210P), condutividade elétrica (condutivímetro portátil INSTRUTHERM, Modelo CD-860) e turbidez (turbidímetro portátil TECNOPON, Modele TB 1000P).

No laboratório, os indivíduos foram identificados por meio de chaves de identificação propostas por Graça e Pavanelli (2007) e contados para avaliação dos parâmetros de estrutura de assembleia de peixes: Abundância, Riqueza de Espécies (S), Equitabilidade (E), Índices de Diversidade de Shannon-Wiener (H') e Índice de Dominância de Simpson (D') (MAGURRAN, 2004). Para conservação das espécies, os indivíduos foram conservados em álcool 70% após a identificação e a contagem.

4.3 AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA ANÁLISE ESPACIAL

Para a elaboração das cartas de Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Ribeirão Cafezal foi utilizado o Sistema de Coordenadas SIRGAS 2000, fuso 22S com coordenadas planas em Universal Transversa Mercator – UTM, tendo como origem das coordenadas as linhas do Equador e Meridiano de Greenwich. As bases cartográficas foram obtidas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Projeto SIGLON, da Prefeitura Municipal de Londrina.

As imagens de satélite utilizadas foram obtidas do Landsat 8, satélite lançado em Fevereiro de 2013. O Landsat 8 é composto e operado por dois instrumentos de mapeamento, o *The Operational Land Imager* (OLI) e o *The Thermal Infrared Sensor* (TIRS). Os produtos OLI consistem de 9 bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros, resultando nas bandas de 1 a 9. A banda 8 é denominada Pancromática

e possui uma resolução de 15 metros. Já os produtos TIRS são faixas térmicas utilizadas para fornecimento de temperaturas de superfície mais precisas e os dados são coletados no pixel de 100 metros (EMBRAPA, 2015).

Foram utilizadas as bandas multiespectrais 3, 4, 5 e 6 além da banda 8 – Pancromática. As imagens têm data de 07 de Outubro de 2015, *Path 221, Row 076*. Para efeito de melhor qualidade, foram utilizadas também imagens do Google Earth com dimensões de 4800x3600 *pixels*, a fim de originar melhores visualizações dos dados de espelho d'água.

4.3.1 *Processamento das Imagens*

O processamento das imagens foi realizado utilizando o programa ArcGis for Desktop® Esri. Para o tratamento das imagens dos produtos do satélite Landsat 8 foram utilizadas aquelas obtidas a partir do sensor OLI.

Inicialmente realizou-se a composição colorida RGB, porém, como existem diversas combinações de cores utilizando bandas multiespectrais, neste caso, realizou-se a composição de duas cores, sendo a cor verdadeira (bandas 4, 3 e 2) e cor falsa (bandas 6, 5 e 4). Foi utilizada a ferramenta *Composite Bands*, encontrada dentro do *ArcToolBox – Data Management Tools – Raster – Raster Processing*. Foram utilizadas, também, duas cenas disponibilizadas pelo *Google Earth Pro* datadas de 24 de Junho de 2015 e que foram salvas em resolução máxima de 4800x3600 *pixels* com o intuito de se verificar melhor as classes representadas por corpos hídricos na imagem.

As imagens foram salvas e, posteriormente, foram introduzidas em um projeto SIG e, assim, foram georreferenciadas utilizando pontos coordenados através da ferramenta *Georeferencing*. Após a atualização geográfica realizou-se a união das imagens através da ferramenta *Mosaic to new raster*, dentro do *ArcToolBox – Data Management Tools – Raster – Raster Dataset*. Para obtenção de uma imagem em alta resolução, foi realizada a fusão da banda pancromática e as imagens georreferenciadas do *Google Earth*. Para isso, utilizou-se a ferramenta *Create Pan-Sharpned Raster Dataset*, encontrada no *ArcToolBox – Data Management Tools – Raster – Raster Processing*.

4.3.2 Classificação de Uso do Solo

Com as imagens compostas foi realizado um recorte das imagens dentro do perímetros da bacia hidrográfica do Ribeirão Cafezal e, dessa forma, foi possível obter a cena de interesse.

A classificação utilizada para a imagem do satélite *Landsat 8* foi do tipo Máxima Verossimilhança – Classificação Supervisionada – e, para isso, utilizou-se a ferramenta *Classification*. O processo para a classificação das imagens foi iniciado coletando as amostras das imagens, classificando-as em (1) Agricultura, (2) Solo nu, (3) Solo impermeabilizado e (4) Vegetação, utilizando a ferramenta *training sample manager*, gerando um arquivo de assinatura. Posteriormente foi utilizada a ferramenta *Maximum Likelihood Classification*, a qual faz a classificação da imagem por algoritmos que calculam a probabilidade de um *pixel* pertencer ou não à uma determinada classe ou a outra, levando em consideração a localização do mesmo segundo a distribuição espectral da classe, tendo como base de classificação a assinatura obtida.

Após a classificação, obteve-se um *raster*. Este tipo de classificação pode gerar ruídos, ou seja, uma má classificação de algumas áreas, assim, para se obter um resultado final coerente com a realidade, se fez necessária uma revisão manual da classificação, que só é possível com a transformação da imagem em um arquivo vetorizado.

A vetorização foi realizada pela ferramenta *raster to polygon*, encontrada dentro do *ArcToolBox – Conversions Tool*. Com a classificação no formato vetorial *shapefile*. A partir desse procedimento foi possível classificar manualmente os polígonos gerados, permitindo assim a correção dos valores onde a classificação supervisionada não obteve sucesso.

A imagem obtida, proveniente da fusão entre a banca pancromática e a imagem georreferenciada do *Google Earth*, foi utilizada para a obtenção dos espelhos d'água. Por ter uma resolução superior, possibilitou a geração de um arquivo vetorizado dos lagos e represamentos do curso dos rios dentro da bacia hidrográfica.

Tendo em mãos a classificação da imagem do satélite, foi utilizada a função *erase*, descontando as áreas do polígono vetorizado obtidas pela imagem de fusão. Isto

é importante para a quantização em porcentagem total da bacia. Assim, realizou-se a união do *shape* resultante do processo *erase* com o *shape* dos espelhos d'água, obtendo o resultado final da classificação de uso e ocupação do solo na bacia estudada.

Após realizar a elaboração da carta de uso do solo para toda a dimensão da bacia do Ribeirão Cafezal, foi realizada uma divisão da área seccionando-a com raios de 1 Km em torno de cada ponto de coleta dos dados limnológicos e da assembleia de peixes. Assim, foram geradas outras três cartas distintas com a classificação de uso e ocupação do solo para cada área seccionada a fim de obter uma melhor visualização das porcentagens de ocupação de cada ponto.

4.4 ANÁLISE DOS DADOS

A fim de testar as relações entre as unidades da paisagem relacionadas ao uso e ocupação do solo no Ribeirão Cafezal com os parâmetros limnológicos dos pontos analisados e os bióticos das assembleias de peixes foi calculado o Coeficiente de Correlação Linear de Pearson (r), e a partir deste, foram avaliados os parâmetros que se relacionam mais entre si, tanto positivamente quanto negativamente. A Correlação de Pearson foi calculada no software Statistica versão 7.1 (STATSOFT, 2005).

Os padrões de interação entre esses parâmetros foram avaliados pela Análise de Componentes Principais (PCA) com o objetivo de verificar o padrão de diversificação dos pontos amostrais em relação aos parâmetros espaciais, limnológicos e ecológicos da ictiofauna.

A PCA foi aplicada a partir da matriz de Correlação de Pearson composta pelas unidades da paisagem identificadas na bacia do Ribeirão Cafezal (solo nu, vegetação, espelho d'água, área impermeabilizada e agricultura), os parâmetros limnológicos dos pontos analisados (temperaturas médias da água, oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade elétrica e pH), além dos atributos relacionados à assembleia de peixes (riqueza, equitabilidade, diversidade, abundância média e biomassa média)

A Análise de Componentes Principais foi realizada no software PC-ORD Versão 5.0 para Windows (McCUNE E MEFFORD, 1999). A seleção dos eixos para interpretação da PCA foi realizada a partir do Modelo de Broken-Stick (JACKSON, 1993), que cria uma distribuição nula de autovalores para comparação com os autovalores

observados, dessa forma, selecionando os eixos que são significativamente diferentes daqueles gerados ao acaso (GOTELLI E ELLISON, 2004).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento do uso e ocupação do solo em toda a bacia do Ribeirão Cafezal está apresentado na Figura 7, a qual indica a distribuição das classes analisadas no presente estudo: agricultura, superfície de água, solo nu, ambiente impermeabilizado e cobertura vegetal. Observa-se que a maior parte da ocupação estritamente urbana ocorre principalmente na região norte da bacia hidrográfica (região com maiores coberturas de solo impermeabilizado), onde é possível identificar intensa interferência antrópica. Nessa região estão estabelecidas as áreas metropolitanas das cidades de Rolândia, Cambé e Londrina, que no total perfazem um contingente populacional de 702.844 habitantes (IBGE, 2015).

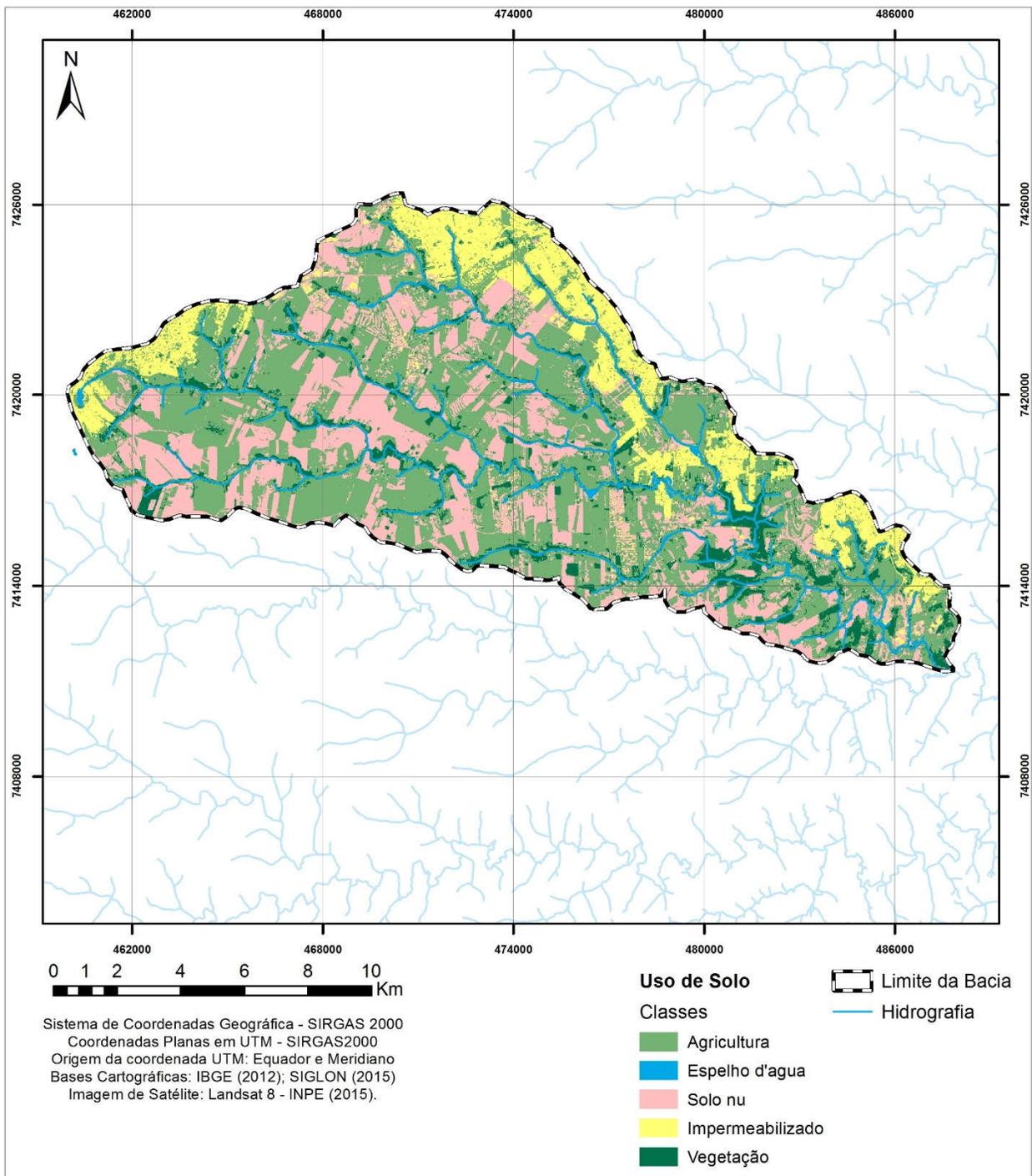


Figura 7: Carta temática de Cobertura do Solo da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal.
Fonte: Silva (2015).

A Tabela 1 apresenta os valores específicos das áreas e percentuais de cada uma das classes de uso e ocupação do solo em toda a bacia hidrográfica do Ribeirão

Cafezal. A maior parte da bacia está sendo explorada pela agricultura (50,85%), seguida pela área com solo nu (25,66%), o que denota se tratar de uma região essencialmente rural. A área de solo impermeabilizado correspondeu a 13,70% da bacia, o que representa um percentual relativamente baixo quando comparado a outras bacias eminentemente urbanas, como a bacia do Ribeirão Cambé, também localizada no Município de Londrina (Bacia do rio Tibagi, Alto rio Paraná) e que registrou cobertura média impermeabilizada de 61,50% (SQUIZZATO, 2014). As áreas de espelho d'água representaram cerca de 0,5% e, o fato de não haver uma porcentagem significativa se dá pela pequena porcentagem de vegetação, que são identificadas por áreas de vegetação ripária.

Tabela 1 - Área e percentuais das diferentes classes de uso e ocupação do solo na Bacia do Ribeirão Cafezal (Região Metropolitana de Londrina).

Classificação	Área (m²)	Ocupação da Bacia (%)
Agricultura	104.517.714,00	50,85
Espelho d'agua	1.212.251,74	0,59
Impermeabilizado	28.148.284,63	13,70
Solo nu	52.739.072,51	25,66
Vegetação	18.912.901,63	9,20
Área Total	205.530.224,5	100,00

Fonte:Silva (2015).

A despeito do valor relativamente menor da cobertura com solo impermeabilizado, a intensa ocupação urbana da região norte da bacia revelada pela Figura 7, pode indicar que a mesma esteja em franco processo de ocupação. Nesse contexto, é possível que a bacia esteja em fase de transformação, passando de uma paisagem mais rural para uma com perfil mais urbano. Estima-se que tal mudança nas caracterizações do uso e ocupação do solo e do espaço geográfico também apresente efeitos decorrentes das atividades associadas a esse desenvolvimento regional e que interfiram cada vez mais nas características originais da bacia ao longo do tempo.

Há indicativos de que o incremento da urbanização, em razão da necessidade de oferecer moradia e infraestrutura para as populações humanas, bem como de promover o desenvolvimento dos modos de produção, tende a criar áreas com superfícies impermeáveis (FARIA, 2005). Essas superfícies tendem a elevar o

escoamento superficial das águas pluviais nas cidades, carreando sedimentos para os sistemas aquáticos e alterando as suas estruturas e dinâmicas (VIEIRA E CUNHA, 2000). Esse processo pode ser acelerado com a supressão da vegetação ripária, pois, nesse caso, tende a aumentar o escoamento e reduzir a infiltração, intensificando as mudanças nas características físicas, químicas e biológicas desses ambientes. Sem a cobertura vegetal, os riachos ficam mais suscetíveis ao carreamento de sedimentos das áreas adjacentes, tornando-se assoreados e sofrendo alteração da sua composição química e da estrutura das comunidades aquáticas (RODRIGUES E LEITÃO-FILHO, 2009).

As Figuras 8 e 9 apresentam a delimitação de áreas específicas com 1 km de raio no entorno dos pontos de amostragem de dados limnológicos e da ictiofauna do Ribeirão Cafezal. A Figura 8 revela a distribuição das áreas em torno dos pontos de amostragem 1, 2 e 3 no contexto da bacia do Ribeirão Cafezal, evidenciando que as áreas estudadas estão localizadas no trecho superior da bacia, aonde o Ribeirão varia de 1ª a 2ª ordem. Por outro lado, a Figura 9 mostra as mesmas áreas de análise, porém com detalhamento do uso e ocupação do solo em cada área estudada.

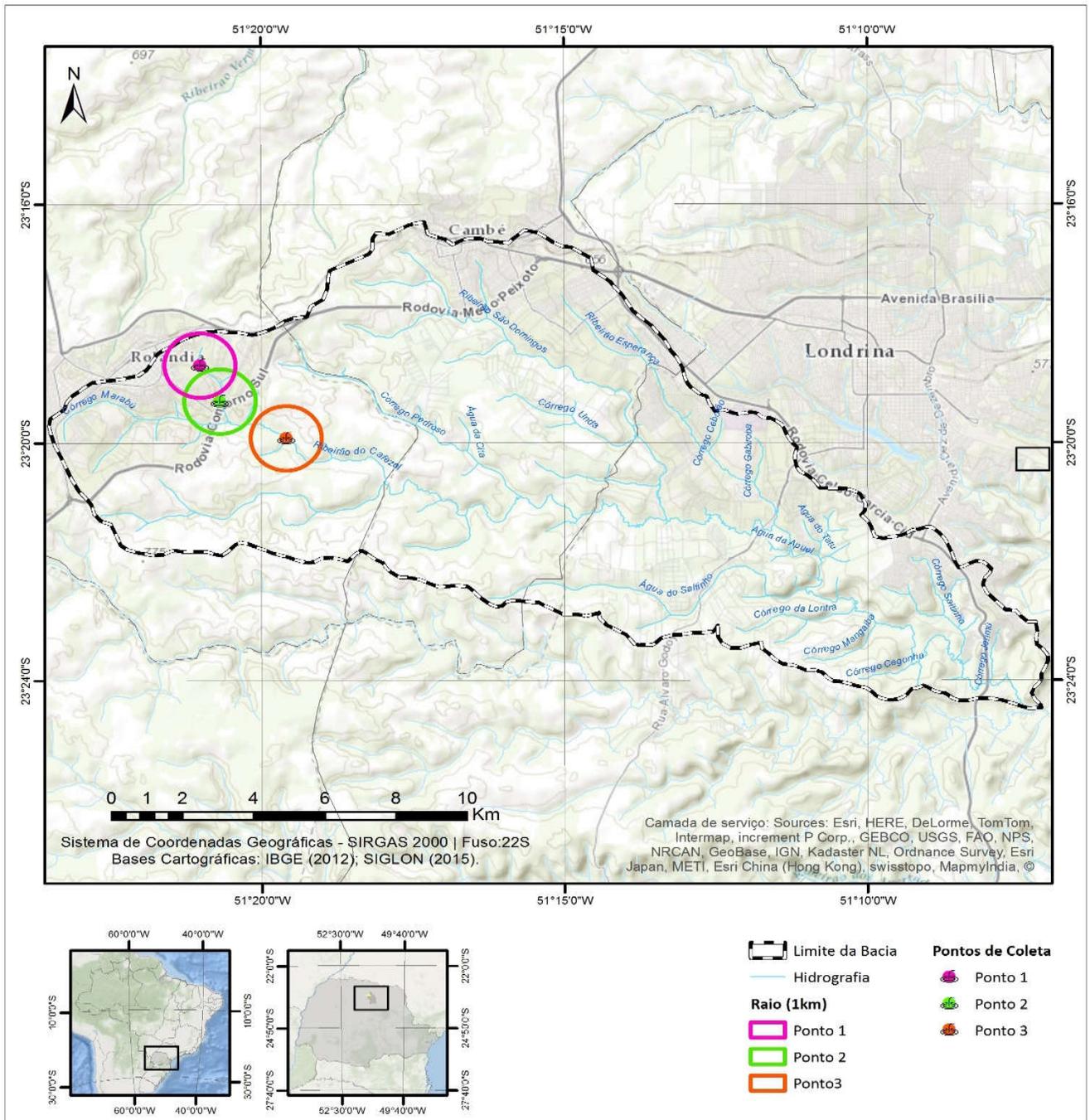


Figura 8: Áreas que delimitam 1 km de raio no entorno dos pontos de amostragem de dados limnológicos e ictiológicos.

Fonte: Silva (2015).

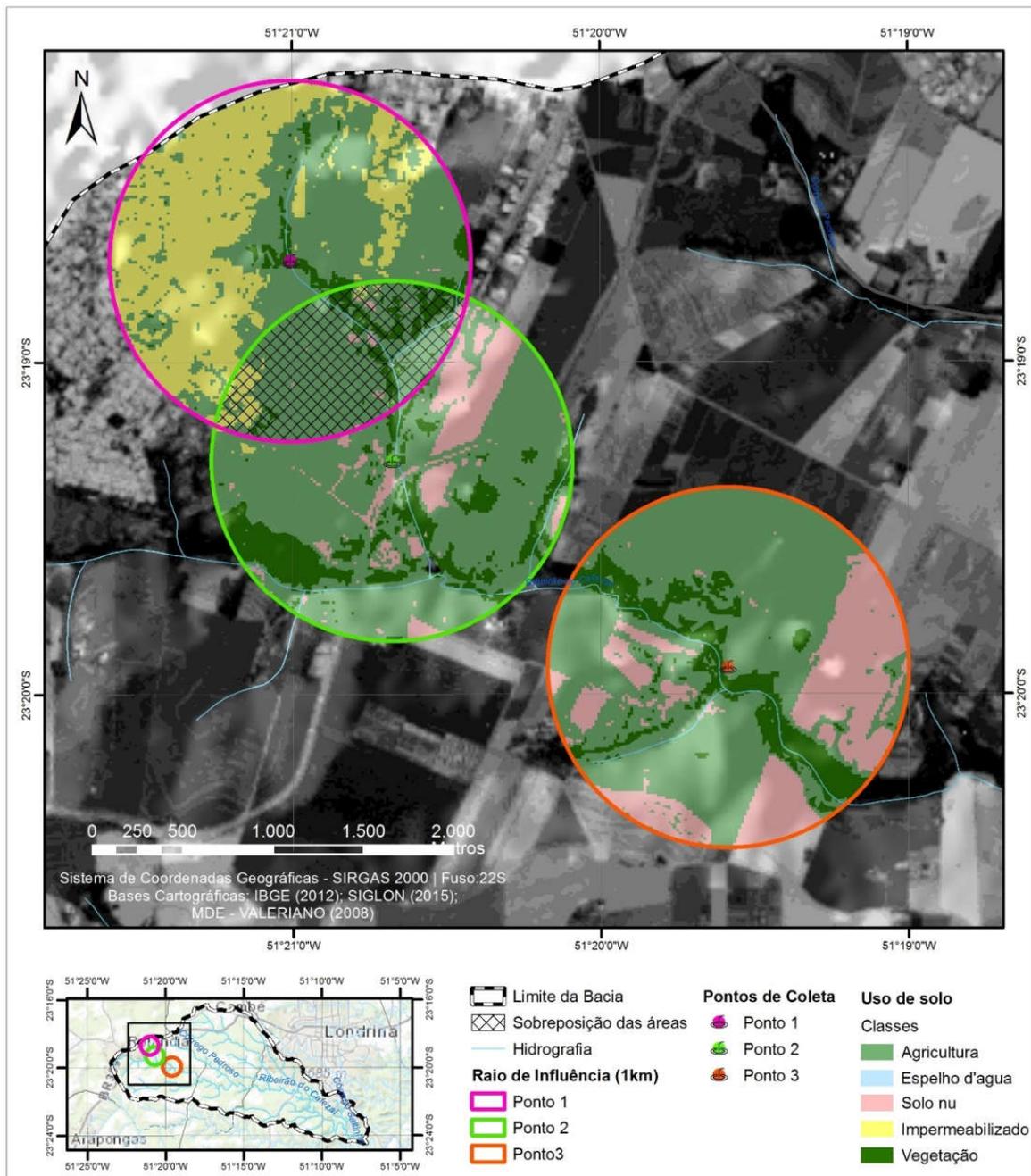


Figura 9: Detalhamento de uso e ocupação do solo das áreas que delimitam 1 km de raio no entorno dos pontos de amostragem de dados limnológicos e ictiológicos.
Fonte: Silva (2015).

A partir das representações dos usos e ocupações do solo no entorno de cada um dos três pontos de amostragem e análise, foi possível analisar a interferência da urbanização sobre as características limnológicas e ictiológicas desse trecho de cabeceira da bacia. A Tabela 2 e as Figuras 10 a 12 revelam que o ponto 1, o mais próximo à nascente do Ribeirão, a despeito de registrar metade da área utilizada para

agricultura, foi caracterizado pela maior contribuição relativa de área urbanizada, com mais de 40% de cobertura de solo impermeabilizado (zona urbana do Município de Rolândia-PR), enquanto ponto 2 apresentou 1,9% e o ponto 3 não registrou ocorrência de superfícies impermeáveis (zona rural do Município de Rolândia-PR). Dessa forma, é possível verificar que o ponto 1 se trata de uma área submetida à forte influência do processo de urbanização instalada nessa região da bacia hidrográfica.

Tabela 2: Área e percentuais das diferentes classes de uso e ocupação nos três pontos de amostragem dos dados limnológicos e ictiológicos.

Ponto 1:		
Classificação	Área (m²)	Ocupação da área (%)
Agricultura	1.642.109,09	52,27
Espelho d'agua	0,0	0,00
Impermeabilizado	744.900,37	40,72
Solo nu	19.247,22	0,61
Vegetação	200.894,69	6,39
Área Total	1.862.250,92	100,00
Ponto 2:		
Classificação	Área (m²)	Ocupação da área (%)
Agricultura	2.212.782,35	70,44
Espelho d'agua	4.633,89	0,15
Impermeabilizado	58.699,76	1,87
Solo nu	357.365,19	11,38
Vegetação	508.108,60	16,17
Área Total	3.141.589,71	100,00
Ponto 3:		
Classificação	Área (m²)	Ocupação da área (%)
Agricultura	1.949.440,84	62,05
Espelho d'agua	0,0	0,00
Impermeabilizado	0,0	0,00
Solo nu	797.094,75	25,37
Vegetação	395.054,17	12,57
Área Total	3.141.589,76	100,00

Fonte:Silva (2015).

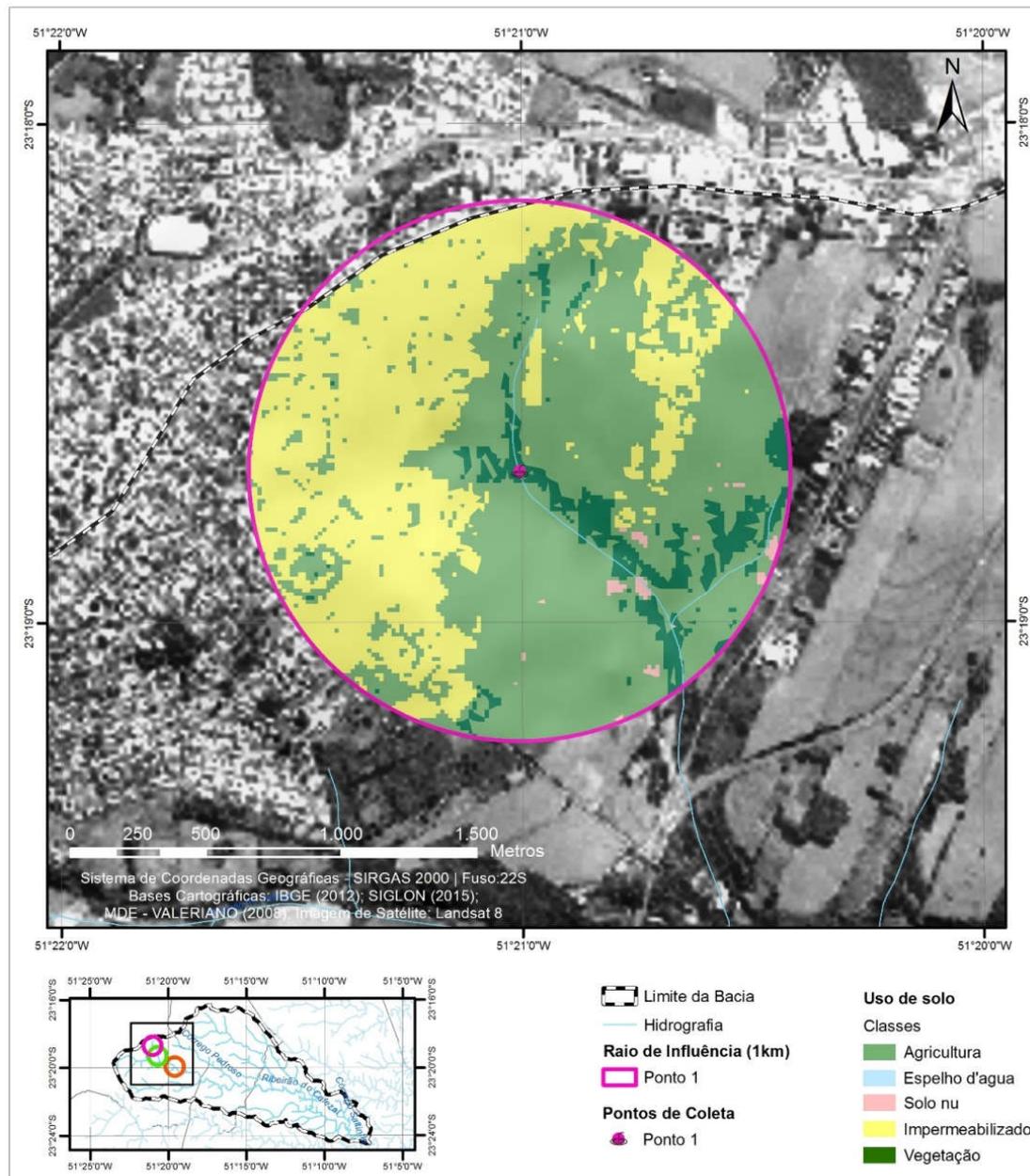


Figura 10: Classificação de uso e ocupação do solo no ponto 1 da amostragem de dados limnológicos e ictiológicos.

Fonte: Silva (2015).

Por outro lado, o ponto 2 demonstra uma paisagem predominantemente rural, com mais de 70% de cobertura do solo destinada à agricultura (Figura 11; Tabela 2), seguida por 16,2% de cobertura vegetal e 11,38% de solo nu, este último provavelmente associado à preparação do terreno para plantio agrícola. Cabe destacar que uma rodovia estadual de intenso tráfego cruza essa área, a qual apresenta o impacto potencial de escoamento de óleos e combustíveis para o trecho lótico estudado.

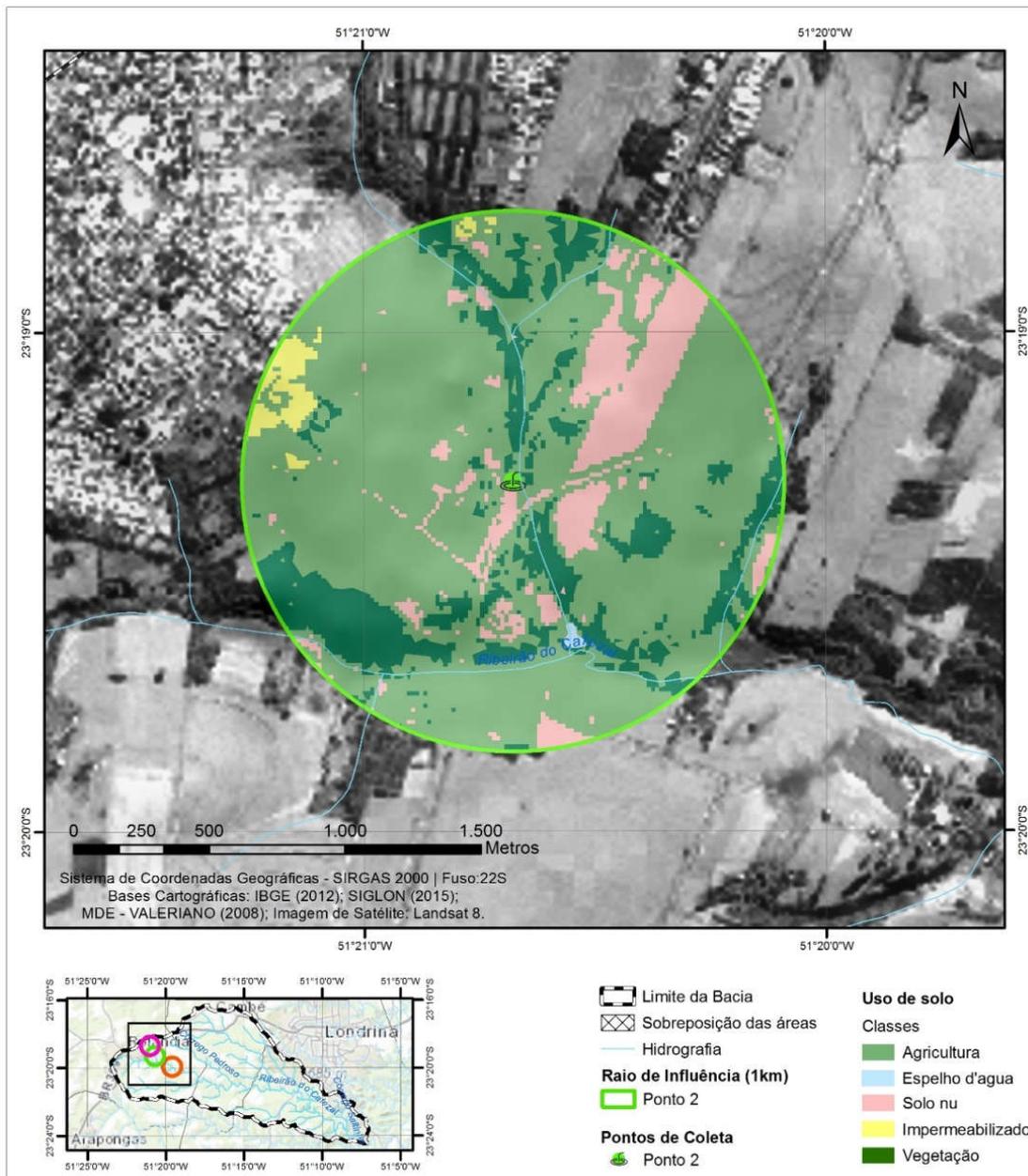


Figura 11: Classificação de uso e ocupação do solo no ponto 2 da amostragem de dados limnológicos e ictiológicos.
 Fonte: Silva (2015).

O ponto 3 demonstra elevada similaridade no uso e ocupação do solo com o ponto 2, pois apresentam valores próximos da soma dos percentuais de áreas destinadas à agricultura e áreas com solo nu (Tabela 2). Portanto, podemos constatar que os pontos 2 e 3 são áreas predominantemente rurais e com pouca interferência dos processos de urbanização. Dessa forma, os impactos mais esperados sobre esses trechos do Ribeirão

Cafezal são aqueles relacionados ao uso de insumos e defensivos agrícolas, visando o aumento da produtividade (CARVALHO, 2015).



Figura 12: Classificação de uso e ocupação do solo no ponto 3 de da amostragem de dados limnológicos e ictiológicos.

Fonte: Silva (2015).

A tabela 3 apresenta os valores médios e sua variabilidade (desvios-padrões) dos parâmetros limnológicos e da estrutura das assembleias de peixes dos três pontos estudados no Ribeirão Cafezal nas amostragens realizadas ao longo dos anos de 2013

e 2014. Nesta tabela é possível observar que o ponto 1, a despeito de apresentar maior abundância relativa de peixes, não registrou diversidade de espécies, sendo colonizado unicamente pela espécie exótica e generalista *Poecilia reticulata*.

P. reticulata é natural da América Central, não migradora, tendo sido introduzida para controle de larvas de mosquito vetores de doenças (BRITTO, 2008). A espécie habita comumente a parte mais superficial da coluna d'água, sendo tolerante à hipoxia de acordo com Andrade *et al.* (2005). Quanto à alimentação, esse autores a classificam como onívora, sendo que, dependendo da disponibilidade de alimentos, consegue se adaptar a distintas dietas. Em razão dessas características que lhe confere ampla adaptabilidade a diferentes situações de *stress* ambiental, *P. reticulata* foi registrada como bioindicadora do *status* de baixa qualidade ambiental do Ribeirão Cambé por Carvalho (2015). Esse autor aplicou um método de indicação com base na frequência de ocorrência e da abundância de indivíduos proposto por Dufrêne e Legendre (1997).

É possível destacar, também, os baixos valores de turbidez uma vez que o ponto 1 localiza-se bem próximo à nascente em um local onde há o olho d'água bem visível.

Tabela 3 - Correlações de Pearson entre os parâmetros limnológicos e da estrutura das assembleias de peixes dos três pontos analisados (P1, P2 e P3).

Parâmetro	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão	Média	Desvio-padrão
Abundância Média (no. indivíduos)	168,88	93,97	90,12	46,60	35,75	13,54
Biomassa Média (g)	0,91	2,28	3,15	15,81	5,07	12,88
Riqueza de Espécies (S)	1	0	7,4	1,5	6,5	1
Equitabilidade (E)	0	0	0,63	0,09	0,79	0,1
Índice de Diversidade de Shannon	0	0	1,24	0,15	1,48	0,22
Índice de Diversidade de Simpson	0	0	0,59	0,08	0,70	0,09
pH	7,33	1,23	7,62	0,92	7,92	1,36
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	0,11	0,03	0,09	0,02	0,08	0,01
Turbidez (NTU)	3,34	3,30	71,69	79,92	38,08	27,71

Oxigênio Dissolvido (mg/L)	7,12	1,38	6,87	2,37	7,79	1,24
Temperatura da Água (°C)	21,01	2,16	21,90	1,74	20,95	2,22

Fonte: Autoria própria (2015).

Por outro lado, o ponto 3 revelou menor abundância relativa, porém maior biomassa média, indicando que a assembleia de peixe foi composta por indivíduos de maior porte. Além disso, esse ponto foi o que registrou os maiores valores de diversidade de espécies, pois mesmo apresentando riqueza média menor do que o ponto 2, registrou maior equitabilidade média, indicando maior equilíbrio na distribuição de indivíduos entre as espécies.

O ponto 2, por sua vez, apresentou valores intermediários para a maioria dos parâmetros analisados. Entretanto, merecem destaque os maiores valores de condutividade elétrica. Como comentado anteriormente, esse trecho da bacia é essencialmente agrícola e cortado por uma rodovia estadual de tráfego intenso, no qual está instalada uma ampla rede de coleta da água pluvial. Espera-se que alguns compostos químicos utilizados como fertilizantes ou defensivos agrícolas, ou mesmo aqueles liberados pelos veículos nesse trecho da via possam ser transportados para o ambiente lótico com maior intensidade do que nos outros dois pontos estudados. É possível que esses compostos, dependendo das suas composições específicas, tenham relação com o padrão de condutividade elétrica detectado nesse ponto, os quais são potenciais fatores impactantes sobre a assembleia de organismos aquáticos.

Quanto aos dados de temperatura da água e oxigênio dissolvido, pode-se identificar valores sem muita variação, porém, o ponto 3 apresenta valores de oxigênio dissolvido um pouco maiores que os outros pontos por ser uma área com vegetação ripária em seu entorno, representando maior equilíbrio.

As tabelas 4 e 5 mostram as espécies analisadas nos três pontos durante o período de pesquisa.

Tabela 4 - Lista de espécies coletadas nos três pontos de coleta no ano de 2013.

ESPÉCIES	P1_C1_13	P1_C2_13	P1_C3_13	P1_C4_13	P2_C1_13	P2_C2_13	P2_C3_13	P2_C4_13	P3_C1_13	P3_C2_13	P3_C3_13	P3_C4_13
Astyanax aff. paranae	0	0	0	0	2	4	6	10	0	0	0	0
Astyanax bockmanni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Callichthys callichthys	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Geophagus brasiliensis	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
Gymnotus inaequilabiatus	0	0	0	0	1	1	0	0	2	1	0	1
Hoplias sp. 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hoplias sp. 3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Hypostomus ancistroides	0	0	0	0	5	1	0	11	3	8	4	4
Hypostomus nigromaculatus	0	0	0	0	3	4	1	1	1	9	4	27
Imparfinis borodini	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Imparfinis schubarti	0	0	0	0	18	15	4	16	1	8	7	14
Neoplecostomus yapo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	16
Oreochromis niloticus	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
Poecilia reticulata	199	140	31	357	36	21	18	141	4	12	1	0
Rhamdia quelen	0	0	0	0	3	0	1	0	0	6	4	2
Rineloricaria pentamaculata	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Trichomycterus davisii	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
Trichomycterus diabolus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trichomycterus sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1

Fonte: Aatoria própria (2015).

Tabela 5 - Lista de espécies coletadas nos três pontos de coleta no ano de 2014.

ESPÉCIES	P1_C1_14	P1_C2_14	P1_C3_14	P1_C4_14	P2_C1_14	P2_C2_14	P2_C3_1	P2_C4_14	P3_C1_14	P3_C2_14	P3_C3_14	P3_C4_14
<i>Astyanax aff. paranae</i>	0	0	0	0	4	1	2	12	0	0	0	0
<i>Astyanax bockmanni</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
<i>Callichthys callichthys</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Geophagus brasiliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Gymnotus inaequilabiatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Hoplias sp. 2</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Hoplias sp. 3</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hypostomus ancistroides</i>	0	0	0	0	7	7	6	7	5	10	0	1
<i>Hypostomus nigromaculatus</i>	0	0	0	0	1	0	4	10	10	0	11	0
<i>Imparfinis borodini</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Imparfinis schubarti</i>	0	0	0	0	12	15	21	28	4	4	4	3
<i>Neoplecostomus yapo</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	20	15
<i>Oreochromis niloticus</i>	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
<i>Poecilia reticulata</i>	183	128	235	78	67	33	59	70	0	0	0	0
<i>Rhamdia quelen</i>	0	0	0	0	4	5	2	1	0	3	4	2
<i>Rineloricaria pentamaculata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Trichomycterus davisii</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Trichomycterus diabolus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Trichomycterus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	1

Fonte: Autoria própria (2015).

A tabela 6 apresenta os valores de correlação entre as classes de uso e ocupação do solo dos três pontos estudados com os parâmetros limnológicos e da estrutura das assembleias de peixes do ribeirão Cafezal. A Figura 13 demonstra os escores dos três pontos de amostragem e as correlações das classes e parâmetros com os eixos 1 e 2 da PCA, gerados a partir da matriz de correlação de Pearson (Tabela 5). Os dois primeiros eixos da PCA foram significativos de acordo com o modelo de Broken-Stick (Tabela 7).

Cabe destacar os elevados valores de correlação positiva entre as áreas com superfícies impermeáveis e a condutividade elétrica e abundância de indivíduos (Tabela 6), influenciados pelo ponto 1 (Figura 10) na zona urbana de Rolândia-PR, com a ocorrência única da espécie *Poecilia reticulata*. Britto (2008) e Andrade *et al.* (2005) revelam o hábito generalista dessa espécie, o qual pode explicar o potencial de bioindicação para ambientes degradados, inclusive, como mencionado anteriormente para esse mesmo ponto 1 do Ribeirão Cafezal por Carvalho (2015).

Tabela 6: Correlações de Pearson entre os valores das classes de Uso e Ocupação do Solo, parâmetros limnológicos e assembleia de peixes.

Classes de Uso e Ocupação do Solo	Parâmetros das Assembleias de Peixes						Parâmetros Limnológicos				
	Abundância Média	Biomassa Média	Riqueza de Espécies (S)	Equitabilidade (E)	Índice de Diversidade de Shannon (H')	Índice de Diversidade de Simpson (D')	pH	Condutividade Elétrica	Turbidez	Oxigênio Dissolvido	Temperatura da Água
Agricultura	-0,60	0,29	0,94	0,60	0,70	0,71	0,52	-0,60	1,00	-0,23	0,81
Água	-0,10	-0,27	0,60	0,10	0,20	0,21	-0,02	-0,10	0,86	-0,72	1,00
Impermeabilizado	0,90	-0,73	-0,99	-0,90	-0,90	-0,96	-0,88	0,90	-0,85	-0,29	-0,42
Solo Nu	-1,0	0,98	0,75	1,00	1,00	0,96	1,00	-1,00	0,44	0,75	-0,13
Vegetação	-0,70	0,39	0,97	0,70	0,70	0,78	0,61	-0,70	0,99	-0,12	0,75

Fonte: Autoria própria (2015).

Tabela 7: Coeficientes de correlação de Pearson (r) obtidos entre as classes de uso e ocupação do solo nos três pontos de amostragem e os parâmetros limnológicos e da estrutura da assembleia de peixes para os dois primeiros eixos da PCA.

Parâmetros	Eixos da PCA 1	
	r PCA1	r PCA 2
Abundância Média	-0,97	0,22
Biomassa Média	0,82	-0,57
Riqueza de Espécies	0,95	0,30
Equitabilidade (E)	0,97	-0,20
Índice de Diversidade de Shannon	0,98	-0,17
Índice de Diversidade de Simpson	0,99	-0,11
pH	0,93	-0,34
Condutividade Elétrica	-0,97	0,19
Turbidez	0,76	0,64
Oxigênio Dissolvido	0,42	-0,90
Temperatura da Água	0,27	0,96
Cobertura Agricultura	0,78	0,61
Cobertura Ambiente Aquático	0,32	0,94
Cobertura Urbana (solo impermeável)	-0,98	-0,14
Cobertura Solo Nu	0,91	-0,39
Cobertura Vegetal	0,84	0,53
Autovalor	11,38	4,61
Autovalor predito: <i>broken-stick</i>	3,38	2,38
Variabilidade explicada (%)	71,14	21,86

Fonte: Autoria própria (2015).

A classe de áreas impermeáveis na bacia revelou elevadas correlações negativas com os parâmetros relacionados à diversidade de espécies (H', E, D' e S), demonstrando se tratar da classe que mais diretamente impacta a estrutura da assembleia de peixes (Tabela 7). A PCA demonstrou que, enquanto o P1 é marcadamente influenciado por essa classe de uso e ocupação do solo, os pontos 2 e 3 estão sob influência das demais classes: P2 mais influenciado pelas áreas de ambientes aquáticos e P3 por áreas de solo nu (Figura 11).

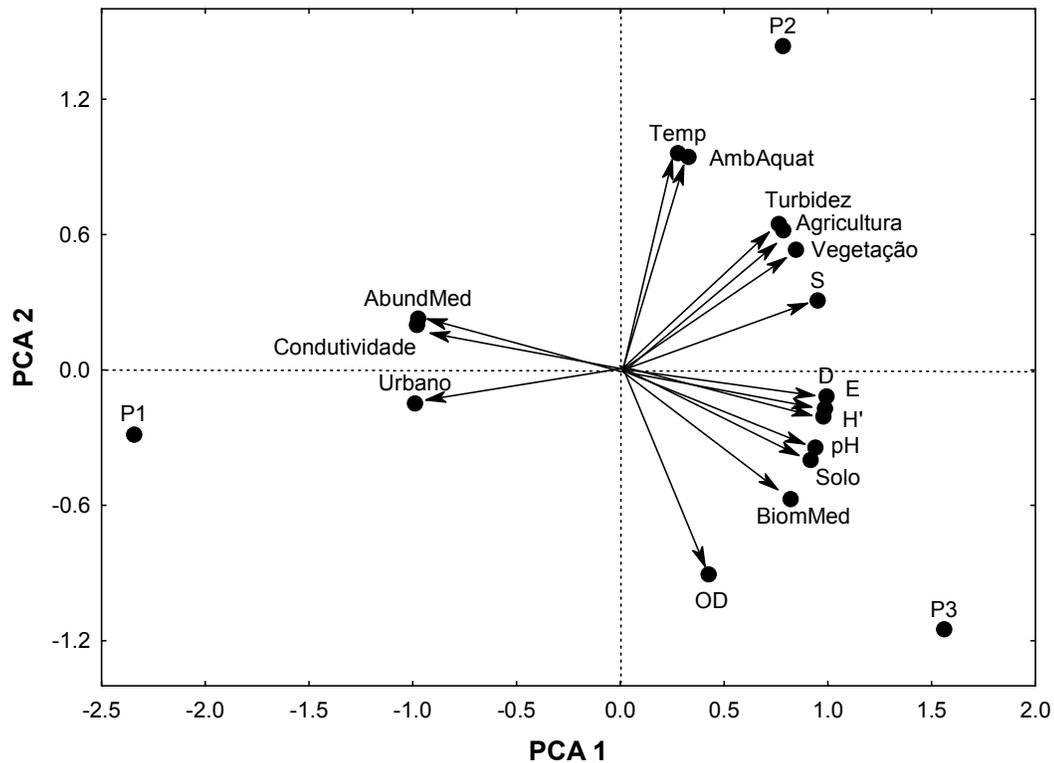


Figura 13: Diagrama com escores da Análise de Componentes Principais (PCA) obtidos a partir da matriz de correlação entre os percentuais de classes de uso e ocupação do solo dos 3 pontos de amostragem e dos parâmetros limnológicos e da estrutura das assembleias.
 Fonte: Autoria própria (2015).

A cerca do gráfico plotado pela PCA, pode-se identificar as setas como correlações dos parâmetros com os eixos 1 e 2. As direções das setas em relação aos pontos de coleta confirma a influência de cada parâmetro analisado sobre a área estudada. Assim, pode-se perceber a forte relação de parâmetros como a condutividade elétrica, abundância média e as classes impermeabilizadas com o primeiro ponto de coleta.

Observando os parâmetros com maiores correlações positivas com o eixo 1, ou seja, os que mais explicam a segregação dos pontos 2 e 3 em relação ao ponto 1, os parâmetros de diversidade de espécies se destacam, reforçando que ambos se diferenciam do ponto 1 em razão do seu elevado impacto pela intensa urbanização da bacia nesse trecho e pela dominância e abundância da *P. reticulata* nesse ponto.

Gambarotto (2014) analisou a integridade ambiental dos três pontos avaliados no presente estudo e classificou P1 e P2 como pobres e o P3 como intermediário. De acordo como esse autor, essa classificação foi diretamente influenciada pelos valores de

condutividade elétrica e pelo elevado valor de dominância e menor percentual de espécies das Ordens Characiformes e Siluriformes, as quais compreendem a maior parte das espécies nativas de riachos da bacia do alto rio Paraná (GRAÇA E PAVANELLI, 2007). É provável que o resultado obtido por Gambaratto (2014) se diferencie das respostas encontradas no presente estudo pelo fato do autor ter considerado um número muito maior de variáveis ambientais, no entanto, não consideraram os padrões de uso e ocupação do solo no entorno nos trechos lóticos estudados na análise deste trabalho.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desta forma, o presente estudo realizou a classificação das classes de uso e ocupação do solo da Bacia do Ribeirão Cafezal, categorizando-os de acordo com as classes com porcentagens mais representativas, sendo estas: solo impermeabilizado, solo nu, agricultura, água e vegetação. Além da análise dos dados de uso e ocupação do solo, foi realizada a comparação dos dados limnológicos e da estrutura de assembleia de peixes de cada ponto de coleta sendo possível identificar as características de cada ponto de acordo com a interação das classe de uso e ocupação do solo e destes parâmetros.

Assim, o estudo demonstrou que há influência direta da urbanização sobre parâmetros limnológicos de sistemas lóticos de cabeceira, assim como sobre a estrutura e dinâmica de assembleias de peixes. Esta influência pode ser avaliada como indicadora da grau de degradação promovida pelo uso e ocupação do solo na paisagem sobre os sistemas aquáticos como pode ser demonstrado nos resultados do ponto 1.

Os ambientes aquáticos estão sob forte pressão de impactos antrópicos, seja em áreas urbanas ou rurais. Essas áreas tendem a afetar as assembleias de organismos aquáticos de maneiras distintas, tendo em vista, que as fontes de seus principais impactos tendem a ser diferentes. Os ambientes aquáticos inseridos em uma matriz essencialmente urbana, como é o caso do ponto 2, têm se revelado mais impactados, provavelmente em razão da ampla variedade de interferências, tais como canalização de leitos, retirada de vegetação ripária, erosão, assoreamento, eutrofização e poluição química. Contudo, os ambientes aquáticos rurais, como o ponto 3, também têm sofrido forte efeito da supressão da vegetação ripária e da poluição química advinda de fertilizantes e defensivos agrícolas, aplicados com objetivo de incrementar a produtividade agropecuária.

Nesse contexto, a utilização das análises multivariadas trouxe ao estudo confirmações dos impactos oriundos dos processos de urbanização e demonstrou a influência de um ou mais parâmetros que se relacionavam ou não entre si. Com essa técnica foi possível confirmar a relação dos impactos gerados com os parâmetros limnológicos e físicos, além de provar que estes encontram-se intimamente relacionados ao processo de uso e ocupação do solo no entorno da área de estudo. O ponto 1, se

caracterizou fortemente influenciado por parâmetros como condutividade elétrica, paisagens urbanas e baixos índices de riqueza de espécies. Já os pontos 2 e 3 obtiveram maiores relações com as classes de ambientes aquáticos e solo nu, respectivamente, além de ter demonstrado correlação com os parâmetros de diversidade de espécies e melhores condições de qualidade de água. Este fato demonstra uma melhor qualidade no ambiente e prova menores interferências nas características do ecossistema.

Assim, sugere-se que os trechos das bacias que estejam submetidas a intensas pressões ambientais, principalmente nas áreas urbanas, sejam objeto de rigorosos planos de manejo e ações de recuperação e conservação ambiental, com a devida regulamentação legal. Esses sistemas se revelaram mais susceptíveis à degradação ambiental, com indícios evidentes de simplificação e homogeneização da fauna, os quais podem trazer consequências imprevisíveis para a manutenção das suas importantes funções ecossistêmicas, tais como, fornecedor de nutrientes para os trechos médio e de foz da bacia, recarga de água subterrânea e de berçário para vários grupos de espécies do peixes de maior porte que colonizam trechos a jusante da bacia.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, K. D. **A influência do gradiente longitudinal na assembleia de peixes do Rio Morato, Guaraqueçaba – PR.** Ecologia e Conservação da Floresta Atlântica na Reserva Natural Salto Morato: Relatório da Disciplina de Ecologia de Campo. 2006.
- ALVES, A. O. **Expansão urbana de Londrina e tendências a metropolização.** 2005. 75 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2005.
- AMORIM, L. M.; CORDEIRO, J. S. **Impactos ambientais provocados pela ocupação antrópica de fundos de vale.** Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/martucci.pdf>> Acesso em: 20 de Maio de 2015.
- ANDRADE, *et al.* **Comportamento, sobrevivência e desenvolvimento de lebistes, *Poecilia reticulata*, submetidos a agentes utilizados na profilaxia de doenças.** *Acta Scientiarum: Animal Sciences.* v. 27, n.4, p.523-528.2005.
- BALESTRI, M. R. D. **Avaliação da contaminação das espécies de peixes *Poecilia reticulata* E *Hypostomus ancistroides* por elementos-traço na bacia do Ribeirão Cafezal (Região Metropolitana de Londrina – PR).** 2015. 36f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Apucarana e Londrina. Londrina, 2015.

BARIANI, C. J. de. M. V. **Avaliação dos efeitos de atividades antrópicas por meio da análise integrada de variáveis de uso da terra e limnológicas em itaquí, RS.** Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências – Mestrado em Geografia), Universidade federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

BELUCO, A. **Classificação de imagens de sensoriamento remoto baseada em Textura por Redes Neurais.** Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto na área de concentração classificação digital de imagens) – Centro Estadual de Pesquisa em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de Março de 2005. **Conselho Nacional do Meio Ambiente.** Brasília, DF.

BRITTO, S. G.C. **Peixes do rio Paranapanema.** São Paulo: Horizonte, 2008 p.120.

CALLISTO, M.; GONÇALVES, Jr., J. F.; MORENO, P. **Invertebrados aquáticos como bioindicadores.** In: Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais. Belo Horizonte : UFMG, 2004. v. 1, p. 1-12.

CÂMARA, G; DAVIS, C. INTRODUÇÃO. In: **Introdução à ciência da geoinformação.** INPE. São José dos Campos, 2001.

CARAMASCHI, E. P.; MAZZONI & PERES-NETO, P. R. (eds.) 1999. **Ecologia de peixes de riacho VI.** Oecologia Brasiliensis, Rio de Janeiro.

CARVALHO, L. de. **Bioindicadores da assembleia de peixes de riachos submetidos a diferentes condições de conservação no Município de Londrina (PR)**. 2015. 70 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2015.

CASATTI, L. *et al.* **Stream fish, water and habitat quality in a pasture dominated basin, southeastern Brazil**. Braz. J. Biol., v. 66, n. 2B, p. 681-696, Maio de 2006.

CASIMIRO, P. C. **Uso do Solo – Ecologia da Paisagem: Quantificação da Estrutura da Paisagem para Análise de Padrões Espaciais – Concelho de Mértola -**

Disponível em:

<http://www2.fcsh.unl.pt/docentes/pcasimiro/PDF/Revista_DGPR_N4.pdf>. Acesso em: 19 de Outubro de 2015.

CAVALLARI *et. al.* **A importância de um Sistema de Informações Geográficas no estudo de microbacias hidrográficas**. Revista Científica Eletrônica de Agronomia – ISSN:1677- 0293, ano VI, Número 11, Junho de 2007 – Periódico Semestral.

Disponível em:

<http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/b659XY730u80PB9_2013-5-3-11-28-57.pdf> Acesso em: 11 de Maio de 2015.

CHAVES, H. M. L; SANTOS, L. B. S. **Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13 (Suplemento), p.92-930, 2009.

CHIES, C.; YOKO, S. C. **Colonização do norte paranaense: avanço da cafeicultura e problemas decorrentes deste processo**. Revista GEOMAE - Geografia, Meio Ambiente e Ensino, Campo Mourão, v. 3, n. 1, 1º sem/2012.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB).

Temperatura da Água. Disponível em:

<<http://mortandadedepeixes.cetesb.sp.gov.br/alteracoes-fisicas-e-quimicas/temperatura-da-agua/>>. Acesso em: 12 de Novembro de 2015.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB).

Qualidade das águas interiores – Série Relatórios (Apêndice A). Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Secretaria do Meio Ambiente, Governo do Estado de São Paulo, 2008.

CUNICO, A. M. **Efeitos da urbanização sobre a estrutura das assembleias de peixes em córregos urbanos Neotropicais**. 2010. 78 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

DEÁK, C. **À busca das categorias da produção do espaço. Cap.5: Localização e espaço: valor de uso e valor**. USP, 2001. Disponível em:

<http://www.usp.br/fau/docentes/deprojeto/c_deak/CD/4verb/usodosolo/index.html#top> . Acesso em: 20 de junho de 2015.

DOMINGOS, F. X. V. **Biomarcadores de contaminação ambiental em peixes e ostras de três estuários brasileiros e cinética de derivados solúveis de petróleo**

em peixes. 131f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas – Biologia Celular e Molecular). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. **Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach.** Ecological monographs, v. 67, n.3, p. 345-366, ago, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite.** Disponível em: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/missao_landosat.php>. Acesso em: 15 de Outubro de 2015.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** 3.ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2011.

FARIA, G. G. **Caracterização física e análise comparativa das formas de uso e ocupação do solo (1970-1999) na microbacia hidrográfica do Ribeirão Cambé, Londrina-PR.** Geografia, Londrina, v.14, n. 2, p. 107-144, jul/dez. 2005.

FERRAZ, S. F. B; VETTORAZZI, C. A. **Identificação de áreas para recomposição florestal com base em princípios de ecologia da paisagem.** Sociedade de Investigações Florestais, R. Árvore, Viçosa – MG, v.27, n.4, p. 575-583, 2003. Disponível em: <http://bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/12468/Revista_Arvore_v27_n4_p575-583_2003.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Acesso em: 19 de Outubro de 2015.

FRESCA, T.M. A rede urbana norte-paranaense e cidades especializadas em produções industriais: Arapongas, Apucarana e Cianorte. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina** – 20 a 26 de Março de 2005 – Universidade de São Paulo. Disponível em:
<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal10/Geografiasocioeconomica/Geografiaindustrial/10.pdf> .Acesso em: 04 de Novembro de 2015.

FITZ, P. R. **Cartografia básica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008a.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008b.

FRANÇA, C. N. **Mapeamento de APP – Área de Preservação Permanente e Reserva Legal de parte da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cafezal: Comparativo entre o código florestal de 1965 e o projeto de Lei 1.876/99**. 2014. 38 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2014.

FRESCA, T. M. **Mudanças recentes na expansão físico-territorial de Londrina**. Geografia, Londrina, v. 11, n. 2, p. 241-264, jul/dez. 2002.

GAMBAROTTO, B. L. **Proposta de índice de integridade ambiental aplicado a riachos de mata atlântica e aplicação de teste de validação com parâmetros de assembleia de peixes**. 2014. 138 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2014.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **A Primer of Ecological Statistics. Sunderland, Sinauer Associates**, 510p, 2004.

GOULART, M.; CALLISTO, M. 2003. **Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental**. Revista da FAPAM, ano 2, no 1.

GOULART, M.; MORENO, P. **Bioindicadores de qualidade de água ao longo da Bacia do Rio das Velhas (MG)**. Disponível em:

<http://150.164.90.128/assets/files/Biblioteca_Virtual/MorenoeCallisto-202005-EMBRAPA.pdf>. Acesso em: 20 de Outubro de 2015.

GRAÇA, W. J; PAVANELLI, Carla Simone. **Peixes da planície de inundação do Alto Rio Paraná e áreas adjacentes**. Maringá: EDUEM, 2007, 241p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cambé**.

Disponível em:

<<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=410370&search=%7Ccambe>>. Acesso em: 13 de Novembro de 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Londrina**.

Disponível em:

<<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=411370&search=|londrina>>. Acesso em: 13 de Novembro de 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Noções básicas de Cartografia** / Departamento de Cartografia. – Rio de Janeiro: IBGE, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Rolândia**.

Disponível em:

<<http://www.cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?lang=&codmun=412240&search=%7Crolandia>>. Acesso em: 13 de Novembro de 2013.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES). **Regiões Geográficas (Lei Estadual 15.825/08) – Paraná**. 2010, Mapa.

Escala: 1:100. Disponível em:

<http://www.ipardes.gov.br/pdf/mapas/base_fisica/regioes_geograficas_base_2010.jpg> . Acesso em: 28 de Setembro de 2015.

INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E GEOCIENCIAS (ITCG). **Parte II – Projeto ZEE Brasil: Diretriz metodológica- 2006**. Disponível em:

<http://www.itcg.pr.gov.br/arquivos/File/4-diretrizes_2006_parte2.pdf> Acesso em 15 de Maio de 2015.

JACKSON, D. A. **Stopping rules in principal components analysis: a comparison of heuristical and statistical approaches**. Ecology, 74(8): 2204-2214, 1993.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2. ed. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 2.ed. Campinas: Editora Átomo, 2008.

LIMA, S. M; QUEIROZ NETO, J. P. **Contribuição metodológica para estudos ambientais integrados nos cerrados**. In: SHIKI, S. SILVA, J. G, da; ORTEGA, A. C. (Org.). Agricultura, meio ambiente e sustentabilidade do Cerrado Brasileiro. [Uberlândia]: UFU; [Campinas]: Unicamp; [Jaguariúna]: Embrapa –CNPMA, 1997. P. 245-255.

LOPES, F. F. **Monitoramento ambiental da bacia hidrográfica do Lago Guaíba – RS- Brasil, através da utilização de diferentes metodologias aplicadas a taxocenoses de peixes**. Tese (Doutorado em Biologia Animal) – Instituto de Biociências, Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MACHADO, I. B. T. **Qualidade microbiológica da água e características ambientais da bacia de manancial de abastecimento do Ribeirão Cafezal**. 2013. 83 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2013.

MAGURRAN, A. E., 2004. **Measuring biological diversity**. Oxford: Blackwell Publishing.

MALABARBA, *et al.* **Avaliação da qualidade da água através da frequência de anomalias morfológicas em peixes: Estudo de caso do Lago Guaíba, Rio Grande do Sul.** Comunicações do Museu de Ciências e Tecnologia da PUCRS, Série Zoologia. 17(2): 97-128. 2004.

MALABARBA, L. R; GOETTEMES, E. M. P. Estudos sobre a Ictiofauna das Lagoas de Estabilização Terciárias do Sítel. **Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, São Paulo, 14: p.74 – 120, 51 p. 1987**

MARCONDES, R. L. **A estrutura fundiária e cafeeira de dois município do oeste paulista: Campinas e Ribeirão Preto no início do século XX.** Revista de História, núm. 165, diciembre, 2011, pp. 403-424 [online]. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/2850/285022065013.pdf>> Acesso em: 20 de Maio de 2015.

MAROTTA, *et al.* **Monitoramento limnológico: Um instrumento para a conservação dos recursos hídricos no planejamento e na gestão urbano-ambientais.** Ambiente & Sociedade. Campinas, v.XI, n.1, p. 67- 69. Jan – Jun. 2008.

MARTINS, *et al.* **Ecologia de paisagem: conceitos e aplicações potenciais no Brasil.** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004.

MATTIKALLI, *et al.* **Application of a GIS for spatial and temporal monitoring of remotely sensed soil moisture.** Proc. ISPRS Work. on Map. and Env. Appl. of GIS Data, Madison, Wis., ISSN 0256-1840, pp 44-52. 1995.

MATTHEWS, W. J. **Patterns in freshwater fish ecology**. New York: Chapman & Hall, 1998.

MCCUNE, B. and MEFFORD. M. J., 1999. **PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data**. Version 5.0 MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.

MENDES, C. A. B.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 536 p.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB CNPq, 2012.

MENESES, Paulo. R.; SANO, E. S. **Classificação pixel a pixel de imagens**. In: Meneses, P. R.; Almeida, T. (Org.) - **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB CNPq, 2012.

METZGER, J. P. **O que é ecologia de paisagens?**. *Biota Neotropica*. v.1, n.1.

Disponível em:

<<http://www.biotaneotropica.org.br/v1n12/pt/fullpaper?bn00701122001+pt>> . Acesso em: 19 de Outubro de 2015.

MIRANDA, J.C; MAZZONI, R. **Estrutura de persistência temporal da comunidade de peixes de três riachos do Alto Rio Tocantins, GO**. *Biota Neotropica*, vol. 9, no.4. 2009.

NASCIMENTO, *et al.* A importância das Análises Limnológicas para Avaliação de Impactos nos Recursos Hídricos: Córrego Água Fria, São Carlos. **Anais 4º Simpósio de Tecnologia em Meio Ambiente e Recursos Hídricos – FATEC – Jahu**. 2012.

NASA. **Landsat 8 Instruments**. Disponível em:

<http://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/spacecraft/index.html#.ViBamN9Vikp>.

Acesso em: 15 de Outubro de 2015.

NASA. **Landsat 8 Overview**. Disponível em:

<http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=4071>. Acesso em: 15 de Outubro de 2015.

NOVO, E. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2008.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. São Paulo, SP: Cengage Learning. 2013. 612 p. ISBN 978-85-221-0541-0.

OLIVEIRA, E. F.; GOULART, E. **Distribuição espacial de peixes em ambientes lênticos: interação de fatores**. Acta Scientiarum 22(2): 445-453,2000. ISSN 1415-6814.

OLIVEIRA, S. C. **A economia cafeeira no Paraná na década de 1970**. Vitrine da conjuntura, Curitiba, v.2, n.4, Junho 2009.

PREFEITURA DE LONDRINA. **Dados Geográficos**. 2014. Disponível em:
<http://www.londrina.pr.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=40&Itemid=58> Acesso em: 02 de Novembro de 2014.

PREFEITURA DE LONDRINA. **Plano Municipal de Saneamento Básico. Relatório de Diagnóstico da Situação do Saneamento 2008/2009**. Disponível em:
<http://www.londrina.pr.gov.br/dados/images/stories/Storage/gabinete/PMSB/diagnostico_londrina_completo_corrigido29out09.pdf> Acesso em: 14 de Novembro de 2014.

QUEIROZ, *et al.* **Organismos bentônicos bioindicadores da qualidade das águas da Bacia do Médio São Francisco**. Comunicado Técnico – Embrapa Meio Ambiente. Nº 3, Novembro, 2000.

REFUSCO, J. C. Ecologia da paisagem e Sistema de Informações Geográficas no estudo da interferência da paisagem na concentração de Sólidos Totais no reservatório da usina de Barra Bonita, SP. **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Salvador, Brasil**, 14-19 abril 1996, p.343-349. Disponível em:
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Ecologia_Barra_Bonita_SPID-aFcFZzPPyn.pdf> . Acesso em: 19 de Outubro de 2015.

RIBEIRO, A. L. P. M; OLIVEIRA, R. C. **Impactos da urbanização no sistema hidrológico – inundações no município de Guarujá – SP**. Revista Geográfica de América Central. Número Especial EGAL, 2011 – Costa Rica. II Semestre 2011. Pp. 1-12.

RICKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza**. 5a ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003, 503 p.

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. **Matas Ciliares: conservação e recuperação**. 2^a.ed. São Paulo: EDUSP, 2009, 320 p.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 1993. 488 p.

ROSENBERG, D. M.; WIENS, A. P. **Community and species responses of Chironomidae (Diptera) to contamination of freshwaters by crude oil and petroleum products, with special reference to the trail river, Northwest Territories**. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, v. 33, p. 1955-1963, 1976.

ROSOLÉM, N. P. **Visualização cartográfica da expansão da cidade de Londrina por meio de coleção de mapas digitais**. 2011. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

SANTOS, A. L. B dos. **Sedimento e comunidades de peixes como indicadores da qualidade ambiental em praias insulares e continentais na baía de Sepetiba, RJ**. 2007. 40 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

SILVA, C. C. O. A; BARBOSA, J. B. M. **Utilização da ferramenta sensoriamento remoto para diagnóstico de impactos ambientais.** Revista tecnologia & Informação. Ano 1, N.1, NOV. 2012 / FEV.2014.

SILVA, J. A. **Tendências do Novo Rural na Bacia do Ribeirão Cafezal.** Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Centro de geociências, Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2006.

SILVA, T. H. **Elaboração de documentos cartográficos,** 2015.

SIQUEIRA, L. F. S. **Séries temporais e modelos numéricos preditivos como ferramentas de auxílio ao gerenciamento costeiro integrado da Ilha da Maranhão.** Dissertação (Sustentabilidade de Ecossistemas) – Departamento do Oceanografia e Limnologia, Universidade Federal do Maranhão, 2010.

SOARES, *et al.* **Comunidade de peixes como indicador de qualidade ambiental de alguns canais de maré do Estuário do Rio Paciência, São Luís – MA.** Boletim do Laboratório de Hidrobiologia, 24(I): 01-12.2011.

SOUSA, *et al.* Mapeamento do uso e ocupação do solo da Bacia do Rio Descoberto – DF utilizando imagens de satélite CBERS-2 - **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal** – RN. 2009. Disponível em :
<<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.01.16/doc/2233-2239.pdf>>
Acesso em 21 de Abril de 2012.

SOUZA, M. L. P.S. **Ecologia da paisagem e manejo sustentável em bacias hidrográficas: Estudo do rio São Jorge nos Campos Gerais do Paraná.**

Dissertação (Mestrado em Agronomia) Área de concentração Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade federal do Paraná, Curitiba, 1995.

SQUIZATTO, R. **Análise do Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Ribeirão Cambé (Londrina-PR) e sua relação com a estrutura da assembleia de peixes.** 2014. 77

folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2014.

STATSOFT, Inc. (2005). STATISTICA (data analysis software system), version 7.1. Disponível em: <www.statsoft.com>.

SÚAREZ, Y. R. **Variação espacial e temporal na diversidade e composição de espécies de peixes em riachos da bacia do Rio Ivinhema, Alto Paraná.** Biota Neotropica., vol.8, no.3, Jul/Set. 2008.

SÚAREZ, Y.R; LIMA-JÚNIOR, S. E. **Variação espacial e temporal nas assembleias de peixes de riachos na bacia do rio Guiraí, Alto Rio Paraná.** Biota Neotropica, vol. 9, no. 1, Jan/ Mar. 2009.

SUGUIMOTO, I. E. **Uma abordagem ambiental sobre a porção inferior da bacia hidrográfica do Ribeirão Cafezal- Londrina PR,** 2002. Monografia curso de especialização em ensino de Geografia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

TOWNSEND, *et al.* 2006. **Fundamentos em ecologia**. Artmed, Porto Alegre.

TRINDADE, M. E. de J. **Caracterização da assembleia de peixes no Ribeirão Limoeiro, Bacia do Rio Cachoeira – BA**. 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Aquáticos Tropicais) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2008.

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez**. 2.ed. São Carlos: Editora Rima, IIE, 2005.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VIANA, T. R; CELLIGOI, A. Análise das reservas de águas subterrâneas do aquífero Serra Geral em Londrina: Descarga e Consumo. **Anais XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**. Disponível em:
<<http://migre.me/nfib5>> Acesso em: 28 de Novembro de 2014.

VIEIRA, V. T.; CUNHA, S. B. **Mudanças na rede de drenagem urbana de Teresópolis**. Guerra, A. J. T.; Cunha, S. B. (Orgs) Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

YOSHIURA, W. **Análise ambiental preliminar da porção inferior da Bacia do Ribeirão Três Bocas em Londrina-PR**. 2006. 77 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2006.

ZAPPAROLI, I. D. **Oferta e demanda de água na bacia hidrográfica do Rio Tibagi (BHRT)** – Londrina, Paraná, Brasil: saneamento ou produção de energia. *Economia & Região*. v.1, n.1, p.91 -117. 2013.