

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

CÂMPUS LONDRINA

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

ISABELA BRUNA DE TAVARES MACHADO

**QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA E CARACTERÍSTICAS
AMBIENTAIS DA BACIA DE MANANCIAL DE ABASTECIMENTO DO
RIBEIRÃO CAFEZAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA – PARANÁ

2013

ISABELA BRUNA DE TAVARES MACHADO

**QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA E
CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DA BACIA DE MANANCIAL
DE ABASTECIMENTO DO RIBEIRÃO CAFEZAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina.

Orientador (a): Prof^a Dr^a Kátia Valéria Marques Cardoso Prates

Co-orientador (a): Prof^a Dr^a Ligia Flávia Antunes Batista

LONDRINA – PARANÁ

2013



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

Qualidade microbiológica da água e características ambientais da
Bacia de Manancial de Abastecimento do Ribeirão Cafezal

por

Isabela Bruna de Tavares Machado

Monografia apresentada no dia 11 de abril de 2013 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.

Prof. Dr. Edson Fontes de Oliveira
(UTFPR)

Profª Drª Tatiane Cristina Dal Bosco
(UTFPR)

Profa. Dra. Katia Valéria Marques Cardoso Prates
(UTFPR)
Orientador

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

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

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho. Ressalto que, caso haja pessoas que tenham colaborado e não estejam citados nestes parágrafos, faço minhas sinceras desculpas pelo esquecimento, mas agradeço por toda colaboração.

Devo começar meus agradecimentos à minha querida orientadora, a professora Dr^a Kátia Valéria Marques Cardoso Prates, pela paciência, pelas explicações e por todo carinho dedicado ao meu trabalho. Obrigada por tudo professora, principalmente por ter se tornado uma pessoa tão especial em minha formação acadêmica, profissional e pessoal, reitero que me sinto honrada em ser sua orientanda. Agradeço a minha co-orientadora, a professora Dr^a Ligia Flávia Antunes Batista, que dividiu comigo seus conhecimentos e sua atenção, colaborando incomparavelmente para a concretização deste trabalho.

Agradeço também, a equipe de estágio do projeto de melhoramento da qualidade da água da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal: as alunas Rafaela Kawata e Amanda Beluque, e à professora Dr^a Luciana Furlaneto Maia, que contribuíram com algumas informações necessárias utilizadas neste trabalho.

Muito obrigada a todos meus queridos amigos de classe, em especial Tais Andrea Albertoni, Erika Ivanagava e Ana Carolina Pierotti Jacobs, por partilhar seus conhecimentos e pelos momentos inesquecíveis de descontração e diversão que foram essenciais nesses cinco anos de formação. Sem vocês queridos amigos, a faculdade não seria a mesma.

Meus agradecimentos à minha família e meu namorado pelo suporte emocional e incentivo à formação acadêmica. Vocês são essenciais. E não posso deixar de agradecer a Deus, por ter concedido muitas graças, que tanto almejei, e criar todas as possibilidades para realização de meus desejos. Agradeço também a banca pela atenção e dispêndio de tempo para com meu trabalho e apresentação.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

MACHADO, T. B. I. Qualidade microbiológica da água e das características ambientais da bacia de manancial de abastecimento do Ribeirão Cafezal. 2013. 85 f. Monografia Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2013.

A Bacia de Manancial de abastecimento do Ribeirão Cafezal é um dos principais mananciais de abastecimento da cidade de Londrina. Apresenta áreas urbanas e rurais em seu entorno, fatores que contribuem para que ocorra poluição do corpo d'água. Mediante dados de indicadores microbiológicos e avaliação das características ambientais e do meio físico do local de estudo evidenciaram-se os principais fatores que contribuem para a poluição. Além disso, buscou-se correlacionar os dados microbiológicos com índices pluviométricos. Foram elaborados documentos cartográficos para verificar se as condições geográficas do local também contribuem para a poluição. Constatou-se que a Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal se encontra em estado de degradação, sendo o ponto de monitoramento mais próximo da nascente o mais degradado, e que não há correlação entre a variação de concentração dos dados microbiológicos e a quantidade de chuva analisados.

Palavras –chave: Coliformes totais; coliformes termotolerantes; uso e ocupação do solo.

ABSTRACT

MACHADO, T. B. I. Quality microbiological and environmental characteristics of the basin of the fountain Ribeirão Cafezal. 2013. 85 f. Monografia Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2013.

The Basin Fountainhead supply of Ribeirão Cafezal is one of the main sources for supply the Londrina City. Presents urban and rural areas around them, which are factors that contribute to pollution occurring. By microbiological indicator data and evaluation of the environmental characteristics and the physical location of the study proves the main factors that contribute to pollution. In addition, was correlated the microbiological data with rainfall. Cartographic documents were prepared to check if the geographic location also contribute to pollution. It was investigated that the fountainhead of the Ribeirão Cafezal is in a state of degradation, the monitoring point closest to the source is the most degraded local, and there is no correlation between the concentration range of microbiological and rainfall data.

Keywords: Coliforms, fecal coliforms, use and occupation of the soil;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal.....	25
Figura 2 - Modelo de gráfico boxplot.	29
Figura 3 - Imagem representativa da declividade entre dois pontos.	32
Figura 4 - Fotos dos pontos de monitoramento estudados na Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal tiradas durante visitas a campo. a) e b) - Ponto de monitoramento número 1; c) e d); Ponto de monitoramento número 2 ;e) e f) - Ponto de monitoramento número 3.....	37
Figura 5 - Fotos dos pontos de monitoramento estudados na Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal tiradas durante visitas a campo. a) e b) - Ponto de monitoramento número 4; c) e d); Ponto de monitoramento número 5 ;e) e f) - Ponto de monitoramento número 6.....	38
Figura 6 - Fotos dos pontos de monitoramento estudados na Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal tiradas durante visitas a campo a) e b) – Ponto de monitoramento número 7; c) e d) – Ponto de monitoramento número 8; e) e f) – Ponto de monitoramento número 9.....	39
Figura 7 - Gráfico 1- Concentração de UFC/100 mL de bactérias do grupo coliformes totais em cada ponto de monitoramento por mês de coleta.....	44
Figura 8 - Gráfico 2 – Concentração de UFC/100 mL de bactérias do grupo coliformes termotolerantes em cada ponto de monitoramento por mês de coleta.	44
Figura 9 - Gráfico 3- Boxplot – Variação de bactérias do grupo coliformes totais UFC/100 mL por coleta..	46
Figura 10 - Gráfico 4 - Boxplot – Variação de UFC/100 mL de bactérias do grupo coliformes termotolerantes por coleta..	46
Figura 11 - Gráfico 5 – Variação de chuva entre os meses de agosto/2011 a maio/2012.....	48

Figura 12 - Gráfico 6 – Variação de UFC/100 mL de bactérias do grupo coliformes totais, em relação à precipitação.....	49
Figura 13 - Gráfico 7 – Variação de UFC/100 mL de bactérias do grupo termotolerantes, em relação à precipitação.....	50
Figura 14 - Gráfico 8 – Gráfico de regressão linear da quantidade de “UFC/100 mL” de bactérias do grupo coliformes totais em relação a variável “tempo”..	53
Figura 15 - Gráfico 9 – Gráfico de regressão linear da quantidade de “UFC/100 mL” de bactérias do grupo termotolerantes em relação a variável “tempo”..	53
Figura 16 - Gráfico 10 – Gráfico de regressão linear da quantidade de “UFC/100 mL” de bactérias do grupo coliformes totais em relação à variável “precipitação”.....	54
Figura 17 - Gráfico 11 – Gráfico de regressão linear da quantidade de “UFC/100 mL” de bactérias do grupo termotolerantes em relação a variável “precipitação”.....	54
Figura 18 - Documento Cartográfico 1 - Carta Imagem da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal.....	56
Figura 19 - Documento cartográfico 2 – Localização da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal e as principais bacias hidrográficas da região de Cambé, Rolândia e Londrina.	58
Figura 20 - Documento cartográfico 3 – Carta temática de uso e ocupação do solo da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal.	60
Figura 21 - Delimitação de raio de 1 km para os pontos de monitoramento da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal.	61
Figura 22 - Aplicação do recurso zoom nos documentos cartográficos - a) Carta imagem b) Carta temática de uso e ocupação do solo da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal, pontos de monitoramento 1, 2, 3 e 4..	62
Figura 23 - Aplicação do recurso zoom nos documentos cartográficos a) Zoom da Carta imagem b) Zoom da Carta temática de uso e ocupação do solo da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal, pontos de monitoramento 5 e 6..	63

Figura 24 - Aplicação do recurso zoom nos documentos cartográficos a) Zoom da Carta imagem b) Zoom da Carta temática de uso e ocupação do solo da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal, ponto de monitoramento 7.....	64
Figura 25 - Aplicação do recurso zoom nos documentos cartográficos a) Zoom da Carta imagem b) Zoom da Carta temática de uso e ocupação do solo da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal, ponto de monitoramento 8.....	65
Figura 26 - Aplicação do recurso zoom nos documentos cartográficos a) Zoom da Carta imagem b) Zoom da Carta temática de uso e ocupação do solo da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal, ponto de monitoramento 9.....	66
Figura 27 - Documento cartográfico 5 – Carta de altimetria da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal.....	68
Figura 28 - Documento cartográfico 6 – Carta de declividade da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal.....	69
Figura 29 - Documento cartográfico 7 – Carta de solos da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal.....	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definição de bactérias do grupo coliformes termotolerantes e E. coli, de acordo com a Portaria 518 (BRASIL, 2004).	20
Quadro 2 - Classificação da água doce quanto a quantidade de coliformes termotolerantes e E. coli segundo a Resolução 357/2005 CONAMA.....	21
Quadro 3 - Resultados do check-list e observações in loco para os nove pontos de monitoramento.	35
Quadro 4 - Banco de dados do projeto de melhoramento da qualidade da água referente aos indicadores de contaminação fecal..	43
Quadro 5 - Dados de pluviosidade (mm) de agosto de 2011 a maio de 2012.	47
Quadro 6 - Valores de variância e correlação entre as variáveis UFC/100 mL, precipitação e coletas para bactérias do grupo coliformes totais.	49
Quadro 7 - Valores de variância e correlação entre as variáveis UFC/100 mL, precipitação e coletas para bactérias do grupo termotolerantes.	49
Quadro 8 - Valores de variância, correlação e R2 em função do tempo por ponto de monitoramento para bactérias do grupo coliformes totais.	51
Quadro 9 - Valores de variância, correlação e R2 em função do tempo por ponto de monitoramento para bactérias do grupo termotolerantes.	51
Quadro 10 - Valores de variância, correlação e R2 em função da precipitação por ponto de monitoramento para bactérias do grupo coliformes totais.....	52
Quadro 11 - Valores de variância, correlação e R2 em função da precipitação por ponto de monitoramento para bactérias do grupo termotolerantes.	52
Quadro 12 - Quadro de comparação entre a classificação de uso e ocupação do solo nas proximidades dos pontos de monitoramento e concentração de UFC/100 mL de bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes.	67

Quadro 13 - Quadro de comparação entre declividade dos pontos e concentração de UFC/100 mL de bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes.	70
--	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
2.OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GERAL	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 QUALIDADE DA ÁGUA EM BACIA DE MANANCIAL PARA ABASTECIMENTO .	15
3.2 ANÁLISE DE COBERTURA DO SOLO E DOS ASPECTOS GEOGRÁFICOS DE UMA BACIA DE MANANCIAL	17
3.3 BACTÉRIAS DO GRUPO COLIFORMES TOTAIS E TERMOTOLERANTES COMO INDICADORES DE POLUIÇÃO EM ÁGUA	19
3.4 INFLUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE NA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE MANANCIAIS	21
3.5 A BACIA DE MANANCIAL DO RIBEIRÃO CAFEZAL	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS ASPECTOS NATURAIS E ANTRÓPICOS NA BACIA DE MANANCIAL DO RIBEIRÃO CAFEZAL E ANÁLISE DE DADOS MICROBIOLÓGICOS	25
4.1.1 Identificação dos principais aspectos naturais e antrópicos	25
4.1.2 Análise dos indicadores microbiológicos de poluição da água	27
4.2 CORRELAÇÃO DE DADOS MICROBIOLÓGICOS E ÍNDICES DE PLUVIOSIDADE DOS MESES DE AGOSTO/2011 A MAIO/2012.	28
4.3 ELABORAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO DAS CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO DA BACIA DE MANANCIAL DO RIBEIRÃO CAFEZAL	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1. IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS ASPECTOS NATURAIS E ANTRÓPICOS NA BACIA DE MANANCIAL DO RIBEIRÃO CAFEZAL E ANÁLISE DE DADOS MICROBIOLÓGICOS	34
5.1.1 Identificação e caracterização dos principais aspectos naturais e antrópicos	34
5.1.2 Análise dos indicadores microbiológicos de contaminação da água	41
5.2 CORRELAÇÃO DE DADOS MICROBIOLÓGICOS E ÍNDICES DE PLUVIOSIDADE DOS MESES DE AGOSTO DE 2011 A MAIO DE 2012.....	47
5.3 BANCO DE DADOS CARTOGRÁFICO DAS CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO DA BACIA DE MANANCIAL DO RIBEIRÃO CAFEZAL.....	55
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
7. CONCLUSÃO	74
REFERÊNCIAS	75
APÊNDICE A	82

INTRODUÇÃO

A água constitui-se como um elemento essencial para todos os segmentos da vida. É uma substância constantemente ingerida pelo homem e utilizada em diversas atividades como manutenção do organismo, solvente universal, higienização, geração de energia, lazer, entre tantos outros fatores importantes ao desenvolvimento vital. O crescimento urbano, responsável pelo despejo de resíduos sólidos e esgotos industriais e domésticos, afeta os mananciais de água comprometendo sua qualidade.

Embora seja de extrema importância, a água também pode trazer riscos à saúde se estiver fora dos padrões de qualidade, e servir como veículo para vários agentes biológicos e químicos, podendo acarretar inclusive, epidemias de doenças gastrointestinais.

Indicadores microbiológicos têm sido utilizados mundialmente para verificar a contaminação de corpos d'água por resíduos humanos. Tipicamente são utilizados organismos que são encontrados em elevadas concentrações em fezes humanas, como as bactérias do grupo coliformes.

Os focos de poluição em corpos d' água precisam ser identificados devido às alterações prejudiciais que podem ocasionar ao meio ambiente. A poluição das águas envolve a adição de substâncias que causam alteração nas condições habituais do corpo hídrico e de todo o ecossistema envolvido neste processo, o que pode inclusive, inviabilizar sua utilização.

Um dos fatores que pode influenciar nas características biológicas de um corpo d' água é a precipitação, uma vez que pode influenciar na quantidade de nutrientes e microrganismos existentes. Dessa forma, a precipitação é uma variável complexa e pode ter muitos impactos diferentes principalmente na qualidade microbiológica da água.

Outros aspectos importantes relacionados à qualidade da água são a vegetação remanescente, uso e ocupação do solo e as principais atividades econômicas existentes ao redor de um corpo d'água. Assim, os fatores geográficos, biológicos e antrópicos devem ser levados em consideração para a caracterização dos aspectos constituintes da qualidade da água de uma bacia hidrográfica.

A Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal é um dos principais mananciais abastecedores da cidade de Londrina, Rolândia e Cambé, fornecendo aproximadamente 37% da água consumida pela população londrinense (SILVA, 2002). Essa bacia sofreu ocupação rápida e de maneira descontrolada, o que ocasiona diversos impactos ambientais e compromete a qualidade da água da mesma.

Baseado no que foi apresentado, esse estudo foi desenvolvido como forma de realizar uma avaliação da qualidade da água da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal e quais os principais aspectos ambientais, geográficos e antrópicos que contribuem para a poluição desse corpo hídrico.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Analisar a qualidade microbiológica da água da Bacia de Manancial de Abastecimento do Ribeirão Cafezal correlacionando-a com as características ambientais do meio físico.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para o alcance do objetivo geral desta pesquisa, foram pontuados os seguintes objetivos específicos:

a) Identificar e caracterizar os principais aspectos naturais e antrópicos da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal realizando observações *in loco* e análise de dados microbiológicos (bactérias do grupo coliformes) de nove pontos ao longo da bacia de manancial;

b) Realizar uma correlação dos fatores microbiológicos e os índices de pluviosidade no local de estudo no período de agosto de 2011 a maio de 2012, de modo a verificar se ocorre variação na quantidade das bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes com o aumento de pluviosidade;

c) Elaborar um banco de dados geográficos de informações de uso e ocupação do solo, limites da bacia de manancial, e rede de drenagem, correlacionar tais fatores com a qualidade da água, e verificar se as condições geográficas do local, tais como declividade, proximidade dos pontos de análise com área urbana/rural, interferem na quantidade de bactérias do grupo coliformes.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 QUALIDADE DA ÁGUA EM BACIA DE MANANCIAL PARA ABASTECIMENTO

Segundo Barrella (2001), bacia hidrográfica pode ser definida como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático.

O conceito de bacia hidrográfica inclui ainda, a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores de águas, cursos d'água principais, afluentes e sub-afluentes, que, segundo Vivaterra (1993), possui uma hierarquização da rede hídrica em que a água escoam normalmente dos pontos mais altos para os mais baixos. Assim, para o autor, o conceito de bacia hidrográfica deve incluir também noção de dinamismo, devido às modificações que ocorrem nas linhas divisórias da água sob o efeito dos agentes erosivos, alargando ou diminuindo a área da bacia.

A Lei Estadual nº9866 de 28 de novembro de 1997 de São Paulo (São Paulo, 1997) que dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo, define manancial de abastecimento como todo o corpo de água interior subterrânea, superficial, fluente, emergentes ou em depósito, efetiva ou potencialmente utilizáveis para o abastecimento público. Portanto, são fontes disponíveis de água determinada pelas condições locais, com os quais a população pode ser abastecida, possuindo quantidade e qualidade de água adequada ao uso.

Os principais mananciais de suprimento de água de um município podem ser provenientes de águas superficiais e/ou águas subterrâneas: as águas superficiais são encontradas na rede de rios da bacia hidrográfica onde a população se desenvolve, enquanto as águas subterrâneas são a maior reserva de água doce do globo, como os aquíferos, onde ficam os reservatórios que podem ser confinados ou não (SANEPAR, 1999).

As águas para o abastecimento humano podem ser submetidas a tratamento de forma a atender à legislação vigente, conseqüentemente, a proteção do manancial é igualmente importante, pois, segundo De Vito (2007), seu comprometimento por elementos nocivos à saúde encarece o processo de tratamento e pode, até, impedir sua utilização.

Para Pereira (2004), a qualidade dos ecossistemas aquáticos tem sido alterada de diferentes formas nas últimas décadas, devido à complexidade dos usos múltiplos da água pelo homem, gerando poluição e degradação ambiental, conseqüentemente ocasionando uma diminuição considerável na disponibilidade de água de qualidade, produzindo inúmeros problemas ao seu aproveitamento.

A Lei 6938 de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981), que institui a Política Nacional do Meio Ambiente, define como poluição:

“(...) a degradação da qualidade ambiental ocasionada por meio de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.”

De acordo com a cartilha de vigilância e controle de qualidade de água para consumo humano desenvolvido pelo Ministério da Saúde (Brasil 2006), a poluição de um corpo hídrico pode ocorrer de três maneiras:

1. Pela introdução de substâncias artificiais e estranhas no meio, como lançamento de esgoto doméstico, lançamento de agrotóxico, podendo conter micro-organismos patogênicos em seu meio;
2. Pela introdução de substâncias naturais e estranhas ao meio, como assoreamento de um rio;
3. Alteração na proporção ou nas características dos elementos constituintes do próprio meio, como a diminuição de oxigênio dissolvido de um rio devido ao aumento excessivo de matéria orgânica.

3.2 ANÁLISE DE COBERTURA DO SOLO E DOS ASPECTOS GEOGRÁFICOS DE UMA BACIA DE MANANCIAL

Segundo Chaves e Santos (2009), cursos d'água servem como integradores das características da paisagem terrestre e como recipientes dos poluentes da terra e da atmosfera. A qualidade de sua água, por sua vez, resulta de fatores geográficos, climáticos, hidrológicos e biológicos, sendo o tipo de uso e o manejo do solo fatores determinantes para a qualidade da água em bacias hidrográficas.

Os autores afirmam ainda que dentre as bacias mais impactadas no tocante à qualidade da água estão aquelas que sofrem processo de ocupação acelerada, apesar da impermeabilização do solo em áreas urbanas não gerar, por si só, poluição, ela é o maior contribuinte das mudanças hidrológicas da bacia, responsáveis por grande parte das mudanças físicas que afetam os rios urbanos.

Segundo Mendes e Cirilo (2001), o impacto decorrente da alteração do uso do solo reflete-se em todos os componentes do ciclo hidrológico, como no escoamento superficial, na recarga dos aquíferos e na qualidade da água. Estudos do meio físico devem ser realizados para analisar tais impactos.

Os estudos do meio físico devem contemplar a análise integrada do ambiente natural, de forma a construir unidades naturais que expressem a integração das suas diferentes componentes, devem também detectar a integridade dos sistemas naturais com suas potencialidades e limitações (ITCG, 2006 a).

Estudos em bacias hidrográficas podem utilizar as imagens orbitais de alta resolução espacial na obtenção de classes de uso e ocupação do solo, segundo Vaeza *et al.* (2008), as imagens permitem a obtenção de resultados mais precisos na identificação dos mais diversificados elementos da composição urbana, sendo possível mapear e quantificar as mais variadas classes de uso do solo em bacia hidrográfica localizada em área urbana, onde a alta resolução das imagens passa a ser de fundamental importância para um estudo mais detalhado.

Para Silva (2010) através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é possível avaliar as condições da qualidade da água de um rio devido a sua ocupação e uso do solo, fazendo uma leitura de todo o espaço e as mudanças ocorridas na paisagem.

SIG é um sistema de informação geográfica, que se constitui como um conjunto de funções automatizadas, que fornecem aos profissionais, capacidades avançadas de armazenamento, acesso, manipulação e visualização de informação georreferenciada (OLIVEIRA e SILVA, 2009).

Segundo Sousa *et al.* (2009), imagens de satélite formam uma importante ferramenta, como fonte de dados espaços-temporais permitindo análises das mudanças ocorridas no uso do solo, ou seja, na forma como o espaço está sendo utilizado pelo homem. Para obter informações sobre a cobertura de áreas extensas, de maneira relativamente rápida, precisa e econômica o sensoriamento remoto, com suas características multiespectrais e temporais, é uma importante ferramenta no mapeamento, identificação e monitoramento de feições terrestres.

As imagens de satélite contêm características da superfície terrestre na data de sua aquisição. Para a análise dessas imagens pode ser realizado um processo de classificação, o que de acordo com Machado e Quintanilha (2008), a classificação de imagens é o processamento no qual decisões quantitativas são tomadas com base nas informações presentes na imagem, podendo classificar regiões rurais e urbanas, vegetações, corpos d'água, entre outros elementos.

A elaboração de documentos cartográficos a partir de informações obtidas por sensoriamento remoto permite analisar especificamente um determinado local de estudo. Como exemplo, as cartas de cobertura do solo, obtidas pela classificação das imagens de satélite, que segundo Vasconcelos e Filho (2010) compõem as características comuns de vegetação, ocupação e uso do solo e, demonstra o potencial dos produtos derivados do sensoriamento remoto e apoio a estudos geográficos e ambientais.

Essas informações obtidas pela carta de cobertura do solo são homólogas a imagens obtidas por satélites. Segundo Braga *et al.* (2007), na avaliação da qualidade de produtos cartográficos oriundos do sensoriamento remoto a exatidão posicional é um elemento importante, uma vez que está relacionada com a posição relativa e absoluta de feições na carta imagem e seus homólogos no terreno.

3.3 BACTÉRIAS DO GRUPO COLIFORMES TOTAIS E TERMOTOLERANTES COMO INDICADORES DE POLUIÇÃO EM ÁGUA

A causa da contaminação da água, segundo a cartilha de vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano (Brasil, 2006), envolve principalmente a falta de tratamento de esgotos domésticos e rurais, bem como despejo irregular de esgotos industriais, agrotóxicos, fertilizantes e óleos derramados por veículos automotores.

Como consequência da poluição da água, há inúmeras doenças de veiculação hídrica causadas por bactérias, vírus, vermes e protozoários além da degradação do ecossistema e da bacia hidrográfica poluída (Pereira, 2004).

A importância de estudar e identificar doenças relacionadas à água ou que tenham o meio ambiente como elo importante da cadeia, é ressaltada por Barcellos *et al.* (2006), que afirmaram que os grandes desafios da saúde ainda são, principalmente, hepatites, a malária, a febre amarela, a cólera, enfim, doenças de veiculação hídrica.

As bactérias do grupo coliforme são os organismos mais comumente utilizados como indicadores de contaminação fecal uma vez que, segundo Von Sperling,(2005), apresentam-se em grandes quantidades nas fezes humanas e de animais de sangue quente. Além disso, possuem resistência ligeiramente superior à maioria das bactérias patogênicas intestinais, os mecanismos de remoção dos coliformes nas estações de tratamento são os mesmos das bactérias patogênicas e as técnicas para identificação do grupo coliformes são rápidas e econômicas.

A detecção de coliformes totais em amostras de águas não é necessariamente um indicativo de contaminação fecal, pois o grupo designado como coliformes totais engloba um grande número de bactérias. As bactérias do grupo coliformes termotolerantes, entre elas a *E. coli*, exclusivamente de origem fecal e que dificilmente multiplica-se fora do trato intestinal, é mais utilizada como indicadora de contaminação fecal (SOUZA e PERRONE, 2000).

Podem-se definir esses grupos de bactérias conforme o Quadro 1, de acordo com a Portaria 518, (BRASIL, 2004) que, apesar de revogada pela Portaria 2914 (BRASIL, 2011), apresenta definições importantes para cada um desses tipos bacterianos.

Coliformes totais	Coliformes Termotolerantes	<i>E. coli</i>
Bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ em 24-48 horas, a maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros <i>Escherichia</i> , <i>Citrobacter</i> , <i>Klebsiella</i> e <i>Enterobacter</i> .	Subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas; tendo como principal representante a <i>Escherichia coli</i> , de origem exclusivamente fecal;	Bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas, considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos;

Quadro 1 - Definição de bactérias do grupo coliformes termotolerantes e *E. coli*, de acordo com a Portaria 518 (BRASIL, 2004).

A Portaria 2914 (BRASIL, 2011) que estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, determina coliformes totais e *E. coli* como indicadores de poluição e determina que medidas corretivas sejam adotadas para que suas presenças sejam eliminadas.

De acordo com o Anexo I da Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011, (BRASIL, 2011) para água potável indicada ao consumo humano é necessário ausência de *E. coli* e coliformes totais em 100 mL de água tratada. A Resolução 357/2005 CONAMA (BRASIL, 2005), condiciona limites de existência para bactérias do grupo coliformes termotolerantes e *E. coli* como forma de garantir a qualidade de águas doces, segundo sua classificação (Quadro 2):

	Coliformes termotolerantes	<i>E. coli</i>
Água doce de Classe I	200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros	Determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente
Água doce de Classe II	1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros	Determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente
Água doce de Classe III	4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros	Determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente

Quadro 2 - Classificação da água doce quanto a quantidade de coliformes termotolerantes e *E. coli* segundo a Resolução 357/2005 CONAMA.

A importância dos índices microbiológicos, como as bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes, segundo Souza e Perrone (2000), é a identificação de contaminação fecal e, portanto, não propiciar consumo humano, a fim de reduzir os casos de doenças disseminadas por veiculação hídrica.

3.4 INFLUÊNCIA DA PLUVIOSIDADE NA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE MANANCIAS

Os fatores ambientais como clima, geologia, solos, bem como o uso e ocupação dos solos, interagindo entre si, apresentam influência direta na qualidade das águas, principalmente das superficiais (FRITZSONS *et al.*, 2002).

Fritzsons *et al.* (2002) destacaram a influência das chuvas na alteração da qualidade da água do corpo receptor:

“As chuvas, possivelmente anteriores aos dias de coleta, provocam uma maior eficiência em alguns sistemas de drenagem, caso de canais de primeira ordem ou de pequenas poças que acumulam água de lavagem de

estábulo, contaminantes de fossas, etc. O início das chuvas, pelo efeito de lavagem, do escoamento superficial, e do funcionamento efetivo destes canais efêmeros provocaria um aumento do número de coliformes e após este período, a água do rio conteria menor quantidade deles, devido ao efeito da lavagem inicial e/ou por diluição.”

Segundo Nogueira *et al.* (2003) a precipitação é uma variável complexa e pode ter muitos impactos diferentes na qualidade da água, como o fato de ser um mecanismo que introduz bactérias do grupo coliformes no sistema por meio de carregamento de partículas e nutrientes do solo que podem estar contaminadas com tais bactérias. Pode ocorrer também aumento dos nutrientes dissolvidos na bacia, o que aumenta os níveis de carbono orgânico que servem de alimento para esse grupo microbiológico.

Silva *et al.* (2009) realizaram uma avaliação das condições climáticas e bacteriológicas associadas às fontes pontuais de poluição ao longo do litoral de Fortaleza e chegaram a conclusão de que as praias que apresentaram maiores taxas de coliformes foram as que se apresentam ligadas as galerias pluviais e que as condições das águas marinhas pioram no período chuvoso na costa da região metropolitana de Fortaleza, apresentando assim, uma relação importante entre índices de pluviosidade e qualidade da água.

De acordo com Bonnet *et al.* (2008), em suas análises sazonais de 2002 a 2004 dos mananciais de abastecimento de Goiás, verificou-se que os parâmetros de qualidade da água, como turbidez, cor aparente, pH e coliformes totais e termotolerantes se revelam aquém dos padrões legalmente requeridos principalmente na cheia, uma vez que, segundo os autores, parte da matéria orgânica é de origem fecal e pode ser oriunda do aporte de sedimentos, intensificado durante as chuvas associadas ao início e fim da estação chuvosa.

No entanto a quantidade superior de bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes em épocas de cheia não é necessariamente um fator obrigatório, Iha (2010) em sua tese, afirmou que encontrou maior concentração de *E. coli* e termotolerantes em época de seca, e justificou que esse fato está relacionado a menor quantidade de água nos corpos d'água nessa época, bem como o despejo de esgoto, que com a baixa concentração de água não se dissolve e portanto permite aumento na quantidade de material microbiológico.

3.5 A BACIA DE MANANCIAL DO RIBEIRÃO CAFEZAL

A Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal está localizada na região norte do Estado do Paraná, entre as latitudes 23° 16' S e 23° 24' S, e as longitudes 51° 07' W e 51° 23' W sentido noroeste-sudeste, ocupando três unidades político-administrativas, sendo elas Londrina, Cambé e Rolândia (SUGUIMOTO, 2002).

De acordo com Silva (2002), a bacia do Ribeirão Cafezal constitui-se desde 1959, como um dos principais mananciais abastecedores da cidade de Londrina, fornecendo 37% da água consumida pela população do município de Londrina. A área da bacia compreende cerca de 20.600 ha, distribuídos em 8 sub-bacias principais, localizadas nos três municípios supracitados.

Segundo SUGUIMOTO (2002) é considerada como uma sub-bacia do Ribeirão três Bocas, afluente da margem esquerda do Rio Tibagi, e tem como principais afluentes o Ribeirão Ciclone, Alto e Médio Cafezal, Ribeirão Pedroso e Ribeirão São Domingos. Da sua nascente localizada no município de Rolândia até a sua foz no Ribeirão Três Bocas, o Ribeirão Cafezal percorre 41,8Km, sendo 27,3Km até a captação, através de uma paisagem que intercala áreas agrícolas com urbanas

Essa bacia de manancial apresenta áreas rurais e urbanas, possuindo assim regiões residenciais e de recreação. Como consequência principalmente da urbanização acelerada dessa área, esse manancial contém desafios a serem superados, como os que Silva (2002) citou em seu trabalho: “poluição por meio de esgotos e resíduos sólidos; área urbanizada poluente; eutrofização do corpo d’água; poluição difusa, entre outros”.

Barros *et al.* (2008) afirmam em seus estudos que as áreas urbanizadas compreendem 13% da área total da bacia. Segundo o levantamento realizado em 2008 pelos autores, 67% da área de proteção permanente da bacia do Ribeirão Cafezal tem cobertura vegetal, e em pouco mais de 6% a cobertura é adequada. Quanto às nascentes, 72 do total de 91 estão circunscritas em áreas urbanas, sendo que, 85% delas encontram-se sem cobertura vegetal.

A pressão urbana sobre a área de abrangência do manancial conduz a preocupantes processos de degradação das nascentes, reflexo de uma ineficiente implementação e/ou fiscalização das Políticas Públicas de Uso e Ocupação do Solo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) Câmpus Londrina, a Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, a Secretaria Municipal do Ambiente de Londrina- SEMA, e a Organização não governamental- ONG Ecometrópole em parceria com a *Japan Internacional Cooperation Agency* – JICA e a *Hyogo Enviromental Advancment Association* - HEAA (coordenadora japonesa do projeto), constituem um grupo de trabalho que participaram do projeto intitulado “Projeto de instalação de um modelo de melhoramento da qualidade da água em conjunto com a comunidade na cidade de Londrina- PR, Brasil”, a fim de verificar a qualidade da água da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal.

Na UTFPR Câmpus Londrina, sob a orientação das professoras Luciana Furlaneto Maia e Kátia Valéria Marques Cardoso Prates, com participação das estagiárias Amanda Beluque (responsável por *check-list* e educação ambiental), Isabela Bruna de Tavares Machado (responsável por *check –list* e análise de bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes e *E. coli*) e Rafaela Kawata (responsável por *check –list* e análise de *cryptosporidium*), esse projeto teve como objetivo analisar a qualidade microbiológica da água da bacia em questão.

A análise da qualidade da água do projeto de melhoramento da qualidade da água utilizou dados microbiológicos e informações obtidas por meio de visitas in loco nos dias de coleta de água para a análise microbiológica.

Dessa forma, o presente trabalho de conclusão de curso utilizou os dados microbiológicos do projeto mencionado acima compreendendo o período de agosto de 2011 a maio de 2012 - exceto os meses de outubro (2011) e janeiro (2012) que tiveram falhas de análise - para estabelecer uma correlação com os principais aspectos ambientais da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS ASPECTOS NATURAIS E ANTRÓPICOS NA BACIA DE MANANCIAL DE ABASTECIMENTO DO RIBEIRÃO CAFEZAL E ANÁLISE DE DADOS MICROBIOLÓGICOS

4.1.1 Identificação dos principais aspectos naturais e antrópicos

Para identificação e caracterização dos principais aspectos naturais e antrópicos foi necessária a identificação de locais nos quais seriam realizadas visitas e análises das condições ambientais da bacia em estudo. Optou-se por manter os mesmos pontos selecionados para o desenvolvimento do projeto de melhoramento da qualidade da água (Figura 1), que estavam associados aos pontos de monitoramento mantidos pela SANEPAR para a Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal.

Para determinação desses pontos estabeleceu-se uma relação de proximidade com locais de atividade urbana e rural desde a nascente da bacia até a captação da água para abastecimento público da cidade de Londrina.

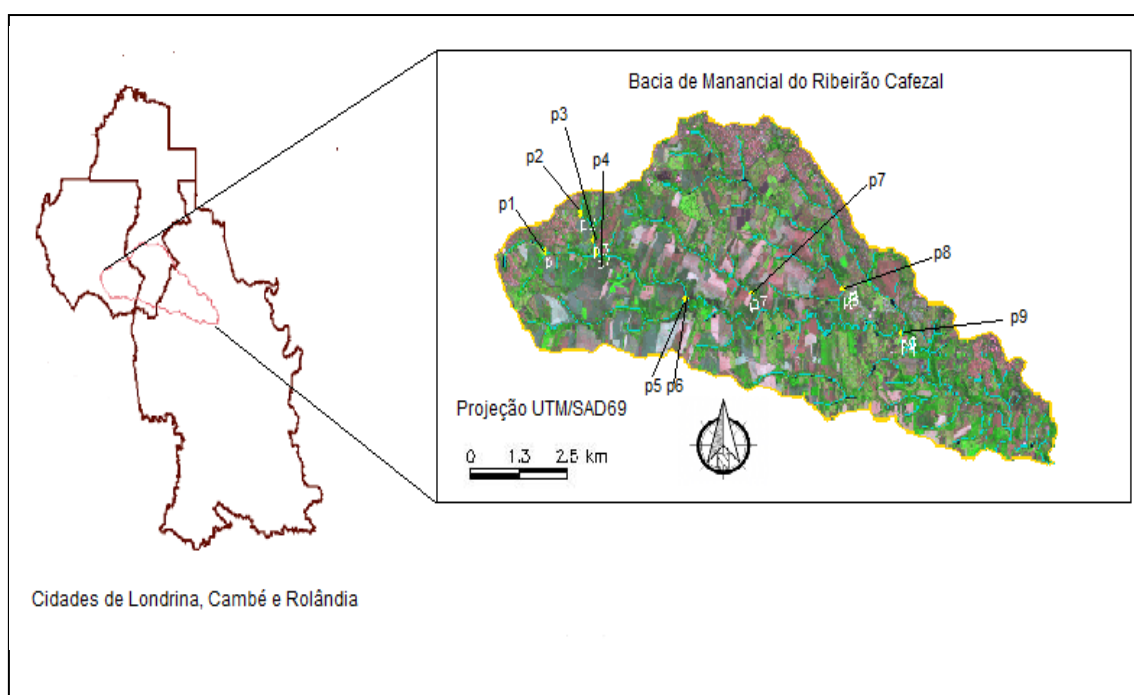


Figura 1- Localização da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal. Fonte: Autoria Própria.

Os pontos de monitoramento seguem descritos abaixo:

- Ponto 1 (p1): Córrego Marabu (localizado em Rolândia)
- Ponto 2 (p2): Nascente do Córrego Amoreira (localizado em Rolândia)
- Ponto 3 (p3): Córrego Amoreira (localizado em Rolândia)
- Ponto 4 (p4): Córrego Ciclone (localizado em Rolândia)
- Ponto 5 (p5): Ribeirão Alto Cafezal (localizado em Rolândia)
- Ponto 6 (p6): Ribeirão Pedroso (localizado em Cambé)
- Ponto 7 (p7): Córrego Verdade (localizado em Cambé)
- Ponto 8 (p8): Ribeirão São Domingos (localizado em Londrina)
- Ponto 9 (p9): Ribeirão Cafezal (localizado em Londrina, nas dependências da SANEPAR, onde ocorre a captação de água para abastecimento).

Realizaram-se três visitas (em agosto /2011, maio/2012 e setembro/2012) aos nove pontos de monitoramento selecionados para verificar as condições ambientais da bacia de estudo, aplicando-se para isso um *check-list* (Apêndice A). As informações da visita de agosto/2011 e maio/2012 foram obtidas durante o levantamento de dados do projeto de melhoria da água, enquanto a de setembro/2012 foi realizada a fim de concluir um ano de análise das condições ambientais na bacia de estudo.

A elaboração do *check-list* se deu a partir de um *brainstorm* realizado pelos alunos estagiários da UTFPR Câmpus Londrina, participantes do projeto, que avaliaram dentre vários aspectos, quais poderiam contribuir para agravar as condições ambientais da bacia de manancial.

As visitas foram realizadas procurando identificar: despejo irregular de esgoto doméstico, cultivo de culturas e áreas urbanas próximas as margens dos rios e córregos, fossas, área de preservação permanente - APP, tipo de vegetação e presença de erosão e assoreamento, assim como qualquer outro fator biológico e antrópico que poderia contribuir para a poluição da água e degradação ambiental do local.

Os segmentos do *check – list* foram determinados da seguinte forma:

- Presença de moradia: foi avaliada de acordo com a existência de moradias com distâncias de 100 metros (m), entre 100 m a 200 m e acima de 500 m, em relação ao corpo d'água;
- Existência de esgoto a céu aberto e fossa nas proximidades (até 100m) do corpo d'água;
- Área de APP alterada: de acordo com a legislação (Código Florestal Brasileiro, BRASIL, 1965 – as análises foram realizadas anteriormente a revogação do Código)
- Vegetação predominante: classificada em arbustos, florestas e gramínea;
- Uso do solo: existência de moradia e construções ou áreas construídas, práticas de cultivo; verificou-se se a região é tipicamente urbana ou rural.
- Existência de assoreamento no corpo d'água;
- Existência de erosão do entorno do corpo d' água;
- Presença ou ausência de resíduos na margem;

Em cada visita a campo, procurou-se também tomar nota de condições que ocorriam de maneira extraordinária e não listadas no *check-list*, como ocorrência de chuvas e variação no uso do solo.

4.1.2 Análise dos indicadores microbiológicos de poluição da água

Para verificação de qualidade da água por meio de indicadores microbiológicos utilizou-se os dados microbiológicos obtidos durante as coletas para o projeto de melhoramento da qualidade da água, que possui informações como concentrações de bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes por 100 mL de amostra de água de cada ponto de coleta.

Os dados microbiológicos de Unidades Formadoras de Colônias – UFC, possibilitam identificar quais dos nove pontos possuíam maiores concentrações ao longo dos 8 meses de monitoramento e que portanto, são mais propensos a contaminação encontrando-se mais poluídos.

Esses dados foram obtidos por meio de coletas de amostras de água (400 mL) realizadas na margem dos nove pontos de monitoramento, e foram

armazenadas em garrafas PET desinfetadas com álcool 70% e lavadas com diluição de 0,01% de Tween 80%.

As amostras de água para enumeração de coliformes totais e termotolerantes foram diluídas (10 mL de água bruta por 90 mL de água potável esterilizada) e filtradas em membranas de nitrocelulose (0,45 µm de porosidade nominal, 47 mm de diâmetro), utilizando-se bomba de vácuo. Posteriormente, as membranas foram depositadas na superfície de Agar M-Endo e MFC, seguido de incubação a 37° e 45°C por um período de 24 horas, para contagem das UFC por 100 mL de coliformes totais e termotolerantes, respectivamente.

A contagem de colônias encontradas permitiu identificar a densidade de UFC do grupo bacteriológico por 100 mL de água, um padrão estabelecido pela Portaria 2914/2011 (BRASIL, 2011), de qualidade da água para consumo humano, e pela Resolução CONAMA 357/2005 (BRASIL, 2005) que visa enquadramento de corpos d'água.

4.2 CORRELAÇÃO DE DADOS MICROBIOLÓGICOS E ÍNDICES DE PLUVIOSIDADE DOS MESES DE AGOSTO/2011 A MAIO/2012.

Os dados microbiológicos foram correlacionados aos índices de pluviosidade do local de estudo para verificar a existência de interferência da água da chuva na qualidade microbiológica da água da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal.

Os índices pluviométricos mensais de agosto de 2011 a maio de 2012 para as cidades de Londrina, Cambé e Rolândia utilizados neste trabalho foram obtidos pelo site do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR (IAPAR, 2012).

Os dados microbiológicos (UFC/ 100 mL) e pluviométricos (mm) foram analisados no programa de estatística R®, elaborando-se gráficos boxplot, de forma a verificar se há alteração de bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes no local, através da dispersão dos valores de determinada variável, e conseqüentemente analisar se ocorre influência dessa condição na qualidade da água da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal.

Um gráfico boxplot pode ser explicado de acordo com a Figura 2:

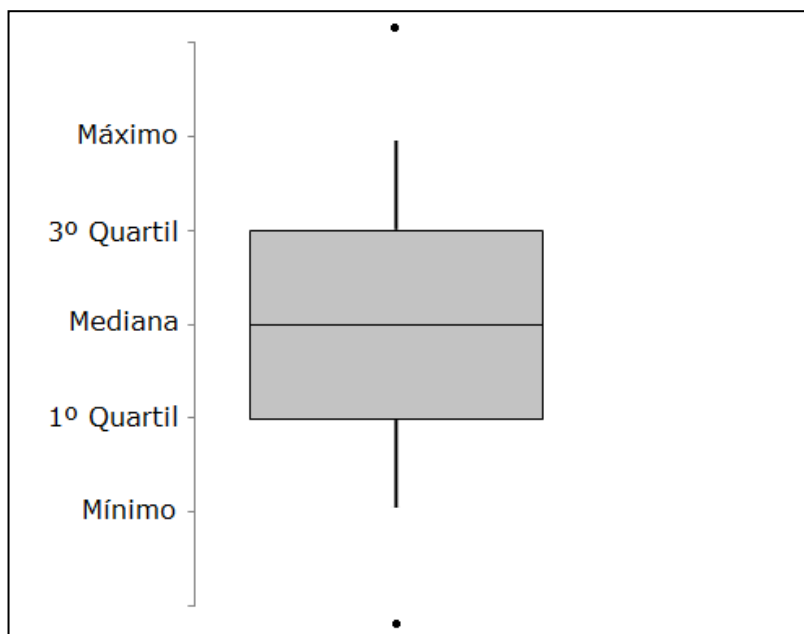


Figura 2-Modelo de gráfico boxplot. Fonte: Autoria Própria.

De acordo com Raimundo *et al.* (2010), o boxplot é um gráfico que reúne importantes aspectos de um conjunto de dados através do resumo dos cinco números, formado pelos seguintes valores: valor mínimo, primeiro quartil (o valor que deixa 25% das observações abaixo dele), mediana ou segundo quartil (o valor que deixa 50% das observações abaixo dele), terceiro quartil (o valor que deixa 75% das observações abaixo dele) e valor máximo. Os pontos representados fora do máximo ou do mínimo podem ocorrer para amostras cujo valor extrapole a média dos dados encontrados, não sendo um valor significativo.

No programa R, utilizou-se como variável: “UFC” para determinar as unidades formadoras de colônias; “p1, p2, p3, p4, p5, p6, p7, p8, p9” para cada um dos pontos de monitoramento; “coletas” para os meses em que foram realizadas as coletas de água nos pontos de monitoramento, nomeando cada mês como: d1_8 (agosto), d2_9 (setembro), d3_11 (novembro), d4_12 (dezembro), d5_2 (fevereiro), d6_3 (março), d7_4 (abril), d8_5 (maio); “tempo” para cada coleta realizada: 1 para coleta de agosto, 2 para coleta de setembro, 3 para coleta de novembro, e assim por diante; e “precipitação” para os dados de precipitação em cada mês.

Inicialmente com os gráficos boxplot buscou-se verificar a dispersão de valores de UFC/100 mL de cada ponto em relação às coletas realizadas. A variação da concentração de UFC/100 mL por ponto em relação à coleta também foi obtida

por meio de gráficos de linha, enquanto a variação de UFC/100 mL por ponto em relação à precipitação desenvolveu-se por gráficos de dispersão e linha.

Pelo programa R, realizaram-se testes estatísticos com o objetivo de obter também os valores de variância e correlação entre os dados de “UFC”, “coleta” em relação às variáveis “tempo” e “precipitação”. Os testes estatísticos utilizados foram de correlação analisando-se o valor de p valor e regressão linear. Os valores de variância foram analisados apenas como forma de verificar a medida de distribuição dos dados obtidos.

De acordo com Devore (2007), a variância é uma medida do espalhamento da distribuição ao redor da média, e é calculada primeiro pela soma dos desvios quadrados da média, e dividindo-a pelo número de observações (se os dados representam a população toda) ou por este número, reduzido por um (se os dados representam uma amostra). Da mesma forma, quando existirem duas séries de dados, a correlação e a covariância podem ser usadas para capturar como as duas séries se movem juntas através do tempo.

De acordo com Devore (2007), a correlação é a medida padronizada da relação entre duas variáveis. Isso implica que a correlação nunca pode ser maior do que 1 ou menor do que -1, uma correlação próxima a zero indica que as duas variáveis não estão relacionadas. Além disso, deve-se analisar o valor de p valor para a correlação, caso o valor encontrado seja menor que 0,05 a correlação é significativa, caso o valor encontrado seja maior que 0,05 a correlação é pouco significativa.

Verificou-se também, a regressão linear entre os dados que indicaram a tendência temporal, da bacia e por ponto, demonstrando a dispersão dos valores de UFC em cada ponto de monitoramento, procurando-se obter uma reta de tendência com angulação de 45 graus, através do valor do R^2 para regressão linear.

A regressão linear, segundo Devore (2007) é uma extensão da correlação, no qual parte de uma variável dependente (Y), usando a variável independente (X). Se as duas variáveis são plotadas uma contra a outra num gráfico de espalhamento, com Y no eixo vertical e X no eixo horizontal, a regressão tenta ajustar uma linha reta através dos pontos de tal modo que minimiza a soma dos desvios quadrados dos pontos da linha. O R^2 da regressão é uma função direta da correlação entre as variáveis, se o valor de R^2 for muito próximo de 1 ou -1, significa que há uma relação entre as variáveis, caso contrário, não há relação significativa. Deve-se verificar o

valor de p valor também para a regressão, caso seja maior que 0,05 a relação não é significativa, caso seja menor que 0,05 a correlação é significativa

4.3 ELABORAÇÃO DO BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO DAS CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO DA BACIA DE MANANCIAL DO RIBEIRÃO CAFEZAL

A elaboração de um banco de dados geográfico da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal foi necessária para verificar as condições do entorno de cada ponto e com isso analisar se pontos com condições semelhantes tem comportamento também similar no que diz respeito a coliformes. Com essa análise qualitativa das influências das características da bacia sobre a qualidade da água, é possível identificar por meio de cartas, quais pontos de monitoramento encontram-se em locais propícios a maior contaminação, devido às condições as quais estão submetidos e conferir se é o que realmente ocorre com os dados microbiológicos, *check-list* e dados pluviométricos.

Foram utilizadas imagens de satélite do local de 01/09/2011, obtidas pelo site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Essas imagens foram tratadas em um Sistema de Informação Geográfica – SIG, o *software* Spring® versão 5.2.2.

Para o processamento foi necessária a interpretação e classificação das imagens de satélite. A interpretação visual proporcionou identificar a cobertura do solo e por meio da classificação foi possível designar objetos em classes baseando-se nos elementos da interpretação de imagens.

Elementos como rede viária, rede hidrográfica e limites municipais e carta de solos foram obtidos a partir do site do Instituto de Terras Cartografia e Geociências (ITCG b, 2011) para o respectivo local de estudo. As informações de altimetria foram obtidas a partir da imagem de satélite áster.

Para elaboração deste banco de dados foi necessário identificar as respectivas informações:

- a) Caracterização geral da bacia (aspectos físicos e geográficos - delimitação da bacia hidrográfica):

O diagnóstico dos aspectos físicos e geográfico resultou da interpretação de imagens de sensoriamento remoto. A rede de drenagem e os limites da bacia foram importados por meio de dados cedidos pela SEMA, que são dados vetoriais compostos por segmentos de linha, os quais possuíam também descrição dos nomes das bacias e dos principais trechos de drenagem.

A declividade foi obtida a partir de dados de altimetria. Segundo IBGE (1998), a declividade é a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos (Figura 3).

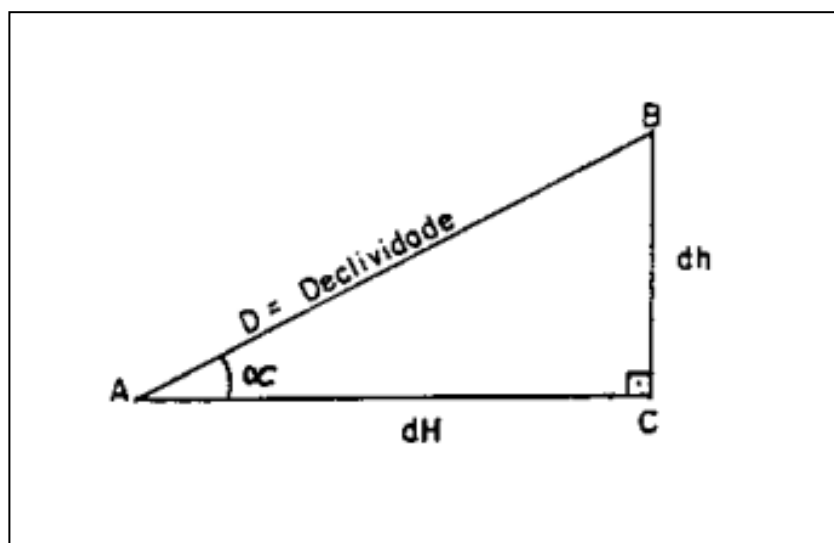


Figura 3- Imagem representativa da declividade entre dois pontos. Fonte: IBGE (1998).

Sendo:

dh = Diferença de altura BC (Equidistância vertical)

dH = Distância horizontal AC (distância entre os pontos)

A declividade pode ser obtida pela relação (equação 1):

$$\frac{dh}{dH} \quad (1)$$

A tangente expressa o coeficiente angular de uma reta em relação ao eixo das abcissas (Equação 2):

$$tg \alpha = \frac{dh}{dH} \quad (2)$$

Ao fazer uso do *software*, foi possível delimitar as condições da declividade da região, e ao final foi elaborado um documento cartográfico contendo tais informações.

b) Caracterização da cobertura do solo:

Com uso do software e das imagens do satélite Landsat 5 da região de estudo, classificando e interpretando essas imagens, elaborou-se um documento cartográfico contendo as informações de cobertura do solo.

Essas informações de cobertura do solo visaram identificar as regiões urbanizadas e rurais próximas aos pontos de monitoramento, usando-se principalmente dois tipos de cartas: a carta imagem em comparação com a carta específica de classificação de cobertura do solo da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal. Para uma melhor observação, utilizou-se uma ferramenta Buffer, que delimitou uma área de 1 km de raio em relação a cada ponto de monitoramento, foi adotada essa distancia de forma aleatória para este caso específico já que os pontos de monitoramento encontram-se próximos a vias de acesso. A partir dessa delimitação foi possível analisar com maior clareza a finalidade de ocupação do solo do local.

Além disso, comparou-se com a carta de solos da bacia de estudo, analisando-se o principal tipo de solo existente e sua relação com a classificação de cobertura do solo, e o banco de dados do projeto de melhoramento da qualidade da água.

Ao final desse processo foram elaborados seis documentos cartográficos: localização da bacia de estudo, imagem de satélite de local identificando os 9 pontos de monitoramento; cobertura do solo com informações a respeito das áreas rurais, urbanas e vegetação; declividade em função da exposição do solo; altimetria do local e dos tipos de solo da região.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS ASPECTOS NATURAIS E ANTRÓPICOS NA BACIA DE MANANCIAL DO RIBEIRÃO CAFEZAL E ANÁLISE DE DADOS MICROBIOLÓGICOS

5.1.1 Identificação e caracterização dos principais aspectos naturais e antrópicos

As visitas *in loco* oportunizaram identificar os aspectos naturais e antrópicos que podem interferir na qualidade da água da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal, esses aspectos foram observados e estudados a partir do *check-list* elaborado.

Cada informação especificada no *check-list* foi posteriormente correlacionada com o banco de dados do projeto de melhoramento da qualidade da água em relação a concentração de bactérias por 100 mL de água, verificando se tais fatores poderiam interferir de forma significativa na qualidade da água da bacia estudada.

Os resultados encontrados a partir dessa análise estão representados de acordo com cada segmento descrito no *check-list* no quadro 3. As Figuras de 4 a 6 apresentam fotos dos pontos de monitoramento tiradas durante a visita realizada em setembro/2012.

Aspectos analisados	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Presença de moradia e construções	Sim, distância entre 100m – 200m	Sim, local canalizado	Sim, encontra-se em um clube de lazer	Sim, local canalizado	Sim, distância maior que 500 m	Sim, distância maior que 500 m	Sim, distância maior que 500 m	Sim, distância entre 100 m a 200 m	Sim, distância entre 100 m e 200 m
Esgoto a céu aberto	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui
Presença de fossa nas proximidades	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui	Possui	Não possui
APP alterada por ação humana	Alterada	Não alterada	Alterada	Alterada	Alterada	Alterada	Alterada	Alterada	Não alterada
Vegetação predominante	Arbustos e floresta	Floresta de bambu	Arbustos e floresta	Arbustos e floresta	Arbustos e floresta	Arbustos e floresta	Arbustos e gramínea	Arbustos e gramínea	Arbustos e gramínea
Uso do solo	Área urbana e rural (práticas de cultivo e criação de gado)	Área urbana (moradias)	Área urbana	Área urbana (viaduto)	Área rural (práticas de cultivo)	Área rural (práticas de cultivo)	Área rural (práticas de cultivo)	Área urbana e rural (práticas de cultivo e criação de gado)	Área urbana, (construção para captação de água)

Quadro 3 - Resultados do *check-list* e observações in loco para os nove pontos de monitoramento.

(continua)

Aspectos analisados	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 6	Ponto 7	Ponto 8	Ponto 9
Assoreamento	Significativo	Não é visível	Significativo	Significativo	Significativo	Significativo	Significativo	Significativo	Não é visível
Erosão	Significativa	Não é visível	Significativa	Significativa	Significativa	Significativa	Significativa	Significativa	Não é visível
Presença de lixo na margem	Ausente em ago/2011, presente em maio e set/2012	Ausente em ago/2011 e em maio e set/2012	Presente em ago/2011 e maio e set/2012	Ausente em ago/2011 e maio e set/2012	Presente em ago/2011 e maio e set/2012	Ausente em ago/2011 e maio e set/2012	Ausente em ago/2011 e maio e set/2012	Ausente em ago/2011, presente em maio e set/2012	Presente em ago/2011 e maio e set/2012

Quadro 3 - Resultados do *check-list* e observações *in loco* para todos os pontos de monitoramento.

(conclusão)



Figura 4- Fotos dos pontos de monitoramento estudados na Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal tiradas durante visita a campo. a) e b) - Ponto de monitoramento número 1; c) e d); Ponto de monitoramento número 2 ;e) e f) - Ponto de monitoramento número 3. Fonte: Autoria própria.



Figura 5-Fotos dos pontos de monitoramento estudados na Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal tiradas durante visita a campo. a) e b) - Ponto de monitoramento número 4; c) e d); Ponto de monitoramento número 5 ;e) e f) - Ponto de monitoramento número 6. Fonte: Autoria própria.



Figura 6- Fotos dos pontos de monitoramento estudados na Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal tiradas durante visita a campo a) e b) – Ponto de monitoramento número 7; c) e d) – Ponto de monitoramento número 8; e) e f) – Ponto de monitoramento número 9. Fonte: Autoria própria.

Observando-se o Quadro 3, algumas considerações importantes podem ser realizadas:

- Quanto ao assoreamento e erosão: Excetuando-se o ponto 2 e 9, todos os demais pontos apresentaram sinais de assoreamento que puderam ser classificados em significativo e pouco significativo.
- Quanto ao lançamento de esgoto: Nenhum ponto apresentou, visivelmente, esgoto a céu aberto ou sendo lançado diretamente no rio.
- Quanto ao uso do solo: Quatro dos nove pontos localizam-se em áreas urbanizadas (pontos 2, 3, 4 e 9) com moradias e construções muito próximas aos pontos de monitoramento. Três pontos localizam-se em área rural (pontos 5, 6 e 7) sendo a principal atividade próxima aos pontos de monitoramento a prática de cultivos como soja, milho e trigo e dois pontos estão localizados em áreas urbanas e rurais (pontos 1 e 8) com práticas de cultivo e criação de gado, bem como moradias e indústrias próximas aos pontos de monitoramento.
- Quanto à presença de fossa nas proximidades: Apenas o ponto 8 aparentou ter uma fossa nas proximidades do corpo hídrico.
- Quanto à presença de resíduos na margem: Com exceção do ponto 2, 4, 6 e 7, todos os demais pontos apresentaram ao longo das visitas variação na presença de resíduos nas margens.

A maioria dos pontos de monitoramento possui APP alterada pela ação humana, o que interfere diretamente na qualidade da água, pois a cobertura vegetal pode evitar ou diminuir a erosão e assoreamento, pois evitam o carreamento de substâncias presentes no solo para o corpo d'água. De fato verificou-se que os pontos com significativa erosão e assoreamento apresentaram APP alterada.

A cobertura vegetal também é um importante fator de análise. O estudo realizado por Nash *et al.* (2009) verificou que a concentração de *enterococos* (grupo de bactérias indicadores de contaminação fecal) na água da bacia estudada era muito menor em áreas de cobertura vegetal natural e muito maior em áreas com maior uso do solo, seja urbano ou pastagens com presença de animais, assim a APP alterada pode influenciar na quantidade de microrganismos indicadores de poluição.

Observou-se que ao menos cinco dos nove pontos de monitoramento possuem como uso do solo as práticas de cultivo, cujo principal aspecto negativo

dessa atividade é o uso de fertilizantes e agrotóxicos além do carreamento de partículas do solo devido a chuva.

As áreas rurais também podem contribuir para a poluição do corpo hídrico, segundo Rondon- Lima (2001), fontes difusas nas áreas de drenagem das sub-bacias com menor taxa de urbanização, caracterizada por uma ocupação onde predominam pequenas chácaras e lotes maiores, atividades ligadas à criação de animais, como suínos, aves e vacas e ao cultivo de horticultura, influenciam na quantidade de bactérias do grupo coliformes presentes na água.

Pôde-se analisar que um dos pontos de monitoramento mais impactados é o ponto 1, por ser localizado próximo a área urbana em um local industrial. Outro ponto bastante impactado, é o ponto de monitoramento 4, localizado dentro de um clube da região de Rolândia, com presença constante de lixo nas margens e aumento significativo da erosão e assoreamento.

A análise desses fatores relaciona-se diretamente com a qualidade da água da bacia de estudo, uma vez que interferem nos padrões de qualidade para consumo humano. De acordo com Pereira (2004), o consumo de água advinda de córregos e rios sem tratamento prévio é comum em ambientes rurais, e caso a água se encontre fora dos padrões de consumo pode causar efeitos adversos à saúde da população.

5.1.2 Análise dos indicadores microbiológicos de contaminação da água

Com os dados obtidos pelo projeto de melhoramento da qualidade da água foi elaborado o Quadro 4, sendo as análises indicadas por (*) desconsideradas devido a falhas na análise. As Figuras 7 e 8 indicam a variação da concentração de UFC/100mL de bactérias do grupo totais e termotolerantes, respectivamente. Além do Quadro 4, no banco de dados do projeto de melhoramento da qualidade da água confirmou-se a presença de *E. coli* em todos os pontos de monitoramento, confirmando a poluição por microrganismos de origem fecal.

Nas figuras a legenda indica: d1_8 (agosto), d2_9 (setembro), d3_11 (novembro), d4_12 (dezembro), d5_2 (fevereiro), d6_3 (março), d7_4 (abril), d8_5 (maio).

Pelos dados dos indicadores microbiológicos verificou-se que a maior concentração de UFC/100 mL de bactérias do grupo coliformes totais ocorreu nos pontos 1 e 8, que ao longo de todos os meses de análises mantiveram a concentração acima de 450 UFC/100 mL. As concentrações para o ponto 5 e 9 mantiveram-se praticamente constantes ao longo das análises. A maior concentração para todos os pontos ocorreu no mês de dezembro/2011.

Para bactérias do grupo coliformes termotolerantes, a maior concentração de UFC/100 mL ocorreu nos pontos de monitoramento 1,6,8 e 9 que mantiveram-se entre 100 e 200 UFC/ 100 mL em todos os meses de análise. A menor concentração foi observada no ponto de monitoramento 7. As maiores concentrações para todos os pontos de monitoramento foram observadas nos meses de novembro de 2011 e abril de 2012.

Ponto de coleta	Meses de coleta															
	Ago/2011		Set/2011		Nov/2011		Dez/2011		Fev/2011		Mar/2012		Abr/2012		Mai/2012	
	CT	CTE	CT	CTE	CT	CTE	CT	CTE	CT	CTE	CT	CTE	CT	CTE	CT	CTE
1	*	150	460	180	670	150	750	150	500	170	670	150	750	200	620	140
2	*	180	*	*	490	120	750	180	500	*	490	120	580	200	420	120
3	*	60	130	180	500	150	410	140	210	170	500	150	500	130	480	150
4	*	100	200	140	530	140	800	170	200	140	530	140	490	90	510	90
5	*	110	500	200	420	140	430	120	550	180	420	140	450	100	410	100
6	*	90	300	140	470	180	600	100	330	120	470	180	410	150	470	180
7	*	150	600	100	410	100	540	60	680	100	410	100	310	70	390	*
8	*	110	500	120	570	150	700	100	510	110	570	150	450	110	550	150
9	*	100	480	160	490	120	450	100	500	150	600	120	420	200	490	170

Quadro 4 - Banco de dados do projeto de melhoramento da qualidade da água referente aos indicadores de contaminação fecal. Concentração em UFC/100 mL, sendo CT: Coliformes Totais e CTE: Coliformes Termotolerantes e (*) para dados desconsiderados.

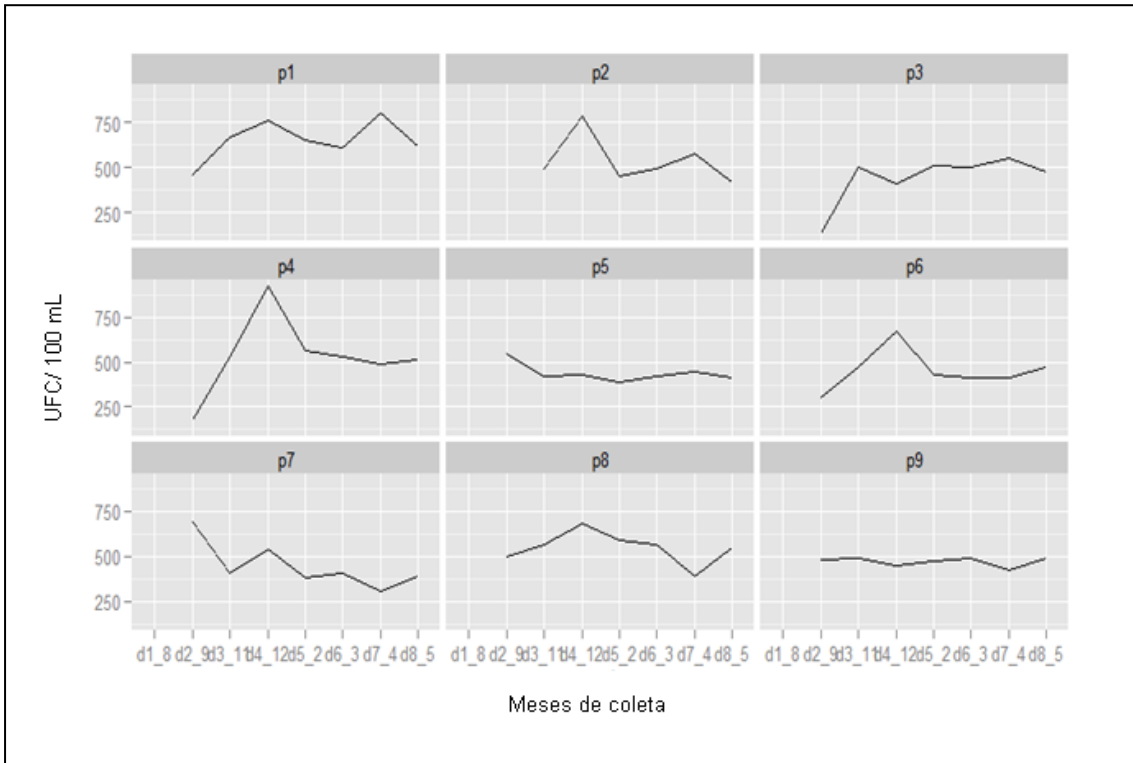


Figura 7- Gráfico 1- Concentração de UFC/100 mL de bactérias do grupo coliformes totais em cada ponto de monitoramento por mês de coleta. Fonte: Autoria própria.

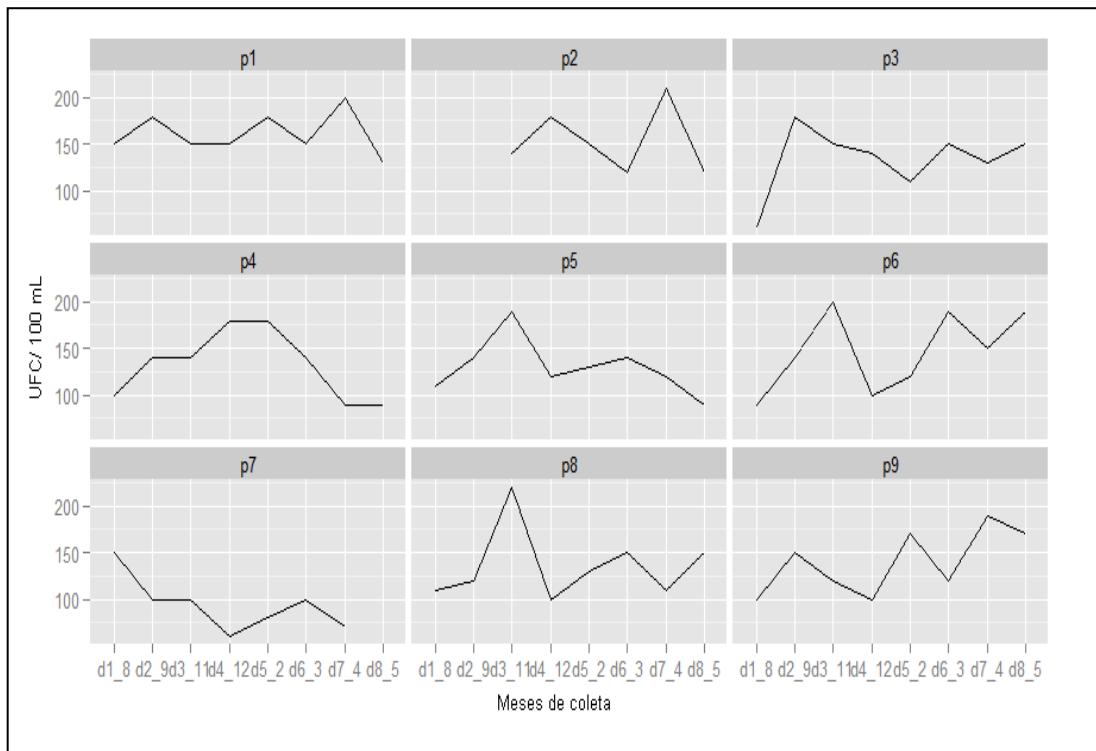


Figura 8- Gráfico 2 – Concentração de UFC/100 mL de bactérias do grupo coliformes termotolerantes em cada ponto de monitoramento por mês de coleta. Fonte: Autoria própria.

O ponto 1, que localiza-se entre área rural e urbana, com criação de gado nas proximidades. Em comparação com os dados obtidos pelo *check-list* verifica-se que o ponto 8 possui fossa e criação de gado próximos ao corpo d'água, o que pode contribuir para a quantidade de UFC/100 mL de bactérias do grupo termotolerantes.

De acordo com Nash *et al.*(2009) indústrias próximas a rios e córregos contribuem para a poluição desses através de despejos irregulares de esgoto e resíduos sólidos.

O ponto 6 é o ponto de encontro entre dois corpos d' água, o Ribeirão Alto Cafezal (ponto de monitoramento 5 – pico de concentração de coliformes termotolerantes: 150 UFC/100 mL) e o Ribeirão Pedroso (não possui ponto de monitoramento), o que pode ser um fator de contribuição para o aumento da concentração de bactérias nesse ponto.

O ponto 9 é o de captação de água para tratamento e abastecimento e portanto recebe água de todos os demais pontos de monitoramento, o que deveria contribuir para que este fosse o ponto de maior concentração de bactérias do grupo coliformes, no entanto não é o que acontece, provavelmente em função das condições ambientais ao longo da bacia que podem influenciar na sobrevivência desses organismos.

Assim, é importante ressaltar que as coletas para análise da água deste ponto foram realizadas após a barragem nas instalações para captação da água. Além desse fato, pode haver diluição da concentração de microorganismos ao longo da bacia de manancial até chegar à captação.

A concentração de UFC/100 mL encontrada em cada mês de coleta pode ser visualizada por meio dos gráficos 3 (Figura 9 - para bactérias do grupo coliformes totais) e 4 (Figura 10 - para bactérias do grupo coliformes termotolerantes).

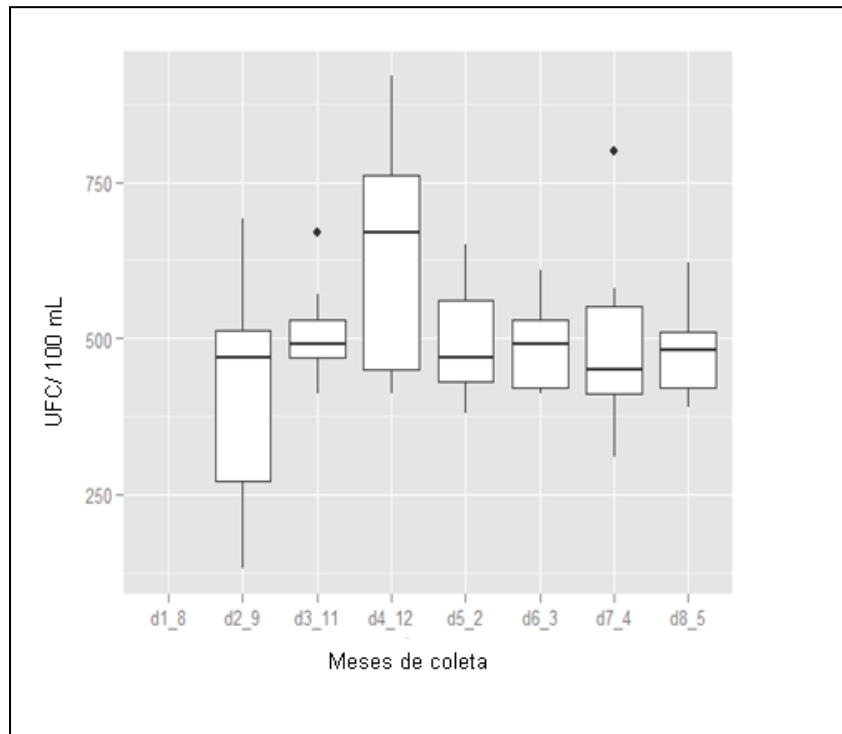


Figura 9- Gráfico 3- Boxplot – Variação de bactérias do grupo coliformes totais UFC/100 mL por coleta. Fonte: Autoria própria.

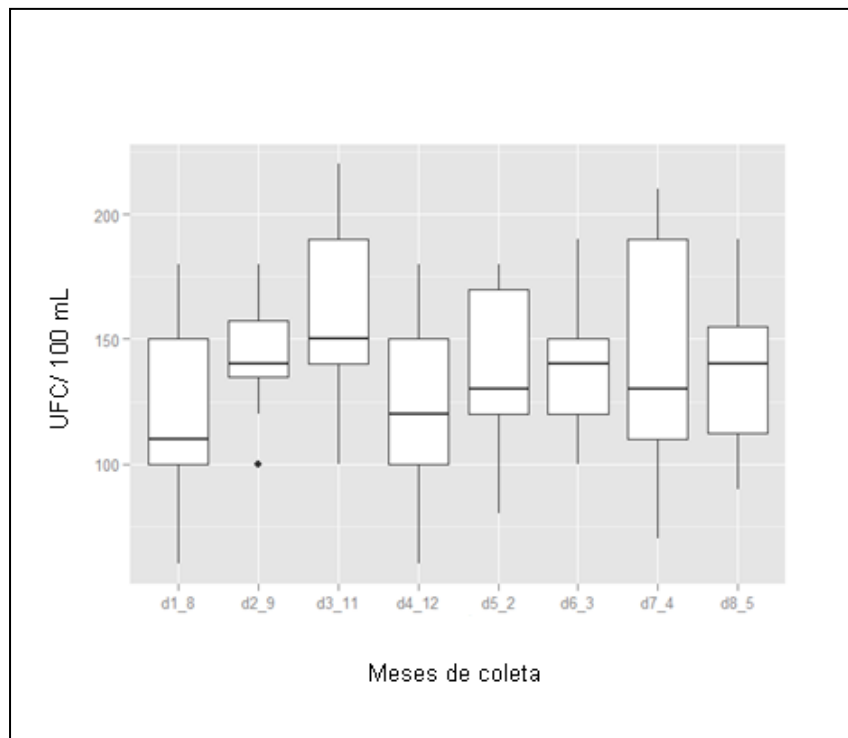


Figura 10 - Gráfico 4 - Boxplot – Variação de UFC/100 mL de bactérias do grupo coliformes termotolerantes por coleta. Fonte: Autoria própria.

Analisando o gráfico 3, observa-se que o terceiro quartil de maior valor está relacionado ao mês de dezembro/2011, com 75% dos valores abaixo de 750

UFC/100 mL, o que destoa dos demais meses que seguem com 75% dos valores abaixo de aproximadamente 550 UFC/100 mL. Sendo o primeiro quartil, de menor valor, para o mês de setembro/2011, com 25% dos valores abaixo de aproximadamente 270 UFC/100 mL. A maior variação de concentração ocorreu no mês de setembro/2011.

Com o gráfico 4 ressalta-se que o terceiro quartil está localizado no mês de novembro/ 2011 e abril/2012 com 75% dos valores abaixo de 180 de UFC/100 mL. Enquanto o primeiro quartil com 25% dos valores abaixo de 100 UFC/100 mL ocorre para os meses de agosto/2011 e dezembro/2011. A maior variação de concentração de bactérias foi no mês de abril/2012.

Esses resultados foram cruzados com as informações obtidas pelo teste de correlação entre a precipitação e os dados de UFC/100 mL do banco de dados no programa R, e se encontram descritos no item 5.2.

5.2 CORRELAÇÃO DE DADOS MICROBIOLÓGICOS E ÍNDICES DE PLUVIOSIDADE DOS MESES DE AGOSTO DE 2011 A MAIO DE 2012

Os dados de pluviosidade foram obtidos do IAPAR para os meses de monitoramento. Os valores do Quadro 5 correspondem ao total de chuva em cada mês.

Mês	Precipitação (mm)
AGO/2011	31,1
SET/2011	7,0
NOV/2011	140,1
DEZ/2011	86,4
FEV/2012	40,2
MAR/2012	87,2
ABR/2012	159,0
MAI/2012	64,5

Quadro 5 - Dados de pluviosidade (mm) de agosto de 2011 a maio de 2012.

Com esses dados de pluviosidade inseridos no programa R obteve-se o Gráfico 5 (Figura 11):

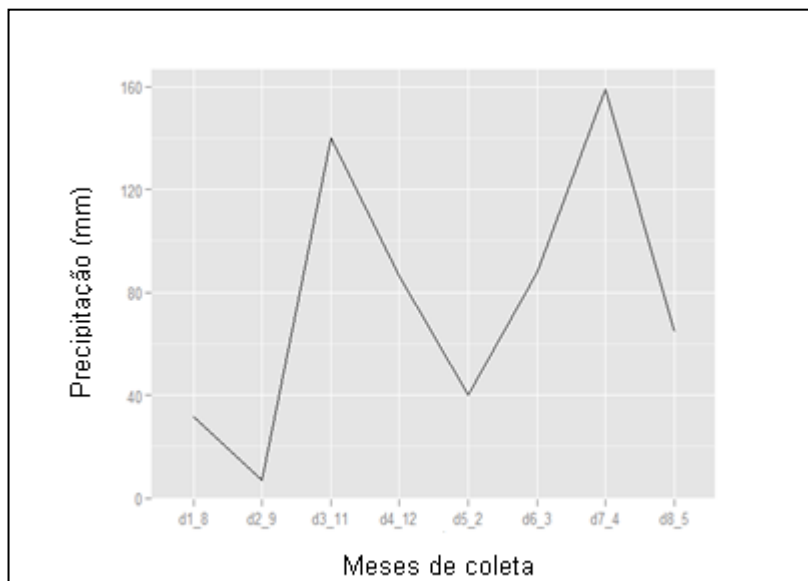


Figura 11- Gráfico 5 – Variação de chuva entre os meses de agosto/2011 a maio/2012. Fonte: Autoria própria.

De acordo com o gráfico 5, os meses de novembro/2011 e abril/2012 são os meses de maior concentração pluviométrica do período de análise, sendo os meses de agosto/2011 e setembro/2011 os meses mais secos. Entre os meses dezembro/2011 e fevereiro/2012 observa-se um período de estiagem, seguido de aumento de precipitação no mês de março.

Comparando os dados de UFC/100 mL de ambos os grupos bacterianos (gráficos 3 e 4) com os dados de precipitação confere-se que os picos de maior concentração de UFC/ 100 mL ocorrem nos meses de dezembro/2011 para bactérias do grupo coliformes totais que não coincide com os meses de maiores índices pluviométricos.

Enquanto para bactérias do grupo coliformes termotolerantes esses picos de concentração ocorrem em novembro/2011 e abril/2012 que são os meses com maior intensidade pluviométrica. Como se constatou comportamento diferente dos dois grupos bacterianos analisados foram realizados testes estatísticos de maneira a verificar se houve alguma relação entre a concentração de UFC/100 mL e os valores de pluviosidade por mês.

Inicialmente, foram testados os valores de variância e correlação para todos os pontos de coleta.

Os quadros 6 e 7 apresentam os valores de variância e correlação para toda a série de dados (envolvendo todos os pontos) calculados utilizando-se o programa R.

Variância UFC/100 mL	Variância precipitação	Correlação precipitação x coletas
17960,15	2455,74	0,145

Quadro 6 - Valores de variância e correlação entre as variáveis UFC/100 mL, precipitação e coletas para bactérias do grupo coliformes totais.

Variância UFC/100 mL	Variância precipitação	Correlação precipitação x coletas
1356,29	2455,74	0,138

Quadro 7 - Valores de variância e correlação entre as variáveis UFC/100 mL, precipitação e coletas para bactérias do grupo termotolerantes.

Para ambos os grupos analisados também avaliou-se o valor de p obtido para a correlação, que foi maior que 0,05 e portanto a correlação foi pouco significativa.

Posteriormente, optou-se por verificar a dispersão gráfica da UFC/100 mL em função da precipitação, por ponto de coleta. Dessa forma, foi possível visualizar se ocorreria alguma relação entre as variáveis analisadas, de UFC/100 mL de cada ponto pela quantidade de chuva, conforme os gráficos 6 e 7 (Figuras 12 e 13).

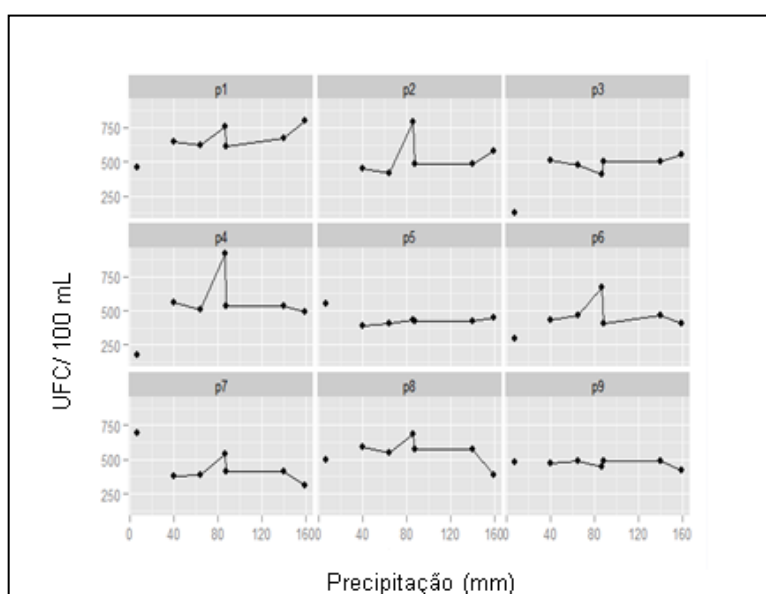


Figura 12- Gráfico 6 – Variação de UFC/100 mL de bactérias do grupo coliformes totais, em relação à precipitação. Fonte: Autoria própria.

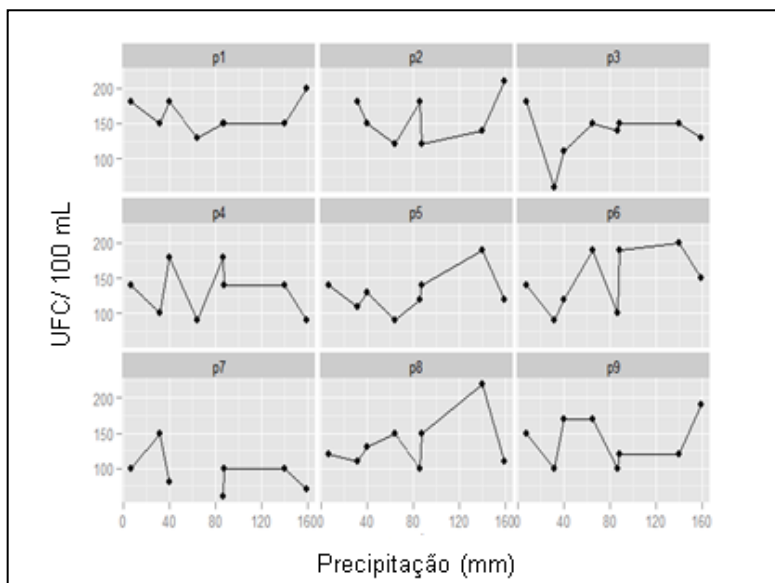


Figura 13- Gráfico 7 – Variação de UFC/100 mL de bactérias do grupo termotolerantes, em relação à precipitação. Fonte: Autoria própria.

Analisando a dispersão dos pontos no gráfico 6 para bactérias do grupo coliformes totais é possível notar que alguns pontos se mantiveram praticamente constantes como os pontos de monitoramento 3, 5 e 9, enquanto os demais pontos apresentam picos principalmente para a concentração de precipitação em 80 mm, que ocorreram nos meses de dezembro/2011 e março/2012. O mês de dezembro foi o de maior concentração de bactérias do grupo coliformes totais (gráfico 3) e poderia indicar alguma correlação, no entanto a concentração de UFC/100 mL no mês de março/2012 não foi significativa, não indicando uma possível correlação.

Para o gráfico 7 não é possível estabelecer uma correlação direta entre as variáveis testadas, uma vez que não há uma linha de tendência em nenhum sentido e os picos são dispersos irregularmente para cada ponto de monitoramento.

Como a primeira análise foi realizada em função dos dados em geral, optou-se por realizar uma análise de variância e correlação também para cada ponto de monitoramento, inicialmente em relação à variável “tempo” para verificar se as variáveis “UFC/100 mL” e “coletas” apresentavam alguma correlação e posteriormente em relação à variável “precipitação” para verificar se as variáveis “UFC/100 mL” e “coletas” apresentavam correlação. Além disso, para os valores de R^2 analisou-se além de p valor.

Os quadros 8 e 9 apresentam os valores de variância, correlação e do R^2 das variáveis em relação a variável “tempo” por cada ponto de monitoramento, para

bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes respectivamente. Os quadros 10 e 11 apresentam os valores de variância e correlação das variáveis em relação a variável “precipitação” em função de cada ponto de monitoramento, para cada grupo de bactérias.

Ponto de monitoramento	Variância UFC/100 mL	Variância precipitação	Correlação tempo x UFC/100 mL de cada ponto	Correlação tempo x UFC/100 mL de cada ponto (R ²)	Valor de p valor
1	12257,14	2767,59	0,411	0,169	0.070
2	18306,67	2767,59	-0,371	0,137	0.205
3	20466,67	2767,59	0,668	0,447	0.250
4	46247,62	2767,59	0,186	0,034	0.443
5	2747,619	2767,59	-0,544	0,296	0.503
6	12547,62	2767,59	0,089	0,008	0.286
7	16157,14	2767,59	-0,746	0,557	0.731
8	7900,00	2767,59	-0,277	0,077	0.387
9	700,00	2767,59	-0,204	0,041	0.188

Quadro 8 - Valores de variância, correlação e R² em função do tempo por ponto de monitoramento para bactérias do grupo coliformes totais.

No quadro 8 o único ponto que apresentou correlação com valor mais próximo de 1, foi o ponto 7, que ainda assim não foi um valor muito alto, uma vez que não se aproxima ao menos de 0,9. Além disso, os valores de p valor encontrados foram maiores que 0,05 não apresentando, portanto correlação significativa.

Ponto de monitoramento	Variância UFC/100 mL	Variância precipitação	Correlação tempo x coletas	Correlação tempo x ponto (R ²)	Valor de p valor
1	526,785	2767,59	-0,012	0,0001	0.976
2	3078,57	2767,59	0,246	0,060	0.556
3	1283,92	2767,59	0,284	0,081	0.494
4	1335,71	2767,59	-0,255	0,065	0.541
5	857,42	2767,59	-0,378	0,143	0.355
6	1821,42	2767,59	0,505	0,255	0.201
7	1850,00	2767,59	-0,800	0,640	0.117
8	1483,92	2767,59	0,037	0,001	0.929
9	1200,00	2767,59	0,639	0,409	0.087

Quadro 9 - Valores de variância, correlação e R² em função do tempo por ponto de monitoramento para bactérias do grupo termotolerantes.

No quadro 9 o ponto 7 apresenta correlação próxima de -1, porém para todos os pontos de monitoramento o valor de p valoré maior que 0,05, e portanto a correlação não é significativa.

Ponto de monitoramento	Correlação precipitação x UFC/100 MI de cada ponto	Correlação precipitação x UFC/100 MI de cada ponto (R ²)	Valor de p valor
1	0,783	0,613	0.232
2	0,233	0,054	0.366
3	0,695	0,483	0.223
4	0,348	0,121	0.631
5	-0,368	0,135	0.750
6	0,294	0,086	0.522
7	-0,663	0,439	0.661
8	-0,295	0,087	0.896
9	-0,444	0,197	0.642

Quadro 10 - Valores de variância, correlação e R² em função da precipitação por ponto de monitoramento para bactérias do grupo coliformes totais.

Para as variáveis em função da precipitação observa-se que o ponto de monitoramento 1 apresenta o maior valor para correlação e R² porém os valores de p valor são todos maiores que 0,05 e portanto nenhum ponto possui relação significativa.

Ponto de monitoramento	Correlação precipitação x coleta X UFC/100 mL	Correlação de UFC/100 mL em função da precipitação (R ²)	Valor de p valor
1	0,134	0,018	0.814
2	0,282	0,079	0.393
3	0,130	0,017	0.707
4	-0,204	0,041	0.616
5	0,341	0,116	0.145
6	0,454	0,206	0.242
7	-0,430	0,180	0.840
8	0,375	0,140	0.102
9	0,147	0,021	0.771

Quadro 11 - Valores de variância, correlação e R² em função da precipitação por ponto de monitoramento para bactérias do grupo termotolerantes.

Para o quadro 11, nenhum valor obtido é significativo para expressar alguma correlação entre as variáveis analisadas, sendo todos os valores encontrados para p valor maiores que 0,05.

Assim, os valores de correlação e R² encontrados para todos os pontos de monitoramento tanto em relação ao “tempo” quanto em relação a “precipitação” foram próximos de zero, em alguns casos negativos para a correlação, e distantes de 1, permitindo concluir portanto que não há relação estatística entre a intensidade da chuva e a quantidade de UFC/100 mL de cada ponto encontrada.

Esse fato pode ser visualizado através dos gráficos de regressão linear com a linha de tendência em relação à variável precipitação nos gráficos 8 e 9 (Figuras 14 e 15) e à variável tempo nos gráficos 10 e 11 (Figuras 16 e 17).

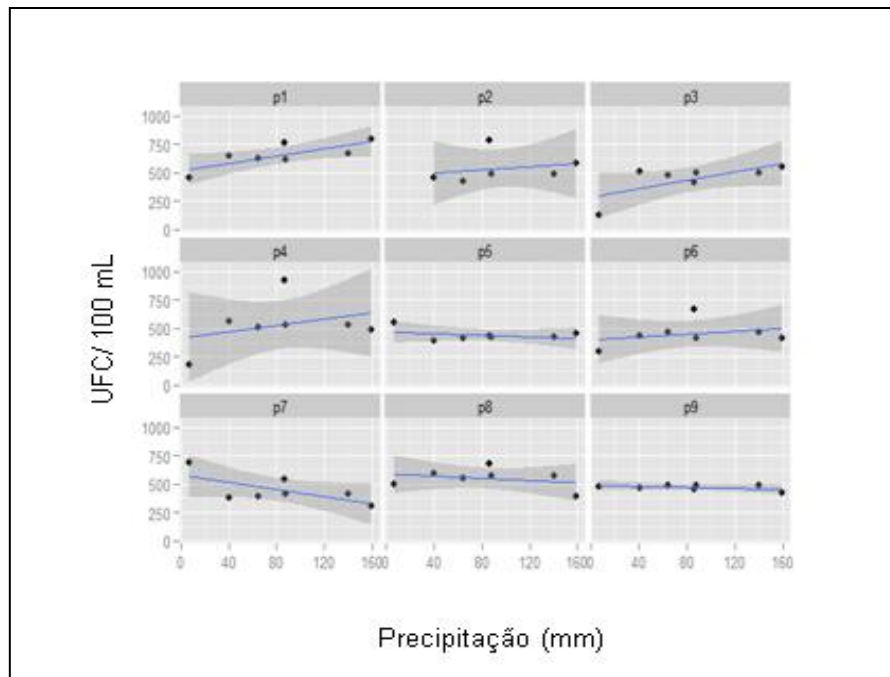


Figura 14- Gráfico 8 – Gráfico de regressão linear da quantidade de “UFC/100 mL” de bactérias do grupo coliformes totais em relação a variável “precipitação”. Fonte: Autoria própria.

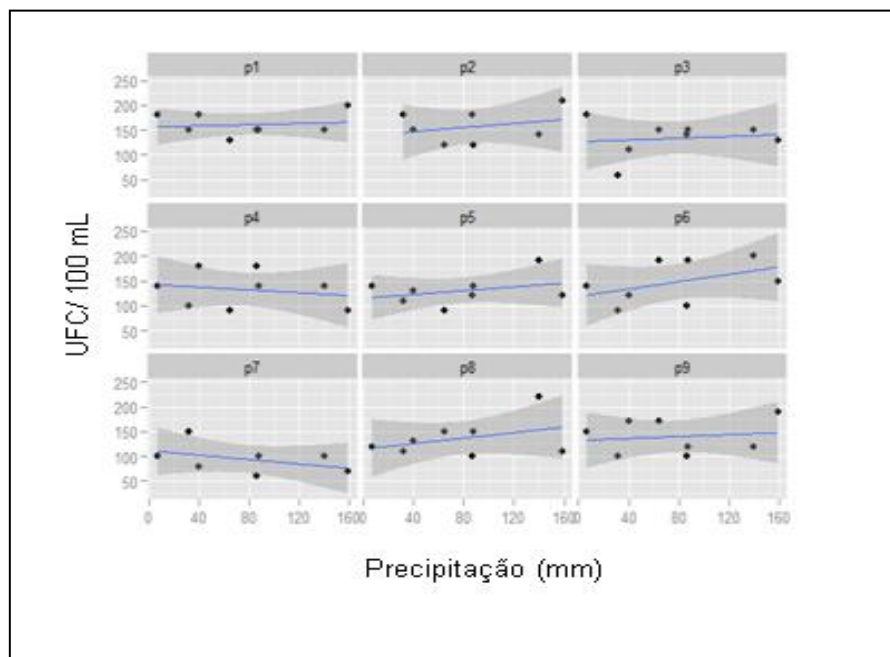


Figura 15- Gráfico 9 – Gráfico de regressão linear da quantidade de “UFC/100 mL” de bactérias do grupo termotolerantes em relação a variável “precipitação”. Fonte: Autoria própria.

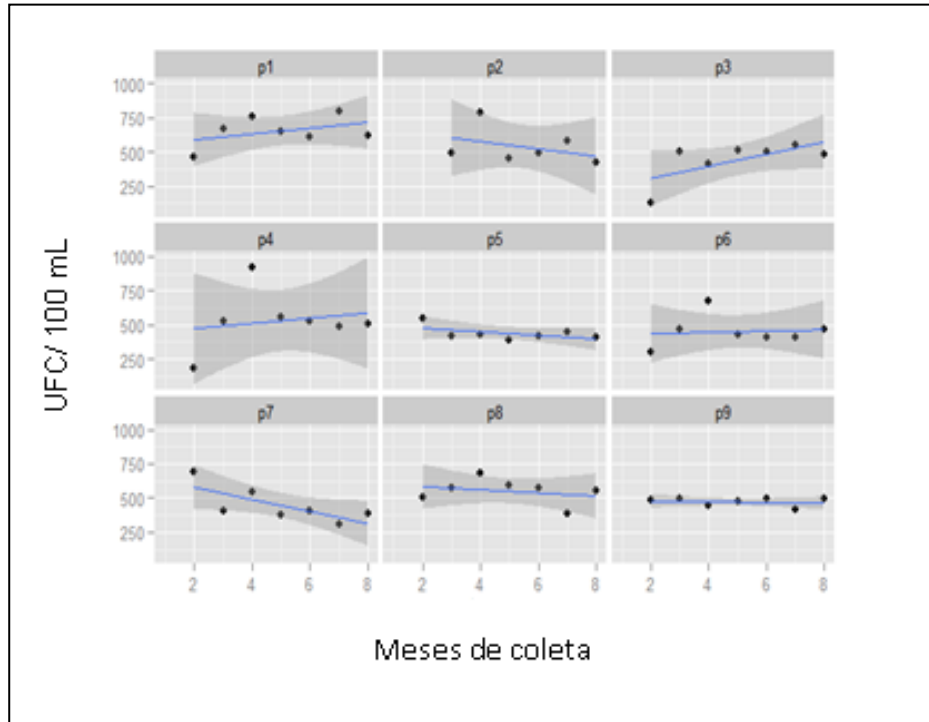


Figura 16- Gráfico 10 – Gráfico de regressão linear da quantidade de “UFC/100 mL” de bactérias do grupo coliformes totais em relação à variável “tempo”. Fonte: Autoria própria.

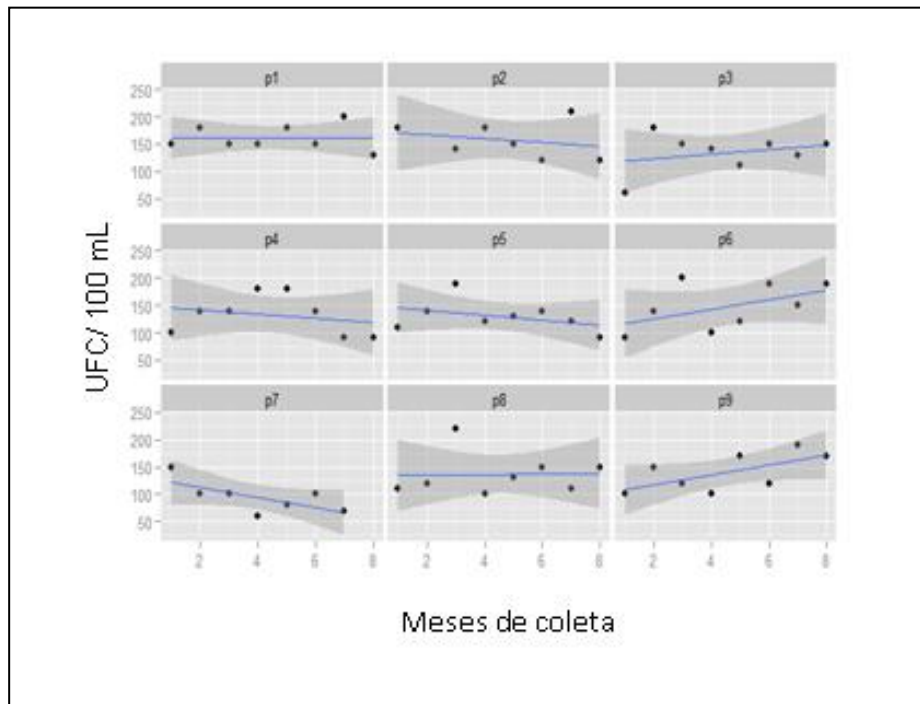


Figura 17- Gráfico 11 – Gráfico de regressão linear da quantidade de “UFC/100 mL” de bactérias do grupo termotolerantes em relação à variável “tempo”. Fonte: Autoria própria.

Com os gráficos de regressão linear em função da variável “precipitação” (gráficos 8 e 9) e da variável “tempo” (gráfico 10 e 11) observa-se que a dispersão dos pontos não constituem uma linha de tendência tal que $x=y$.

As coletas realizadas pelo projeto de melhoramento da qualidade da água não foram realizadas em dias chuvosos devido à impossibilidade de locomoção, conseqüentemente, o banco de dados obtido está baseado em resultados de dias secos anteriores ou posteriores a períodos chuvosos, como novembro/2011 e abril/2012.

De acordo com Plummer e Long (2007), a fim de compreender completamente a variabilidade em cargas microbianas dentro de um monitoramento de bacias hidrográficas devem ser desenvolvidos programas que incluam sistemas para coletar e analisar amostras sob chuva em diferentes condições, escassas ou torrenciais inclusive no mesmo mês.

Além desse fato, segundo Nash *et al.* (2009) em casos em que a quantidade de chuva é inferior a 4 mm por evento, a precipitação torna-se insuficiente para gerar escoamento e coincidir com o observado em concentrações de bactérias do grupo coliformes, o que pode ter acontecido para as análises deste trabalho.

Os testes estatísticos permitem concluir, portanto, que não há correlação entre a intensidade pluviométrica e a quantidade de bactérias do grupo coliformes para este caso de estudo, devido às condições de análise.

5.3 BANCO DE DADOS CARTOGRÁFICO DAS CARACTERÍSTICAS DO MEIO FÍSICO DA BACIA DE MANANCIAL DO RIBEIRÃO CAFEZAL

A elaboração do material cartográfico foi realizada de modo a caracterizar o meio no qual a bacia de manancial do Ribeirão Cafezal está inserida. Isso foi possível através do tratamento de imagens do satélite Landsat 5 e dados geográficos no Spring®.

Com a imagem obteve-se o documento cartográfico 1, que é a Carta Imagem da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal (Figura 18).

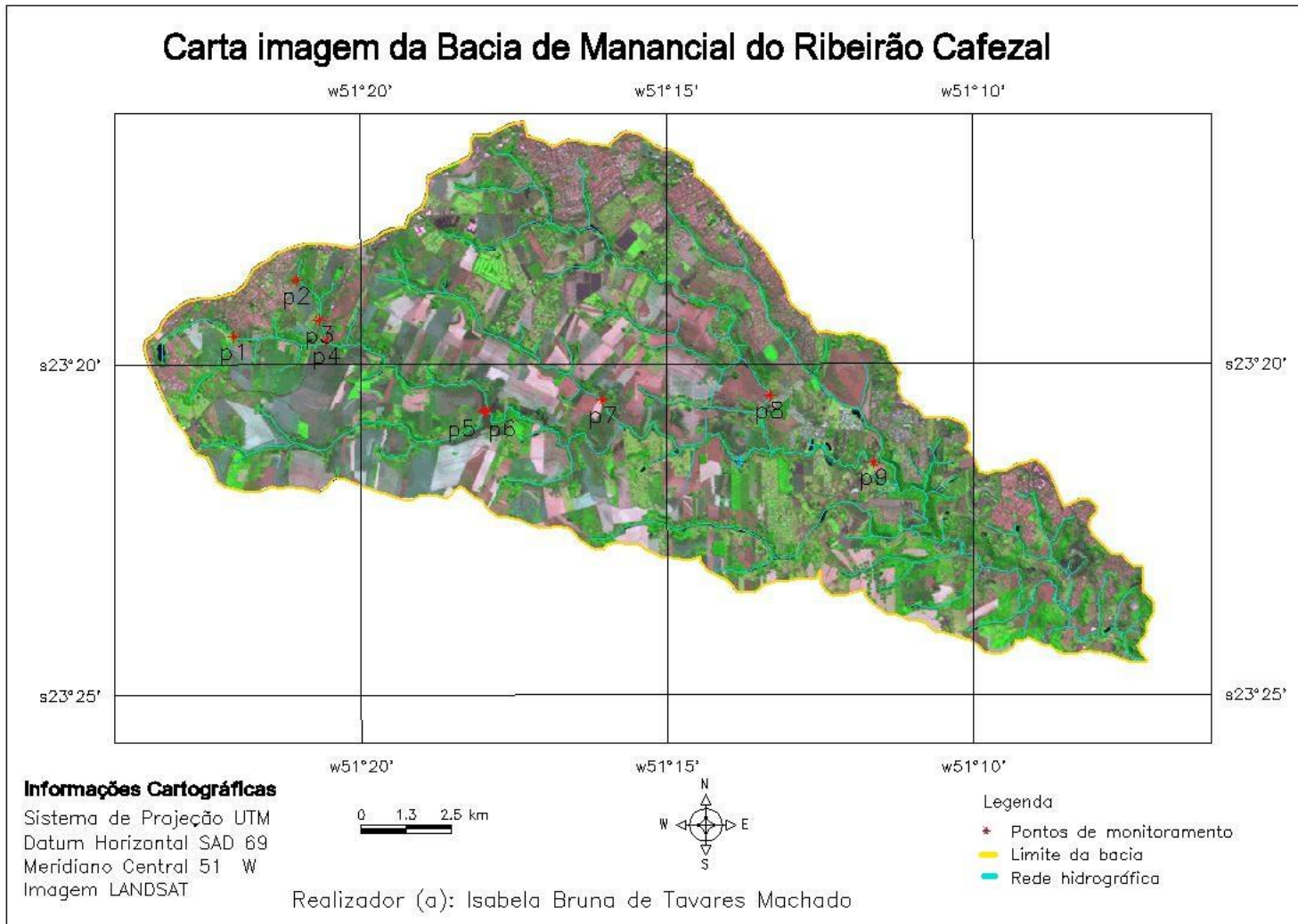


Figura 18- Documento Cartográfico 1 - Carta Imagem da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal. Fonte: Autoria própria.

A Carta Imagem da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal permite identificar os pontos de monitoramento e as características do entorno no que se refere à cobertura da terra. Verifica-se que o ponto de monitoramento 4, está localizado na confluência entre os afluentes do ponto 1 e dos pontos 2 e 3, assim como o ponto 6, localizado exatamente ao lado do ponto de monitoramento 5, é a confluência dos afluentes do ponto 5 (que recebe água do ponto de monitoramento 4), e do Ribeirão Pedroso.

Identifica-se, inclusive, a proximidade dos pontos de monitoramento a áreas rurais e urbanizadas, bem como a APP do corpo d' água, e que em alguns locais, ela é alterada. A alteração de APP pode ser um dos fatores que influenciam para a poluição da água, que pode ocorrer pelo carreamento de materiais residuais de animais, agrotóxicos, pesticidas e fertilizantes no caso de áreas rurais, e substâncias tóxicas, esgotos e resíduos sólidos ocasionados em regiões urbanizadas.

Além da Carta Imagem, foi adicionado ao banco de dados geográfico informações obtidas como limites municipais, bacias hidrográficas pertencentes a região ao redor da bacia de estudo, os limites da bacia de manancial do Ribeirão Cafezal e das demais, rede hidrográfica, principais rodovias e localização dos pontos de monitoramento, elaborando-se assim, o documento cartográfico 2 (Figura 19).

Por meio do documento cartográfico 2, verifica-se a extensão da bacia, assim como a visualização de todos os cursos d'água que contribuem para a vazão de captação da água na Cidade de Londrina.

Observa-se que a região de Londrina, Cambé e Rolândia tem influência da Bacia Hidrográfica do Rio Jacutinga, da Bacia de Hidrográfica do Ribeirão Lindóia, da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Limoeiro, Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cambé e por fim a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cafezal, que constitui a bacia de estudo do presente trabalho.

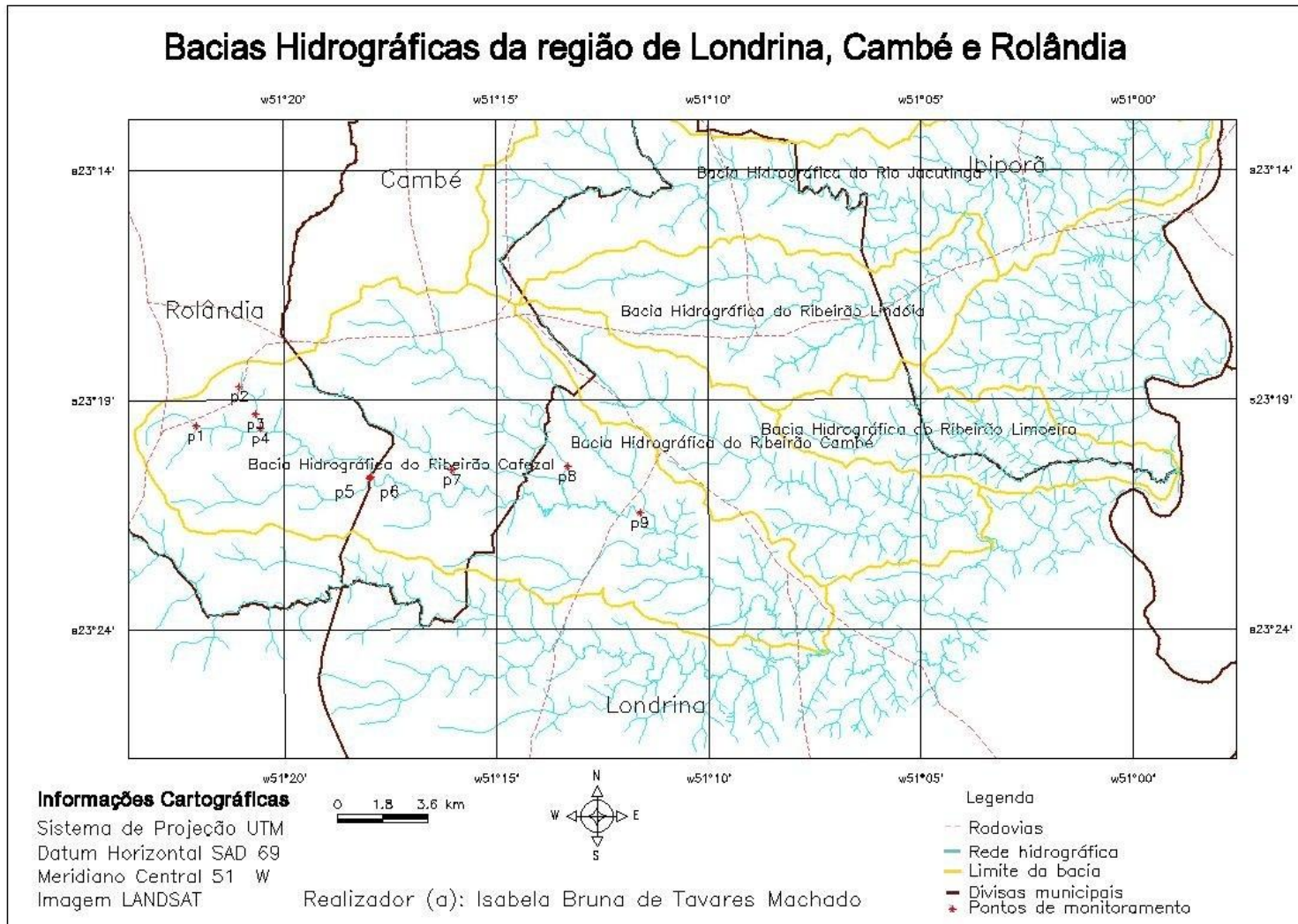


Figura 19- Documento cartográfico 2 – Localização da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal e as principais bacias hidrográficas da região de Cambé, Rolândia e Londrina. Fonte: Autoria própria.

Ainda a respeito do documento cartográfico 2, observa-se que a bacia de manancial estudada contém os nove pontos de monitoramento divididos entre as três cidades de influência, sendo quatro pontos inseridos na cidade de Rolândia (pontos de monitoramento 1, 2, 3 e 4), um na divisa entre Rolândia e Cambé (ponto de monitoramento 5), dois na cidade de Cambé (pontos de monitoramento 6 e 7) e outros dois em Londrina (pontos de monitoramento 8 e 9). Desses nove pontos, três estão localizados muito próximos a rodovias (pontos de monitoramento 1, 2 e 9) podendo sofrer ações antrópicas diretas, enquanto os demais pontos localizam-se no interior das cidades.

O ponto de monitoramento 1 é o ponto mais próximo da nascente da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cafezal, e o ponto de monitoramento 9 é o local da captação de água para abastecimento da cidade de Londrina.

O documento cartográfico 3 (figura 20) referente a classificação de cobertura do solo, baseou sua classificação nos seguintes termos:

- Água: para identificação dos corpos d'água;
- Área urbana: região urbanizada;
- Vegetação: áreas vegetadas;
- Solo 1: solo sem plantações, apenas com presença de gramínea;
- Solo 2: solo exposto;
- Solo 3: regiões de agricultura com cultura recém - colhida;
- Solo 4: regiões de agricultura com cultura recém – plantada.

Para proporcionar uma visualização mais aproximada de cobertura do solo nas regiões próximas aos pontos de monitoramento, delimitou-se um raio de 1 km ao redor de cada ponto, como pode ser visualizado no documento cartográfico 4 (Figura 21).

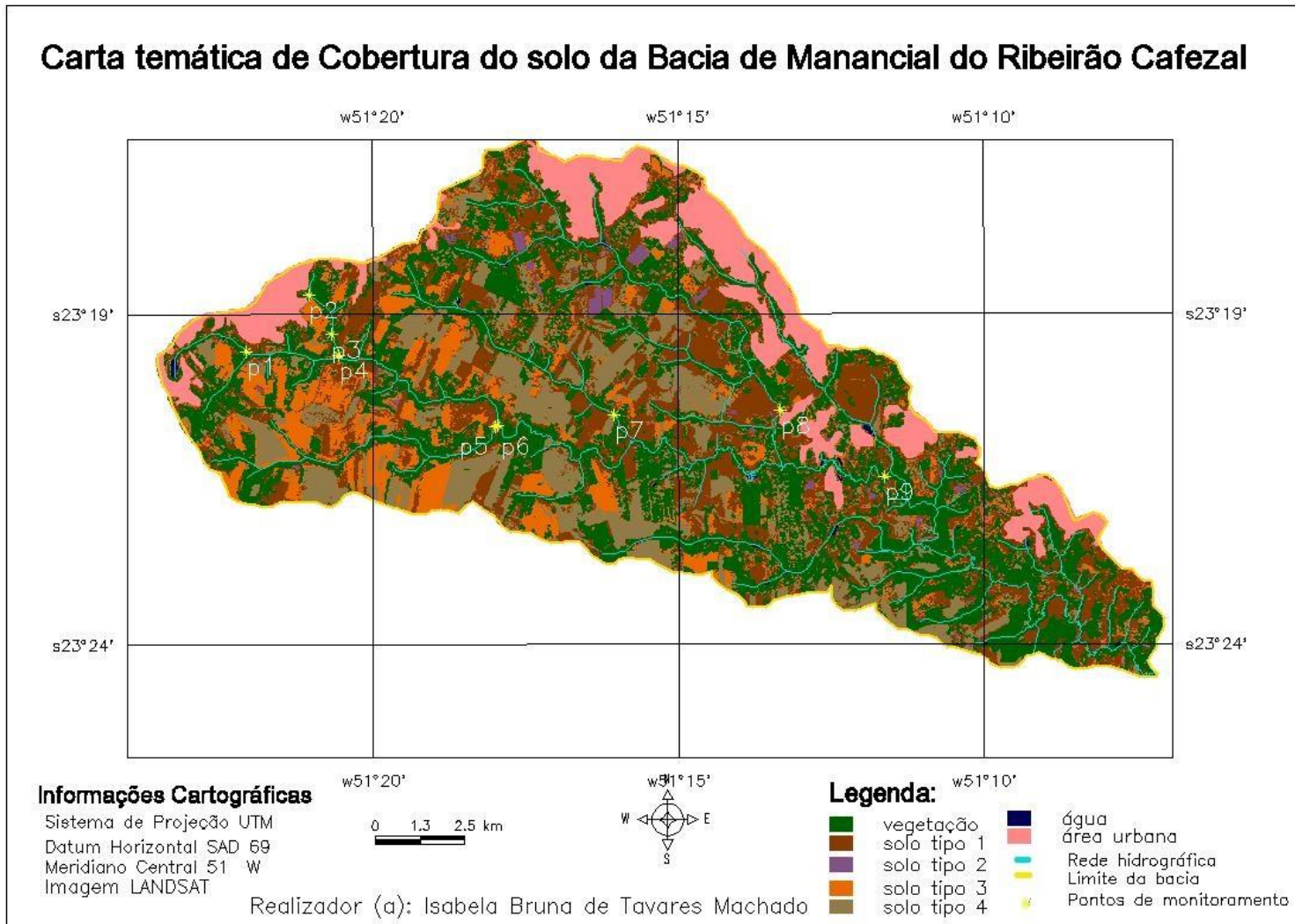


Figura 20- Documento cartográfico 3 – Carta temática de uso e ocupação do solo da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal. Fonte: Autoria própria.

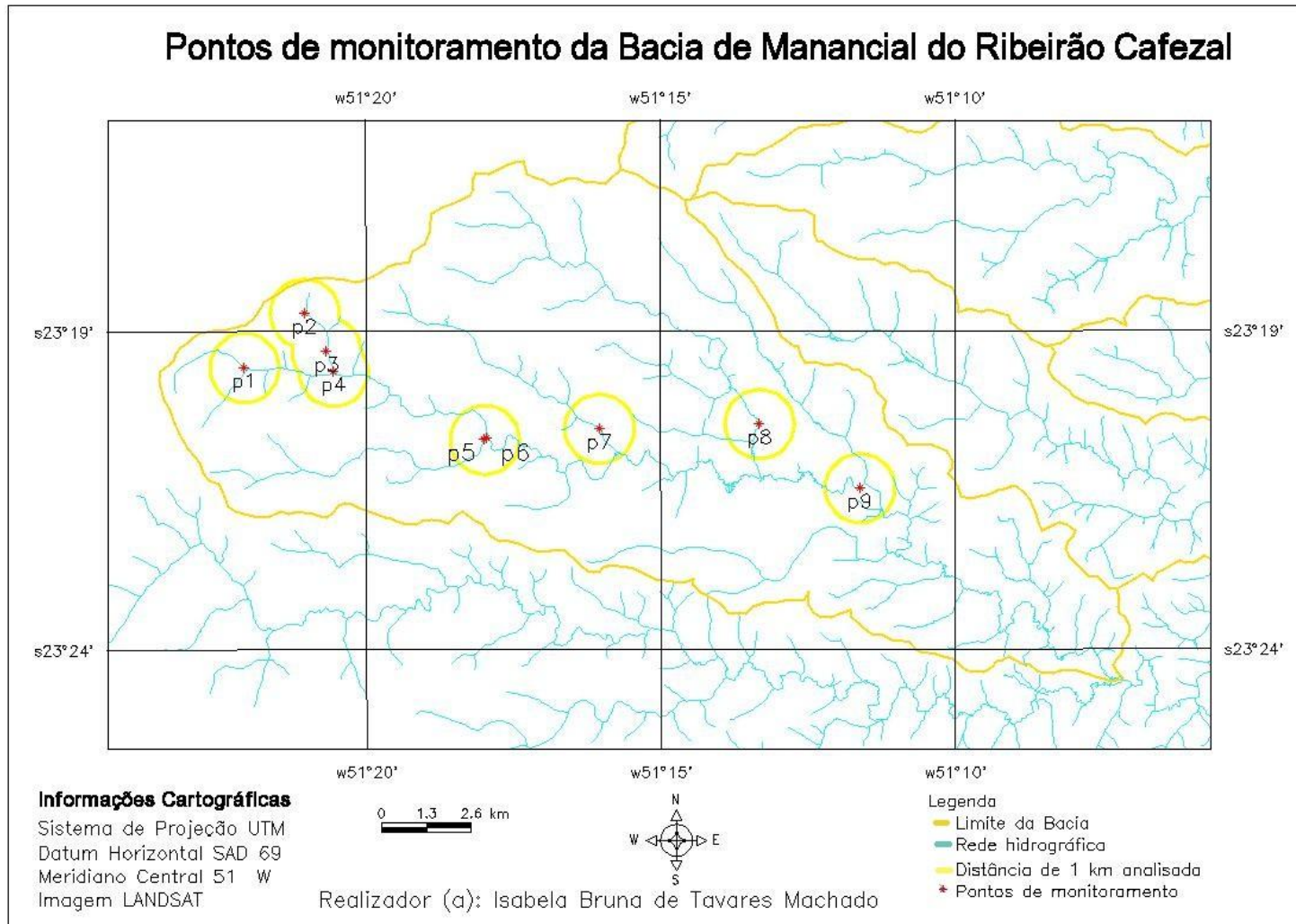


Figura 21- Delimitação de raio de 1 km para os pontos de monitoramento da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal. Fonte: Autoria própria.

Com o recurso do zoom (de aproximadamente 4x) pode-se realizar o aumento da imagem a fim de analisar as classes identificadas dentro do raio de 1km para cada ponto de monitoramento, como na Figura 22.

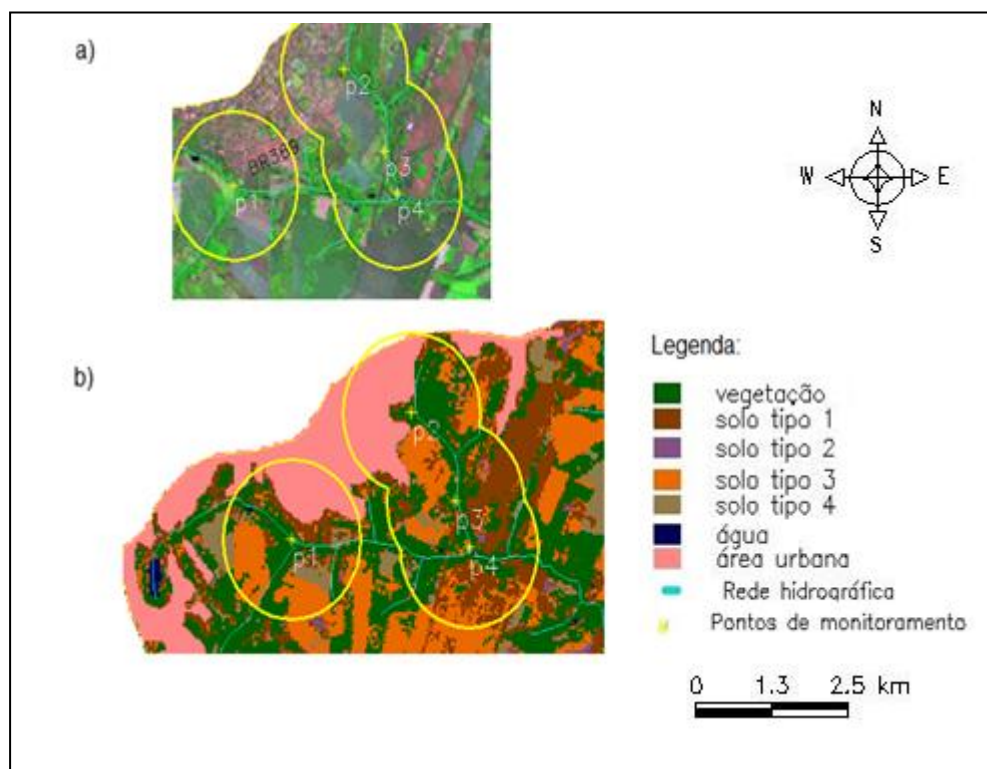


Figura 22- Aplicação do recurso zoom nos documentos cartográficos - a) Carta imagem b) Carta temática de uso e ocupação do solo da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal, pontos de monitoramento 1, 2, 3 e 4. Fonte: Autoria própria.

Por meio da Figura 22 verifica-se que o ponto de monitoramento 1 possui APP ao seu redor apesar de ser identificada apenas uma faixa estreita, o que condiz com o observado pelo *check –list*, com regiões rurais na região sul do ponto de monitoramento, há criação de gado, sendo identificada a região urbana ao norte. Além disso, pode-se destacar a proximidade da BR 369 com o ponto de monitoramento.

De acordo com o banco de dados do projeto de melhoramento da qualidade da água, o ponto de monitoramento 1, é um dos pontos com maior concentração de bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes. Analisando em relação à classificação de cobertura do solo ao seu redor, pode-se justificar essa alta concentração devido à proximidade tanto de área rural (pode haver despejo de

esgoto clandestino, criação de gado) ao seu redor, bem como a proximidade da área urbana.

O ponto de monitoramento 2 apresenta-se em condições parecidas com o ponto 1, com área urbana e presença de agricultura na região oeste, essa proximidade explica a alta concentração de UFC/100 mL encontrada no ponto 2.

Já os pontos 3 e 4 estão em áreas tipicamente rurais, com presença de vegetação ao seu redor. No entanto, o ponto de monitoramento 4 é a confluência entre dois pontos (o ponto 1 e 3) o que, de acordo com Apoitia *et al.* (2000) deveria influenciar na quantidade de UFC/100 mL porém, não foi observado.

A Figura 23 a seguir faz referência aos pontos de monitoramento 5 e 6.

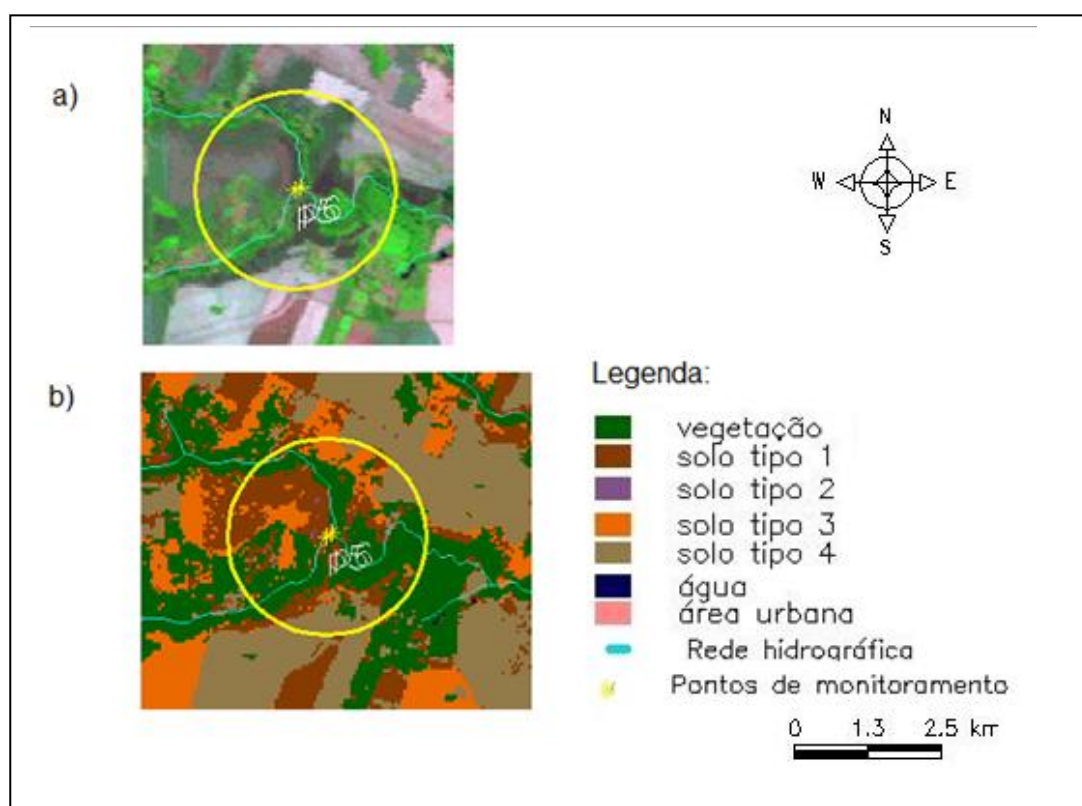


Figura 23- Aplicação do recurso zoom nos documentos cartográficos a) Zoom da Carta imagem b) Zoom da Carta temática de uso e ocupação do solo da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal, pontos de monitoramento 5 e 6. Fonte: Autoria própria.

Como ambos os pontos de monitoramento encontram-se muito próximos (68 metros de distância um ao outro) na imagem eles se tornam sobrepostos.

Observa-se que estão localizados em área rural e distantes de qualquer área urbana. Pela análise *in loco* não há criação de gado e o plantio de cultura ocorre no local, sendo observado pela identificação do solo 3 na região (regiões de agricultura

com cultura recém – colhida). Esses fatores contribuem para que o ponto 5 seja um dos pontos com menor concentração de UFC/100 mL.

O ponto 6, apesar de ter as mesmas características de entorno do ponto de monitoramento 5, é um ponto de confluência entre o Ribeirão Alto Cafezal (ponto 5) e o Ribeirão Pedroso, o que pode contribuir para que o ponto 6 tenha uma concentração de UFC/100 mL mais alta, com variações entre 200 e 600 UFC/100 mL de bactérias do grupo coliformes totais, e 100 a 200 UFC/100 mL de bactérias do grupo termotolerantes.

O ponto de monitoramento 7 está representado pela Figura 24.

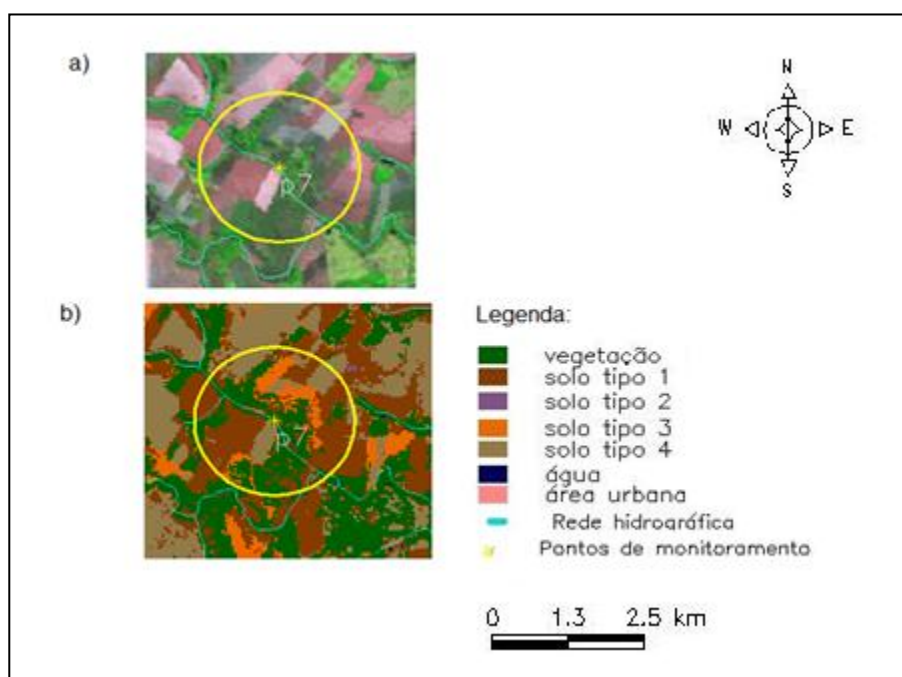


Figura 24- Aplicação do recurso zoom nos documentos cartográficos a) Zoom da Carta imagem b) Zoom da Carta temática de uso e ocupação do solo da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal, ponto de monitoramento 7. Fonte: Autoria própria.

O ponto de monitoramento 7 está localizado em área rural, com presença de agricultura (identificação dos solos 3 e 4). Observa-se que a APP apresenta-se em forma de uma faixa estreita e alterada. De acordo com o banco de dados do projeto de melhoria da qualidade da água, a concentração de UFC/100 mL de bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes é pequeno, o que pode ser justificado devido a ausência de área urbana e criação de gado nas proximidades.

O ponto de monitoramento 8 é representado pela figura 25.

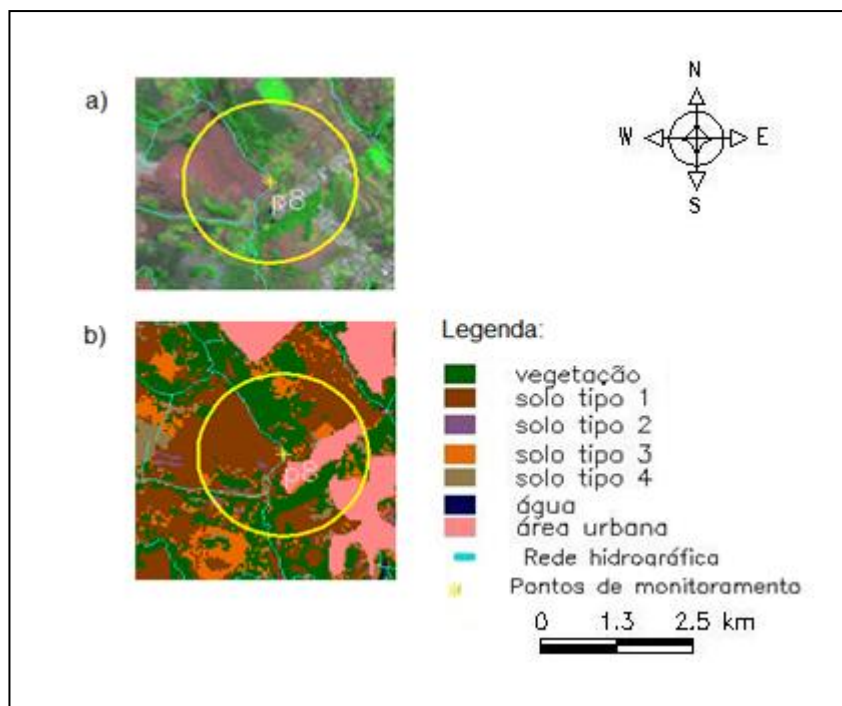


Figura 25- Aplicação do recurso zoom nos documentos cartográficos a) Zoom da Carta imagem b) Zoom da Carta temática de uso e ocupação do solo da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal, ponto de monitoramento 8. Fonte: Autoria própria.

O ponto de monitoramento 8 está localizado ao lado de uma região com alta concentração de condomínios residenciais, e conforme observado no *check-list*, apresenta criação de gado em seu entorno. Esses fatores contribuem para que o ponto 8 seja um dos pontos de monitoramento com maior concentração de bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes, com variações em torno de 450 a 700 UFC/100 mL para bactérias do grupo coliformes totais e 100 a 200 UFC/100 mL para bactérias do grupo termotolerantes.

A figura 26 faz referência ao ponto de monitoramento 9.

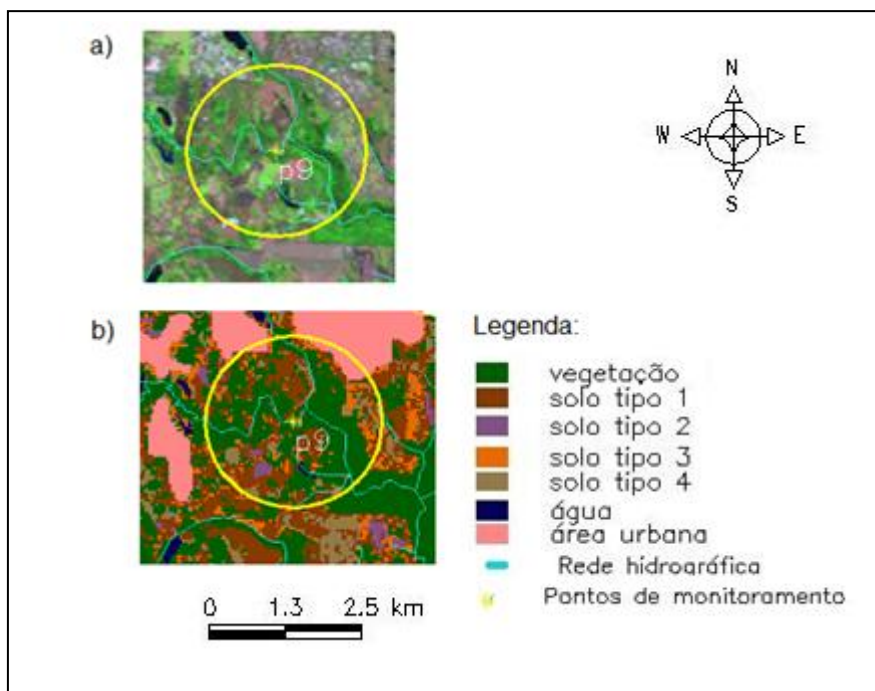


Figura 26- Aplicação do recurso zoom nos documentos cartográficos a) Zoom da Carta imagem b) Zoom da Carta temática de uso e ocupação do solo da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal, ponto de monitoramento 9. Fonte: Autoria própria.

O ponto 9 está inserido em uma região mesclada, a uma determinada distância da área urbanizada e da área rural. É o ponto da captação de água para abastecimento, e apesar de receber água de todos os outros demais pontos, a concentração de UFC/100 mL não é a mais alta.

Essa conclusão é confirmada com os gráficos 1 e 2, (Figuras 7 e 8) e reitera-se que este fato é possível uma vez que pode haver diluição da concentração microbiológica ao longo dos pontos de monitoramento.

O quadro 12 é uma síntese das localizações dos pontos de monitoramento em relação à classificação de cobertura do solo e a variação de UFC/100 m L de bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes.

Ponto de monitoramento	Classificação	UFC/100 mL bactérias do grupo coliformes totais	UFC/100 mL bactérias do grupo termotolerantes
1	Área rural e urbanizada	500 - 750	150 - 200
2	Área rural e urbanizada	500 - 750	120 - 200
3	Área rural	200 - 500	50 - 180
4	Área rural	200 - 800	100 - 170
5	Área rural	400 - 500	100 - 180
6	Área rural	300 - 600	100 - 190
7	Área rural	250 - 600	70 - 140
8	Área rural e urbanizada	450 - 700	100 - 250
9	Área rural e urbanizada	200 - 600	100 - 200

Quadro 12 - Quadro de comparação entre a classificação de uso e ocupação do solo nas proximidades dos pontos de monitoramento e concentração de UFC/100 mL de bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes.

Outro fator importante a ser analisado é a declividade da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal. Por meio da declividade verificam-se quais os pontos mais altos e mais baixos e conseqüentemente qual poderia receber maior quantidade de água dos afluentes, e se tem relação com a concentração de UFC/100 mL por ponto. Para determinar a carta de declividade foi necessário elaborar o documento cartográfico 5, (figura 27) de altimetria da bacia de estudo.

A partir dessa carta elaborou-se o documento cartográfico 6 (Figura 28), de declividade da bacia de estudo.

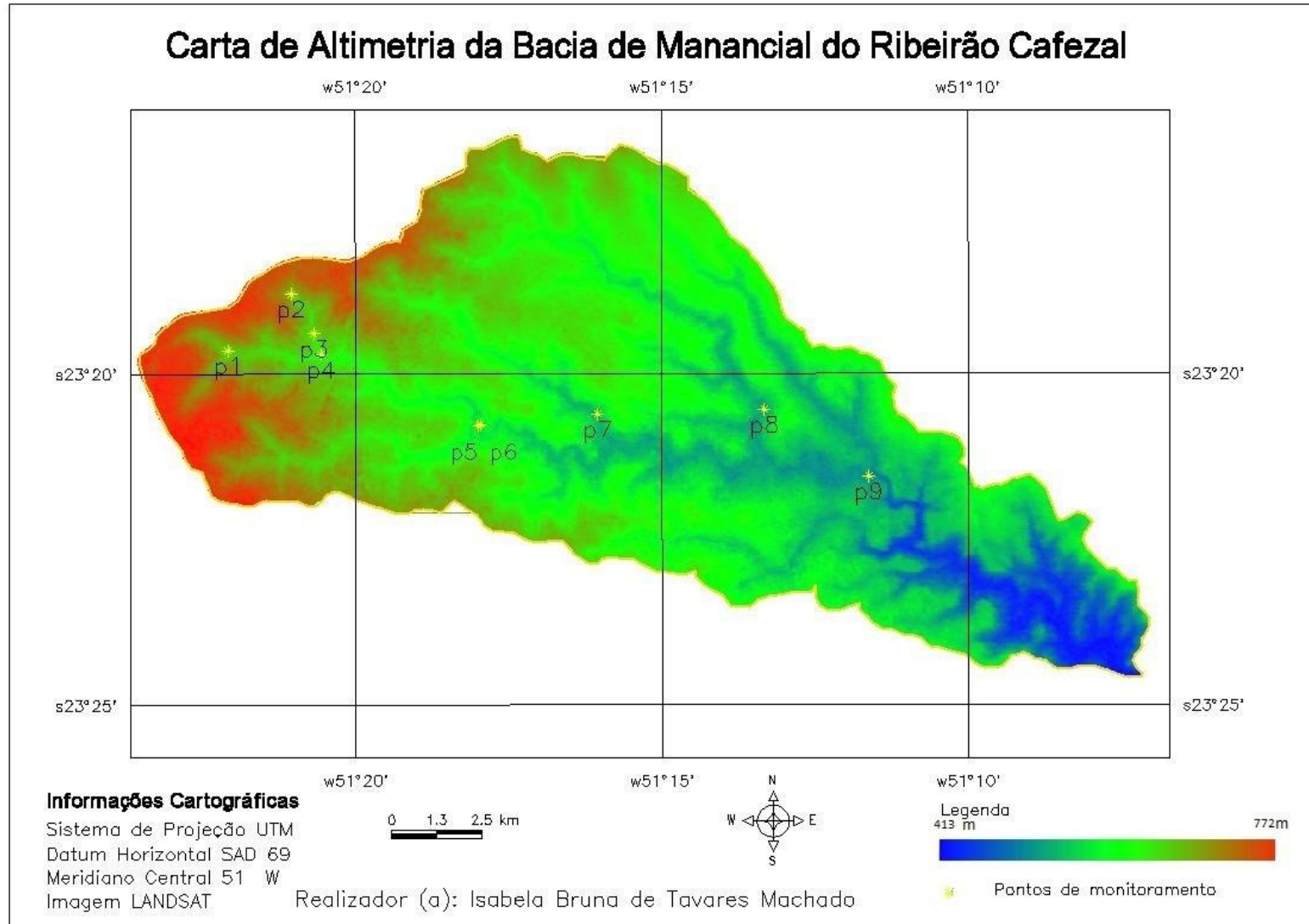


Figura 27- Documento cartográfico 5 – Carta de altimetria da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal. Fonte: Autoria própria.

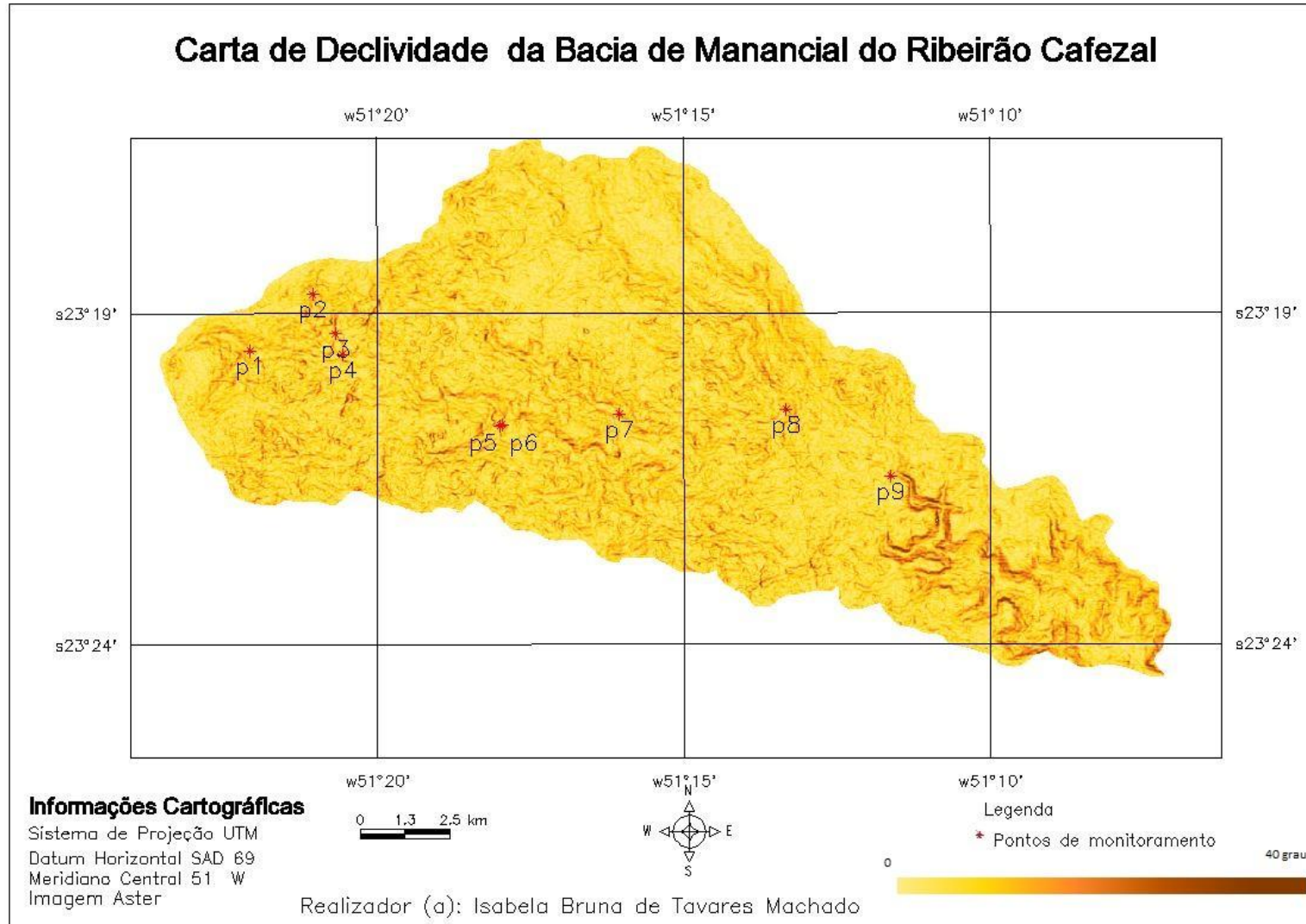


Figura 28- Documento cartográfico 6 – Carta de declividade da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal. Fonte: Autoria própria.

O quadro 13 contém os valores de declividade em comparação as concentrações de UFC/100 mL por ponto de monitoramento.

Ponto de monitoramento	Declividade (graus)	UFC/100 mL bactérias do grupo coliformes totais	UFC/100 mL bactérias do grupo termotolerantes
1	3,61	500 - 750	150 - 200
2	6,91	500 - 750	120 - 200
3	7,49	200 - 500	50 - 180
4	4,75	200 - 800	100 - 170
5	3,27	400 - 500	100 - 180
6	2,96	300 - 600	100 - 190
7	6,65	250 - 600	70 - 140
8	4,85	450 - 700	100 - 250
9	4,13	200 - 600	100 - 200

Quadro 13 - Quadro de comparação entre declividade dos pontos e concentração de UFC/100 mL de bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes.

Nos pontos de monitoramento 3 e 4 ocorre o maior desnível, pois de 7,49 graus declina para 4,75, observa-se que a concentração de UFC/ 100 mL no ponto 4 é maior que no ponto 3. Porém, entre os pontos 7 e 8, onde há outro desnível, não ocorre o mesmo, pelo contrário, a concentração é maior no ponto 8, de maior desnível. Verifica-se, portanto, que para este caso a declividade não exerce grande influencia na concentração de microrganismos indicadores de poluição.

De acordo com o Comunicado Técnico 230 (Embrapa, 1998), solos com declive de até 8 graus são considerados planos a ondulados e para caracterizar os limites de aporte de microrganismos em termos de quantidade faz-se necessário desenvolver técnicas complementares de análise, o que não coube a este trabalho.

Outro tipo de análise realizada foi em relação ao tipo de solo existente na região da bacia de manancial. O documento cartográfico 7 (Figura 29) explicita quais os principais solos que envolvem a bacia.

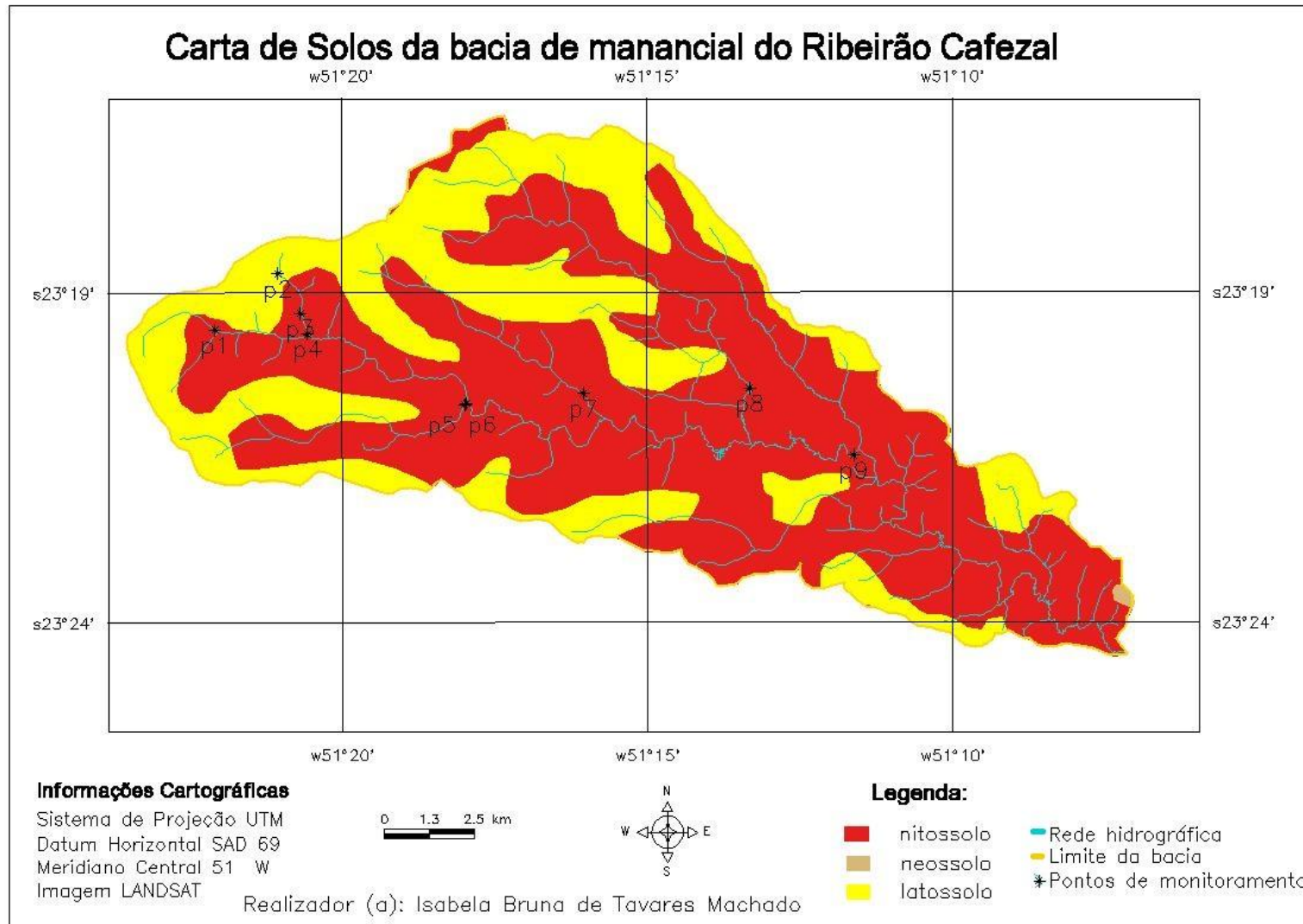


Figura 29- Documento cartográfico 7 – Carta de solos da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal. Fonte: Autoria própria.

O principal tipo de solo identificado é o Nitossolo vermelho (68% da bacia), sendo 8 dos 9 pontos pertencentes a essa classificação, apenas o ponto de monitoramento 2 está localizado em local identificado como Latossolo (ocupa 32% da bacia).

O Nitossolo, de acordo com Silva *et al.* (2009) compreende solos minerais derivados de rochas básicas e ultra básicas, ricas em minerais ferromagnesianos, possuindo coloração vermelho escuro tendendo à arroxeadada, podendo ser caracterizado pela presença de estrutura em blocos, serosidade, grande presença de poros e altos teores de ferro (Fe_2O_3), superiores a 15%.

Os Latossolos são solos com elevada acidez, localmente com alta saturação de alumínio, são muito argilosos, porém suas argilas são de baixa atividade de troca iônica, com boa plasticidade, apresentam também saturação em bases abaixo de 50%, possuem alta permeabilidade e são pouco propensos à erosão (Rocha 1995).

Um estudo realizado por Greco *et al.* (2011), visou estabelecer critérios morfológicos e taxonômicos de latossolos e nitossolos, através desse estudo, verificou-se que o Nitossolos apresentou maior média de resistência à penetração e maior média de resistência à infiltração de água em relação aos Latossolos.

Em relação às propriedades físicas e atributos morfológicos do Nitossolos em relação a Latossolos, segundo o mesmo autor, pode-se dizer que a estrutura forte, em blocos subangulares do Nitossolo permite nos blocos: maior retenção de água e maior resistência à penetração; e nas fraturas ou superfícies de contato entre blocos: maior permeabilidade. Essa informação permite concluir que o solo da região da Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal não é um fator determinante na poluição por microrganismos de suas águas.

Constata-se que as alterações na qualidade das águas podem ser provocadas pelas mudanças no uso do solo e na cobertura vegetal da bacia. Segundo Rondon- Lima (2001), o gerenciamento dos componentes terrestres e aquáticos não pode ser tratado separadamente, a unidade espacial mais apropriada para essa combinação é a da bacia hidrográfica, e, portanto deve-se buscar uma correção dessas alterações.

O aprofundamento do conhecimento da dinâmica da poluição na Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal se deu a partir da determinação, em escala temporal e espacial, das condições da qualidade da água em decorrência do processo de

urbanização e pela identificação dos componentes que responderam mais diretamente a essas alterações.

Observou-se que a bacia de estudo, em termos microbiológicos, apresenta-se dentro do padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), de que para usos diversos (exceto recreação de contato primário) não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano.

As características do entorno na bacia de manancial são evidenciadas no que tange a sua poluição. As análises dos pontos de coleta trouxeram à tona locais assoreados e com grande erosão, além da proximidade com áreas urbanas e zonas de pastagens e criação de gado que, com a APP alterada, contribuem ainda mais para a contaminação do corpo d'água.

Os testes estatísticos entre a concentração de UFC/ 100 mL e os índices de pluviosidade dos meses de análise não indicaram uma correlação específica, talvez devido a forma de coleta da água e a falta de coincidência de chuvas no mesmo dia ou em dias próximos da coleta. No entanto, ressalta-se a importância de manter o banco de dados atualizado para que em futuros estudos, novos testes possam ser realizados e possivelmente obter novos resultados que possam comprovar a relação.

Com o presente estudo ressalta-se a importância de buscar meios para que os recursos hídricos satisfaçam a necessidade humana, porém objetivando manter e preservar cobertura natural da terra e suas características de entorno, proporcionando qualidade da água e da bacia.

A Bacia de Manancial do Ribeirão Cafezal que é uma das principais bacias de abastecimento para a cidade de Londrina encontra-se em estado de degradação das suas condições naturais, e é necessário que medidas de remediação sejam tomadas.

Portanto, é importante salientar que a qualidade da água não se traduz apenas pelas suas características físicas e químicas, mas pela qualidade de todo o recurso hídrico que envolve a saúde e o funcionamento equilibrado do ecossistema, incluindo as plantas, a comunidade aquática e seus habitantes.

A combinação de políticas, educação, planejamento e aplicabilidade das leis podem prover mecanismos para reduzir a taxa de degradação, possibilitando proteção humana e ambiental de modo que a qualidade da água seja priorizada.

6. CONCLUSÃO

Verificou-se que a Bacia de Manancial de abastecimento do Ribeirão Cafezal possui características de degradação como assoreamento e erosão, APP alterada pela ação humana e atividades de uso e ocupação do solo próximo aos cursos d'água. Para todos os meses analisados e em todos os pontos de monitoramento constatou-se presença de bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes indicando contaminação fecal.

A correlação entre os dados microbiológicos e pluviométricos analisada foi pouco significativa e, portanto para este caso não houve variação na quantidade das bactérias do grupo coliformes totais e termotolerantes com o aumento de pluviosidade.

Foi possível identificar através dos documentos cartográficos correspondências entre o observado no *check-list* e as condições geográficas apresentadas pelas imagens. Observou-se que as alterações na qualidade da água podem ser provocadas pelas mudanças no uso do solo e na cobertura vegetal da bacia de manancial.

Assim, partir desse trabalho é possível tornar público o fato de que uma das mais importantes bacias de abastecimento urbano na cidade de Londrina carece de atenção e de uma readequação as suas condições ambientais.

REFERÊNCIAS

- APOITIA, M. F. L.; FIGUEIREDO, M.D.; MARASCHIN, L.; ARRUDA, U. M. G.; NASCIMENTO, C. O.; LOTUFO, L. S.; PRIANTE, R. G.; MATOS, A. R. E.; COUTO, S. L. . Qualidade da água e aspectos ambientais do Rio Cuiabá no trecho urbano das cidades de Cuiabá e Várzea Grande, Mato Grosso. I Simpósio de recursos hídricos do Oeste de Brasília, 2000. **Anais de Congresso**, Brasília- DF, 2000. Disponível em <http://www.abrh.org.br/novo/i_simp_rec_hidric_centro_oeste_bsb29.pdf> Acesso em 13 de fev. 2013.
- BARCELLOS, C. S. M.; ROCHA, M.; RODRIGUES, S. L.; COSTA, C. C.; OLIVEIRA, R. P.; SILVA, J. I. JESUS, M. F. R.; ROLIM, G. R.; Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Caderno Saúde Pública RJ**. vol.22, n.9, pp. 1967-1978, 2006. Disponível em <http://www.scielo.org/scielo.php?pid=S0102311X2006000900028escript=sci_abstractetlng=pt> acesso em 24 de Nov. de 2011.
- BARRELLA, W. RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BARROS F. V. M; ARCHELA, S. R.; BARROS, F. N. O.; THÉRY, H.; MELLO, A. M.; GRATÃO, B. H. L.; Curso e Percurso das Águas , **Atlas Ambiental da Cidade de Londrina**, Londrina –PR, 2008. Disponível em <<http://www.uel.br/revistas/atlasambiental/NATURAL/CURSODASAGUAS.htm>> Acesso em 12 de abr. de 2012.
- BRAGA, L. A., VIEIRA, O.A.C., ASSIS, C. L., Identificação de extensas áreas de culturas agrícolas empregando uma abordagem espectro-temporal utilizando imagens MODIS. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto, Florianópolis, Brasil, 5603 -5610 p., INPE, 2007. Disponível em <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.17.06.47/doc/5603-5610.pdf>> Acesso em 13 de fev. 2013.
- BRASIL, Código Florestal Brasileiro, 1965. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L4771.htm> Acesso em 23 de Nov. 2012.
- _____. Lei Federal nº 6938 de 31 de agosto de 1981. Institui a Política Nacional do Meio Ambiente seus fins e mecanismos de formulação e aplicação

e dá outras providências . Disponível em <
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938compilada.htm> Acesso em 08 de agosto de 2012.

_____. Portaria MS nº 518 de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Poder Executivo de Brasília, DF, 25 de março de 2004. Disponível em <
<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>> Acesso em 24 de jan. de 2013.

_____. Ministério Do Meio Ambiente, Conselho Nacional Do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.. Disponível em: <
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.html>>. Acesso em: 19 mai. 2012.

_____. **Vigilância e Controle da Qualidade da Água para Consumo Humano**, 2006. Ministério da Saúde, Brasília, DF. Disponível em
<http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/vigilancia_controle_qualidade_agua_a.pdf> Acesso em 15 de mar. de 2012.

_____. Portaria MS nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Poder Executivo de Brasília, DF, 12 de dezembro de 2011. Disponível em <
http://www.fozdo brasil.com.br/fozwp/santa-gertrudes/files/2011/10/Portaria_MS_2914-11.pdf> Acesso em 24 de mar. de 2012.

BONNET, P. R. B., FERREIRA, G. L., LOBO, C. F. Relações entre a qualidade da água e uso do solo em Goiás: uma análise à escala da bacia hidrográfica. **Rev. Árvore**, vol.32 no.2 Viçosa Mar./Apr. 2008. Disponível em <
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010067622008000200014escript=sci_arttext>

BORGES, K. P., BERTOLIN, A. O., Avaliação microbiológica da qualidade da água do Córrego São João, Porto Nacional – TO, Brasil. **Holos Enviroment**, v. 2, n.2, 2002- p. 174- 781, 2002. Disponível em <
http://www.google.com.br/urlFwww.periodicos.rc.biblioteca.unesp.brhp2F1078&ei=KadLUdecJOTz0gGDioHoBQ&usg=AFQjCNFCSGIHhXF86BYChvK0jZrEbMUmCA&sig2=yv_-6FnkZCSWr1cTk2nxjg&bvm=bv.44158598,d.eWU> . Acesso em 30 de jan. 2013.

CHAVES, L. M. H. , SANTOS, B. L. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica, Brasília. **Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande vol. 13 nov. 2009. Disponível em < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662009000700015> Acesso em 15 de abr. de 2012.

DEVORE, L. J.; **Probabilidade e Estatística: para Engenharia e Ciências**, 2007, editora Cengage Learning Nacional, v. 1, p.706.

DE VITO, M. **Avaliação do risco de contaminação de mananciais hídricos para o abastecimento: o caso da Bacia da Barragem do Descoberto.**

Dissertação de mestrado em tecnologia ambiental e recursos hídricos.

Universidade de Brasília, 2007, 178 p. Disponível em

<http://repositorio.bce.unb.br/bitstream/10482/2753/1/2007_MarcodeVito.PDF > Acesso em 05 de set. 2012.

EMBRAPA, **Comunicado Técnico 230**, Sobre aptidão de solos da bacia hidrográfica do Rio do Peixe para aporte de fertilizantes orgânicos, 1998.

Disponível em

<<http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/comtec/cot230.pdf>>. Acesso em 20 de mar. 2013.

FRITZSONS, E.; PARANHOS FILHO, C. A.; IDE, N. C.; GOLCALVES, V. F.; MANTOVANI, E. L.; RIZZI, E. N. , As interações entre coliformes e alteração de vazão em águas superficiais. **II Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste Campo Grande**. Campo Grande – MT , 2002. Disponível em <http://www.abrh.org.br/novo/ii_simp_rec_hidric_centro_oeste_campo_grande70.pdf> Acesso em 12 abr. de 2012.

GRECO, R. C., COELHO. M. R., VIEIRA. R. S., Critérios morfológicos e taxonômicos de latossolos e nitossolos validados por propriedades físicas mensuráveis analisadas em partes pela geoestatística, **Revista Brasil Ci. Solo** v. 35, p. 337 – 350, 2011. Disponível em : <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v35n2/v35n2a05.pdf>> . Acesso em 04 de jan. 2013.

IHA, S. D. Características limnológicas da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal, SP. **Dissertação de mestrado**, Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Biológicas, 83 p. 2010. Disponível em < http://www.bdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_arquivos/2/TDE-2010-04-13T145901Z-2948/Publico/2887.pdf > . Acesso em 13 de jan. 2013.

INSTITUTO AGRONOMICO DO PARANÁ (IAPAR), **Clima de Londrina** - Dados Pluviométricos, 2012. Disponível em <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1463>> Acesso em 13 de julho 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE), **Noções de Cartografia**, 1998. Disponível em <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/cartografia/nocoos_basicas_cartografia.pdf> Acesso em 12 de abr. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE), **Catálogo de imagens**, 2011. Disponível em <<http://www.inpe.br/>> Acesso em 24 mai. 2012.

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 mar. de 2012. a.

INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E GEOCIENCIAS (ITCG). **Produtos, 2011**. Disponível em <<http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=57> > Acesso em 15 de mar. de 2012. b.

MACHADO, S. A. C., QUINTANILHA, A. J. **Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Geoposicionamento: uma aplicação urbana**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo Departamento de Engenharia de Transportes .- São Paulo –SP. 2008. Disponível em <http://sites.poli.usp.br/d/ptr2355/PTR2355_Apostila_SR.pdf> Acesso em 21 de abr. de 2012.

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

NASH, S. M., HEGGEM, T. D., EBERT, D., WADE, G. T., HALL, K. R. Multi-scale landscape factors influencing stream water quality in the state of Oregon, **Environment Assess**, v. 1, p. 343–360, 2009. Disponível em <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18758981>> Acesso em 09 de mar. 2013.

NOGUEIRA, G. NAKAMURA, V. C. TOGNIM, C. B. M. ABREU FILHO, A. B. DIAS FILHO, P. B. Qualidade microbiológica de água potável de comunidades urbanas e rurais , Paraná. **Rev. Saúde Pública** São Paulo vol.37 no.2 abr. 2003. Disponível

em < <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-89102003000200011>> Acesso em 15 de abr. de 2012.

OLIVEIRA, F. C., SILVA, B. A. A utilização do sensoriamento remoto como ferramenta de apoio a atividade turística do distrito de Igatu - BA.- **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal** – RN. 2009. Disponível em < <http://mar.te.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.22.16/doc/4181-4188.pdf>> Acesso em 21 de abr. de 2012.

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH- UFRGS v1. n.1 p. 20- 36. 2004. Disponível em < <http://www.abrh.org.br/informacoes/rrh.pdf>>. Acesso em 12 de abr.2012.

PLUMMER, D. J., LONG C. S. Monitoring source water for microbial contamination:Evaluation of water quality measures, **Science Direct**, v.1, p. 3716 – 3728, 2007. Disponível em <www.elsevier.com/locate/watres> Acesso em 08 de mar. 2013.

R., version 2.15.3 **Institute for Statistics and Mathematics of WU wien**, free software 2012. Disponível em < <http://www.r-project.org/>> Acesso em 23 de mai. 2012.

RAIMUNDO, C. C., FILHO, T. R. M., MELO, D. L. M., CARNAÚBA, F., Uso do box plot na detecção dos valores extremos mensais de precipitação na região da Bacia do Rio Paraíba, **Anais Congresso Brasileiro de Meteorologia** , Belém - PA, 2010. Disponível em < http://www.cbmet2010.com/anais/artigos/352_90425.pdf> Acesso em 20 de dez. 2012.

ROCHA, C. G. Carta de solos da bacia do ribeirão Cambé na área urbano-rural de Londrina, **PR. Semina: Ci. Exatas/Tecnológicas**, v. 16, n. 4, p. 536-549, dez. 1995. Disponível em < <http://www.google.com/url?sa=terct=jeq=geologia%20latossolo%20na%20regiao%20de%20londrinaesource>>. Acesso em 04 jan. 2013.

RONDON- LIMA, N. B. E., Modelação integrada para gestão da qualidade da água na bacia do rio Cuiabá. **Tese de Doutorado**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 206 p., 2001. Disponível em <http://wwwp.coc.ufrj.br/teses/doutorado/rh/2002/teses/RONDON%20LIMA_EB_N_02_t_D_est.pdf> Acesso em 03 de mar.2013.

SANEPAR; Os mananciais de abastecimento do sistema integrado da região metropolitana de Curitiba –PR, **Revista Técnica da Sanepar - SANARE**. Curitiba, v. 12, nº12, jul- dez 1999. Disponível em <<http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/V12/Mananciais/mananciais.html>> Acesso em 17 de jul 2012.

SÃO PAULO, Lei Estadual nº9.866 de 28 de novembro de 1997 São Paulo. Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo e dá outras providências, 1997. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/170520/lei-9866-97-sao-paulo-sp>>. Acesso em: 17 de jul 2012.

SILVA, A. C. PINHEIRO, L.S. MAIA, L. P. MORAIS ,J. O. Estudo hidrodinâmico, climático e bacteriológico associado às fontes pontuais de poluição ao longo do litoral de Fortaleza. **Rev. Brasileira de Recursos Hídricos**, São Paulo vol. 14 n. 2 p. 83 -90. abr. 2009. Disponível em < http://www.inct-tmcocean.com.br/pdfs/Produtos/42_RevistaBrasileiradeRecursosHidricos.pdf> Acesso em 15 de abr. de 2012.

SILVA, C. A. A. D. **Estudo da análise temporal da ocupação urbana no Rio Betim/ MG, utilizando imagens orbitais do Satélite Landsat TM5 1997 -2009**. 2010. 38 f. Dissertação (Especialização em Geoprocessamento) – Curso de Especialização em Geoprocessamento – Universidade Federal de Minas Gerais, 2010. Disponível em < <http://www.csr.ufmg.br/geoprocessamento/publicacoes/DENISE.pdf>> Acesso em 21 de abr. de 2012.

SILVA, L., EMER, A. A., BORTOLINI, E. C., ARRUDA, H. J., Estudo de um nitossolo vermelho com evidência de caráter coeso da região sudoeste do Paraná. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco, v. 04 n.1. 2009. Disponível em <<http://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/viewFile/605/348>> . Acesso em 04 de jan. 2013.

SILVA, M.S., **Bacia hidrográfica do Ribeirão Cafezal: algumas considerações geoambientais**, 2002 Monografia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

SOUZA, R.M.G.L.; PERRONE, M.A. **Padrões de potabilidade da água**. 2000, 12p. Disponível em: <<http://cvs.sal.sp.gov.br/vol2.html>>. Acesso em : 05 jan. 2013.

SOUSA, T. K. B., ALMEIDA, S. C. B. VIEIRA, M. F. OURA, L. C. P. NETO, C. F. J., 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 abr. de 2012.

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

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.

VAEZA, R. F., OLIVEIRA-FILHO, P. C., DISPERATI, A. A., MAIA, A.G., Uso e ocupação do solo a partir de imagens orbitais de alta resolução para estudo em bacia hidrográfica em área urbana. In: **Anais da XIV Semana de Iniciação Científica**; 2008; Irati- PR: Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO; 2008.

VASCONCELOS R. B., FILHO P. C. A. Sensoriamento Remoto na Cobertura do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Amambaí – MS. **Anais de Congresso**, 48^o Congresso SOBER, Campo Grande, 2010. Disponível em <
<http://www.sober.org.br/palestra/15/473.pdf> > Acesso em 13 de fev. 2013.

VIVATERRA. In: Vivaterra: **Sociedade de defesa, pesquisa e educação ambiental**. Rio de Janeiro, 1993. Disponível em: < <http://www.vivaterra.org.br>>. Acesso em: 5 jan. 2013.

VON SPERLING M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed., v.1, Belo Horizonte –MG, DESA, 2005.

