



**UnB – Universidade de Brasília  
FUP – Faculdade UnB Planaltina  
Bacharelado em Gestão Ambiental**

**JÚLIA CAMPOLINA CAMPOS ERVILHA**

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA SUB-BACIA  
DO RIBEIRÃO MESTRE D'ARMAS**

Planaltina-DF  
2013

JÚLIA CAMPOLINA CAMPOS ERVILHA

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA SUB-BACIA  
DO RIBEIRÃO MESTRE D'ARMAS

*Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em Gestão  
Ambiental.*

Orientador: Prof. Dr. José Vicente Elias  
Bernardi

Planaltina-DF

2013

---

Ervilha, Júlia Campolina Campos.

Monitoramento da qualidade da água na sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas. Júlia Campolina Campos Ervilha. Planaltina, DF, 2013. 72f.

Monografia - Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília. Curso de Bacharelado em Gestão Ambiental, 2013.

Orientação: Prof. Dr. José Vicente Elias Bernardi

1. Qualidade da água 2. Sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas 3. Uso e ocupação do solo 4. Análise de variância 5. Análise de componentes principais. I. Ervilha, Júlia Campolina Campos II. Título

---

---

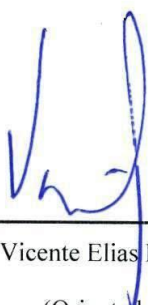
JÚLIA CAMPOLINA CAMPOS ERVILHA

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA SUB-BACIA  
DO RIBEIRÃO MESTRE D'ARMAS**

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Gestão Ambiental da Faculdade UnB Planaltina, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental.*

Banca Examinadora:

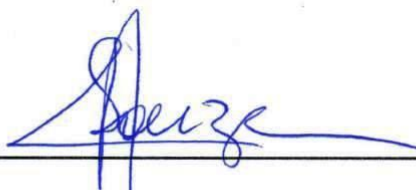
Planaltina-DF, 05 de março de 2013.



---

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Jose Vicente Elias Bernardi – UnB/FUB

(Orientador)



---

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Jurandir Rodrigues de Souza - UnB/IQ

(Examinador Interno)



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elaine Nolasco Ribeiro – UnB/FUP

(Examinadora Interna)

*Dedico esse trabalho aos meus **colegas de turma**, por fazerem esta jornada ser tão especial e divertida e, principalmente, porque juntos superamos a missão de ser primeira turma, quando, ao invés de lamentarmos, batalhamos para ser “a turma”!*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a **Deus** que ao meu lado trilhou um lindo caminho permitindo que eu tivesse esse momento de realização.

Aos meus pais **Rômulo e Maria do Carmo**, que sempre respeitaram meus sonhos, me deram espaço para fazer minhas escolhas, ao mesmo tempo em que, sutilmente me serviram de norte e me deram segurança para errar.

Aos **meus irmãos** que me inspiram a ser uma profissional respeitada, assim como eles sempre se colocaram.

Ao meu namorado **Gustavo**, por estar sempre ao meu lado e conseguir me manter em paz nos momentos mais difíceis.

Aos colegas de turma, principalmente ao **Tiago Kisaka** que do começo ao fim da graduação foi apoio para todas as situações e ao **Geraldo Lopes** por ser sempre nosso “anjo-da-guarda” e por ter dado tanta atenção ao meu trabalho.

A minha amiga **Roberta Matos** e ao meu primo **José Ricardo** pela prontificação.

Aos **colegas do Instituto de Química**, principalmente à **Joelma Portela** e ao **professor Jurandir Rodrigues**, por sempre me darem suporte para seguir com a pesquisa.

A **prof. Gabriela Nardoto** pela entrega a todos os estudantes da Gestão Ambiental e especialmente pela ajuda que me deu para finalizar o trabalho.

A **prof. Elaine Ribeiro** por ter sido tão compreensiva e ter aceitado meu convite para compor a banca.

A **prof. Mônica Nogueira** pelo carinho e pelas dicas.

E, por fim, ao meu orientador **Prof. José Vicente Bernardi**, primeiramente por ter batalhado como coordenador para o sucesso do curso de Gestão Ambiental, por ter me inserido em grupos de pesquisa e agora por me ajudar a fechar o curso com chave-de-ouro.

Meus sinceros agradecimentos!

## RESUMO

Devido as suas propriedades, água é um recurso natural fundamental para todos, entretanto, sua disponibilidade está cada vez mais reduzida em função dos processos de poluição, causados por atividades antropogênicas, que comprometem seu uso pela inadequação de sua qualidade. Este estudo avaliou o impacto dessas atividades sobre a variação espacial da qualidade da água na sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas em associação aos diferentes usos ocupacionais do solo na região. Para tanto analisou-se os parâmetros temperatura, condutividade elétrica, pH, nitrito, nitrato, amônia e fosfato. Os resultados encontrados foram submetidos ao método da análise de variância (ANOVA) e, posteriormente, da análise por componentes principais (ACP). Através destas análises observou-se que as variáveis de qualidade de água apresentam alterações decorrentes de fatores antrópicos, principalmente devido a diferenciação do uso e ocupação do solo na região, e decorrentes de fatores naturais como diferenciações entre: os ambientes lânticos e lóticos; os estratos de profundidade e a sazonalidade climática. Observou-se também que as amostras coletadas em áreas urbanizadas estão associadas a variáveis relacionadas à poluição, enquanto que as coletadas dentro da Estação Ecológica Águas Emendadas variam de acordo com suas condições naturais, e que os pontos mais poluídos (P20, P21 e P22) drenam os locais mais urbanizados. O presente estudo indica a necessidade de implantação de medidas mitigadoras e preventivas relacionadas à degradação dos corpos hídricos em função de atividades antropogênicas, visto que o sistema ecológico em voga é frágil e nem sempre os impactos sofridos por ele poderão ser revertidos.

**Palavras-chave:** qualidade da água, sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas, uso e ocupação do solo, análise de variância e análise de componentes principais.

## ABSTRACT

Due to its properties, water stands as a fundamental resource to everyone. Nevertheless, because of harmful pollution process caused by anthropogenic activities, water is becoming less available to society. This study evaluated the impact of such activities on the variation of water's spatial quality in association to alternative soil utilization in Ribeirão Mestre D'Armas sub-basin. In order to achieve this outcome, variables such as temperature, electrical conductivity, pH, nitrite, nitrate, ammonia and phosphate were analyzed. The found results were then submitted both to method of analysis of variance (ANOVA) and Principal Component Analysis (PCA). Through such analyses it was possible to observe that water quality variables showed changes caused mainly by anthropogenic factors affected in large scale by differentiation of soil use and occupation. Also, these changes were caused by natural factors such as differences between lentic and lotic environments, soil depth strata and climatic seasonality. Further analysis showed that water samples collected in urbanized areas were associated to pollution-related variables, while the results to samples collected in Estação Ecológica Águas Emendadas depend on the water natural conditions and show that the most polluted points (P20, P21 and P22) drain the most urbanized sites. Moreover, the present study pointed the need of implementation of preventive and mitigating measures related to the degradation of water bodies in function to anthropogenic activities once the related ecologic system is fragile and the damages associated to it's depreciation could even be impossible to revert.

**Keywords:** water quality, Ribeirão Mestre d'Amas sub-basin, land use and occupation, variance analysis, and Principal Component Analysis.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas, Distrito Federal, Brasil.....	17
Figura 2 - Mapa geológico da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas.....	21
Figura 3 - Mapa geomorfológico da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas.....	22
Figura 4- Mapa de solos da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas .....	25
Figura 5 - Inserção da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas nas APAs do Rio São Bartolomeu e do Planalto Central.....	27
Figura 6 – Mapa de localização dos pontos de coleta. ....	28
Figura 7- Variância das variáveis de acordo com grupos LAGOA, ESECAE e FORA.	33
Figura 8- Variância da temperatura de acordo com grupos LAGOA, ESECAE e FORA. ....	34
Figura 9- Variância da condutividade elétrica de acordo com grupos grupos LAGOA, ESECAE e FORA.....	35
Figura 10- Variância do pH de acordo com grupos LAGOA, ESECAE e FORA.....	36
Figura 11- Variância dos compostos nitrogenados de acordo com grupos LAGOA, ESECAE e FORA.....	38
Figura 12 - Variância do fosfato ( $PO_4^-$ ) de acordo com grupos LAGOA, ESECAE e FORA. ....	40
Figura 13 - Projeção das variáveis no plano das componentes 1 e 2. ....	43
Figura 14- Projeção dos pontos de coleta por grupos no plano das componentes 1 e 2. ....	44
Figura 15 - Projeção dos pontos de coleta por períodos hidrológicos no plano das componentes 1 e 2. ....	46
Figura 17 - Projeção dos pontos de coleta por grupos no plano das componentes 1 e 3. ....	48

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estatística Descritiva das variáveis.....	32
Tabela 2. Cargas (loadings) das variáveis nas componentes principais.....	42

## LISTA DE ABREVIACÕES

- ACP - Análise de Componentes Principais
- ANA – Agência Nacional das Águas
- ANOVA - Análise de Variância
- APA – Área de Proteção Ambiental
- APHA – American Public Health Association
- AWWA – American Water Works Association
- CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- EPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
- ESECAE – Estação Ecológica Águas Emendadas
- ETE – Estação de Tratamento de Esgoto
- FUP – Faculdade UnB de Planaltina
- IQ – Instituto de Química
- LAM – Laboratório de Análise e Monitoramento Ambiental
- LQAA – Laboratório de Química Analítica Ambiental
- N – Nitrogênio
- NH<sub>3</sub> – Amônia
- NO<sub>2</sub><sup>-</sup> – Nitrito
- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> – Nitrato
- P – Fósforo
- pH – Potencial hidrogeniônico
- PO<sub>4</sub><sup>-</sup> – Fosfato
- UnB – Universidade de Brasília
- WPCF – Water Pollution Control Federation

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	ix
LISTA DE ABREVIACÕES .....	x
SUMÁRIO.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVO .....	3
2.1    Objetivo Geral.....	3
2.2    Objetivos Específicos .....	4
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
3.1    Qualidade da água.....	4
3.2    Distribuição da água na terra .....	5
3.3    Poluição da água .....	6
3.4    Eutrofização .....	7
3.5    Monitoramento da qualidade da água .....	8
3.6    Parâmetros de qualidade da água.....	9
3.6.1    Temperatura .....	9
3.6.2    Condutividade elétrica .....	9
3.6.3    Potencial hidrogênio (pH) .....	10
3.6.4    Nitrogênio.....	11
3.6.5    Fósforo .....	13
3.7    Relação entre o uso e ocupação do solo e qualidade da água.....	14
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
4.1    Caracterização da Área de Estudo .....	16
4.1.1    Hidrologia.....	17
4.1.2    Clima .....	19
4.1.3    Geologia .....	19
4.1.4    Geomorfologia.....	21
4.1.5    Solos .....	23
4.1.6    Uso e Ocupação do solo na região .....	25
4.2    Amostragem.....	27
4.3    Determinação dos parâmetros.....	29

4.4 Tratamento de Dados .....	30
5 RESULTADO E DISCUSSÃO.....	31
5.1 Análise descritiva.....	31
5.2 Análise de Variância (ANOVA).....	32
5.3 Análise de componentes principais (ACP) .....	42
6 CONCLUSÃO.....	49
7 RECOMENDAÇÕES.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	52
ANEXOS .....	59

## 1. INTRODUÇÃO

A água pode ser considerada o recurso natural de maior importância para todos. Ela é necessária para a maioria dos meios de produção, bem como para qualquer tipo de vida, já que se encontra presente na maioria dos processos metabólicos (TUNDISI, 2005). Levando-se em conta o ciclo hidrológico, a água interage com todo o ambiente (OKI, 2002). Além disso, é o solvente universal, transporta gases, substâncias e compostos orgânicos que são fundamentais para a vida de animais e plantas no planeta. Onde não há água, não há vida (TUNDISI, 2005).

Pielou (1998) defende que a água é muito mais que um recurso natural, já que está presente em nosso planeta há bilhões de anos e é parte da dinâmica funcional da natureza.

Apesar de estar sempre associada a sua abundância, a água é um recurso natural limitado, com disponibilidade cada dia menor (TUNDISI, 2005). Embora haja essa dependência da água para nossa sobrevivência, a principal razão desta redução de disponibilidade é o resultado dos processos de poluição, causados pela sociedade humana, que comprometem seu uso pela inadequação de sua qualidade (MELLO, 1999).

A degradação causada pelas atividades humanas se revela nas profundas alterações nos ciclos biogeoquímicos e na perda de biodiversidade. Segundo Harremoes (1998), além de degradar a qualidade da água e limitar seu potencial de uso, as atividades humanas intensificam os fenômenos naturais e aceleram o processo de eutrofização (MEYBECK et al., 1996).

De acordo com Nobre (2000), o crescimento populacional urbano somado às diversas formas de agricultura, são os principais fatores que contribuem para o comprometimento de recursos hídricos. A poluição difusa e pontual provocada pela necessidade de atender às demandas industriais, agrícola e à expansão da população e das áreas urbanas juntamente com mudanças nas condições climáticas e práticas de uso da terra têm produzido em larga escala os impactos negativos sobre quantidade e qualidade da água (TERRADO et al., 2006). Essas deteriorações causam impactos

econômicos, sociais e, algumas vezes, mudam de forma irreversível lagos, rios e represas.

Além dos fatores antrópicos, inerentes ao uso e ocupação do solo, a qualidade da água está relacionada a fatores naturais, tais como, intemperismo, condições geológicas, geofornológicas, intensidade das precipitações, cobertura vegetal e escoamento superficial.

Segundo Isaías (2008), a água apresenta características físico-químicas próprias, que podem refletir as atividades de uso da terra na sua respectiva bacia hidrográfica. Além disso, a água interage com todo o ambiente, acumulando as informações dessas interações. Nesse sentido, Tonello (2005) defende que a água é um recurso peculiar também por ser um excelente indicador ambiental, capaz de demonstrar a qualidade da manipulação do solo pelo homem.

Sendo assim, a qualidade da água é utilizada como indicativo para mensurar as condições do ecossistema aquático, além de avaliar o estado de poluição, degradação ou conservação de rios, lagos, represas, estuários, águas costeiras e áreas alagadas.

O Brasil possui legislações específicas referentes à qualidade da água. Uma delas é a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 357 de 2005 que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, estabelecendo limites individuais a cada substância a ser analisada. Tal classificação é importante para a fixação e cumprimento de metas de qualidade que visem o suprimento das necessidades de uma comunidade. O uso desta metodologia permite uma identificação adequada das fontes de contaminação, e pode ser essencial para a verificação da conformidade legal. No entanto, ela não oferece uma visão global sobre as tendências espaciais e temporais na qualidade geral da água em uma bacia hidrográfica (DEBELS et al., 2005).

Visando contornar esse problema, seguindo vários autores (BARRETO et al., 2007; BERNARDI et al., 2001; CASTAÑE et al., 2005; MENDIGUCHÍA et al., 2004; PIMENTEL, 2003; ZIBORDI et al., 2006 ) este trabalho utilizou técnicas estatísticas que são amplamente empregadas em estudos de qualidade da água. As técnicas estatísticas Análise de Variância (ANOVA) e Análise das Componentes Principais

(ACP) foram essenciais para efetuar um diagnóstico da qualidade da água na sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas.

Esta região é caracterizada por ser uma área com forte presença de atividades agrícolas e, nos últimos anos, vem sofrendo o impacto causado pelo alastramento de loteamentos irregulares que se instalaram muito próximo aos cursos de água e áreas de preservação. Essas atividades estão acarretando em alterações no meio ambiente e, principalmente, na qualidade da água (CARVALHO, 2005).

Por ocupar as partes mais altas das bacias hidrográficas, eventuais impactos causados aos recursos hídricos do Cerrado poderão ser propagados por grandes extensões do país (HOROWITZ E JESUS, 2008).

Além disso, dentro da sub-bacia está contida uma significativa área de preservação que representa em torno de 20% da sua área total, a Estação Ecológica de Águas Emendadas – ESECAE. Como estação ecológica, o ecossistema da ESECAE deve ser protegido de forma integral e a interferência humana deve ser sempre a mínima possível, porém o que se observa é que, na medida em que a água se distancia da montante, começa a receber afluentes e cada vez mais interferências humanas.

Baseado neste contexto, este trabalho apresenta uma análise da qualidade da água na sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas, utilizando-se dos recursos oferecidos pela Análise de Variância (ANOVA) e pela Análise de Componentes Principais (ACP) para estabelecer os efeitos causados por diversas atividades humanas e avaliar o impacto causado pelos diferentes tipos de uso e ocupação do solo na região. Essa análise poderá servir de base para nortear políticas públicas, quanto ao uso das águas e sua qualidade.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

Efetuar diagnóstico ambiental na área de estudo, através da análise de parâmetros indicativos de qualidade de água e identificar através de ferramentas estatísticas a relação entre o diagnóstico encontrado e o uso ocupacional do solo na sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas.

## 2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar os níveis de contaminação por compostos nitrogenados, através da análise de nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônia ( $\text{NH}_3$ ).
- Avaliar os níveis de contaminação de fósforo através da análise de fosfato ( $\text{PO}_4^-$ ).
- Quantificar as concentrações dos parâmetros físico-químicos (condutividade elétrica, temperatura e pH);
- Determinar, através do tratamento de dados, a existência de uma relação entre a qualidade da água e o uso e ocupação do solo na área de estudo.

## 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 Qualidade da água

O conceito de qualidade da água é muito mais amplo do que a simples caracterização da água pela fórmula molecular  $\text{H}_2\text{O}$ . Tal complexidade ocorre devido ao fato da água conter propriedades de solvente e capacidade de transportar partículas, incorporando em si diversas impurezas, que definem a qualidade da água (VON SPERLING, 2005).

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. Von Sperling (2005) defende que ela é determinada em funções das condições naturais e do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, devido aos seguintes fatores:

- **Condições naturais:** Mesmo a bacia hidrográfica estando preservada, a qualidade das águas é alterada pelo escoamento superficial e pela infiltração do solo, resultante da precipitação atmosférica. O impacto é decorrente do contato da água em escoamento ou infiltração com partículas, substâncias e impurezas do solo. Dessa forma, mesmo a bacia hidrográfica estando em estado natural ocorre a incorporação de sólidos em suspensão ou dissolvidos com a água. Neste caso, a cobertura e a composição do solo possuem grande influência.
- **Interferência dos seres humanos:** A forma com que o homem usa e ocupa o solo tem uma implicação direta na qualidade da água. A interferência do



homem contribui na introdução de compostos na água, quer de uma forma concentrada, como a geração de despejos domésticos ou industriais, quer de uma forma dispersa, como na aplicação de defensivos agrícolas no solo.

Segundo Branco (1991), o termo “qualidade da água” não se trata, necessariamente, do seu estado de pureza, mas sim ao padrão mais próximo possível ao natural, ou seja, quando ela está nas nascentes, até então, sem contato com o ser humano.

Nesse sentido, a qualidade da água pode ser definida como:

o conjunto de concentrações, especiações e partições físicas de substâncias orgânicas e inorgânicas e a composição, diversidade e estado da biota encontrada em um determinado ecossistema aquático. Essa qualidade apresenta variações temporais e aquáticas, devido a fatores externos e internos ao ecossistema aquático (CHAPMAN, 1992).

É de imensa importância lembrar que a qualidade da água local pode ser alterada de acordo com o tempo, isso em função de fatores meteorológicos, vazões e da sazonalidade de lançamento de poluidores.

### **3.2 Distribuição da água na terra**

A água é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva. Enquanto no homem ela constitui mais de 60% do seu peso, em alguns animais aquáticos essa porcentagem sobe para até 98%. Dessa maneira, entende-se que a água é essencial para manutenção da vida, sendo assim é fundamental saber como ela se distribui em nosso planeta, e como ela circula de um meio para o outro (VON SPERLING, 2005).

Segundo Von Sperling (2005), os  $1,36 \times 10^{18} \text{ m}^3$  de água disponível existentes no planeta Terra estão distribuídos da seguinte forma:

• Água do mar:	97%	}	Água subterrânea:	97 %	
• Geleiras:	2,2%		}	Água superficial:	3%
• Água doce:	0,8%				

É possível enxergar de forma clara que, da água disponível, somente 0,8% pode ser utilizada facilmente para o abastecimento público e que, desta pequena fração, apenas 3% encontra-se sob a forma de água superficial, de extração mais simples (VON SPERLING, 2005).

Baseado nos dados, conclui-se a grande importância de se preservar os recursos hídricos na Terra, principalmente, evitando-se a contaminação desta pequena fração de água passível de utilização para o abastecimento público (VON SPERLING, 2005).

### 3.3 Poluição da água

A poluição da água acontece ao adicionar substâncias, ou mesmo formas de energia, que alterem as condições físicas ou químicas do corpo d'água, de forma a prejudicar a sua utilização para certos benefícios. Essas alterações podem ocorrer devido a qualquer ação ou interferência, seja ela humana ou não (BRAGA, 2005).

As fontes de poluentes são divididas em pontuais e difusas. Tal classificação é baseada na facilidade com que se visualiza o ponto em que os poluentes estão sendo lançados no rio, lago ou corpo d'água receptor (COLLISCHONN E TASSI, 2011).

As fontes pontuais são introduzidas por lançamentos individualizados facilmente identificáveis (COLLISCHONN E TASSI, 2011) e atingem os corpos d'água de forma concentrada no espaço (VON SPERLING, 2005). Um exemplo é o da descarga em um rio de um emissário transportando esgoto de uma comunidade.

Já as fontes difusas são lançadas de forma distribuída e não é tão fácil identificar como são produzidas (COLLISCHONN E TASSI, 2011). Neste caso, os poluentes adentram o corpo d'água ao longo de parte de sua extensão (VON

SPERLING, 2005). As substâncias provenientes de áreas agrícolas, ou dos poluentes associados à drenagem pluvial urbana são exemplos desse tipo de poluição.

### 3.4 Eutrofização

A eutrofização dos ecossistemas aquáticos continentais, das águas costeiras marinhas e das águas subterrâneas é resultado do enriquecimento com nutrientes de plantas, principalmente fósforo e nitrogênio. Segundo Tundisi (2005), esses nutrientes são despejados de forma dissolvida ou particulada e são transformados pelo metabolismo das plantas em partículas orgânicas e matéria viva vegetal. No caso de lagos, represas e rios, os processos acontecem de forma mais rápida e, em consequência disso há um desenvolvimento maior de plantas aquáticas, como cianobactérias.

Fósforo, nitrogênio e carbono são encontrados nos tecidos das plantas nas seguintes proporções:

1P:7N:40C por 100 unidades de peso seco

1P:7N:40C por 500 unidades de peso úmido

Através de uma comparação entre as quantidades reativas de diferentes elementos necessários para o crescimento das plantas fica evidente a importância de fósforo e nitrogênio e o porquê da eutrofização (TUNDISI, 2005).

Tais elementos são limitantes para o crescimento. Por ser o fósforo um elemento raro nos sistemas naturais, sua demanda em relação ao nitrogênio é maior. A partir do momento em que ele é descarregado nos lagos e rios, o requerimento das plantas é satisfeito e o crescimento aumenta, em consequência disso o nitrogênio se torna o elemento limitante (TUNDISI, 2003).

Como o nitrogênio está disponível em várias fontes pontuais, como amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), e por algumas bactérias conseguirem fixar o nitrogênio gasoso ( $\text{N}_2$ ) que se dissolve na água, elas crescem rapidamente formando extensas populações (TUNDISI, 2005).

Na medida em que as densas populações que cobrem a superfície de lagos, rios e represas morrem e perdem sua capacidade de flutuação, elas são depositadas no fundo desses corpos d'água, onde ocorrerá sua decomposição. Para que isso ocorra é utilizado o oxigênio dissolvido (OD) na água, dessa forma mudam-se as concentrações de OD, causando anoxia (ausência de oxigênio na água), o que pode acarretar a completa mortalidade de organismos aquáticos, especialmente peixes. Além disso, após a decomposição, essas populações liberam matéria orgânica e também substâncias tóxicas (TUNDISI, 2005).

A eutrofização natural é proveniente da descarga normal de nitrogênio e fósforo no ecossistema aquático. Dentre as fontes naturais, as rochas da bacia de drenagem constituem a fonte básica de fosfato, onde a dinâmica é bastante influenciada pelo assoreamento, erosão, decomposição de restos vegetais e mobilização a partir do sedimento de fundo (BOLLMANN et al., 2005).

Em contrapartida, a eutrofização cultural é resultado do despejo de esgotos domésticos e industriais e da descarga de fertilizantes aplicados à agricultura. A aplicação de fertilizantes nas plantações é um dos principais fatores que contribuem para o crescimento das concentrações principalmente de nitratos e amônia que são à base desses produtos, ao lado do fósforo (VON SPERLING, 2005).

Dentre as ações humanas que mais contribuem para acelerar o processo da eutrofização destacam-se: desmatamento; criação de áreas agrícolas; lançamento de efluentes industriais; urbanização; utilização excessiva de adubos e pesticidas. A ação do homem, geralmente intensifica os fenômenos naturais e acelera o processo de eutrofização (HARREMOES et al., 1998 ).

### **3.5 Monitoramento da qualidade da água**

O monitoramento da qualidade da água é utilizado para indicar as condições do ecossistema aquático, além de avaliar o estado de poluição, degradação ou conservação de rios, lagos, represas, estuários, águas costeiras e áreas alagadas.

Além de indicar as condições dos corpos hídricos, o monitoramento da qualidade da água permite que se faça um enquadramento dos mesmos conforme seu

uso preponderante em classes. Nesse sentido, o monitoramento da qualidade da água se apresenta como ferramenta fundamental à gestão ambiental e à gestão dos recursos hídricos. A análise de parâmetros de qualidade da água em uma bacia hidrográfica, por um determinado período de tempo, pode indicar um manejo inadequado e sugerir a necessidade de sua recuperação (CAESB, 2010).

### **3.6 Parâmetros de qualidade da água**

A qualidade da água é avaliada de acordo com suas características químicas, físicas e biológicas, denominadas parâmetros de qualidade da água. Frequentemente, esses parâmetros são representados como concentrações de algumas substâncias presentes na água (BRAGA, 2005). Determinar os valores desses parâmetros é essencial para avaliar a água e caracterizá-la frente ao uso a que ela se destina.

#### **3.6.1 Temperatura**

O parâmetro temperatura significa por conceito a medição da intensidade de calor. Segundo Von Sperling (2005) sua medição é importante porque elevações da temperatura aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas, além de aumentar a taxa de transferência dos gases e diminuir sua solubilidade.

As mudanças ocorridas na temperatura podem ser causadas por origens naturais (transferência de calor por radiação, condução e convecção vindos da atmosfera e do solo) ou antropogênicas (águas de torres de resfriamento e despejo industriais) (VON SPERLING, 2005).

#### **3.6.2 Condutividade elétrica**

Conceitualmente, condutividade elétrica é a expressão da capacidade de uma água conduzir corrente elétrica. Sua unidade representativa é “ $\mu\text{Scm}^{-1}$ ”. Ela se altera em função das concentrações iônicas e da temperatura, e aumenta na medida em que são adicionados mais sólidos dissolvidos.

Nesse sentido, apesar de não fornecer nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes, a condutividade elétrica representa uma medida indireta da concentração de poluentes, pois indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água, especialmente a concentração mineral (LIMA, 2012). A principal fonte antropogênica desses sais são descargas industriais, consumo de sal em residências e comércios e excreções de sais pelo homem e animais (CETESB, 2012).

Em relação à interpretação dos dados, em geral, valores acima de  $100 \mu\text{Scm}^{-1}$  indicam ambientes impactados. Além disso, altos valores de condutividade elétrica podem indicar características corrosivas da água (BRANCO E ROCHA, 1977).

### **3.6.3 Potencial hidrogênio (pH)**

Segundo Von Sperling (2005), potencial hidrogeniônico representa a concentração de íons  $\text{H}^+$  (em escala antilogarítmica) que dá uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de pH varia de 0 a 14, sendo  $\text{pH} < 7$  ácido,  $\text{pH} = 7$  neutro e  $\text{pH} > 7$  básico.

A análise do pH nos corpos d'água é fundamental, pois valores afastados da neutralidade podem afetar a vida aquática e o equilíbrio de compostos químicos, com a diminuição do pH da água, os peixes apresentarão uma maior frequência respiratória, passando a buscar o ar na superfície, enquanto que em pH extremamente alto, terão morte imediata (BRANCO E ROCHA, 1977). Geralmente, essas mudanças são dadas em função de dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, no caso de alterações naturais e em função de despejos domésticos e industriais, no caso das alterações de origem antropogênica (VON SPERLING, 2005).

Baseado nisso, cabe interpretar que valores elevados de pH podem estar associados à proliferação de algas, e que alterações que elevem ou diminuam os valores de pH podem ser indicativos da presença de efluentes domésticos e principalmente industriais (VON SPERLING, 2005).

### 3.6.4 Nitrogênio

Segundo Von Sperling (2005), o nitrogênio (N) se alterna entre várias formas e estados de oxidação dentro do ciclo na biosfera. Especificamente no meio aquático, ele pode ser encontrado como: nitrogênio molecular ( $N_2$ ), escapando para a atmosfera; nitrogênio orgânico, dissolvido e em suspensão; amônia (livre  $NH_3$  e ionizada  $NH_4^+$ ); nitrito ( $NO_2^-$ ) e nitrato ( $NO_3^-$ ).

Sua origem se dá de forma natural e antropogênica. As principais origens naturais do nitrogênio são a composição celular de microrganismos e a constituição de vários compostos biológicos, principalmente de proteínas (VON SPERLING, 2005). De acordo com Rocha et al. (2004), o nitrogênio é elemento fundamental para vida, pois se trata de um dos componentes principais dos aminoácidos formadores de proteínas.

Já as origens antropogênicas se dão através de despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes (VON SPERLING, 2005). Segundo Rocha et al. (2004), o ciclo do nitrogênio tem sido alterado por atividades antrópicas devido ao grande incremento de nitrogênio reativo no ambiente. Na agricultura, por exemplo, os principais componentes dos adubos utilizados são nitrogênio, fósforo e potássio. Segundo Silva (2009), a produção de nitrogênio para uso com fertilizante é de aproximadamente 80 Tg/ano, enquanto a amônia ( $NH_3$ ) lançada naturalmente pelos continentes terrestres é na ordem de 8 Tg/ano, e pelos oceanos 15 Tg/ano.

Avaliar a dinâmica do nitrogênio é muito importante, pois nos processos bioquímicos de conversão de amônia para nitrito e de nitrito para nitrato, implicam no consumo de oxigênio dissolvido no meio e isso pode afetar fortemente a vida aquática (VON SPERLING, 2005). Além disso, o nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento do fitoplâncton (algas), porém em grande quantidade pode provocar eutrofização do ambiente, prejudicando-o e causando odor e gosto ruim na água devido a toxinas liberadas pelas algas mortas (PEREIRA, 2010).

A determinação das formas predominantes do nitrogênio também é muito importante, pois pode fornecer informações sobre o estágio da poluição, da seguinte forma: a poluição recente está associada ao nitrogênio na forma orgânica, ou de amônia;

enquanto uma poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrato (VON SPERLING, 2005).

#### **3.6.4.1 Amônia**

Conforme citado no tópico anterior, a presença da amônia ( $\text{NH}_3$ ) é indicadora de poluição recente. Ela está presente naturalmente nos corpos d'água como produto da degradação de compostos orgânicos e inorgânicos do solo e da água. Este processo é resultante da excreção da biota, da hidrólise da ureia, da degradação biológica de aminoácidos e outros compostos orgânicos nitrogenados, da redução do nitrogênio gasoso da água por microrganismos e das trocas gasosas pela atmosfera, (REIS E MENDONÇA, 2009). Porém, normalmente, sua concentração é baixa, não causando nenhum dano fisiológico aos seres humanos e animais (BRANCO E ROCHA, 1977).

No entanto, a amônia é também constituinte comum no esgoto sanitário, resultado direto de descargas de efluentes domésticos e industriais. Além de estar presente nos fertilizantes e excrementos de animais (VON SPERLING, 2005). Dessa maneira, as concentrações de amônia podem aumentar se tornando um risco para a biota já que, segundo Von Sperling (2005), o nitrogênio na forma de amônia livre é diretamente tóxico para os peixes. Além disso, sua presença em águas de abastecimento é prejudicial, pois, reagindo com o cloro usado no tratamento de água, reduz muito a eficiência deste como desinfetante.

#### **3.6.4.2 Nitrito**

O nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) geralmente é a forma química de nitrogênio menos encontrada na água, isso se deve ao fato de que ele é instável na presença de oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária (IGAM, 2012).



### 3.6.4.3 Nitrato

O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é a principal forma de nitrogênio encontrada na água. Conforme supracitado, sua presença é indicadora de poluição remota. Segundo Pereira (2010), o nitrato é a forma oxidada do nitrogênio presente em condições anaeróbicas. Sua presença estimula o crescimento das plantas e em grande quantidade pode causar o processo de eutrofização.

Dentre as substâncias inorgânicas nocivas à saúde, o nitrato é o que mais preocupa, pois o mesmo, em altas concentrações é considerado tóxico e, segundo Von Sperling (2005), está associado a doenças como metahemoglobina (Síndrome do Bebê Azul).

Pereira (2010) explica que, embora a Resolução CONAMA 357 de 2005 fixe que o limite máximo deste parâmetro seja de 10 mg/L, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) considera que valores acima de 3 mg/L são indicativos de poluição antrópica. Já Bilich (2007) defende que valores acima de 5 mg/L podem demonstrar condições sanitárias inadequadas já que as principais fontes do mesmo são dejetos humanos e animais.

Além de estar associado aos dejetos humanos e animais, o nitrogênio excedente de áreas de produção agrícola pode ser transportado para as águas superficiais ou subterrâneas na forma de nitrato, sendo então, mais uma fonte de contaminação de nitrato nos corpos d'água (ÁVILA, 2005).

### 3.6.5 Fósforo

O fósforo (P) na água se apresenta principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem a necessidade de conversão a formas mais simples. Já os polifosfatos são moléculas mais complexas com dois ou mais átomos de fósforo (VON SPERLING, 2005).

Assim como o nitrogênio, o fósforo é um elemento essencial para o crescimento das algas e, quando em elevadas concentrações, pode conduzir ao processo de

eutrofização. Além das algas, é também elemento indispensável para o crescimento de microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005).

Segundo Von Sperling (2005), as fontes naturais de fósforo na água são a dissolução de compostos do solo, a decomposição de matéria orgânica e o fósforo de composição celular de microrganismos. Já as fontes antropogênicas podem ser diversas, o despejo doméstico é uma destas, juntamente com ele, são também lançados detergentes superfosfatados amplamente utilizado no ambiente doméstico. Outra fonte é o despejo industrial, os efluentes provenientes de indústrias de fertilizantes, pesticidas, produtos químicos em geral, além de abatedouros e laticínios, também apresentam fósforo em quantidade excessiva (ANA, 2005).

Além dos despejos domésticos, industriais e detergentes a agricultura também é uma fonte de origem, já que utiliza esse elemento em grande quantidade (BILICH, 2007). Os fertilizantes comercialmente conhecidos como “NPK” apresentam proporções variadas de fosfatados. Dessa forma, em virtude do transporte desses fertilizantes para os cursos d’água por meio da erosão e lixiviação dos solos, as águas drenadas em áreas agrícolas podem apresentar teores elevados de fósforo.

### **3.7 Relação entre o uso e ocupação do solo e qualidade da água**

O crescimento das cidades sem o devido planejamento quanto ao uso e ocupação do solo tem ocasionado grandes impactos e degradação do meio ambiente. Segundo Carvalho (2012), o desrespeito à legislação ambiental, a erosão, o desmatamento e a contaminação dos recursos hídricos são alguns exemplos de problemas encontrados na maioria das cidades brasileiras. As atividades antrópicas, o uso da terra e o desmatamento são fatores que alteram as características da água (PRADO E NOVO, 2005).

Os efeitos causados sobre os corpos d’água acontecem de diferentes formas, em função de cada tipo de atividade desenvolvida. Como já foi dito anteriormente, as fontes de poluição industrial e de ocupação urbana causam um tipo de poluição pontual, já a agricultura, geralmente, causa a chamada poluição difusa.

Segundo Bilich (2007), as atividades agrícolas necessitam, em um primeiro momento, de espaço físico. Nesse intuito, a vegetação natural é retirada e posteriormente, a área é recoberta por outra vegetação. Assim o primeiro impacto é provocado ao meio, pois o desmatamento deixa o solo desnudo e exposto. Nessas condições pode ocorrer a lixiviação de nutrientes já presentes no solo ou então aplicados por meio dos fertilizantes, principalmente químicos, e carreamento de partículas de solos aos cursos d'água, devido à exposição de solos intempéries. Tais alterações poderão acarretar no assoreamento das drenagens e nas alterações químicas, físicas e biológicas na qualidade da água.

A segunda prioridade, tanto para a agricultura quanto para a pecuária, é o suprimento de água. Esse fator leva ao desenvolvimento dessas atividades em áreas ainda mais próximas aos cursos d'água (CARVALHO et al., 2000). Segundo Bilich (2007), as alterações causadas pelas atividades agrícolas ocorrem principalmente no período chuvoso, onde há deflúvio superficial carreando partículas de solo para o leito dos rios, acarretando na alteração de determinados parâmetro de qualidade da água.

A poluição urbana também é uma das grandes responsáveis pelas alterações da qualidade da água. De acordo com Bilich (2007), o desenvolvimento urbano à medida que aumenta envolve duas atividades conflitantes, a maior demanda de água para o abastecimento, concomitantemente à degradação dos mananciais urbanos, causados pelos resíduos urbanos e industriais, principalmente devido aos despejos de efluentes.

A tendência do desenvolvimento urbano é contaminar os cursos d'água inviabilizando-os para utilização com abastecimento público, lazer e outras atividades. Cria-se assim, a necessidade de instalação de novos pontos de captação de águas em áreas mais distantes das atividades urbanas, não contaminadas, e o uso de tratamento de água e esgoto mais intensivo e eficiente, o que gera custos maiores (BILICH, 2007).

Além das atividades agrícolas, industriais e da ocupação urbana, outra atividade que provoca alterações na qualidade da água é a mineração.

A atividade mineral leva a sérios impactos sobre as águas na região em que ela se desenvolve, tanto pela usual presença de lençóis de água no subsolo a ser perfurado ou removido quanto pela necessidade de água no processamento e transporte do minério. (GTÁGUAS, 2012)

No processo de retirada do subsolo, o lençol pode deixar de existir ou, pelo menos, ser modificado. Além disso, com a utilização da água no transporte e processamento do minério essa é devolvida para a natureza em piores condições do que no momento da sua retirada.

Há também o problema das barragens erguidas para a contenção de rejeitos. Nos últimos anos essas barragens têm apresentado problemas de rompimento, causando acidentes com graves consequências (GTÁGUAS, 2012).

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 Caracterização da Área de Estudo**

A sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas, considerada um dos principais tributários do Rio São Bartolomeu, situa-se na Região Administrativa de Planaltina-DF (Figura 1). Segundo Fonseca (2007), com uma área de 216,44Km<sup>2</sup>, perfaz aproximadamente 3,75% da área do Distrito Federal e 14,11% da área da Região Administrativa de Planaltina. Esta sub-bacia está localizada a nordeste da cidade de Brasília, entre os paralelos 15°33'12" e 15°41'41" e os meridianos 47°33'16" e 47°47'15" (PINELLI, 1999).

Dentro da sub-bacia está contida uma significativa área de preservação que representa em torno de 20% da sua área total, a Estação Ecológica de Águas Emendadas - ESECAE, que contempla um fragmento de 10.500 hectares de Cerrado composto por várias fitofisionomias (HOROWITZ E JESUS, 2008). A ESECAE foi criada em 12/08/1968 como Reserva Ecológica e, no dia 16/08/1988, mudou sua classificação para Estação Ecológica (CARVALHO, 2005).

Como estação ecológica, o ecossistema da ESECAE deve ser protegido de forma integral e a interferência humana deve ser sempre a mínima possível. Segundo Carvalho (2005), tal ênfase é dada à Estação Ecológica de Águas Emendadas e, conseqüentemente, ao Ribeirão Mestre d'Armas, em detrimento das condições naturais da nascente, porém à medida que o mesmo se distancia da montante começa a receber afluentes e mais interferências humanas.

Além da ESECAE a sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas engloba áreas rurais e alguns adensamentos urbanos, como condomínios irregulares e o município de Planaltina-DF (PADOVESI-FONSECA et al., 2010).

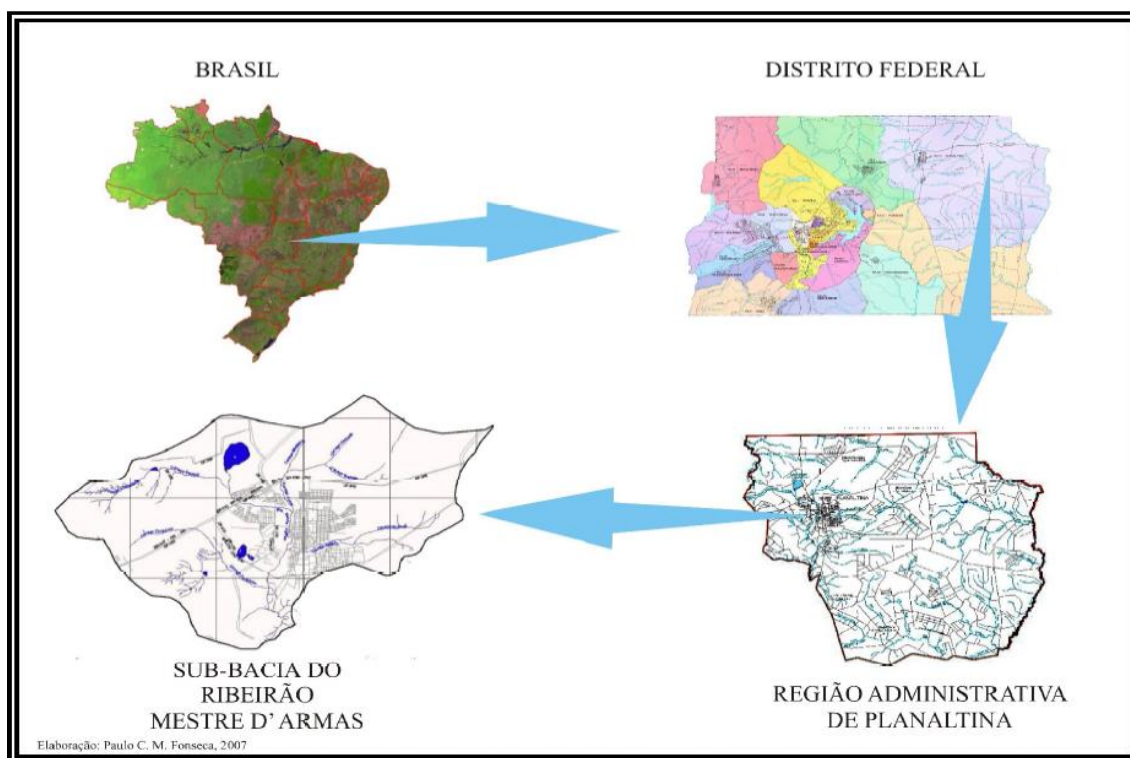


Figura 1 - Localização da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas, Distrito Federal, Brasil. Fonte: FONSECA, 2007.

#### 4.1.1 Hidrologia

A bacia do Rio São Bartolomeu é a maior bacia hidrográfica do Distrito Federal. Ela nasce ao norte do Distrito Federal e se estende no sentido norte-sul, drenando todo o seu trecho central. Nela estão situadas as regiões administrativas de Sobradinho, Planaltina, Paranoá e São Sebastião. O principal curso d'água desta bacia é o rio São Bartolomeu, este rio tem como afluentes de maior importância o ribeirão Sobradinho, que banha a cidade-satélite de mesmo nome e o Ribeirão Mestre D'Armas (LIMA, 2012).

A sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas está inserida na bacia do Rio São Bartolomeu. Segundo Fonseca (2007), esta sub-bacia é relativamente bem servida de recursos hídricos. Sua rede hidrográfica é composta pelo próprio formador da drenagem

que dá nome à sub-bacia, pelos córregos Atoleiro e Fumal, na margem esquerda da drenagem principal, e córregos Corguinho e Sarandi. O córrego Atoleiro possui um distributário pela margem esquerda que é o córrego Grotão, já o córrego Fumal apresenta dois afluentes pela margem direita, os córregos Cascarra e Monteiro. Além disso, na sub-bacia do córrego Sarandi encontram-se os córregos Olhos d'Água, Taquari e Chapinha, enquanto no alto curso do córrego Corguinho estão os córregos Larguinha e Arrozal. Existem ainda corpos d'água naturais e artificiais relacionados à represas e lagoas.

Conforme supracitado, a sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas possui uma significativa área de preservação, em torno de 20%, referente à Estação Ecológica de Águas Emendadas - ESECAE, esta possui características hidrológicas únicas.

Parte das águas superficiais provenientes da área da ESECAE atravessa o continente até encontrar o Oceano Atlântico no extremo norte do Brasil, na foz do Rio Tocantins, ao passo que outra segue para o sul até desaguar na divisa entre a Argentina e o Uruguai, no estuário do Rio da Prata. Somando-se os trajetos, as águas superficiais geradas na Estação Ecológica Águas Emendadas contribuem para uma extensão territorial de 5.450km e percorrem quatro diferentes países, o que representa uma singularidade marcante desta área (HOROWITZ E JESUS, 2008).

Os principais cursos d'água da Estação Ecológica de Águas Emendadas são os córregos Vereda Grande e Fumal, a Lagoa Bonita e parte da sua área de drenagem na cabeceira do Ribeirão Mestre d'Armas. Além destes, uma parte da área da ESECAE drena diretamente para o Rio Maranhão e outra parte para a Bacia do Rio Palmeiras, que, assim como o Córrego Vereda Grande, é um afluente da margem esquerda do Rio Maranhão (HOROWITZ E JESUS, 2008).

Além de verter para duas grandes bacias, a ESECAE é a divisora de águas das mesmas, o que torna a sua situação hidrológica ainda mais excepcional. Ambas atravessam uma única vereda, a Vereda Grande, conectando-as em um único local, por isso seu nome: Águas Emendadas.

### 4.1.2 Clima

Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima na área de estudo é Aw, ou seja, tropical de savana. Este clima apresenta duas estações bem definidas: um período seco, com baixa taxa de precipitação, baixa nebulosidade, alta taxa de evaporação e com baixas umidades relativas do ar, de maio a setembro; e outro chuvoso, com parâmetros bem contrastantes em relação ao período seco, de outubro a abril.

Tal sazonalidade representa fator determinante no comportamento hidrológico das bacias hidrográficas. Nos períodos de chuva há um aumento natural da vazão dos rios, já nas fases com menores índices pluviométricos a quantidade de água é reduzida. Durante o período mais seco do ano, os rios são abastecidos pela água que ficou armazenada no solo durante o período das chuvas. Na fase chuvosa, além desta água, os rios também são abastecidos pela água que escoou sobre o solo (HOROWITZ E JESUS, 2008).

### 4.1.3 Geologia

A geologia correlacionada é representada por unidades litoestratigráficas dos Grupos Paranoá e Canastra (HOROWITZ e JESUS, 2008). Segundo Fonseca (2007), o Grupo Canastra é o mais velho destes, o que, pressupõe-se, representaria a sedimentação inferior, enquanto a Grupo Paranoá representaria a superior. Porém, devido a movimentos tectônicos na forma de cavalgamentos e deslizamentos algumas partes desses Grupos tiveram essa ordem alternada. Posteriormente a massa de rocha do Grupo Canastra dobrou transformando-se em um Sinclinal, na qual as drenagens estão inseridas. A erosão e deslizamentos indicam que o material oriundo desse Grupo, formou uma cobertura terciária.

Freitas-silva e Campos (1998) destacam que o Grupo Paranoá ocupa maior parte do Distrito Federal, aproximadamente 65%. Este Grupo é representado por sete unidades correlacionáveis: Metassiltito (S), Ardósia (A), Metarritimito Arenoso (R3), Metarritimitos Argilosos (R4), Quartzitos Finos a Médios (Q3), Quartzitos médios (Q2) e Litogias psamo-pelito carbonatadas (PPC) (FREITAS-SILVA E CAMPOS, 1998; FARIA, 1995).

Em se tratando da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas, o Grupo Paranoá ocupa aproximadamente 85% de sua área. Segundo Fonseca (2007) nesta área, foi possível caracterizar quatro das sete unidades litoestratigráficas presentes no Distrito Federal, definidas da base para o topo, como as sequências deposicionais R3, Q3, R4 e PPC.

Os metarritmitos da Unidade R3 são caracterizados por intercalações heterogêneas de quartzitos brancos, finos e laminados com camadas de metalamitos, de metassiltitos e de metassiltitos argilosos, com cores cinza escuros, quando frescos, que passam a tons rosados a avermelhados, quando próximo à superfície (FONSECA, 2007).

Já a Unidade Q3 é composta por quartzitos médios e finos, rosados ou brancos, silicificados e intensamente fraturados e, segundo Fonseca (2007), sua distribuição segue padrão semelhante ao da unidade anterior, sustentando o relevo de chapadas elevadas em cotas superiores a 1.200 metros. Os metarritmitos R4 ocorrem sobrepondo esta Unidade Q3, eles são constituídos por intercalações regulares de quartzitos e metapelitos, com espessuras regulares entre 1 a 3 centímetros. A Unidade R4 ocupa toda a porção central da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas (FONSECA, 2007).

Por fim, a Unidade Psamo Pelito Carbonatada é composta por lentes metacalcários e por camadas e lentes de quartzitos grossos e pretos, interdigitados com metassiltitos e metargilitos com cores amareladas que, quando alterados, passam a tons mais rosados. De acordo com Fonseca (2007), esta unidade ocupa a porção norte da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas, sendo a Lagoa Bonita uma feição cárstica relacionada aos carbonatos desta sequência deposicional.

Já o Grupo Canastra ocupa aproximadamente 15% da área da sub-bacia, distribuindo-se pelo Vale do Ribeirão Mestre d'Armas no alto curso do rio São Bartolomeu (porção centro-sul da bacia). Este Grupo é constituído essencialmente por filitos variados, os quais incluem quartzo-fergita filitos, clorita-carbonatos filitos e clorita filitos. Baseado em Fonseca (2007), além dos filitos, ocorrem subordinadamente na forma de lentes decamétricas, quartzitos finos silificados e cataclassados e mármore finos cinza-claro. Através da Figura 2, a seguir, apresenta-se a formação geológica da sub-bacia.



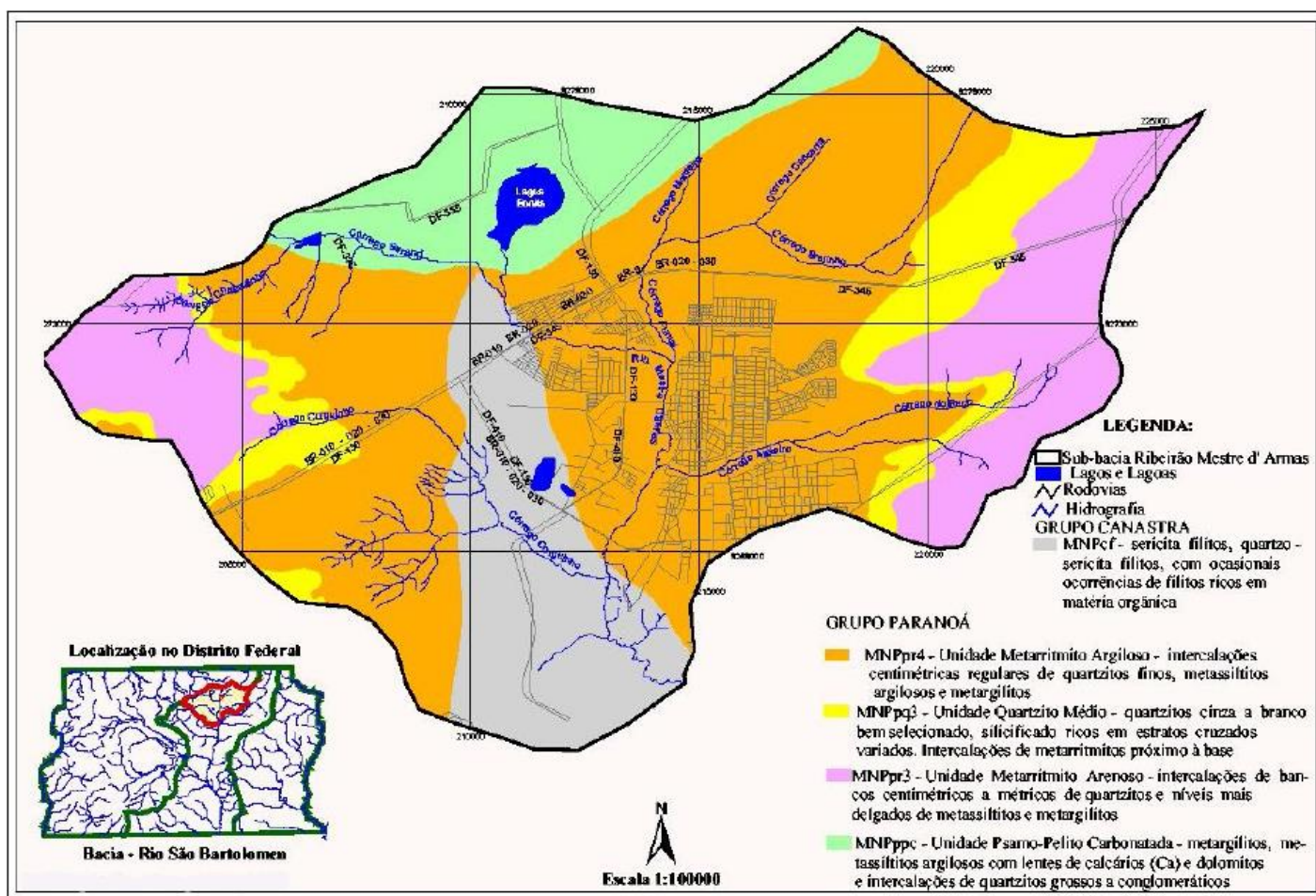


Figura 2 - Mapa geológico da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas. Fonte: FONSECA, 2007.

#### 4.1.4 Geomorfologia

De acordo com Fonseca (2007), a área do Distrito Federal está situada no Planalto Central, que possui cotas variando entre 800 e 1.300 metros de altura e um relevo suavemente ondulado. Nesta área podem ser identificadas treze unidades geomorfológicas, mas dadas suas similaridades estas foram agrupadas em três macrounidades:

- Região de Chapada: possui topografia plana a suavemente ondulada. Está acima da cota de 1.000 metros. Ocupa aproximadamente 33,8% do território do DF;
- Área de Dissecação Intermediária: é caracterizada pelas áreas fracamente dissecadas, drenadas por pequenos córregos. Ocupa em torno de 30,9% do DF;

- Região Dissecada de Vale: corresponde às depressões com substratos representados por diferentes rochas, com resistências variadas, situadas ao longo dos principais rios da região. Ocupa algo próximo a 35,5% do DF.

A área da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas está basicamente inserida na Unidade Geomorfológica Região Dissecada de Vale que está especialmente no Alto Curso do Rio São Bartolomeu, constituído pelo residual embutido do pediplano São Bartolomeu. Este pediplano é formado sobre quartzitos e ardósias do Grupo Paranoá e sobre quartzitos e filitos do Grupo Canastra. Através da Figura 3, a seguir, demonstra-se o mapa geomorfológico da área (NOVAES PINTO, 1994).

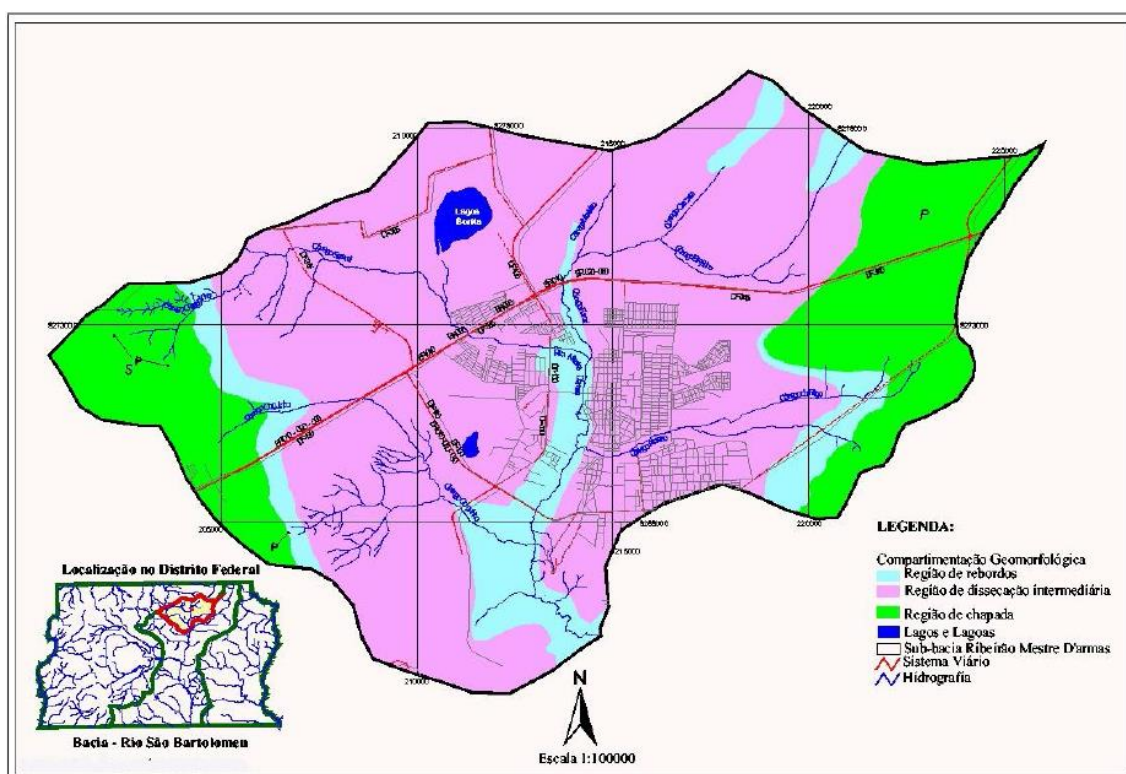


Figura 3 - Mapa geomorfológico da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas. Fonte: FONSECA, 2007.

#### 4.1.5 Solos

A área de estudo possui quatro tipos de solo predominantes, incluindo as classes pedológicas dos Latossolos Vermelho-Amarelos, Latossolo Vermelho, Cambissolo, solos hidromórficos indiscriminados Neossolos Quartzarênicos (Figura 4). Destes, o solo de maior ocorrência é o Latossolo Vermelho, seguido do Latossolo Vermelho-amarelo (solos com horizonte B latossólico) (FONSECA, 2007).

Os Latossolos são solos moderadamente drenados, altamente intemperizados, muitos evoluídos e decorrentes de severas alterações no material constitutivo. Possuem a sequência de horizontes A, B e C pouco diferenciada, com pequenas variações no teor de argila (FONSECA, 2007). São solos pouco férteis, apresentam pH de 4,5 a 5,5, e em sua composição possuem médios a altos teores de alumínio, além de teores muito baixos de cálcio e magnésio e são ricos em sesquióxidos. A vegetação associada ao Latossolo é geralmente Cerrado e Cerradão.

Segundo EMBRAPA (1999), a cor do horizonte Bw é a principal distinção entre Latossolos Vermelhos e os Latossolos Vermelho-amarelos. Os Latossolos tendem a ocorrer em terrenos suaves, com pouca declividade e, no caso específico do Latossolo Vermelho-amarelo, principalmente nas bordas de chapadas, divisores e em superfícies aplainadas abaixo dos topos da chapada da Contagem (MARTINS, 1998).

Os Cambissolos são constituídos por material mineral, não hidromórficos e apresentam um horizonte B incipiente e pouco desenvolvido tanto em termos pedogenéticos quanto em espessura (FONSECA, 2007). Este tipo de solo se apresenta apenas em relevos ondulados a fortemente ondulados, sobre qualquer tipo de rocha, geralmente estão nas regiões de transição entre chapadas elevadas e planos de dissecação intermediários (escarpas ou rebordos). Por se apresentarem em relevos mais íngremes, geralmente regiões com esse tipo de solo devem ser destinadas à preservação permanente. A vegetação comumente encontrada nesse tipo de solo é o Cerrado e o Campo Cerrado.

Os solos hidromórficos geralmente são ricos em matéria orgânica mal decomposta sobre uma camada acinzentada, resultante de ambiente de oxirredução. De acordo com Fonseca (2007), este solo, apresenta deficiência de drenagem e

normalmente ocupa as depressões da paisagem, sujeitas à inundação, basicamente junto aos recursos hídricos superficiais existentes na área. Por serem responsáveis pela conservação da água, próximo às nascentes e cursos d'água, sua destinação deveria ser a áreas de proteção ambiental, mesmo esse tipo de solo já sendo protegido pela Resolução CONAMA 303 de 2002. As vegetações comumente encontradas sobre este tipo de solo são os Campos Limpos Úmidos, Buritizais e Matas de Galeria.

Por fim, os Neossolos Quartzarênicos são solos constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 30 centímetros de espessura, que estão relacionados a alterações de rochas quartzíticas e areníticas e a sedimentos arenosos de cobertura, normalmente em relevo plano ou suave-ondulado. Segundo Fonseca (2007), em função da sua textura argilosa, esse tipo de solo apresenta elevada susceptibilidade à erosão, devendo, portanto, ser mantido conservado quando ocorrerem nas cabeceiras de drenagem e adjacentes a mananciais. Esta classe de solo é prioritariamente destinada a faixas de proteção ou áreas verdes.

Além das quatro classes principais de solo, existe ainda uma pequena porção isolada de Plintossolos na sub-bacia. Estas porções ocorrem em áreas restritas na porção oeste e também em associação com pequenas manchas de Cambissolo (cambissolos concrecionários).

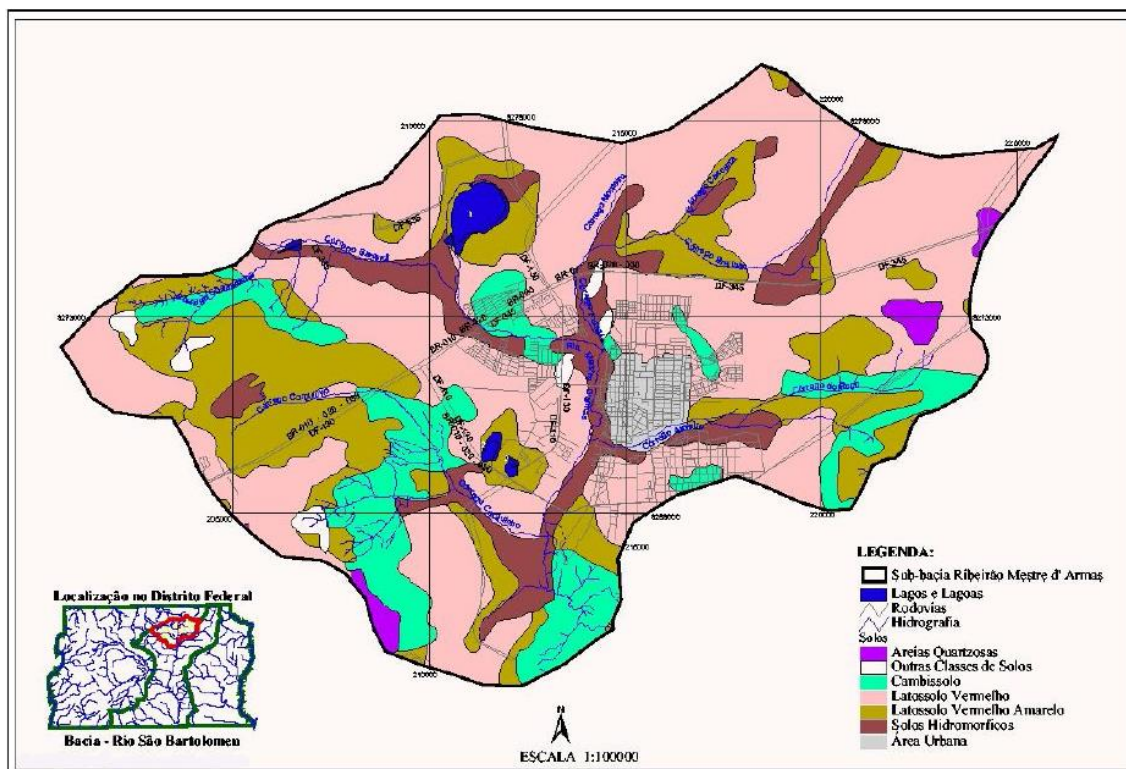


Figura 4- Mapa de solos da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas. Fonte: FONSECA, 2007.

#### 4.1.6 Uso e Ocupação do solo na região

No Distrito Federal, a expansão demográfica, decorrente, sobretudo, dos fluxos migratórios, há tempos vem acarretando em um intenso uso do solo, o que não é diferente na sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas.

Nos últimos anos, está havendo um crescimento populacional acelerado na região, conseqüentemente, a sub-bacia está sofrendo o impacto do alastramento de loteamentos irregulares que se instalaram muito próximo aos cursos de água e áreas de preservação, acarretando em grandes alterações no meio ambiente (CARVALHO, 2005).

Além disso, essa região tem como característica, o fato de ser uma área com forte presença de atividades agropecuárias (CARVALHO, 2005). Dados sobre o perfil socioeconômico do Distrito Federal (1999) demonstram que Planaltina é a Região Administrativa que possui a maior área rural do Distrito Federal e apresenta a maior produção agrícola, em vários segmentos, principalmente a olericultura.

Essas atividades agropecuárias, por vezes, são conduzidas de forma não sustentável, provocando degradação ambiental com impactos no solo e na qualidade da água da sub-bacia.

Segundo Carvalho (2005), as principais fontes de contaminação reconhecidas na área são: efluentes domésticos provenientes da cidade de Planaltina e a dos assentamentos urbanos recentemente implantados; resíduos da adubação química e defensivos agrícolas; óleos e graxas provenientes de oficinas na área urbana e de manutenção de máquinas e equipamentos agrícolas.

Apesar do atual uso e ocupação do solo da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas, a mesma se encontra totalmente inserida na faixa de proteção das Unidades de Conservação e em área de proteção ambiental. Sua maior parte está na Área de Proteção Ambiental do Rio São Bartolomeu e as partes não integrantes na APA do Rio São Bartolomeu encontram-se inseridas na Área de Proteção Ambiental do Planalto Central, conforme demonstrado na Figura 5 (FONSECA, 2007).

É importante destacar que, além da Estação Ecológica Águas Emendadas – ESECAE, existem ainda mais seis parques inseridos nessa área: Parque Sucupira, Parque Retirinho, Parque Joaquim Medeiros, Parque DER, Parque Ambiental Colégio Agrícola de Brasília e Parque Ecológico e Vivencial Estância.

Entretanto, nem todas essas áreas estão sendo devidamente preservadas. Exemplo disso é que a Lagoa Bonita, inserida na ESECAE, vem sofrendo assoreamento e acúmulo de fertilizantes químicos decorrentes das atividades desenvolvidas em seu entorno. Além disso, devido ao grande número de propriedades rurais ao redor das lagoas utilizando de forma inadequada os recursos hídricos e sub-superficiais, a Lagoa Joaquim Medeiros, inserida no Parque Joaquim Medeiros, chegou a secar em 2003, persistindo assim por mais de dois anos.

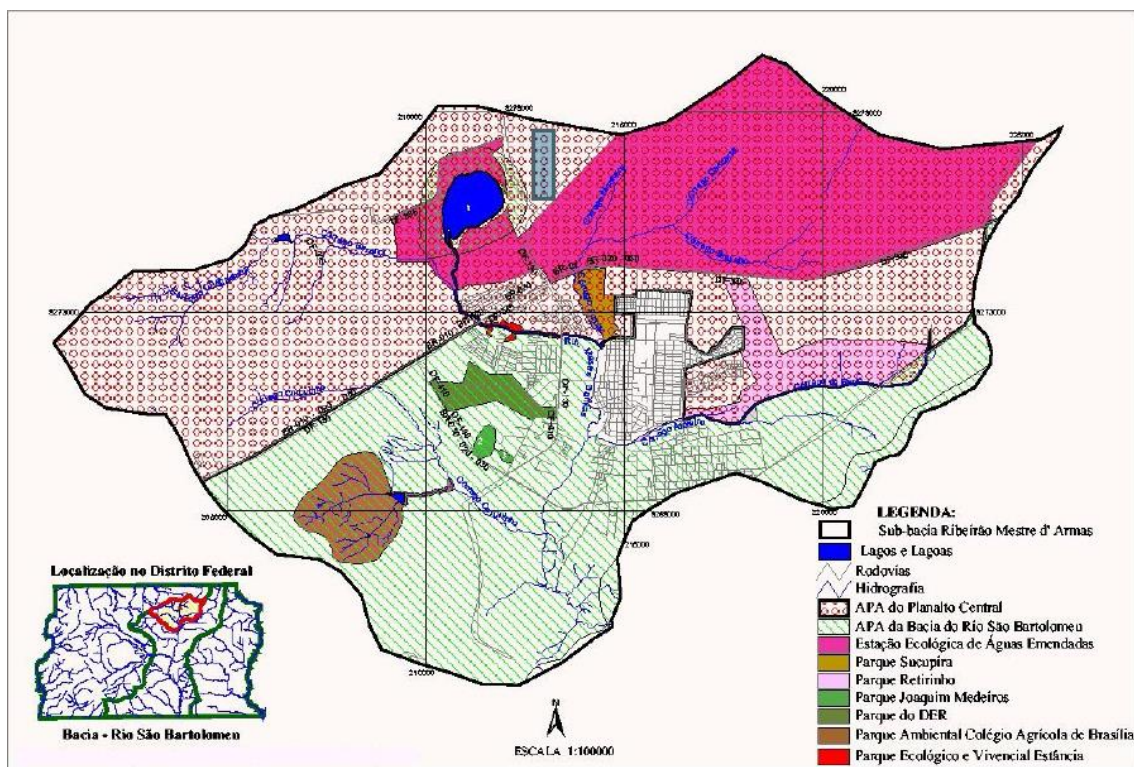


Figura 5 - Inserção da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas nas APAs do Rio São Bartolomeu e do Planalto Central. Fonte: FONSECA, 2007.

## 4.2 Amostragem

A amostragem de água foi feita pela equipe do Laboratório de Química Analítica Ambiental – LQAA no Instituto de Química – IQ da Universidade de Brasília – UnB, com o apoio da equipe do Laboratório de Análise e Monitoramento Ambiental – LAM situado na Faculdade UnB Planaltina - FUP. As mesmas amostras foram analisadas para a elaboração da dissertação de Portela (em fase de elaboração), que as utiliza no intuito de validar metodologias de análises quantitativas da qualidade da água.

A escolha dos pontos de amostragem ocorreu de forma sistemática. Para tal, além de avaliar estudos anteriormente realizados na sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas, foram feitas análises do mapa hidrográfico e de imagens de satélite do Distrito Federal. Dessa forma, foram definidos pontos em locais estratégicos dentro da Estação Ecológica Águas Emendadas - ESECAE, de forma a incluir pontos na entrada, saída e em margens pré-definidas e outros fora da ESECAE, em regiões com maior densidade populacional, na intenção de obter uma maior representatividade do espaço físico e dos processos que alteram a qualidade da água (Figura 6). Além disso, a fim de traçar um

perfil da qualidade da água, na Lagoa Bonita foram coletados estratos de profundidade, coletando-se no fundo, no meio e na superfície da lagoa. As coletas foram realizadas no período chuvoso (março/2012) e no período seco (outubro/2012). Nos dois períodos coletou-se um total de 42 amostras.

A coleta de água foi feita por meio da garrafa de Van Dorn (BICUDO, 2004). Foram tomados todos os cuidados necessários a fim de se evitar contaminações que pudessem interferir nos resultados. A água foi colocada em frascos de polietileno de 2 litros, previamente identificados, lavados com ácido clorídrico e água nanopura, e ambientados, no momento da amostragem, com a mesma água coletada.

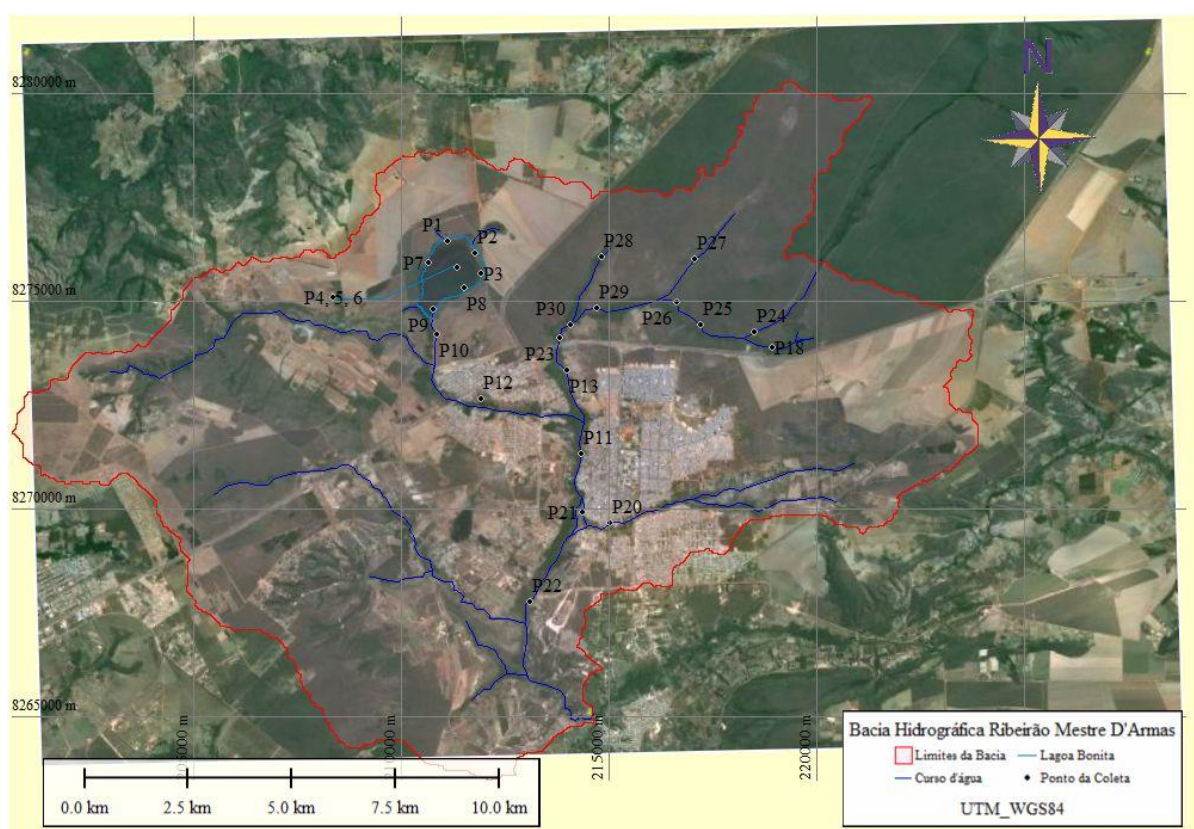


Figura 6 – Mapa de localização dos pontos de coleta.

Os pontos de coletas foram categorizados em três grupos principais: grupo LAGOA (P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9 e P10), que são todos os pontos coletados dentro e nos arredores da Lagoa Bonita; grupo ESECAE (P18, P23, P24, P25, P24, P25, P26, P27, P28, P29 e P30), que são os pontos coletados dentro da poligonal maior da Estação Ecológica Águas Emendadas distante da Lagoa Bonita e grupo FORA (P11, P12, P13, P20, P21 e P22), representado pelos pontos mais antropizados, localizados



fora da ESECAE, em regiões próximas aos loteamentos que apresentam um maior contato antropogênico (Figura 6).

Para maior entendimento na análise dos dados o nome dos pontos de coleta foram dados baseados no local e no período de coleta. Os pontos coletados na Lagoa Bonita recebem o nome de LB após o número; os coletados dentro da Estação Ecológica Águas Emendadas que estão fora da lagoa recebem o nome E; os pontos coletados fora da ESECAE, em ambientes antropizados, receberam o nome A. Além disso, os pontos coletados no período chuvoso receberam um “C”, enquanto os coletados no período de seca receberam um “S”. Na intenção de se fazer trabalhos comparativos, a numeração dos pontos foi a mesma utilizada por Portela (dissertação em fase de elaboração), os pontos de número 14, 15, 16, 17 e 19, que não estavam dentro da sub-bacia do Ribeirão Mestre d’Armas, foram descartados, porém a numeração posterior a esses números continuou a mesma.

#### **4.3 Determinação dos parâmetros**

As análises de temperatura, pH e condutividade elétrica foram feitas no momento da coleta através de equipamentos portáteis Digimed modelos DM-2P e DM-3P.

Já as análises dos parâmetros amônia, nitrato, nitrito e fosfato foram feitas no Laboratório de Química Analítica Ambiental – LQAA no Instituto de Química – IQ da Universidade de Brasília - UnB pelo método espectrofotométrico. Essas análises foram feitas através da adaptação do uso de espectro kits da marca Alfakit, desenvolvidos segundo metodologias proposta no *Stand Methods for Examination of Water and Wastewater (American Public Health Association- APHA, American Water Works Association - AWWA, Water Pollution Control Federation - WPCF, 2005)*, com práticas já desenvolvidas no LQAA.

Para tanto, para cada parâmetro analisado foi feita uma curva analítica com os padrões de concentração previamente definidos. Em cada padrão de concentração foram colocados os mesmos reagentes propostos pela metodologia dos espectro kits, para que, dessa forma, a curva de calibração tivesse exatamente as mesmas quantidades de todos

os reagentes utilizados na leitura das amostras. Baseado na relação da absorbância dos padrões com a concentração previamente definida, foi possível fazer a leitura da concentração das amostras.

Para que a curva fosse utilizada, primeiramente analisou-se a linearidade da reta através do coeficiente de correlação ( $r$ ), aceitando-se apenas curvas que apresentassem um  $r^2$  maior do que 0,99, e posteriormente utilizou-se pontos da curva com concentrações definidas como amostras, foram utilizadas curvas que apresentassem os mesmo valores de concentração dos pontos com concentração definida. Essas análises foram feitas com a técnica de espectroscopia UV/Visível no equipamento Agilent modelo 8453.

#### **4.4 Tratamento de Dados**

Alguns dados apresentaram valores abaixo do limite de detecção (<LD) do aparelho. Segundo Moura (2008), equipamentos como espectrômetros de emissão atômica e de massa, têm limitações na detecção de alguns elementos que são inerentes ao método de análise. Esse limite é dependente de diversas variáveis, como solução usada na calibração, manutenção do equipamento, corrente elétrica que gera plasma, interferência de outros elementos, entre outros fatores.

Moura (2008) elucida que certas análises estatísticas excluem uma observação inteira caso alguma determinação esteja com símbolos que não seja um número não nulo. Nesse sentido, baseado nos estudos de Chen et al. (2007), Moura (2008) e Petersen et al. (2001), optou-se por substituir esses valores categóricos (<LD) pelo valor correspondente a metade do limite de detecção (LD) para aquele parâmetro, evitando-se, dessa forma, a perda de informações e o maior comprometimento da interpretação dos dados.

A fim de organizar, resumir e descrever as características gerais analisadas, recorreu-se ao emprego da Estatística Descritiva que, através das médias, desvios padrões, máximos e mínimos comprime os dados, facilitando a interpretação e visualização dos dados.

Entretanto, apesar de essas medidas descritivas conseguirem facilitar a visualização, essa compressão dos dados é acompanhada pela perda dos mesmos, tendo

em vista que as observações originais são agrupadas. Visando contornar esse problema, as técnicas estatísticas são amplamente utilizadas em estudos de qualidade de água (MOURA, 2008).

Para este fim, primeiramente utilizou-se a metodologia de Análise de Variância (ANOVA) no processo de agrupamento. A ideia básica desse procedimento é agrupar as variáveis do sistema de tal forma que, ao final do procedimento, a variância para cada ponto seja grande entre grupos distintos e seja pequena dentro de um mesmo grupo. Dessa forma, foi feita uma comparação entre as médias de concentração de cada variável analisada entre os três grupos de coleta (LAGOA, ESECAE e FORA).

Posteriormente, optou-se por usar técnicas de análise multivariada, que, de acordo com Voudouris (2000), reduzem a grande quantidade de dados em um pequeno número de fatores facilmente interpretados. Com essa finalidade a técnica de análise multivariada utilizada foi análise de componentes principais (ACP). Essa técnica permitiu que se relacionassem as principais variáveis com os agrupamentos formados pelos casos.

O tratamento de dados foi feito no programa STATISTICA Trial Version 10 (Statsoft, 2013).

## **5 RESULTADO E DISCUSSÃO**

### **5.1 Análise descritiva**

Na Tabela 1 observa-se a estatística descritiva das variáveis analisadas, tais como: temperatura ( $24,77 \pm 1,80$  ° C); pH ( $5,94 \pm 0,48$ ); condutividade elétrica ( $30,50 \pm 32,64$   $\mu\text{Scm}^{-1}$ ); amônia ( $0,83 \pm 1,45$  mg/L); nitrato ( $0,48 \pm 0,46$ mg/L); nitrito ( $0,08 \pm 0,17$  mg/L) e fosfato ( $0,52 \pm 0,62$  mg/L).

Tabela 1: Estatística Descritiva das variáveis

Variável	Unidades	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
<b>Temperatura</b>	(°C)	24,77	24,88	21,73	28,23	1,80
<b>pH</b>	-	5,94	5,81	5,03	7,67	0,48
<b>Condutividade Elétrica</b>	( $\mu\text{Scm}^{-1}$ )	30,50	5,82	2,74	112,07	32,64
<b>NH<sub>3</sub></b>	(mg/L)	0,83	0,23	0,01	7,87	1,45
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	(mg/L)	0,48	0,38	0,05	2,02	0,46
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	(mg/L)	0,08	0,01	0,003	0,81	0,17
<b>PO<sub>4</sub><sup>-</sup></b>	(mg/L)	0,52	0,39	0,01	3,55	0,62

Conforme dito anteriormente, a análise descritiva resume os dados facilitando sua visualização. Porém ela não permite uma interpretação mais profunda, pois agrupa todos os dados, deixando perder algumas informações importantes para explicação da qualidade da água em uma sub-bacia. Nesse sentido, o uso das ferramentas estatísticas complementa essa análise de forma que permite encontrar respostas para os resultados encontrados.

## 5.2 Análise de Variância (ANOVA)

A análise de variância (ANOVA) foi feita com base na categorização definida na disposição dos pontos de coleta. Nesse sentido, analisou-se a variância de cada variável em relação aos diferentes ambientes de coleta de água. Dessa forma foi possível observar a relação das variáveis analisadas nos diferentes tipos de uso e ocupação do solo da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas.

Para tal, primeiramente foi feito um teste para avaliar se as diferenças das variáveis entre os grupos eram ou não significativas. Segundo esse teste as variáveis temperatura, pH, condutividade, amônia, nitrato e nitrito deram diferenças significativas entre os grupos ( $p < 0,05$ ) e apenas a variável fosfato deu uma diferença não significativa entre os grupos ( $p > 0,05$ ).

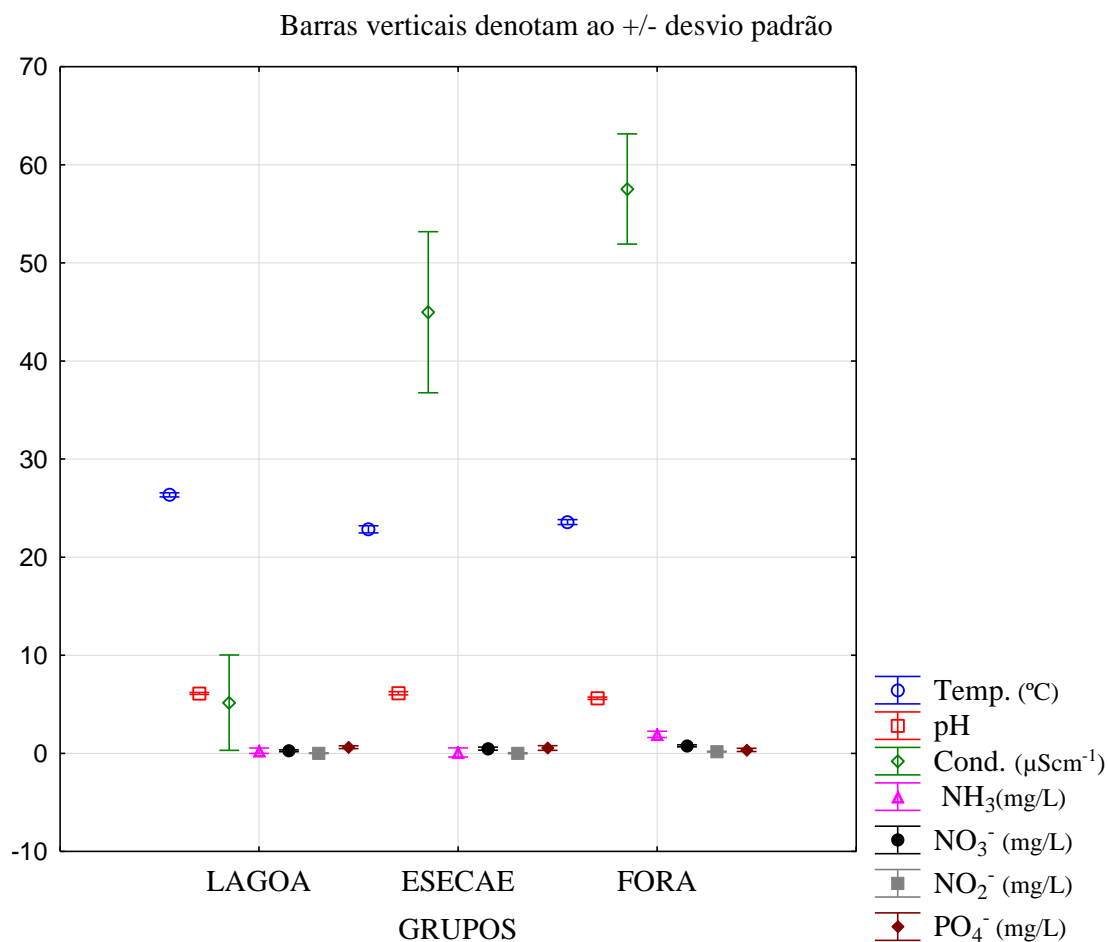


Figura 7- Variância das variáveis de acordo com grupos LAGOA, ESECAE e FORA.

Através da Figura 7 observa-se a variação das médias de todas as variáveis em relação a cada um dos grupos (LAGOA, ESECAE e FORA). As barras do gráfico representam o desvio padrão das variáveis em cada um dos grupos, enquanto o ponto central representa sua média para os dois períodos de coleta.

A partir da Figura 8 observa-se a variação das médias de temperatura em relação aos grupos. Em geral, a média de temperatura dos pontos coletados na Lagoa Bonita (26,4°C) é bem maior do que a média de temperatura dos outros pontos coletados na Estação Ecológica Águas Emendadas – ESECAE (22,8°C), que também possui médias menores do que a temperatura dos pontos coletados fora da ESECAE (23,6°C).

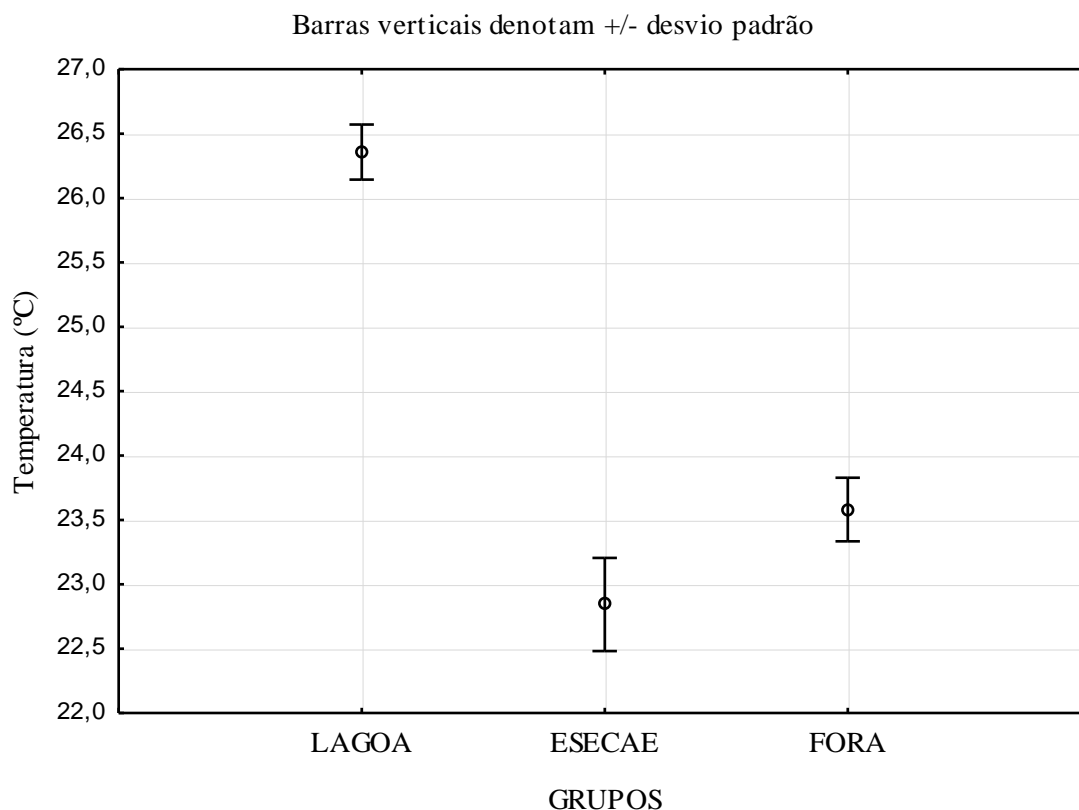


Figura 8- Variância da temperatura de acordo com grupos LAGOA, ESECAE e FORA.

Segundo Von Sperling (2005), mudanças na temperatura da água por fatores antropogênicos são principalmente em função de despejos industriais e torres de resfriamento. Como não são observadas situações como estas nos pontos onde foram coletadas as amostras de água, possivelmente esta mudança de temperatura seja decorrente apenas de fatores naturais, principalmente em função da diferença de transferência de calor por radiação em ambientes lênticos e lóticos, relacionado ao horário de coleta, que justifica uma maior temperatura no grupo LAGOA em relação aos demais grupos.

Já o fato do grupo ESECAE apresentar a temperatura da água menor do que o grupo FORA é decorrente da diferença das áreas com vegetação densa em relação às áreas desmatadas. Os pontos coletados no grupo FORA não possuem cobertura vegetal, dessa forma, estão mais expostos à radiação solar, o que causa a elevação da temperatura da água no local. Além disso, a variação de temperatura pode ter ocorrido também em função da diferença de condução e convecção de calor vindos da atmosfera e do solo.

Através da Figura 9 observa-se a variação da condutividade elétrica em relação aos grupos. A média de condutividade elétrica do grupo FORA ( $58 \mu\text{Scm}^{-1}$ ) é maior do que a média de condutividade elétrica do grupo ESECAE ( $46 \mu\text{Scm}^{-1}$ ) que também é maior do que a média de condutividade elétrica do grupo LAGOA ( $6 \mu\text{Scm}^{-1}$ ).

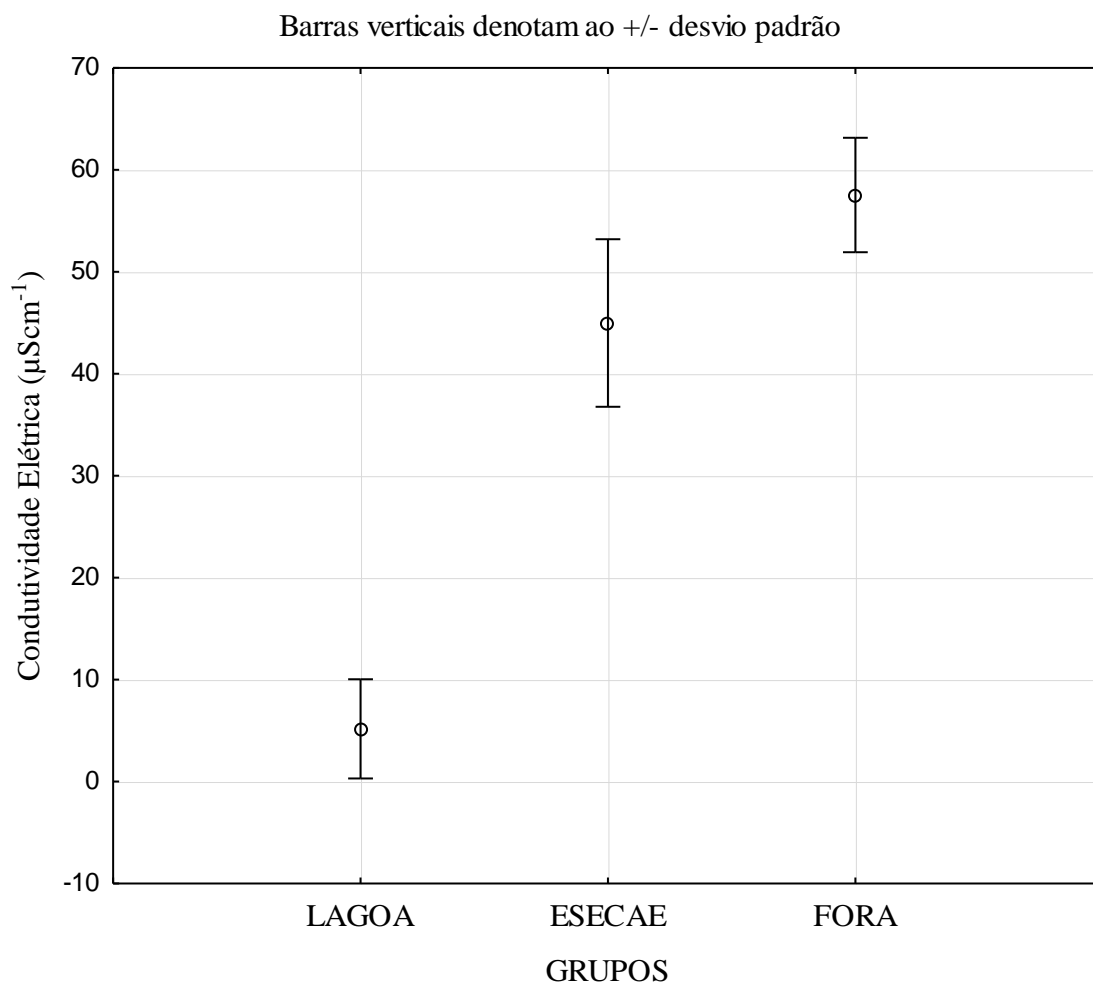


Figura 9- Variância da condutividade elétrica de acordo com grupos LAGOA, ESECAE e FORA.

A condutividade elétrica se altera principalmente em função da concentração iônica, ou seja, apesar de não fornecer nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes, ela representa uma medida indireta da concentração de poluentes, pois indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água (LIMA, 2012).

Baseado nisso, uma maior concentração de poluentes no grupo FORA indica a associação do aumento da condutividade elétrica com o despejo de efluentes domésticos e industriais e a ausência de mata ciliar nos ambientes antropizados do grupo FORA que permite o carreamento de lixos depositados no solo.

Além disso, segundo Markewitz et al. (2006), devido a associação da alta taxa de intemperismo com os baixos teores nutrientes encontrados no solos do Cerrado, geralmente seus corpos d'água apresentam baixa concentração de íons sobre cobertura natural. Essa informação somada ao fato de as águas que drenam áreas urbanas conterem maior concentração de íons do que em áreas preservadas que apresentam carreamento intenso de solo, corrobora com a hipótese da associação da maior concentração desses íons a poluentes advindos de efluentes domésticos e industriais, e demonstram o impacto causado pelas atuais condições de uso e ocupação do solo na região da sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas.

Outro fator capaz de influenciar a variação de condutividade elétrica entre os grupos é a litologia local. Alguns tipos rochosos provocam elevados números de íons na água, capazes de aumentar os valores de condutividade elétrica (BILICH, 2007).

Através da Figura 10 observa-se a variação das médias de pH em relação aos grupos. A média de pH do grupo LAGOA (6,1) é próxima da média do grupo ESECAE e ambas as médias são maiores do que a média do grupo FORA (5,6).

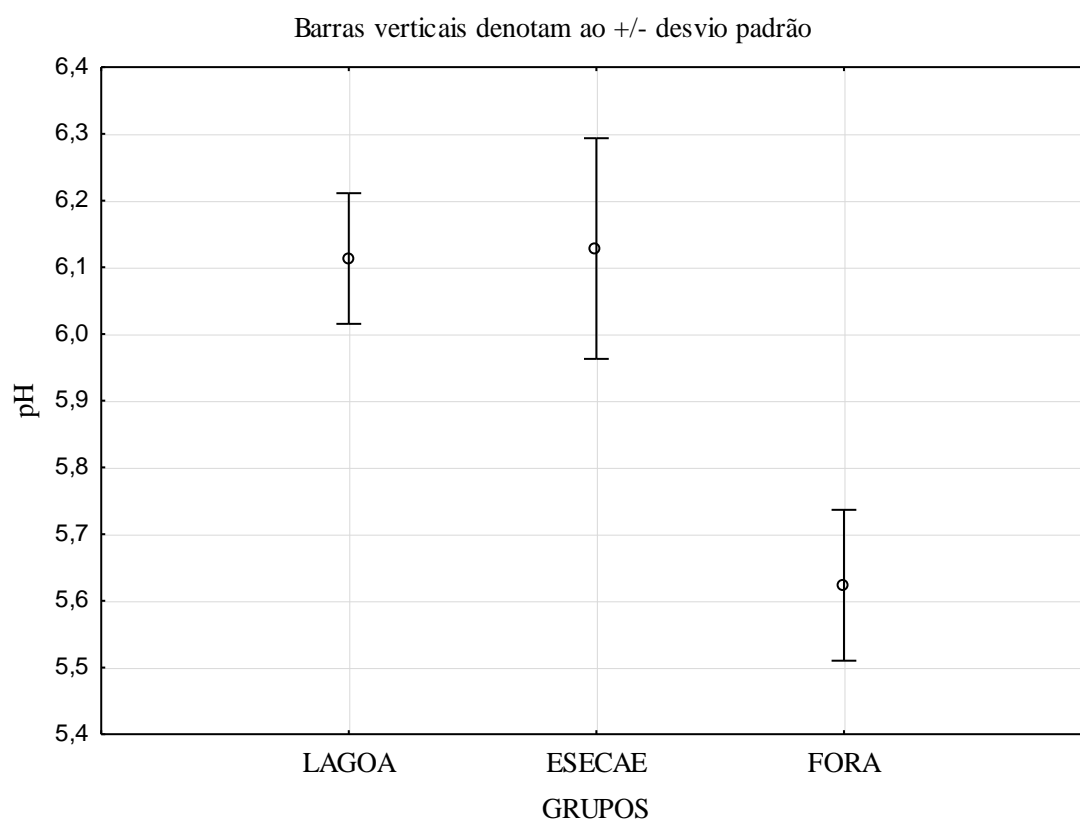


Figura 10- Variância do pH de acordo com grupos LAGOA, ESECAE e FORA.



Segundo a Resolução CONAMA 357 de 2005, as águas doces de classe 1, 2, 3 e 4 devem ter o pH na faixa de 6 a 9. Porém, foi observado que algumas amostras de água coletadas no grupo ESECAE e todas coletadas no grupo FORA estão fora dessa faixa de enquadramento. Devido à acidez típica dos solos do Cerrado, é normal que as médias de pH dos corpos hídricos estejam em uma faixa pouco menor do que a determinada pela Resolução CONAMA 357 de 2005. Dessa forma, podemos concluir que esta Resolução não representa a realidade de todas as regiões brasileiras, o que torna a comparação das variáveis analisadas com os padrões exigidos pela Resolução inapropriada para o estudo em questão.

O fato de o grupo FORA que drena as áreas urbanas conter um pH mais ácido do que os demais grupos pode ser decorrente de despejos domésticos e industriais, que segundo Von Sperling (2005) são os principais responsáveis pelas alterações de origem antropogênica do potencial hidrogeniônico.

A partir da Figura 11 demonstra-se a variação das médias de concentração de amônia ( $\text{NH}_3$ ), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) em relação aos grupos. A média de concentração de nitrato do grupo FORA (0,7 mg/L) é maior do que a média do grupo ESECAE (0,5 mg/L), que é maior do que a média do grupo LAGOA (0,3 mg/L). A variação de nitrito seguiu a mesma ordem. Em contrapartida, a média de concentração de amônia do grupo FORA (1,9 mg/L) foi maior do que a dos outros grupos, porém o grupo LAGOA teve a média (0,3 mg/L) maior do que a do grupo ESECAE (0,1 mg/L).

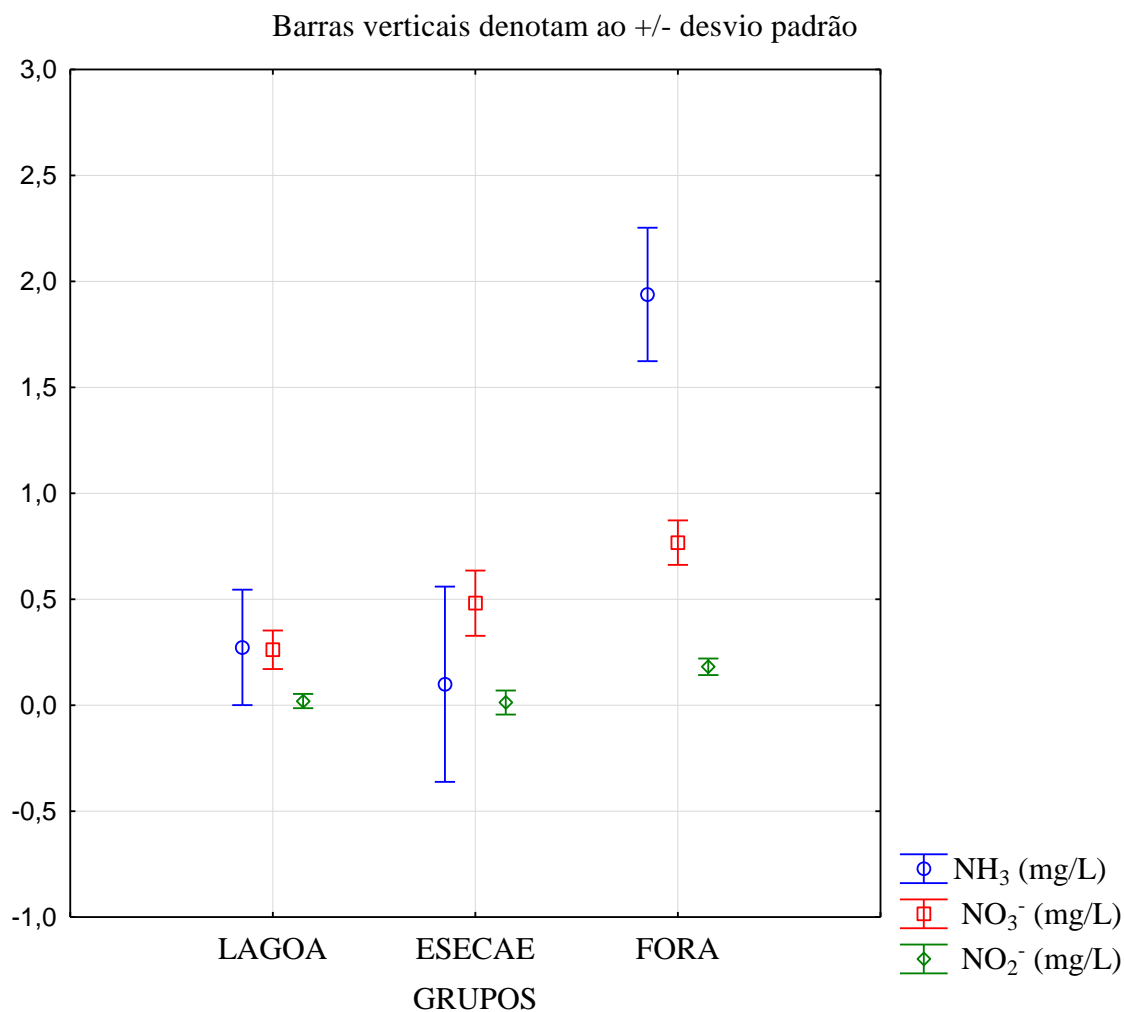


Figura 11- Variância dos compostos nitrogenados de acordo com grupos LAGOA, ESECAE e FORA.

Comparando os valores de nitrito e nitrato obtidos no estudo aos padrões definidos na Resolução CONAMA 357 de 2005, todos os corpos hídricos em análise seriam enquadrados na classe 1 de classificação das águas doces. Segundo essa classificação, a água de classe 1 pode ser destinada: ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274 de 2000; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas. A Resolução CONAMA 357 de 2005 não apresenta padrões de amônia.

Apesar dos baixos teores encontrados, a região ao redor da ESECAE, principalmente em torno da Lagoa Bonita, é uma área de forte produção agrícola. Dessa

forma, mesmo estando em menor quantidade do que no grupo FORA, além dos fatores naturais, o nitrogênio encontrado nos grupos LAGOA e ESECAE podem estar associados aos excedentes agrícolas em função do uso de fertilizantes para correção de solo no local.

Como foi visto na Figura 11, os teores de nitrogênio em geral estão mais elevados no grupo FORA, ou seja, nos pontos que drenam as áreas com maior influência direta humana. Esses locais apresentam vários problemas ambientais responsáveis por esse aumento como: moradias irregulares, ausência de cobertura vegetal, animais domésticos, lixo depositado no solo e, principalmente, redes inadequadas, ou até mesmo inexistentes de esgoto domésticos. Segundo Von Sperling (2005), além dos excedentes agrícolas, a amônia e o nitrato são constituintes comuns no esgoto sanitário, resultado direto de descargas de efluentes domésticos e industriais e estão associados aos dejetos e excrementos humanos e animais.

A determinação das formas predominantes do nitrogênio também é muito importante nesse estudo, pois fornece informações sobre o estágio da poluição. Von Sperling (2005) explica que a poluição recente está associada ao nitrogênio na forma orgânica, ou de amônia; enquanto uma poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrato. Baseado nisso, podemos inferir que o grupo FORA possui poluição mais recente, pois as concentrações de amônia estão maiores do que as de nitrato, enquanto o grupo ESECAE possui poluição mais remota, pois as concentrações de nitrato estão maiores do que as de amônia.

As baixas concentrações de nitrito nos três grupos se deve ao fato de que o mesmo geralmente é a forma química de nitrogênio menos encontrada na água, pois é instável na presença de oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária (IGAM, 2012).

Através da Figura 12 observa-se a variação das médias de concentração de fosfato ( $\text{PO}_4^-$ ) em relação aos grupos. Apesar de não apresentar diferença significativa ( $p > 0,05$ ), a concentração média de fosfato no grupo LAGOA (0,63 mg/L) foi maior do que a concentração média do grupo ESECAE (0,56 mg/L), que foi maior do que a concentração média do grupo FORA (0,38 mg/L).

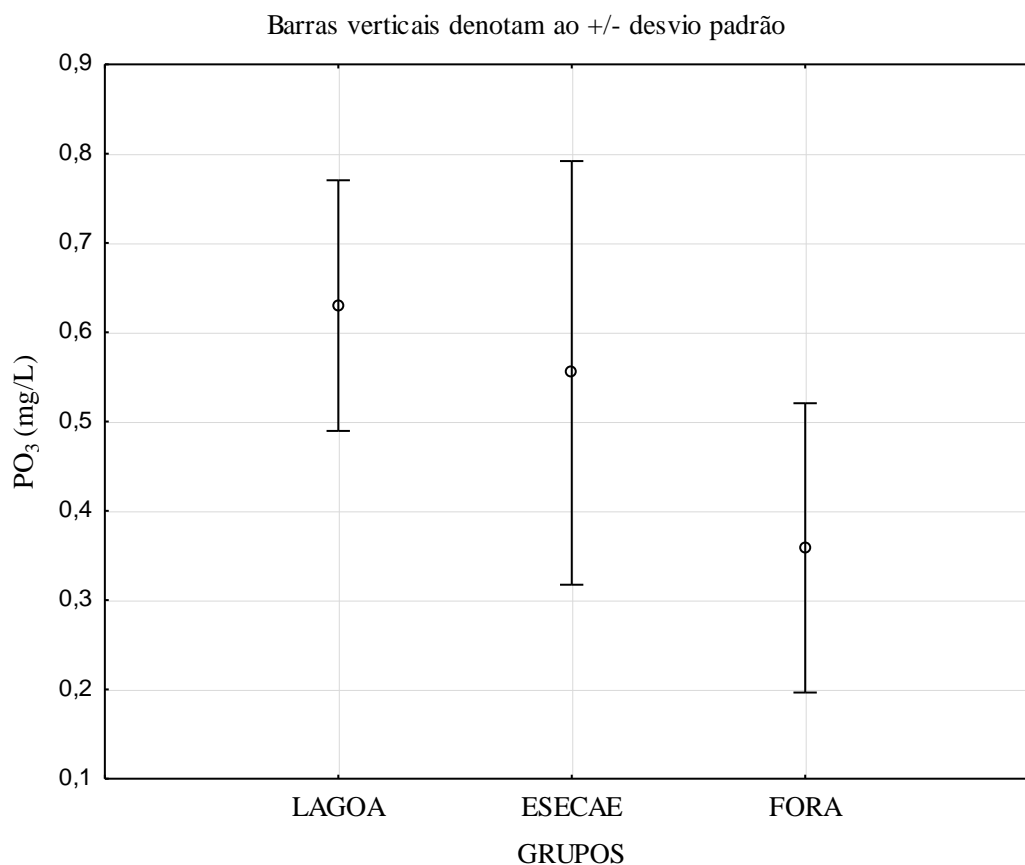


Figura 12 - Variância do fosfato ( $PO_4$ ) de acordo com grupos LAGOA, ESECAE e FORA.

Comparando os valores fosfato aos padrões definidos na Resolução CONAMA 357 de 2005, a maioria dos pontos, em pelo menos uma das coletas (período seco ou chuvoso) estaria enquadrado na classe 4 de classificação das águas doces. Segundo essa classificação, a água de classe 4 pode ser destinada apenas à navegação e à harmonia paisagística.

De acordo do Von Sperling (2005), altos valores de fosfato estão associados: ao despejo doméstico, pois juntamente com ele, são também lançados detergentes superfosfatados amplamente utilizado no ambiente doméstico; ao despejo industrial, pois efluentes provenientes de indústrias de fertilizantes, pesticidas, produtos químicos em geral, além de abatedouros e laticínios, também apresentam fósforo em quantidade excessiva (ANA, 2005) e a agricultura, pois utiliza fertilizantes comercialmente conhecidos como “NPK” que apresentam proporções variadas de fosfatos (BILICH, 2007).

Através de um conhecimento prévio das áreas de coleta, pode-se influir que, assim como compostos nitrogenados, as altas taxas de fosfato encontradas no grupo FORA, estão associadas ao despejo de efluentes domésticos e industriais, pois os pontos se encontram nas áreas de coleta com maior influência direta da população de Planaltina-DF.

Já nos grupos LAGOA e ESECAE é grande a probabilidade de que estejam sofrendo alterações decorrentes do excedente de fertilizantes fosfatados utilizados na agricultura da região. Conforme supracitado, a região em torno da Estação Ecológica Águas Emendadas – ESECAE, principalmente ao redor da Lagoa Bonita, é uma área de forte produção agrícola.

Entretanto, como as concentrações de nitrogênio estavam maiores no grupo FORA e, devido ao fato de geralmente nitrogênio e fósforo estarem associados às mesmas origens antropogênicas, possivelmente, mesmo não apresentando uma diferença significativa ( $p > 0,05$ ), o fato de o grupo LAGOA ter médias de concentrações maiores do que as médias do grupo FORA, esteja associado principalmente a fatores naturais.

Segundo Von Sperling (2005), as fontes naturais de fósforo na água são a dissolução de compostos do solo, a decomposição de matéria orgânica e o fósforo decomposição celular de microrganismos.

De acordo com Felfili et al. (2008) a Lagoa Bonita possui galerias alagáveis que contam com um elevado teor de matéria orgânica proveniente da ciclagem de nutrientes da própria mata. Além disso, através dos trabalhos de campo constatou-se que ela possui rica e densa comunidade vegetal e planctônica. Segundo Freitas et al. (2008), a Lagoa Bonita possui o fundo recoberto por diferentes espécies de plantas aquáticas e comunidades planctônicas que servem de laboratório a céu aberto. Essas condições são responsáveis pela elevação do teor de fosfato no grupo LAGOA através da decomposição de matéria orgânica.

Além disso, por se tratar de ambiente lântico, o fósforo se concentra na água da Lagoa Bonita, enquanto nos outros grupos com ambientes lóticos esse fósforo é rapidamente diluído e carregado pelo movimento das águas.

É importante destacar que em geral, a Análise de Variância (ANOVA) mostrou que o grupo ESECAE apresentou maior desvio padrão para todas as variáveis. Esse comportamento decorre do fato de que o grupo ESECAE possui pontos em locais mais preservados, localizados no meio da Estação Ecológica Águas Emendadas, e pontos mais expostos à poluição, localizados na divisa da ESECAE com a BR-020.

### 5.3 Análise de componentes principais (ACP)

Tabela 2. Cargas (loadings) das variáveis nas componentes principais

Variável	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Temperatura	0,633126152	0,116974796	-0,553879422
pH	0,436333031	0,621711472	0,161731914
Condutividade	-0,798969605	-0,17823627	0,159211647
NH <sub>3</sub>	-0,415842355	-0,49048396	0,23375037
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0,834343446	0,359722594	-0,3281229
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-0,799530074	0,209190626	-0,484560393
PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,328000641	-0,683889016	-0,477659602

O valor na matriz de fatores representa o peso de cada variável sobre a principal componente correspondente. Pesos acima de  $\pm 0,60$  são considerados altos e indicam que as variáveis contribuem adequadamente para a variação dos dados (HAIR, 1998). Valores positivos indicam contribuição positiva das variáveis, enquanto valores negativos representam o inverso.

Os resultados obtidos por meio da análise das componentes principais (Tabela 2) mostram as cargas das variáveis principais nas componentes. As variáveis mais importantes, ou seja, as de maior variabilidade na primeira componente, que explica 40,65% da variabilidade, foram: condutividade com carga -0,799; nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) com -0,834, o nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) com -0,799 e temperatura com 0,633. A segunda componente explica 18,76% da variabilidade e nela a variável mais importante foi fosfato (PO<sub>4</sub><sup>-</sup>) com carga -0,683, seguido de pH com 0,621. A terceira componente, que explica

14,05%, não apresentou nenhuma principal variável com peso acima de  $\pm 0,6$ . As três componentes principais juntas explicam 73,47% da variabilidade total.

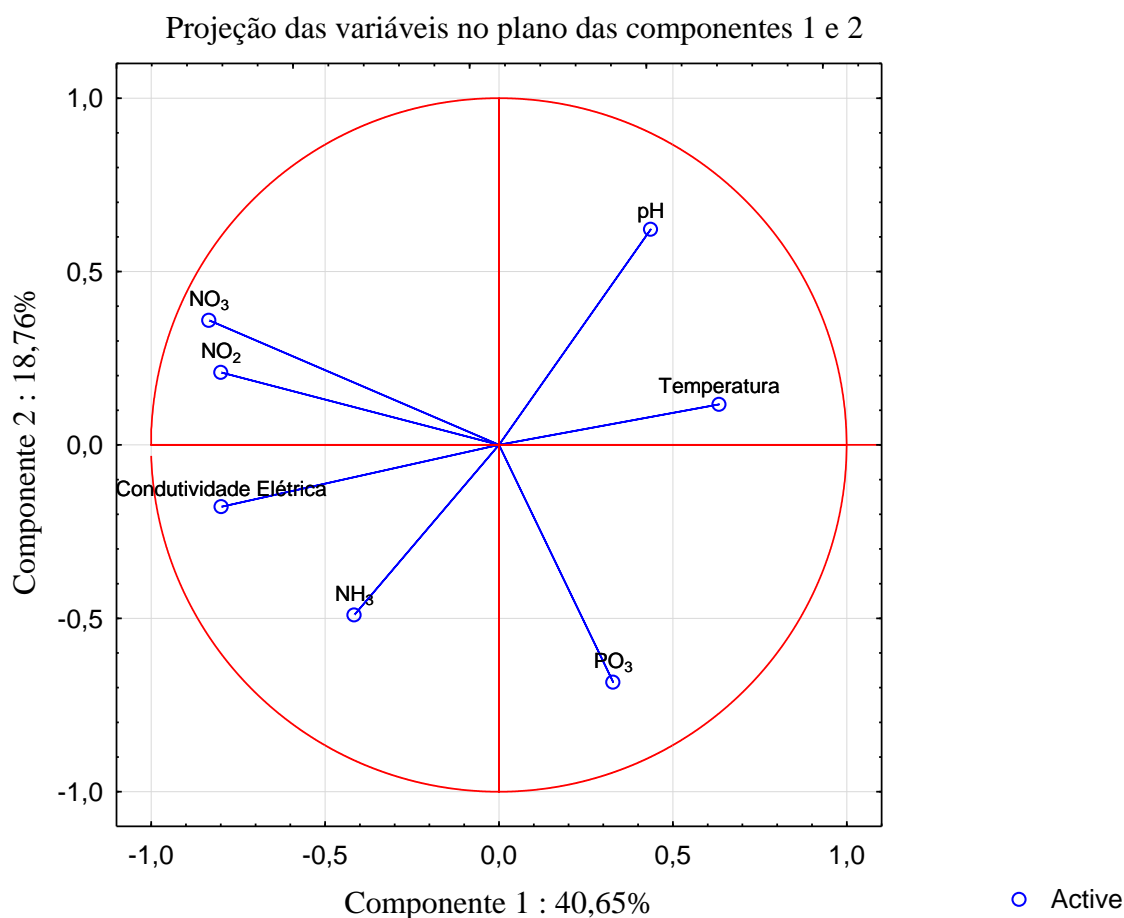


Figura 13 - Projeção das variáveis no plano das componentes 1 e 2.

A projeção das variáveis nas duas primeiras componentes ordenou as variáveis espalhadas em quadrantes diferentes (Figura 13). As variáveis pH, amônia e fosfato foram determinantes para a componente 1, enquanto as variáveis nitrito, nitrato, condutividade elétrica e temperatura foram para a componente 2.

A partir da Figura 14 é possível se visualizar a projeção dos pontos de coleta no plano das componentes 1 e 2. Através dessa projeção é possível observar a separação pela componente 1 dos pontos coletados fora da ESECAE (em vermelho) dos pontos coletados na Lagoa Bonita (em verde), mostrando grande diferenciação entre os mesmos, possivelmente associada à diferença entre ambientes lânticos e lóticos e a diferenciação entre águas que drenam locais com diferentes uso ocupacionais do solo (área urbanizada / área de preservação). Os pontos coletados dentro da ESECAE, mas

fora da Lagoa Bonita (em preto) se misturam entre os dois grupos, pois se trata de ambiente lótico, assim como os pontos em vermelho, mas se encontra dentro da área de preservação, assim como os pontos em verde.

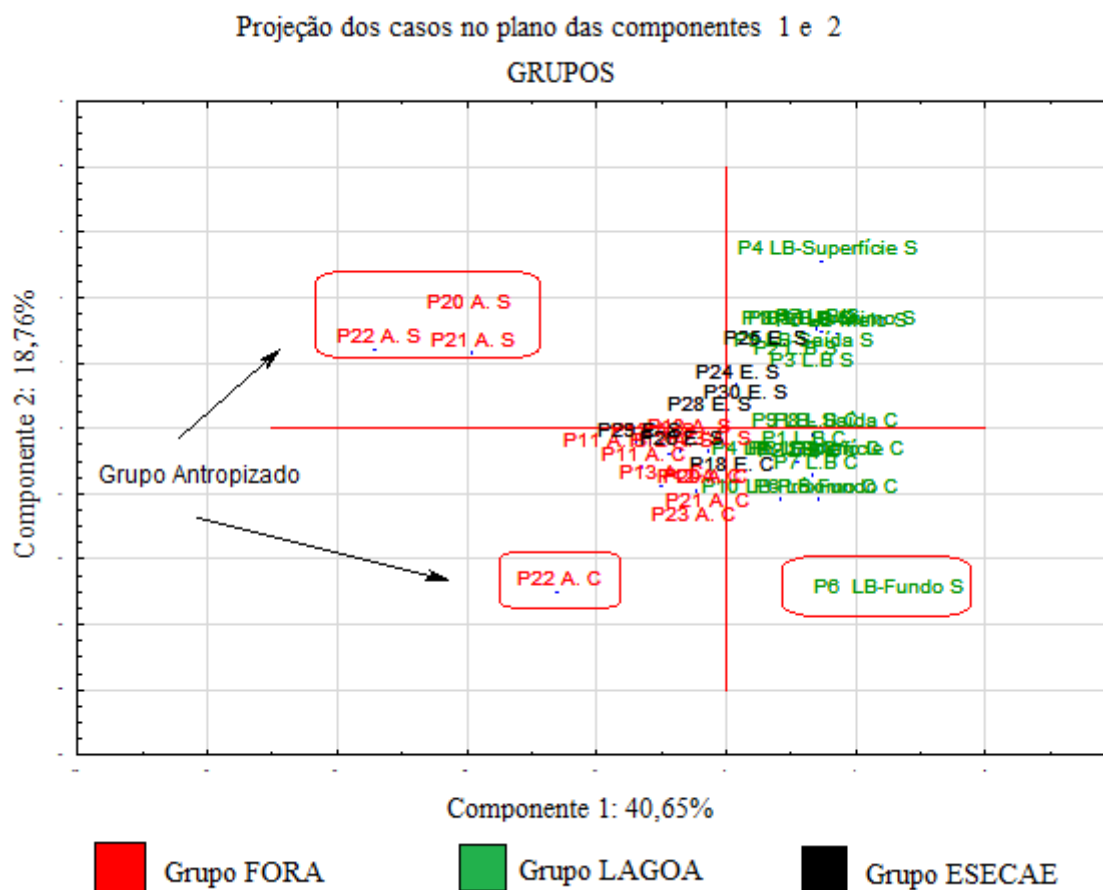


Figura 14- Projeção dos pontos de coleta por grupos no plano das componentes 1 e 2.

Da mesma forma, através da projeção dos pontos de coleta no plano das componentes 1 e 2 é possível observar o ordenamento de grupos formados por pontos que saíram do padrão de distribuição dos outros pontos coletados. O primeiro, denominado “grupo antropizado” é formado pelos pontos coletados em águas que drenam ambientes urbanizados. O distanciamento dos outros pontos, no plano das componentes 1 e 2, principalmente dos pontos coletados na Lagoa Bonita, mostra como esses estão mais impactados do que aqueles outros coletados no mesmo ambiente (ambiente urbanizado).



Através da projeção das variáveis nas componentes 1 e 2 é possível observar que o “grupo antropizado” está associado às variáveis nitrato, nitrito e amônia. Esse fato acontece, por se tratarem dos pontos que mais sofrem com o impacto de moradias irregulares, animais domésticos, lixo depositado no solo e, principalmente, de despejos de efluentes domésticos provindos de redes inadequadas, ou até mesmo inexistentes de esgoto.

O ponto 20 sofre um maior aporte de contaminantes por estar em uma zona de descarga de uma parcela habitacional que, segundo informações de técnicos da CAESB, não se encontra totalmente atendida por equipamentos de infraestrutura (calçamento, pavimentação asfáltica, rede de drenagem e de esgotamento sanitário) devido ao fato de se tratarem, em sua grande parte, de assentamentos condominiais ainda não regularizados.

O ponto 21 embora esteja sob a ação imediata de uma área já com níveis de saneamento básico satisfatórios sofre a interferência dos volumes já transpassados no ponto 20.

Já o ponto 22 está à jusante da Estação de Tratamento de Esgoto - ETE de Planaltina, distante cerca de 500 metros do ponto de lançamento dos efluentes tratados, embora esse efluente tenha percorrido uma vasta área de wetland ainda não é suficiente para uma depuração mais efetiva dos compostos aportados ao corpo receptor. Ainda que o efluente seja lançado dentro dos limites da legislação, esse volume é relativamente elevado, pois se soma ao depositado no ribeirão por fontes difusas por todo o leito urbano. Todos esses pontos estão localizados em região totalmente urbanizada.

Outro ponto que saiu do padrão na projeção no plano das componentes 1 e 2 foi o “P6 LB-Fundo S”. Todos os pontos foram coletados na superfície dos corpos d’água, somente nesse ponto foi feito um estrato de profundidade coletando-se a água do fundo da Lagoa Bonita. Esse ponto está associado à variável fosfato. Como vimos anteriormente, o fosfato na Lagoa Bonita está associado à decomposição da matéria orgânica. Essa projeção corrobora com essa hipótese, pois a matéria orgânica encontra-se concentrada, principalmente, no fundo da Lagoa Bonita. A separação desse ponto mostra a existência da variação das variáveis analisadas relacionado à profundidade do corpo d’água.

Através da Figura 15 visualiza-se o ordenamento dos grupos formados por períodos hidrológicos no plano das componentes 1 e 2. Através dessa projeção é possível observar a separação pela componente 2 dos pontos coletados no período de seca (em laranja), dos pontos coletados no período chuvoso (em azul).

Segundo a projeção das variáveis nas duas primeiras componentes o grupo seco está associado às variáveis nitrito, nitrato, pH e temperatura, e o grupo chuvoso às variáveis condutividade, amônia e fosfato.

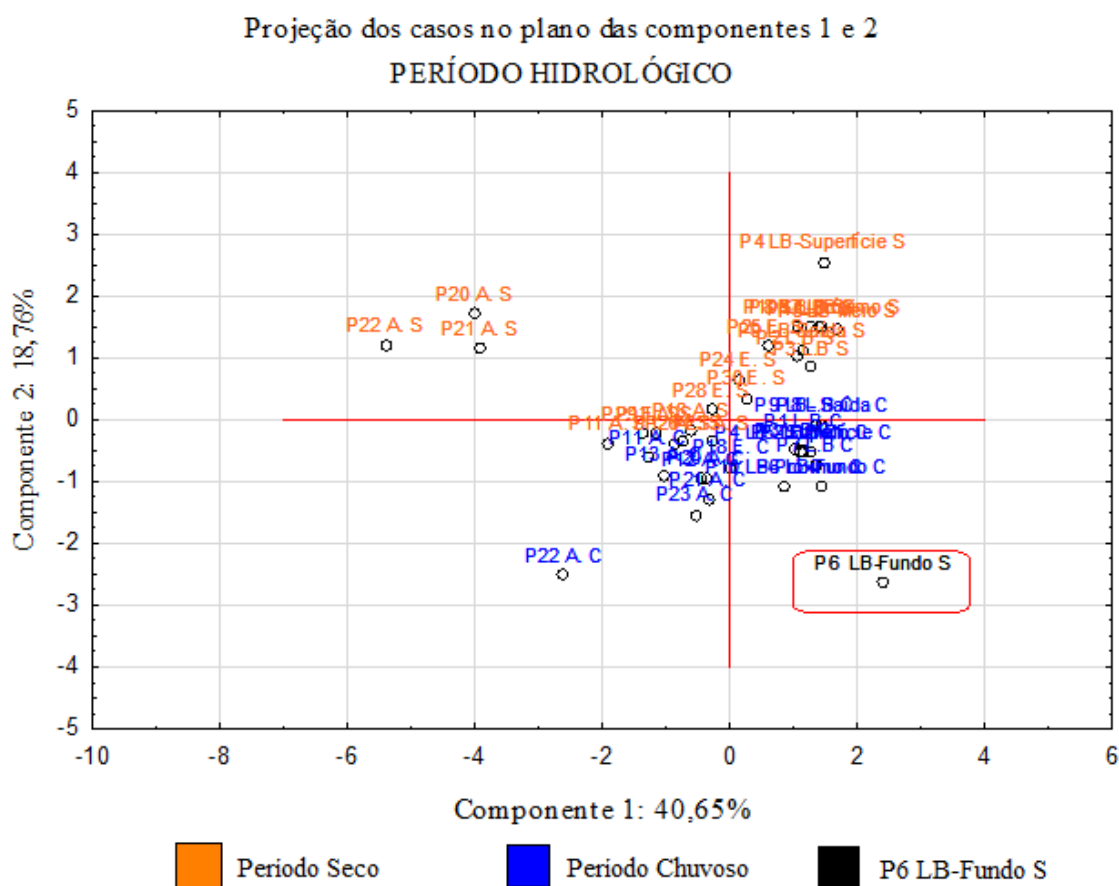


Figura 15 - Projeção dos pontos de coleta por períodos hidrológicos no plano das componentes 1 e 2.

Através dessa análise comprovou-se a mudança de comportamento dos corpos hídricos de acordo com a sazonalidade climática. Essa alteração é explicada pois, no período chuvoso, nota-se um aumento da vazão, o acréscimo das partículas suspensas, aumento da turbulência do manancial (revolvimento do material de fundo) e o carreamento de compostos para o manancial. Enquanto que, no período seco, nota-se o aumento da concentração de alguns compostos e a redução da turbulência do manancial.

Foi possível observar que, devido às diferenças relacionadas à profundidade, o ponto “P6 LB-Fundo S” coletado no período da seca está mais próximo do grupo formado pelos pontos coletados no período chuvoso.

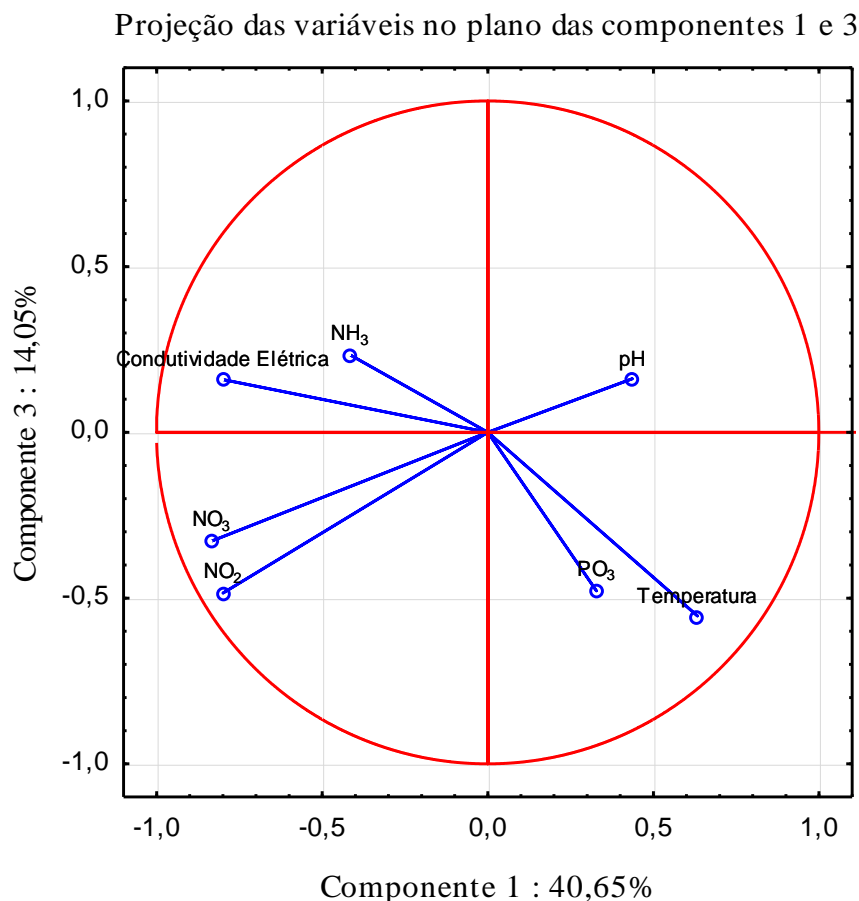


Figura 16 - Projeção das variáveis no plano das componentes 1 e 3.

A projeção das variáveis no plano das componentes 1 e 3 (Figura 16) reforça a formação dos grupos definidos por meio da projeção das variáveis no plano das componentes 1 e 2 (Figura 13), pois os mesmos pontos se separam novamente do padrão de distribuição dos pontos no plano das componentes principais, associados às mesmas variáveis de maior importância.

Através da Figura 17 é possível visualizar a projeção dos pontos de coleta no plano das componentes 1 e 3. Através dessa projeção é possível observar a separação pela componente 1 dos pontos coletados na Lagoa Bonita (em verde), tanto dos pontos coletados fora da ESECAE (em vermelho), quanto dos pontos coletados dentro da

ESECAE, porém fora da Lagoa Bonita (em preto). Essa diferenciação decorre da diferença de comportamentos entre ambientes lânticos e lóticos.

Além disso, a partir da Figura 17 é possível visualizar que se reforça o ordenamento do grupo antropizado, formado pelos pontos P20, P21 e P22, que fogem aos padrões de distribuição dos outros pontos analisados. Segundo a projeção das variáveis nas componentes 1 e 3, as variáveis associadas à formação do grupo são nitrato e nitrito.

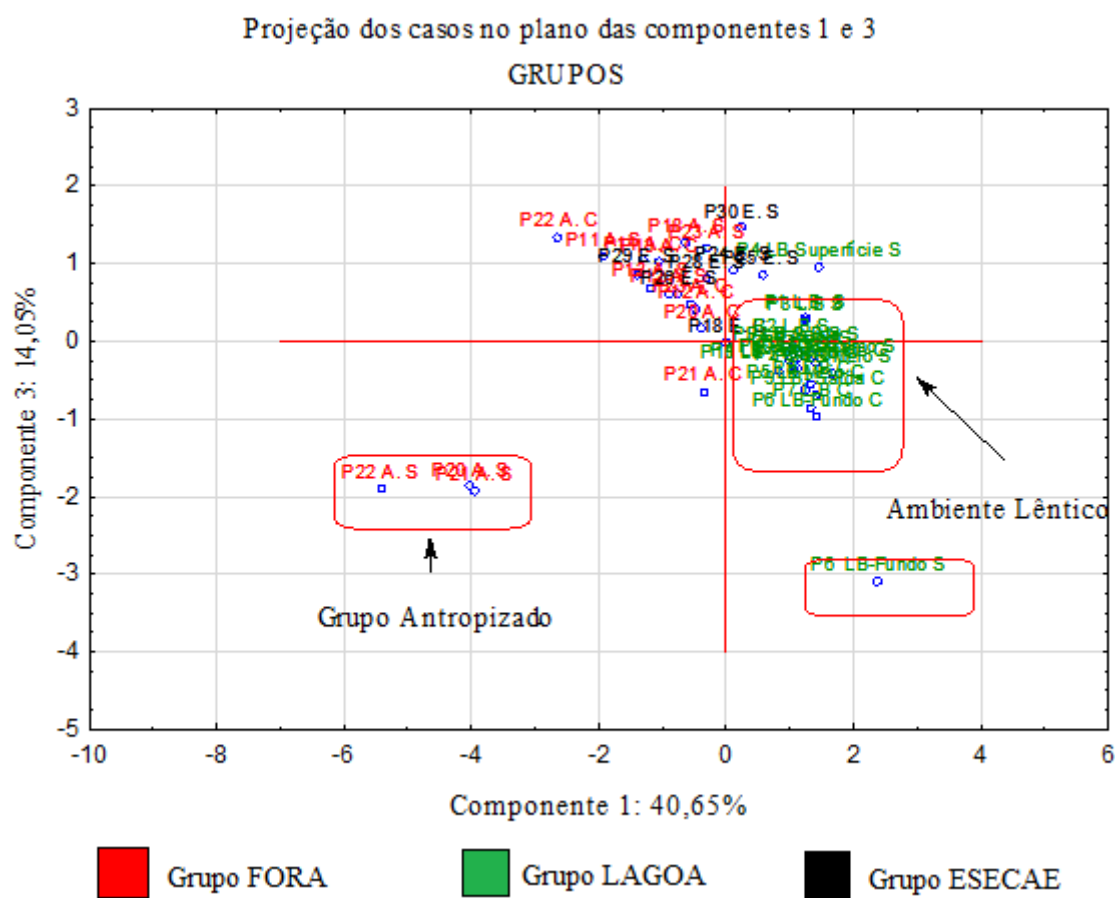


Figura 16 - Projeção dos pontos de coleta por grupos no plano das componentes 1 e 3.

Conforme discutido anteriormente, as variáveis dos compostos nitrogenados estão associadas ao despejo de efluentes domésticos (Von Sperling, 2005). Como explicitado anteriormente, esses pontos estão situados em regiões totalmente urbanizadas que sofrem o impacto do aporte dos compostos advindos de zonas habitacionais que não apresentam sistema de tratamento de esgoto adequados e ainda do despejo de efluentes da ETE de Planaltina, acarretando assim na sua diferenciação em relação aos outros pontos de coleta.

Do mesmo modo, a projeção dos pontos de coleta no plano das componentes 1 e 3, reforça a diferenciação comportamental relacionada à profundidade do corpo d'água, pois novamente o "P6 LB-Fundo S" se separa do padrão de distribuição, associado à variável fosfato que, conforme explicação, está associado à maior concentração de matéria orgânica no fundo da Lagoa Bonita.

É importante destacar que tanto através da análise de variância (ANOVA), quanto através da análise de componentes principais (ACP), foi possível observar o agrupamento formado por diferentes tipos de usos ocupacionais do solo (área urbanizada / área de preservação).

Além de comprovar a mudança de comportamento dos corpos hídricos de acordo, com a diferença entre ambientes lóticos e lênticos, com sazonalidade climática e com a profundidade do corpo d'água, essas análises permitiram ainda definir que os pontos que drenam as regiões mais urbanizadas estão associados às variáveis indicativas de poluição. E que, especialmente os pontos 20, 21 e 22, fogem ao padrão de todos os pontos analisados.

Partindo do pressuposto de que os corpos d'água situados dentro da área de preservação estão mais próximos ao natural, pode-se considerar que o distanciamento desses pontos do padrão de distribuição do restante, na projeção dos pontos de coleta no plano das componentes principais, esteja indicando que os mesmos (P20, P21 e P22) sejam os mais poluídos do estudo em questão.

## **6 CONCLUSÃO**

Através desse estudo foi possível concluir que as variáveis de qualidade de água apresentam alterações decorrentes de fatores naturais como: diferenciação entre ambientes lênticos e lóticos; diferenciação decorrente do Bioma em estudo, como no caso das peculiaridades do Cerrado; diferenciação por estratos de profundidade e diferenciação por sazonalidade climática.

Ao mesmo tempo, esse estudo comprovou a diferença comportamental da qualidade da água relacionada ao uso ocupacional do solo, mostrando a diferenciação da amostragem coletada em áreas urbanas e áreas de conservação.

Pôde-se concluir também que o grupo formado por pontos de amostragem coletados em áreas mais urbanizadas (grupo FORA) está associado a variáveis relacionadas à poluição (maior concentração de compostos nitrogenados, maior condutividade elétrica e maior acidez na água), enquanto os pontos coletados dentro da Estação Ecológica Águas Emendadas variou de acordo com suas condições naturais (maior temperatura associada à diferenciação entre ambiente lântico e lótico e maior concentração de fosfato, decorrente dos altos teores de matéria orgânica característicos do ambiente). Observou-se também que os pontos mais poluídos (P20, P21 e P22) são os corpos hídricos que drenam locais mais urbanizados.

Além disso, através da determinação das formas predominantes do nitrogênio foi possível diferenciar o estágio da poluição tanto no ambiente urbanizado quanto na área de preservação. Concluiu-se que o ambiente urbanizado possui poluição recente e pontual, enquanto dentro da ESECAE a poluição é remota e difusa.

Do mesmo modo, através desse estudo, foi possível perceber que, além de não oferecer uma visão global sobre as tendências espaciais e temporais na qualidade geral da água em uma bacia hidrográfica, a Resolução CONAMA 357 de 2005, não representa a realidade de todas as regiões brasileiras, pois deixa de considerar as especificidades de cada uma delas.

## **7 RECOMENDAÇÕES**

Através do presente estudo foi possível constatar que a presença do homem, a urbanização e o desenvolvimento de atividades econômicas já configuram uma ameaça à sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas e que os locais considerados mais poluídos apresentam vários problemas ambientais responsáveis por essa situação como: moradias irregulares, ausência de cobertura vegetal, animais domésticos, lixo depositado no solo e, principalmente, redes inadequadas, ou até mesmo inexistentes de esgoto domésticos.

Dada a importância das características hidrológicas da região, é imperativo que haja a realização de monitoramentos específicos, melhorias na fiscalização fitossanitária nas propriedades rurais, instalação de redes de esgoto adequadas, recuperação das matas de galeria e, principalmente, estudos, pesquisas e discussões junto à sociedade

associados à educação ambiental, visando a conscientização da população, uma vez que o sistema ecológico em questão é frágil e nem sempre os impactos sofridos por ele poderão ser revertidos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília, 2005.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 21th Edition, Washington, D.C, 2005.

ÁVILA, V. B.. **Relação entre o uso e manejo do solo em uma bacia rural e a contribuição de nitrogênio, fósforo e sedimentos a corpos hídricos**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

BARRETO, W. J. et al.. Analysis of physical and chemical parameters for discrimination of water origin in a hydroelectric reservoir. **Clean-Soil Air Water**, v.35, n.3, 2007.

BERNARDI, J. V. E. et al.. Um estudo de impacto ambiental utilizando análises estatísticas espacial e multivariada. **Holos Environment**, v.1, n.2, 2001.

BICUDO, C.E. M.; BICUDO, D. C.. Amostragem em Limnologia. **Rima**, São Carlos, 2004.

BILICH, M. R.. **Ocupação das terras e a qualidade da água na microbacia do Ribeirão Mestre d'Armas, Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

BOLLMAN, H. A. et al.. **Qualidade da água e dinâmica de nutrientes**. In: Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados. Curitiba: SANEPAR, Finep. 2005.

BRAGA, B. *et. al.*. **Introdução à engenharia ambiental**. São. Paulo: Prentice Hall - 2ª edição, 2005.

BRANCO, S. M; ROCHA, A. A.. **Poluição, proteção e usos múltiplos de represas**. São Paulo, SP. Edgard Blücher, CETESB, 1977.



BRANCO, S. M.. Caracterização e Alterações da Qualidade da Água. In: PORTO, R. L. L. et al.. **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: ABRH, 1991.

CAESB – Companhia de saneamento ambiental do Distrito Federal. **Relatório anual da administração - 2010**. Brasília: CAESB. Disponível em: <http://www.caesb.df.gov.br/Arquivos/Relat%C3%B3rio%20Anual%20de%20Administra%C3%A7%C3%A3o%202010.pdf>. Acesso em 22 de dezembro de 2012.

CARVALHO, A. R.; et al... Relações da atividade agropecuária com parâmetros físico-químicos da água. **Química Nova**, v. 23, n. 5, 2000.

CARVALHO, P.. A expansão urbana na bacia do Ribeirão Mestre d'Armas (DF) e a qualidade da água. **Estudos Geográficos**, 3 (1), Rio Claro, 2005.

CASTAÑÉ, P. M. et al.. Spatial and temporal trends of physicochemical parameters in the water of the reconquista river (Buenos Aires, Argentina). **Environmental Monitoring and Assessment**, v.117, n.1-3, 2005.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Variáveis de Qualidade de água**. Disponível em [www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/variaveis.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/variaveis.asp). Acesso em: 19 de dezembro de 2012.

CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V.. The selection of water quality variables. In: Chapman, D. (Ed.). **Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring**. Great Britain: UNESCO/WHO/UNEP, 1992.

CHEN, K., JIAO, J.J., HUANG, J., HUANG, R.. Multivariate statistical evaluation of trace elements in groundwater in a coastal area in Shenzhen, China. **Environmental Pollution**, Vol. 147, 2007.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R.. **Introduzindo Hidrologia**. Disponível em: [http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/apostila\\_hidrologia/apostila.html](http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/apostila_hidrologia/apostila.html). Acesso em: 19 de dezembro de 2012.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. **Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente**. Brasília, 2002.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº357 de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.** Brasília, 2005.

DEBELS, P.; et al.. Evolution of water quality in the Chilla'n river (central Chile) using physicochemical parameter and a modified water quality index. **Environmental Monitoring and Assessment**, 2005.

DISTRITO FEDERAL. Lei 2.279, de janeiro de 1999. **Dispõe sobre a criação do Parque Ecológico dos Pequizeiros, na Região Administrativa de Planaltina – RA IV.** Brasília, DF, 1999.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. **EMBRAPA Produção de informação.** Brasília; EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, 1999.

FARIA, A.. **Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D'Aliação-Alto Paraíso de Goiás.** Tese de doutorado. Instituto de Geociências Brasília. Universidade de Brasília, Brasília, 1995.

FELFITI, J. M. et al.. Fitofisionomia e flora. In: FONSECA, F. O. (Org.). **Águas Emendadas. Brasília: secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente.** Seduma, 2008.

FONSECA, P. C. M.. **Análise dos instrumentos EIA e RIVI na gestão do espaço urbano: sub-bacia do Ribeirão Mestre d'Armas.** Dissertação de mestrado. Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

FREITAS, F. H. S; CAMPOS, J. G. E.. Inventário Hidrológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. **Relatório Técnico de Hidrogeologia do Distrito Federal.** IEMA, Universidade de Brasília, Brasília, 1998.

FREITAS, J. S. et al.. Variação espacial e sazonal de comunidades planctônicas e variáveis físicas e químicas na Lagoa Bonita. In: FONSECA, F. O. (Org.). **Águas Emendadas. Brasília: secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente.** Seduma, 2008.

GTÁGUAS. **O impacto da mineração na água.** Disponível em <http://revistadasaguas.pgr.mpf.gov.br/edicoes-da-revista/edicao-11/materias/impacto-da-mineracao-na-agua>. Acesso em 22 de dezembro de 2012.

HAIR, J. F.. Multivariate data analysis. **Prentice Hall**, 5 ed, New Jersey, 1998.

HARREMOES, P.. The challenge of managing water and material balances in relation to eutrophication. **Water Science Technologic**, 1998.

HOROWITZ, F. C., JESUS, F.. Estação ecológica de águas emendadas. In: FONSECA, F. O. (Org.). **Águas Emendadas. Brasília: secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente.** Seduma, 2008.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Projeto Águas de Minas.** Disponível em [http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/aminas\\_param\\_indi.htm](http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/aminas_param_indi.htm). Acesso em: 20 de dezembro de 2012.

ISAIAS, Fábio B.. **A sustentabilidade da água: proposta de um índice de sustentabilidade de bacias hidrográficas.** Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

LIMA, FERNANDO A. S.. **Qualidade da água e sua relação com o uso e ocupação das terras na microbacia do Ribeirão Mestre d'Armas, DF.** Monografia de graduação em agronomia. Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MARKEWITZ, D. et al.. Dissolved rainfall inputs and streamwater outputs in an undisturbed watershed on highly weathered soils in the Brazilian, Cerrado. **Hydrol Process**, 20, 2006.

MARTINS, E.S.. Sistemas Pedológico do DistritoFederal. In: **Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal.** IEMA/SEMATECUnB, Brasília, 1998.

MELLO, Célia Cardoso de. **Investigando traços de nitrato em águas naturais.** Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Ensino de Química Experimental para o 2o. Grau. Setor de Ciências Exatas, Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

MENDIGUCHÍA, C. et al.. Using chemometric tools to assess anthropogenic effects in river water a case study: Guadalquivir River (Spain). **Analytica Chimica Acta**, v.515, n.1, 2004.

MEYBECK, M.; et al.. River. In: CHAPMAN, D. (Ed.) **Water quality assessments**. London: UNESCO; WHO; UNEP, 1996.

MOURA, L. H. A. **Estudo geoquímico da Bacia do Gama e avaliação da qualidade da água**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências – IG, Universidade de Brasília – UnB. Brasília, 2008.

NOBRE, E. C.. **Reestruturação econômica e território: expansão recente do terciário na marginal do rio Pinheiros**. Tese de Doutorado. FAUUSP, São Paulo, 2000.

NOVAES PINTO, M.. Paisagens do Cerrado do Distrito Federal. In: NOVAES PINTO, M, (Org). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2 ed. Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

OKI, V.K.. **Impactos da colheita de Pinus taeda sobre o balanço hídrico, a qualidade da água e a ciclagem de nutrientes em microbacias**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PADOVESI-FONSECA, C., et al.. Diagnóstico da sub-bacia do Ribeirão Metre d'Armas por meio de dois métodos de avaliação ambiental rápida, Distrito Federal, Brasil Central. **Ambi-Agua**, v. 5, n. 1, Taubaté, 2010.

PETERSEN, W., BERTINO, L. CALLIES, U.; ZORITA, E.. Process identification by principal component analysis of river water-quality data. **Ecological Modelling**, 2001.

PIELOU, E.C.. **Freshwater**. Chicago: The University of Chicago Press, 1998.

PIMENTEL, M. F.. **Análise Estatística de Dados do Monitoramento da Qualidade das Águas do Rio Ipojuca e do Reservatório Tapacurá**. Programa Nacional do Meio Ambiente II – PNMA II. Recife, julho de 2003. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/pnma2/qualidade-agua/estatistica.pdf>. Acesso em: 20 de dezembro de 2012.

PINELLI, M.P.. **Geoquímica de águas e sedimentos da bacia do rio São Bartolomeu-DF**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, 1999.

PEREIRA, A. A.. **Avaliação da qualidade da água: proposta de novo índice alicerçado na lógica fuzzy**. Tese de doutorado: Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

REIS, J. A. T.; MENDONÇA, A. S. F.. Análise técnica dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**. v.14 n.3, 2009.

PRADO, R. B.; NOVO, E. M. L. M.. Aplicação de geotecnologias na modelagem do potencial poluidor das sub-bacias de contribuição para o reservatório de Barra Bonita – SP relacionado à qualidade da água. **Anais XII simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. INPE, Goiânia, 2005.

ROCHA, J. C., ROSA, A. H., CARDOSO, A. A.. **Introdução a Química Ambiental**. Bookman (ed), Porto Alegre, 2004.

SILVA, G. V.. **Simulação bidimensional da qualidade da água do Lago do Descoberto (DF/GO)**. Dissertação de mestrado em Ciências Mecânicas. Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

STATSOFT. STATISTICA (data analysis software system), trial version 10. Disponível em: [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com). Acesso em: janeiro de 2013.

TERRADO, Marta; BARCELO, D; TAULER, R.. **Identification and distribution of contamination sources in the Ebro river basin by chemometrics modelling coupled to geographical information systems**. Elsevier B.V. Department of Environmental Chemistry, IIQAB-CSIC, Jordi Girona, Barcelona, Spain, 2006.

TONELLO, K. C.. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, 2005.

TUNDISI, J. G.. **Gerenciamento integrado de recursos hídricos: novas perspectivas**. Instituto Brasil PNUMA, Rio de Janeiro, n. 75, 2003.

TUNDISI, J. G.. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, IIE, 2. Ed., 2005.

VON SPERLING, M.. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª Edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA - Universidade Federal de Minas Gerais, v. 1, 2005.

VOUDOURIS, K.; et al.. Multivariate Statistical Analysis in the Assessment of Hydrochemistry of the Northern Kointhia Prefecture Alluvial aquifer System (Peloponnese, Greece). **Natural Resources Research**, Vol. 9, 2000.

ZIBORDI, M. S.; CARDOSO, J. L.; FILHO, L. R. V.. Análise de aspectos socioeconômicos e tecnológicos da agropecuária na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.2, 2006.

## ANEXOS

Resultado de análise dos parâmetros para pontos de coleta

Pontos	Temperatura (°C)	pH	Condutividade Elétrica (µScm-1)	NH4 (mg/L)	NO3 (mg/L)	NO2 (mg/L)	PO4 (mg/L)
P1 L.B C	25,46667	5,973333	4,18	0,69651	0,142877	0,033379	0,842847
P2 L.B C	25,4	5,676667	5,143333	0,122459	0,142877	0,027036	0,846573
P3 L.B C	25,8	5,63	4,456667	0,656143	0,142877	0,021578	0,61819
P7 L.B C	26,43333	5,606667	5,036667	0,070078	0,142877	0,019726	1,035267
P8 L.B C	26,36667	5,893333	5,036667	0,044677	0,142877	0,036483	0,73147
P4 LB - Superfície C	26,13333	5,65	5,096667	0,576637	0,142877	0,003382	0,67445
P5 LB-Meio C	26,13333	5,65	5,096667	0,044677	0,142877	0,022916	0,86004
P6 LB-Fundo C	26,13333	5,65	5,096667	0,175707	0,0492	0,039646	1,367367
P9 LB- Saída C	27,06667	5,853333	4,89	0,171283	0,142877	0,030348	0,660583
P10 LB- Próximo C	25	5,493333	5,613333	0,656143	0,142877	0,030076	1,023967
P18 E. C	23,83333	5,853333	52,6	0,029911	0,412807	0,012365	1,1805
P11 A. C	22,66667	5,796667	57,9	2,246933	0,51237	0,094696	0,33495
P12 A. C	23,3	5,726667	13,34	2,6464	0,371293	0,128297	0,6855
P13 A. C	22,7	5,706667	34,93333	2,920067	0,34904	0,125317	0,348073
P23 A. C	24,41667	5,806667	52,5	3,4114	0,33506	0,050014	0,905187
P21 A. C	26,03333	5,82	53,8	2,589267	0,57224	0,082705	1,223533
P20 A. C	25,13333	5,823333	51,3	2,372033	0,336827	0,084933	0,702853
P22 A. C	23,96667	5,673333	85,33333	7,8711	0,551897	0,153817	0,485627
P1 L.B S	26,1	6,72	5,306667	0,449125	0,386173	0,012498	0,04316
P2 L.B S	26,4	6,2	5,743333	0,234747	0,413997	0,012498	0,04316
P3 L.B S	25,96667	6,186667	5,48	0,042668	0,142877	0,012498	0,04316
P7 L.B S	27,2	6,576667	5,686667	0,177137	0,453603	0,012498	0,04316
P8 S L.B S	26,63333	6,513333	5,48	0,220733	0,586003	0,012498	0,04316
P4 LB- Superfície S	24,76333	7,67	5,16	0,239783	0,423397	0,012498	0,04316
P5 LB-Meio S	28,23333	6,55	4,99	0,255197	0,33912	0,012498	0,04316
P6 LB-Fundo S	27,5	5,92	4,433333	0,07583	0,2715	0,012498	3,548933
P9 LB-Saída S	26,83333	6,296667	5,58	0,351755	0,448617	0,012498	0,04316
P10 LB- Próximo S	27,56667	6,553333	5,906667	0,193973	0,432733	0,012498	0,04316
P11 A. S	22,53333	5,44	72,23333	1,483067	0,935217	0,012498	0,04316
P12 A. S	22,76667	5,03	19,04667	0,41868	0,702607	0,012498	0,016188
P13 A. S	23	5,273333	48,1	0,37174	0,764877	0,012498	0,05449
P18 A. S	23,46667	5,736667	82	0,070078	0,142877	0,012498	0,04316
P20 A. S	24,1	5,756667	80,03333	0,187333	2,023933	0,552727	0,074019

<b>P21 A. S</b>	24,56667	5,443333	86,93333	0,260957	1,735667	0,571347	0,076185
<b>P22 A. S</b>	22,53333	5,616667	77,53333	2,048733	2,0158	0,812137	0,080467
<b>P23 A. S</b>	22,53333	5,7	48,1	0,17708	0,160747	0,012498	0,304493
<b>P24 E. S</b>	22,8	5,96	3,83	0,048523	0,497577	0,012498	0,04316
<b>P25 E. S</b>	22,53333	6,806667	2,74	0,1117	0,58763	0,012498	0,512027
<b>P26 E. S</b>	24,16667	6,096667	112,0667	0,00823	0,375933	0,012498	0,748307
<b>P28 E. S</b>	21,73333	5,833333	7,236667	0,14022	0,672543	0,012498	0,43237
<b>P29 E. S</b>	22,73333	5,626667	81,03333	0,276813	0,732183	0,012498	0,305097
<b>P30 E. S</b>	22,1	6,72	55,33333	0,077029	0,091767	0,012498	0,660013