



UNIVERSIDAD DE BRASÍLIA - UNB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IG

**ESTUDO GEOQUÍMICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA
DO RIACHO FUNDO - DF**

Dissertação de Mestrado N° 54

ALEXANDRE MORAIS DE CARVALHO

Orientador: Prof. Geraldo Resende Boaventura

BRASÍLIA - DF

2013



UNIVERSIDAD DE BRASÍLIA – UNB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IG

ii

**ESTUDO GEOQUÍMICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA
DO RIACHO FUNDO - DF**

Dissertação de Mestrado N° 54

ALEXANDRE MORAIS DE CARVALHO

Orientador: Prof. Geraldo Resende Boaventura

BRASÍLIA - DF
2013

ii



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - IG

**ESTUDO GEOQUÍMICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA
DO RIACHO FUNDO - DF**

Dissertação de Mestrado N° 54

ALEXANDRE MORAIS DE CARVALHO

Orientador: Geraldo Resende Boaventura

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Geraldo Resende Boaventura (Orientador)

Prof. Dr. Luciano Soares da Cunha (Membro Interno – IG/UnB)

Prof. Dra. Cláudia Valéria de Lima (Membro Externo –UFG)

BRASÍLIA - DF

2013

*Aos meus pais, Diógenes e Elza e aos meus
queridos irmãos Filippe e Guilherme.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai Diógenes pela paciência, sabedoria e disponibilidade em contribuir à sua maneira.

À minha mãe Elza pelo amor.

Aos meus irmãos, Filippe e Guilherme, meus melhores companheiros e amigos.

Ao meu orientador, Geraldo Resende Boaventura, pela orientação e comprometimento com este trabalho.

Ao Luciano Soares da Cunha pela disponibilidade em contribuir.

À Talita e Claudio José, por contribuírem de forma efetiva em todas as etapas deste trabalho.

Ao colega Daniel Santos Mulholland, pelo auxílio no tratamento estatístico das análises.

Ao Rodrigo Couto do IBRAM, pela grande contribuição, atenção e disponibilidade.

Aos Químicos e servidores do Laboratório de Geoquímica da UnB Myller de Souza Tonhá e Fernando Souza Cavalcante, pela pronta disponibilidade e fundamental contribuição.

Ao Instituto de Geociências pelo apoio logístico e material.

RESUMO

A água é elemento vital para a saúde e bem-estar dos homens e para o equilíbrio dos ecossistemas, além de constituir fator de produção de várias atividades humanas. No entanto, ela vem sofrendo alterações com o crescimento demográfico, o que pode ser verificado na deterioração dos mananciais, com a conseqüente diminuição da quantidade e qualidade desse recurso. Dessa forma, a água passou a ser uma preocupação crescente, não apenas no que se refere à quantidade disponível, mas, principalmente, em relação à sua qualidade, acarretando prejuízos e restrições nos seus múltiplos usos. O objetivo desse trabalho é o estudo geoquímico das águas superficiais da bacia do Riacho Fundo, quantificando parâmetros físicos e químicos pré-determinados (pH, temperatura, condutividade elétrica, alcalinidade, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , F^- , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NH_3 e HCO_3^-). Com isso, aplicando-se a análise estatística das principais componentes sobre os resultados, correlacionou-se às atividades de uso, cobertura e ocupação do solo, identificando as ações que degradam a qualidade da água nesta bacia. Esta área de estudo está localizada na cidade de Brasília – DF, mais especificamente na Bacia do Riacho Fundo, que integra a Bacia do Rio Paranoá. As principais vias que dão acesso à esta bacia são a Estrada Parque Núcleo Bandeirante – EPNB (ao sul), Estrada Parque Taguatinga – EPTG e a Estrada Parque Ceilândia – EPCL, conhecida como via Estrutural (ao norte). No tratamento estatístico dos dados foi utilizado Análise das Principais Componentes (APC), que identificou quatro grupos. Foram verificadas alterações nos parâmetros pH, condutividade elétrica, alcalinidade, Ca^{2+} e Mg^{2+} que denunciam a construção civil como atividade causadora de relevante impacto sobre a qualidade da água nesta bacia, bem como os parâmetros pH, condutividade elétrica, alcalinidade, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e NO_3^- denunciaram alterações na qualidade da água provocada por atividade agrícola, os parâmetros Na^+ , Cl^- e NO_3^- mostraram a presença de efluentes urbanos e de pequenas indústrias em estágio mais remoto e oxidado, e os parâmetros Na^+ , Cl^- , NO_3^- e NH_3 denunciaram a presença de efluentes em estágio de degradação mais recente.

ABSTRACT

Water is vital to the health and well-being of humanity and for the balance of ecosystems, and form factor of production of various human activities. However it has been changing with the population growth, which can be seen in the deterioration of water sources, with the consequent reduction in the quantity and quality of this resource. Thus, water has become a growing concern, not only as regards the quantity available, but mainly in relation to its quality, causing damages and restrictions on its multiple uses. The aim of this work is the geochemical study of surface water basin Ricaho Fundo, quantifying physical and chemical parameters pre-determined (pH, temperature, conductivity, alkalinity, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , F^- , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NH_3 e HCO_3^-). Thus, applying the statistical analysis of the main components on the results, was correlated to use activities, cover and occupation of the land, identifying the actions that degrade the water quality in this basin. This study area is located in the city of Brasilia - DF, specifically in the Basin Ricaho Fundo, part of the River Basin Paranoá. The main roads leading to this basin are Estrada Parque Núcleu Bandeirante - EPNB (south), Estrada Parque Taguatinga - EPTG and Estrada Parque Ceilândia - EPCL, known as Estrutural (north). In the statistical treatment of the data was used Analysis of Main Components (APC), which identified four groups. Changes were observed in the parameters pH, electrical conductivity, alkalinity, Ca^{2+} and Mg^{2+} that denounce the construction as an activity causing significant impact on water quality in this basin, as well as the parameters pH, electrical conductivity, alkalinity, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ and NO_3^- reported changes in water quality caused by agricultural activity. The parameters Na^+ , Cl^- and NO_3^- showed the presence of effluents and small industries on stage more remote and rusted, and the parameters Na^+ , Cl^- , NO_3^- and NH_3 denounced the presence of effluent in the younger stage of degradation.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos.....	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 CO ₂ na Água	4
2.2 Adubos químicos que são possíveis fontes de elementos encontrados nas águas	5
2.3 Tratamento da água pela Caesb	7
2.4 Composição química e mineral dos solos.....	9
2.5 Parâmetros de qualidade de água avaliados	10
2.6 Íons presentes na água.....	14
3 ÁREA DE ESTUDO	15
3.1 Contexto Geológico	16
3.2 Solos	18
3.3 Recursos Hídricos.....	20
3.4 Hidrogeologia.....	23
3.5 Clima.....	23
3.6 Uso e Cobertura Vegetal	25
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
4.1 Amostragem.....	32
4.2 Análises Laboratoriais.....	33
4.3 Métodos estatísticos.....	35
4.4 Controle de qualidade analítico (Balanço iônico).....	36
4.5 Organização do banco de dados geográfico	37
5 RESULTADOS	37
5.2 Análise de principais componentes (PCA).....	65
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
7 REFERÊNCIAS.....	73

ANEXO: RESULTADO DAS ANÁLISES QUÍMICAS E BALANÇO IÔNICO.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da área de estudo com a bacia do Riacho Fundo destacada em vermelho.	15
Figura 2: Carta geológica da bacia hidrográfica do lago Paranoá, destacando a sub-bacia do Riacho Fundo.	19
Figura 3: Carta pedológica da Bacia do Lago Paranoá, destacando a sub-bacia do Riacho fundo.	21
Figura 4: Bacia hidrográfica do Lago Paranoá.....	22
Figura 5: Carta hidrogeológica da Bacia do Lago Paranoá.	24
Figura 6: Gráfico de precipitação do período de junho/2011 a maio/2012 do DF.....	25
Figura 7: Mapa de uso/cobertura vegetal.	26
Figura 8: Composição colorida TM4(R), TM5(G) e TM3(B): (b) de 20/06/1984.	30
Figura 9: Composição colorida TM4 (R), TM5 (G), TM3 (B): DE 25/08/2011.	31
Figura 10: Córrego Riacho Fundo, ponto de coleta número 04.....	32
Figura 11: Córrego Vicente Pires, ponto de coleta número 07.....	33
Figura 12: Água coletada no dia 01/11/2012 (2ª coleta) para análise no Laboratório de Geoquímica – UnB.	34
Figura 13: Gráfico comparativo do pH contendo as três coletas.	39
Figura 14: Gráfico comparativo do Condutividade Elétrica contendo as três coletas.	41
Figura 15: Gráfico comparativo da concentração de cálcio das três coletas.....	44
Figura 16: Gráfico comparativo da concentração de magnésio das três coletas medidos em mg/L.	46
Figura 17: Gráfico comparativo da concentração de sódio das três coletas medidos em mg/L	48
Figura 18: Gráfico comparativo da concentração do potássio das três coletas medidos em mg/L.	50
Figura 19: Gráfico comparativo da concentração de fluoreto das três coletas medidos em mg/L .	51
Figura 20: Gráfico comparativo da concentração de magnésio das três coletas medidos em mg/L	53
Figura 21: Gráfico comparativo da concentração de nitrato das três coletas medidos em mg/L....	55
Figura 22: Gráfico comparativo da concentração de fosfato das três coletas medidos em mg/L...	57
Figura 23: Gráfico comparativo da concentração de sulfato das três coletas medidos em mg/L. ..	59
Figura 24: Gráfico comparativo da concentração de bicarbonato das três coletas medidos em mg/L.....	61
Figura 25: Gráfico comparativo da concentração de amônia das três coletas medidos em mg/L. .	63
Figura 26: Ponto de coleta número 10, córrego Vicente Pires.....	64
Figura 27: Ponto de coleta número 10, córrego Vicente Pires. Esgoto sendo despejado direto no córrego.....	65

Figura 28: Agrupamentos da componente 1 dos parâmetros de acordo com os pesos obtidos na APC.....	67
Figura 29: Agrupamento da componente dos parâmetros de acordo com os pesos obtidos na APC.	67
Figura 30: Agrupamento dos pontos de acordo com os pesos das componentes.....	69

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Íons liberados no contexto geológico do Distrito Federal. Fonte: Mizuno (2012)	14
Tabela 2: Descrição dos pontos de coleta.	27
Tabela 3: Resultados amostrais de pH das três coletas	39
Tabela 4: Resultados amostrais da Condutividade Elétrica medida em $\mu\text{S}/\text{cm}$ das três coletas.	41
Tabela 5: Resultados amostrais de cálcio das três coletas.	44
Tabela 6: Resultados amostrais de magnésio das três coletas.....	46
Tabela 7: Resultados amostrais de sódio das três coletas.	48
Tabela 8: Resultados amostrais do potássio nas três coletas.....	50
Tabela 9: Resultados amostrais de fluoreto das três coletas.	52
Tabela 10: Resultados amostrais de cloreto das três coletas.....	54
Tabela 11: Resultados amostrais de nitrato das três coletas.....	56
Tabela 12: Resultados amostrais de fosfato das três coletas.....	57
Tabela 13: Resultados amostrais de sulfato das três coletas.	60
Tabela 14: Resultados amostrais de bicarbonato das três coletas.	62
Tabela 15: Resultados amostrais de amônia das três coletas.	64
Tabela 16: Matriz do Agrupamento de Principais Componentes.	68
Tabela 17: Agrupamento das Principais Componentes por ponto de coleta.....	69
Tabela 18: Tabela comparativa de parâmetros de qualidade de água realizadas no DF	70

1 INTRODUÇÃO

A água é elemento vital para a saúde e bem-estar dos homens e para o equilíbrio dos ecossistemas, além de constituir fator de produção de várias atividades humanas. No entanto, ela vem sofrendo alterações com o crescimento demográfico, o que pode ser verificado na deterioração dos mananciais, com a conseqüente diminuição da quantidade e qualidade desse recurso.

O Brasil é, reconhecidamente, donatário de um dos patrimônios hídricos mais importantes do planeta. A magnitude desse patrimônio da também a medida da responsabilidade dos brasileiros quanto a sua conservação e uso sustentável, em nosso próprio benefício, do equilíbrio ecológico planetário e da sobrevivência da humanidade. Temos posição privilegiada no mundo, em relação à disponibilidade de recursos hídricos.

A vazão média anual dos rios em território brasileiro é de cerca de 180 mil metros cúbicos por segundo (m^3/s). Este valor corresponde a aproximadamente 12% da disponibilidade mundial de recursos hídricos, que é 1,5 milhões de m^3/s . Se forem levadas em conta as vazões oriundas de território estrangeiro e que ingressam no país (Amazônica, 86.321mil m^3/s ; Uruguai, 878 m^3/s e Paraguai, 595 m^3/s), a vazão média total atinge valores da ordem de 267 mil m^3/s ou seja, cerca de 18% da disponibilidade mundial.

De acordo com o documento Conjuntura dos Recursos Hídricos – 2011, elaborado pela Agência Nacional de Águas, 69% do consumo de água no Brasil é utilizada na irrigação, 10% em locais urbanos, 12% consumo animal, 7% pelas indústrias e 2 % pela população rural, de um total de 986,4 m^3/s .

No Brasil, 70% da água doce está disponível na região Amazônica, que por sua vez abriga 5% da população, ou seja, os outros 30% estão livres para consumo de 95% dos brasileiros (Setti *et al.*, 2001). Com isso pode-se perceber que a escassez de água em algumas regiões do Brasil está relacionada ao alto consumo em locais de elevada densidade demográfica, agravado pela degradação da qualidade desse recurso e a problemas relacionados ao clima em virtude da existência de áreas de baixa precipitação.

Dessa forma, a água passou a ser uma preocupação crescente, não apenas no que se refere à quantidade disponível, mas, principalmente, em relação à sua qualidade, acarretando prejuízos e restrições nos seus múltiplos usos (Bilich, 2007).

Os problemas relativos à qualidade da água envolvem diversas áreas do conhecimento ambiental e promovem estudos na determinação das potenciais fontes de contaminação resultantes de disposições inadequadas dos resíduos líquidos e sólidos, de natureza doméstica e industrial, e

das atividades agrícola e pecuária, entre outros. Todas essas ações antropogênicas provocam impactos que se inter-relacionam com os processos naturais que ocorrem em uma bacia hidrográfica. Essas alterações têm levado a uma inovação conceitual, na qual a água passou a ser considerada um bem econômico e finito, conforme estabelece a legislação brasileira dos recursos hídricos, com avanços no gerenciamento desse recurso, de forma a atender aos seus usos múltiplos, impondo, assim, a necessidade de se buscar um modelo de gestão das águas (Tucci, 1997).

A área do bioma Cerrado, que ocupa grande parte do planalto central do território brasileiro, é caracterizada por apresentar precipitação média de 1.660 mm anuais, sujeita a variações sazonais importantes (período pronunciado de chuvas intensas e estiagens severas, com 4 a 5 meses de duração) o que gera relativa baixa na disponibilidade de recursos hídricos. O Cerrado possui relevo plano que facilita a expansão de novas fronteiras agrícolas, em especial de culturas mecanizadas como soja e milho. Estes cultivos se apoiam na larga utilização das reservas hídricas regionais; por ocasião das estiagens sazonais, essa elevada exploração tem resultado em conflitos de uso como o abastecimento público de água nas cidades da região. Por outro lado, quando ocorrem chuvas intensas, surgem problemas de assoreamento e contaminação por agroquímicos, agravados pela retirada sistemática da vegetação ciliar. Há ainda problemas de poluição urbana, especialmente em cidades localizadas em divisores de águas e nascentes. Como esta região localiza-se à montante dos principais rios brasileiros, os problemas mencionados podem impactar outras áreas à jusante (Lanna *et al*, 2007).

A geoquímica ambiental estuda a distribuição e o comportamento dos elementos químicos no meio ambiente e seus recursos naturais (água, solo, vegetais e animais) identificando as alterações, sejam elas de origem natural ou antrópica. O estudo dos recursos hídricos visa caracterizar os processos atuantes na bacia, propor mudanças de uso e ocupação do solo, com o objetivo de preservar os requisitos de usos múltiplos com vista à qualidade e quantidade para as futuras gerações, colaborando para a gestão atual sustentável dos recursos hídricos.

1.1 Objetivos

O objetivo desse trabalho é o estudo geoquímico das águas superficiais da bacia do Riacho Fundo, quantificando parâmetros físicos e químicos pré-determinados (pH, temperatura, condutividade elétrica, alcalinidade, salinidade, cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), fluoreto (F^-), cloreto (Cl^-), nitrato (NO_3^-), fosfato (PO_4^{3-}), sulfato (SO_4^{2-}) amônio

(NH₃) e bicarbonato (HCO₃⁻). Com isso, através da análise estatística dos resultados, correlacionar às atividades de uso, cobertura e ocupação do solo e identificar as ações que degradam a qualidade da água nesta bacia.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Castillo, (2009) identificou o escoamento superficial da água e a declividade do terreno como preditores de níveis de nitrogênio e fósforo, sugerindo que o uso da terra e topografia podem influenciar a exportação de nutrientes na bacia Guare – Venezuela.

Moura *et al* (2010), observaram em trabalho desenvolvido na bacia Hidrográfica do Gama (Brasília, DF), no Ribeirão do Gama, a associação entre parâmetros cálcio, magnésio, alumínio e silício, que apontaram para um aporte de componentes químicos que denunciam a ausência da vegetação de cobertura do solo, por sua vez, substituída por habitações e obras de infraestrutura. Observaram também a diminuição da concentração de elementos químicos em função do aumento das vazões, e atribuiu esse processo à diluição desses elementos pela água da chuva. Constataram ainda, que a presença do ferro e alumínio está associada a erosões ocorridas no local e o magnésio à áreas de produção de hortifrutigranjeiros. Compostos nitrogenados, cálcio, magnésio e potássio foram atribuídos ao aporte por fertilizantes agrícolas.

Boaventura e Freitas (2006), identificaram indicadores de interferência humana em águas subterrâneas do Distrito federal. Os aquíferos mais explorados do DF são influenciados pelas águas subterrâneas rasas (zona vadosa), conseqüentemente, sensíveis às mudanças da superfície. Baixa condutividade, pH abaixo de 5 e concentração de cálcio, sódio e potássio abaixo de 0,45 mg/l caracterizam a água isenta de impacto antrópico. O aumento da condutividade é interpretado como o primeiro sinal de alteração da qualidade da água. Concentrações anômalas de sódio, cloreto e nitrato, bem como altos valores de alumínio e cobre, e concentrações de cálcio maior que a de sódio, aliado a um alto valor de pH indicam, respectivamente, diluição de esgoto e atividades agrícolas.

Carmo *et al* (2001), verificaram em estudo realizado na Bacia do Descoberto no DF que a ausência de mata ciliar é um fator importante no enriquecimento dos elementos em rios e mananciais. Observaram também que os sedimentos de corrente constituem um importante veículo de poluentes para o corpo aquoso.

Carmo *et al* (2005), verificaram a influência de esgoto em águas da bacia do Rio Descoberto (Distrito Federal) através de anomalias nos parâmetros de alcalinidade, fosfato e

amônia. O cálcio foi associado tanto a sua origem geológica quanto à atividade agrícola (corretivos), porém, a análise de correlação entre os parâmetros determinados denunciou a urbanização desordenada e o uso excessivo de fertilizantes em áreas da bacia.

Abdel Hallem *et al.* (2001), descreveram que a origem do Fe, Zn, Co, Cr, e La nos solos agrícolas provém das rochas calcárias utilizada na produção dos fertilizantes, principalmente os superfosfatados. Esta situação é uma explicação para a alta concentração de La, considerando que a área está inserida em propriedade do INCRA, onde são cultivados soja, milho e feijão.

Mulholland *et al* 2010, observou que a utilização de análise multivariada na interpretação de dados hidrogeoquímicos da Bacia do alto curso do rio Paracatu - MG, permitiu construir um modelo para a interpretação dos principais processos, contribuindo com a distinção dos parâmetros de origem geológica dos antrópicos e a classificação da água de acordo com a sua composição predominante.

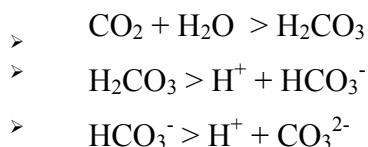
O relatório da CETESB de 2011, do estado de São Paulo, mostra que houve uma melhora na qualidade das águas no período seco, através do aumento da categoria ótima e diminuição da regular, indicando que as cargas difusas podem causar, no período chuvoso, maior impacto negativo na qualidade das águas do que o incremento das vazões para diluição dos poluentes. Já as categorias Ruim e Péssima praticamente não se alteraram, independente da época.

Mizuno (2012), observou que no Distrito Federal poços localizados em diferentes sistemas aquíferos apresentaram elevados teores de nitrato e cloreto, além de condutividade elétrica. A aplicação da metodologia estatística de Análise de Principais componentes agrupou tais poços na categoria referente à contribuição antrópica, já que os referidos ânions não podem ser provenientes de rochas. Altas concentrações de nitrato e cloreto nas águas subterrâneas estão associadas à entrada de efluentes no sistema aquífero ou à composição original das águas de infiltração.

2.1 CO₂ na Água

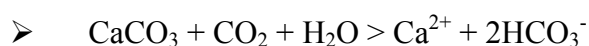
Feitosa *et al* (2008), colocam que a origem do CO₂ é múltipla e sua magnitude varia durante o percurso da água até zonas mais profundas. Como a quantidade natural de CO₂ na atmosfera é relativamente baixa (350 mg/L), na água da chuva o CO₂ dissolvido é baixo. As fontes mais expressivas de CO₂ nas águas estão associadas às reações químicas e biológicas no solo, como biotransformação da matéria orgânica, dissolução dos carbonatos dos sedimentos e fenômenos de origem magmática das águas. No solo, a produção é máxima na parte superior (20

cm), onde a matéria orgânica e os microorganismos são abundantes. As reações de equilíbrio químico do CO₂ dissolvido nas águas são as seguintes:



O equilíbrio entre dióxido de carbono (CO₂), íons bicarbonato (HCO₃⁻) e carbonato (CO₃²⁻) têm um efeito tampão sobre o pH da água, razão pela qual a faixa de variação é relativamente pequena nas águas naturais (5-9). O íon bicarbonato é a espécie predominante na faixa de pH encontrada na maioria das águas. O CO₂ predomina em águas ácidas. Analiticamente, é muito difícil distinguir as espécies CO₂ e H₂CO₃ dissolvidos na água. A soma das duas espécies é representada nas reações, de forma hipotética, pelo H₂CO₃. A alcalinidade da água resulta, principalmente, da dissociação do H₂CO₃, representada pela concentração do íon HCO₃⁻.

A reação da calcita (CaCO₃) com o CO₂ depende da Temperatura, Pressão, [HCO₃⁻] e da atividade ou pressão parcial do CO₂. A reação geral é:



2.2 Adubos químicos que são possíveis fontes de elementos encontrados nas águas

As plantas são formadas de compostos de oxigênio, hidrogênio carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, enxofre, magnésio, ferro, manganês, cobre, cloro, zinco, e vários outros elementos. Desta maneira, os nutrientes necessários ao desenvolvimento das plantas são classificados em macronutrientes e micronutrientes. Os macronutrientes são os elementos exigidos em maior proporção, geralmente quilos por hectare. São eles, o N, P, Ca, Mg, K e S. E os Micronutrientes são os elementos exigidos em menor quantidade pelas plantas, são B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn; e algumas plantas não vivem sem o Na.

De acordo com Malavolta et al (2002), os fertilizantes minerais são produtos de natureza inorgânica, naturais ou sintéticos, fornecedores de nutrientes vegetais. Esses fertilizantes são divididos de acordo com a espécie do principal nutriente que contém.

Nitrogenados

- Uréia – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ - Apresenta 45% de nitrogênio (N) solúvel em água. No solo, o nitrogênio da uréia transforma-se em amônia (NH_3) gasosa e esta em nitrato (NO_3).
- Sulfato de amônio – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – Apresenta 21% de nitrogênio.
- Nitrato de sódio (salitre do Chile) – NaNO_3 .
- Nitrato de potássio – KNO_3 .
- Nitrato de sódio e potássio ou salitre duplo potássico – $\text{NaNO}_3\text{KNO}_3$ – Apresenta 15% de nitrogênio (N) e 14% de potássio (K_2O), solúveis em água.
- Nitrato de amônio – NH_4NO_3 – Apresenta 33,5% de nitrogênio solúvel em água, metade na forma nítrica e metade na forma amoniacal.
- Nitrocálcio: NH_4NO_3 + calcário – Apresenta 27% de nitrogênio (N) solúvel em água, além de 2,8% a 3,5% de cálcio (Ca) e 1,2% a 1,8% de Magnésio (Mg).
- Sulfonitrato de amônio – NH_4NO_3 + $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – apresenta 26% de Nitrogênio (N) e também 15% de enxofre (S), solúveis em água.

Fosfatados

Os fertilizantes fosfatados podem ter o seu fósforo solúvel ou insolúvel em água. São eles:

- Superfosfato simples – $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – apresenta 16% a 18% de fósforo (P_2O_5) solúvel em água.
- Superfosfato triplo – $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ – Apresenta 38% a 40% de fósforo (P_2O_5) solúvel em água.
- Fosfato monoamônico – $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ – Também conhecido por MAP. Apresenta 10% de nitrogênio (N) e 46% a 50% de fósforo (P_2O_5), solúveis em água.
- Fosfato diamônico – $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ – Conhecido por DAP, apresenta 16% de nitrogênio (N) e 38% a 40% de fósforo (P_2O_5), solúveis em água.
- Termofosfato magnésiano – $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaSiO}_3 \cdot \text{MgSiO}_3$ - Apresenta 18% de fósforo (P_2O_5) total. Apresenta ainda 20% de cálcio (Ca) e 9% de magnésio (Mg); também tem capacidade de neutralizar a acidez do solo.

Potássicos

- Cloreto de potássio: KCL – Apresenta 60 a 62% de potássio (K_2O) solúvel em água.

- Sulfato de potássio e magnésio: $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ – Com 22% de potássio (K_2O), 11% de magnésio e 22% a 23% de enxofre (S), solúveis em água.

Cálcicos e magnesianos

São considerados fertilizantes cálcicos e magnesianos os corretivos de acidez, nos quais o cálcio geralmente está associado ao magnésio.

- Calcário calcítico: $CaCO_3$ - A matéria prima para todos os produtos a base de cal é a rocha natural, que tem em sua composição em maior parte carbonato de cálcio.
- Calcário Dolomítico: $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ - O calcário dolomítico diferencia-se do calcítico pela presença de magnésio em sua composição química.
- Sulfato de cálcio ou gesso: $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.
- Sulfato de magnésio: $MgSO_4 \cdot 7H_2O$.
- Nitrato de magnésio: $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$.
- Cloreto de magnésio: $MgCl_2 \cdot 6H_2O$.

2.3 Tratamento da água pela Caesb

A necessidade de descrever esse processo de tratamento da água consumida no Distrito Federal torna-se necessário para a explicação da ocorrência de alguns elementos encontrados na análise química da água da bacia do Riacho Fundo. Dessa forma, é colocado de maneira breve o tratamento da água realizadas pela Caesb.

O tratamento da água pode ser realizado para atender diversos aspectos:

1. Higiênicos – remoção de bactérias, vírus e outros microrganismos, de substâncias nocivas, redução do excesso de impurezas e dos teores elevados de compostos orgânicos;
2. Estéticos - correção da cor, sabor e odor;
3. Econômicos – redução de corrosividade, cor, turbidez, ferro e manganês.

Os serviços públicos de abastecimento devem fornecer água sempre saudável e de boa qualidade. Portanto, o seu tratamento apenas deverá ser adotado depois de demonstrada sua necessidade e, sempre que for aplicado, deverá compreender apenas os processos imprescindíveis à obtenção da qualidade da água que se deseja.

A necessidade de tratamento e os processos exigidos deverão então, ser determinados com base em inspeções sanitárias e nos resultados de análises (físico-químicas e bacteriológicas) representativas do manancial a ser utilizado como fonte de abastecimento.

Dependendo da qualidade da água a ser tratada, algumas destas etapas a seguir poderão não ser necessárias para a devida potabilização da água a ser distribuída. A CAESB, dependendo das características da água a ser tratada, adota diversos tipos de tratamento que vão desde um tratamento completo (ETA convencional) até tratamento mais simplificado, com cloração e fluoretação apenas.

O tratamento convencional é composto das seguintes etapas:

1. Coagulação e Floculação

Nesta etapa, as impurezas presentes na água são agrupadas pela ação do coagulante, em partículas maiores (flocos) que possam ser removidas pelo processo de decantação. Os reagentes utilizados são denominados de coagulantes, que normalmente são o Sulfato de Alumínio e o Cloreto Férrico.

Nesta etapa, também poderá ser necessária a utilização de um alcalinizante (Cal Hidratada ou Cal Virgem) que fará a necessária correção de pH para uma atuação mais efetiva do coagulante.

Na coagulação ocorre o fenômeno de agrupamento das impurezas presentes na água e, na floculação a produção efetiva de flocos.

2. Decantação

Os flocos formados são separados da água pela ação da gravidade em tanques normalmente de formato retangular.

3. Filtração

A água decantada é encaminhada às unidades filtrantes onde é efetuado o processo de filtração. Um filtro é constituído de um meio poroso granular, normalmente areia, de uma ou mais camadas, instalado sobre um sistema de drenagem, capaz de reter e remover as impurezas ainda presentes na água.

4. Desinfecção

Para efetuar a desinfecção de águas de abastecimento utiliza-se um agente físico ou químico (desinfetante), cuja finalidade é a destruição de microrganismos patogênicos que possam transmitir doenças através das mesmas.

Normalmente são utilizados em abastecimento público os seguintes agentes desinfetantes, em ordem de frequência: cloro, ozona, luz ultravioleta e íons de prata.

A Caesb utiliza como agente desinfetante o cloro na sua forma gasosa, que é dosado na água através de equipamentos que permitem um controle sistemático de sua aplicação.

5. Fluoretação

A fluoretação da água de abastecimento público é efetuada através de compostos à base de flúor. A aplicação destes compostos na água de abastecimento público contribui para a redução da incidência de cárie dentária em até 60%, se as crianças ingerirem desde o seu nascimento quantidades adequadas de íon fluoreto.

A Caesb utiliza como agentes fluoretantes em suas unidades de tratamento o fluossilicato de sódio e o ácido fluossilícico. A dosagem média utilizada de íon fluoreto é de 0,8 mg/l de acordo com a temperatura local.

2.4 Composição química e mineral dos solos

Raij (1991), afirma que apenas nove elementos constituem a maior parte das rochas ígneas que formam os solos. São eles oxigênio, silício, alumínio, ferro, em maiores quantidades e cálcio, sódio, potássio, magnésio e titânio em menores quantidades. Oxigênio é o elemento mais abundante em peso e, principalmente em volume, formando pontes de ligações entre os principais elementos em quase todos os minerais. Quando os solos se formam a partir de rochas ou sedimentos não consolidados, alguns elementos químicos são perdidos, outros sofrem um aumento de concentração relativa. Ocorrem perdas de cálcio, magnésio, potássio, sódio e silício. O ferro e o alumínio, que não são removidos, aumentam em concentração, bem como o titânio e o manganês, que aparecem em teores menores. Em solos mal drenados, o ferro e o manganês também podem ser removidos do solo.

Quando os solos se formam a partir de rochas ou sedimentos não consolidados, alguns elementos químicos são perdidos, outros sofrem um aumento de concentração relativa. Ocorrem perdas de cálcio, magnésio, potássio, sódio e silício. O ferro e o alumínio, que não são em geral

removidos aumentam em concentração, bem como o titânio e o manganês, que aparecem em teores menores. Os principais minerais que ocorrem em solos são do grupo dos silicatos e óxidos de ferro e alumínio.

2.5 Parâmetros de qualidade de água avaliados

Físicos

Temperatura

Em relação a qualidade das águas, a temperatura é importante por acelerar reações químicas e reduzir a solubilidade dos gases, bem como acentuar o sabor e odor das águas naturais.

Condutividade Elétrica (CE)

Condutividade elétrica é a medida da facilidade de uma água conduzir corrente elétrica e está diretamente ligada ao teor de sais dissolvidos sob a forma de íons. A condutividade aumenta com a elevação da temperatura, por isso que se saiba o valor desta temperatura de regência.

Químicos

pH

O pH é a medida da concentração hidrogeniônica da água ou solução sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre íons presentes. O pH é essencialmente uma função do gás carbônico dissolvido e da alcalinidade da água. Varia de 1 a 14, sendo neutro com o valor 7, ácido com valores inferiores a 7. A escala dos valores do pH é tal que a mudança de uma unidade significa um aumento de 10 vezes na concentração do íon hidrogênio.

Sólidos totais dissolvidos

Sólidos totais dissolvidos (STD) corresponde ao peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. Na maioria das águas naturais, a Condutividade Elétrica (CE) da água, multiplicada por um fator que varia entre 0,55 e 0,75, gera uma boa estimativa de STD (Funceme, 2013). Representa a concentração de todo o material dissolvido na água seja ou não volátil (Feitosa et al, 2008).

Alcalinidade

A alcalinidade é definida como a capacidade de uma água neutralizar ácidos, sendo uma consequência direta da presença e/ou ausência de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos.

Sódio (Na^+)

O sódio é o principal responsável pelo aumento constante da salinidade das águas naturais do ponto de vista catiônico. As águas com concentrações elevadas de sódio são prejudiciais às plantas por reduzir a permeabilidade do solo, sendo especialmente nocivas quando as concentrações de cálcio e magnésio são baixas. Essa abundância está ligada a ampla distribuição desse íon em minerais fontes, à baixa estabilidade química dos minerais que o contém bem como a alta solubilidade e difícil precipitação da maioria dos seus compostos químicos em solução.

Potássio (K^+)

O potássio ocorre em pequenas quantidades ou está ausente em águas subterrâneas, devido à sua intensa participação em processos de troca iônica, além da facilidade de ser adsorvido pelos minerais de argila e, de seus sais serem bastante utilizados pelos vegetais.

Carmo et al (2003), verificaram altas concentrações de potássio em locais de produção agrícola e urbanos localizados no Rio Melchior na Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto em Brasília.

Cálcio (Ca^{+2})

Os sais de cálcio possuem de moderada a elevada solubilidade, sendo muito comum precipitar como carbonato de cálcio. É um dos principais constituintes da água e o principal responsável pela dureza, apresentando-se sob a forma de bicarbonato e raramente como carbonato. A solubilidade do bicarbonato de cálcio aumenta em presença de sais de sódio (Na^+) e potássio (K^+). Moura (2008), relacionou a presença do cálcio e do magnésio à ocupação urbana na bacia do Gama em Brasília – DF.

Magnésio (Mg^{+2})

O magnésio apresenta propriedades semelhantes ao cálcio, porém, é mais solúvel e mais difícil de precipitar, ocorrendo em geral sob a forma de bicarbonato. Junto com o cálcio é responsável pela dureza.

Fluoreto (F⁻)

Possui solubilidade limitada e pouco contribui para a alcalinidade da água, pois sofre hidrólise rapidamente. Os fluoretos frequentemente são encontrados em pequenas concentrações nas águas subterrâneas. A principal fonte de fluoretos em rochas ígneas é a fluorita. A presença do cálcio limita a concentração do flúor. É muito tóxico para os vegetais.

Cloreto (Cl⁻)

O cloreto, em geral, é muito solúvel, possui uma forte tendência a absorver água e se liquefazer, é muito estável em solução, logo, dificilmente precipita. Não oxida e nem se reduz em águas naturais. O cloreto é um bom indicador de poluição para aterros sanitários e lixões. O relatório da CETESB (2012) coloca que a presença do cloreto em córregos evidencia descargas de esgotos sanitários.

Sperling (1996), diz que as fontes antrópicas do cloreto são despejos domésticos e industriais e águas utilizadas em irrigação de culturas agrícolas.

Nitrato (NO₃⁻)

O nitrato é muito solúvel e dificilmente precipita. É muito móvel e facilmente se dissolve em água, podendo ser removido das camadas superiores do solo para a água. O nitrato ocorre em geral em pequenas concentrações, representando o estágio final da oxidação da matéria orgânica. Teores acima de 5 mg/L podem ser indicativos de contaminação da água subterrânea por atividades antrópicas, tais como esgotos, fossas sépticas, depósitos de lixo, cemitérios, adubos nitrogenados, resíduos de animais entre outras fontes.

Castillo (2009), verificou o aumento das concentrações de nitrato em pontos de maior elevação relacionados a locais com encostas mais pronunciadas e a terras agrícolas e florestais, localizados no Rio Guare na Venezuela.

Amônio (NH₃)

Em um corpo d'água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição de maneira que a poluição recente está associada ao nitrogênio na forma de amônia, enquanto uma poluição mais remota está associada ao nitrogênio na forma de nitrato, Sperling (1996).

Fosfato (PO₄³⁻)

A importância do fósforo decorre do papel que desempenha no metabolismo biológico (armazenamento de energia e estruturação celular). Devido à ação de microrganismos, a

concentração de fosfato, geralmente é baixa em águas naturais. Valores acima de 1,0 mg/L geralmente são indicativos de águas poluídas. O fósforo por via antropogênica pode ser acrescido às águas subterrâneas por derivados de fertilizantes, detergentes, efluentes domésticos, inseticidas e pesticidas. A presença de Ca^{2+} limita a concentração do fosfato e a ocorrência do CO_2 dissolvido a favorece. O fosfato apresenta uma nítida tendência para formar compostos com vários íons e coligações fortes com os minerais de argila (Feitosa, 2008).

Bilich (2007) pontua que o fosforo também é um elemento utilizado em grandes quantidades na agricultura. O fertilizante comercialmente como “NPK” apresenta proporções variadas de fertilizantes fosfatados. As águas drenadas em áreas agrícolas, em virtude desses fertilizantes, podem apresentar teores elevados de fósforo, que são transportados para os cursos d’água por meio da erosão dos solos.

Carmo et al (2003) verificaram altas concentrações de fosforo em locais de produção agrícola e urbanos localizados no Rio Melchior na Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto em Brasília.

Sulfato (SO_4^{-2})

São sais que se dissolvem facilmente em água e moderadamente solúveis a muito solúveis, exceto os sulfatos de estrôncio e os de bário. Em meio redutor, com abundante matéria orgânica, pode sofrer uma redução bacteriana a S ou S^{-2} , porém em geral é estável (Feitosa, et al 2008).

Bicarbonato (HCO_3^-)

Este íon não sofre oxidação nem redução em águas naturais, porém, pode precipitar com muita facilidade como bicarbonato de cálcio.

Balanço iônico

Em uma análise hidroquímica completa, a concentração total de íons positivos (cátions) deve ser aproximadamente igual à concentração de íons negativos (ânions) medidos em miliequivalentes (www.funceme.br/index.php/software/qualigraf).

2.6 Íons presentes na água

Mizuno (2012), coloca de forma objetiva os principais íons liberados no contexto geológico do Distrito Federal na tabela a seguir:

Tabela 1: Íons liberados no contexto geológico do Distrito Federal. Fonte: Mizuno (2012)

Mineral	Íons Liberados	Litogia
Plagioclásio	Na^+ ; Si^{3+}	Arcóseos (Sistema Bambuí-Topo) Quartzitos (Sistemas Paranoá, Araxá e Canastra)
K- feldspato	K^+ ; Si^{3+}	Arcóseos (Subsistema Bambuí-Topo)
Muscovita	K^+ ; Si^{3+}	Xistos (Sistema Araxá) Quartzitos (Sistemas Paranoá, Araxá e Canastra)
Fengita	K^+ ; Si^{3+} ; Fe^{2+} ; Mg^{2+}	Ardósias (Subsistema A) Filitos e calcifilitos (Subsistema F e F/Q/M)
Sericita	K^+ ; Si^{3+}	Metapelitos e metamargas (Subsistema R ₄) Ardósias (Subsistema A) Filitos e calcifilitos (Sistema Canastra) Quartzitos (Sistemas Paranoá, Araxá e Canastra)
Biotita	Fe^{2+} ; Mg^{2+} ; Si^{3+}	Metapelitos (Subsistema R ₄) Xistos (Sistema Araxá) Quartzitos (Sistemas Paranoá, Araxá e Canastra) Calcáreos e dolomitos silicáticos
Glauconita	Fe^{2+} ; Mg^{2+} ; Si^{3+}	Subsistema R ₄
Pirofilita	Si^{3+}	Ardósias (A) Metapelitos (R ₃ /Q ₃ e R ₄)
Clorita	Fe^{2+} ; Mg^{2+} ; Si^{3+}	Ardósias (Subsistema A) Filitos e calcifilitos (Sistema Canastra) Xistos (Sistema Araxá) Metapelitos (R ₃ /Q ₃ e R ₄)
Caulinita	Si^{3+}	Arcóseos (Sistema Bambuí – Topo) Metapelitos (R ₃ /Q ₃ e R ₄)
Ilita	K^+ ; Fe^{2+} ; Mg^{2+} ; Si^{3+}	Argilitos (R ₄ e R ₃ /Q ₃)
Esmectita	Mg^{2+} ; Ca^{2+} ; Na^+ ; Si^{3+}	Argilitos (R ₄ e R ₃ /Q ₃)
Calcita	Ca^{2+} ; HCO_3^-	Calcáreos, margas, calcifilitos e mármoreos (PPC, Bambuí – Base, F/Q/M, R ₄ e S/A)
Dolomita	Mg^{2+} ; Ca^{2+} ; HCO_3^-	Dolomitos (Bambuí – Base e S/A) Carbonatos (PPC, F/Q/M, R ₄)

3 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na cidade de Brasília – D.F, mais especificamente na Bacia do Riacho Fundo, na parte sudoeste da cidade, e integra a Bacia do Lago Paranoá. As principais vias de acesso à bacia são a Estrada Parque Núcleo Bandeirante – EPNB (ao sul), Estrada Parque Taguatinga – EPTG e a Estrada Parque Ceilândia – EPCL, conhecida como via Estrutural (ao norte), e cortando as três vias de norte a sul, e mais a leste no interior da bacia passa a Estrada Parque Indústria e Abastecimento - EPIA.

O mapa a seguir mostra a localização da área de estudo destacada pela cor vermelha.

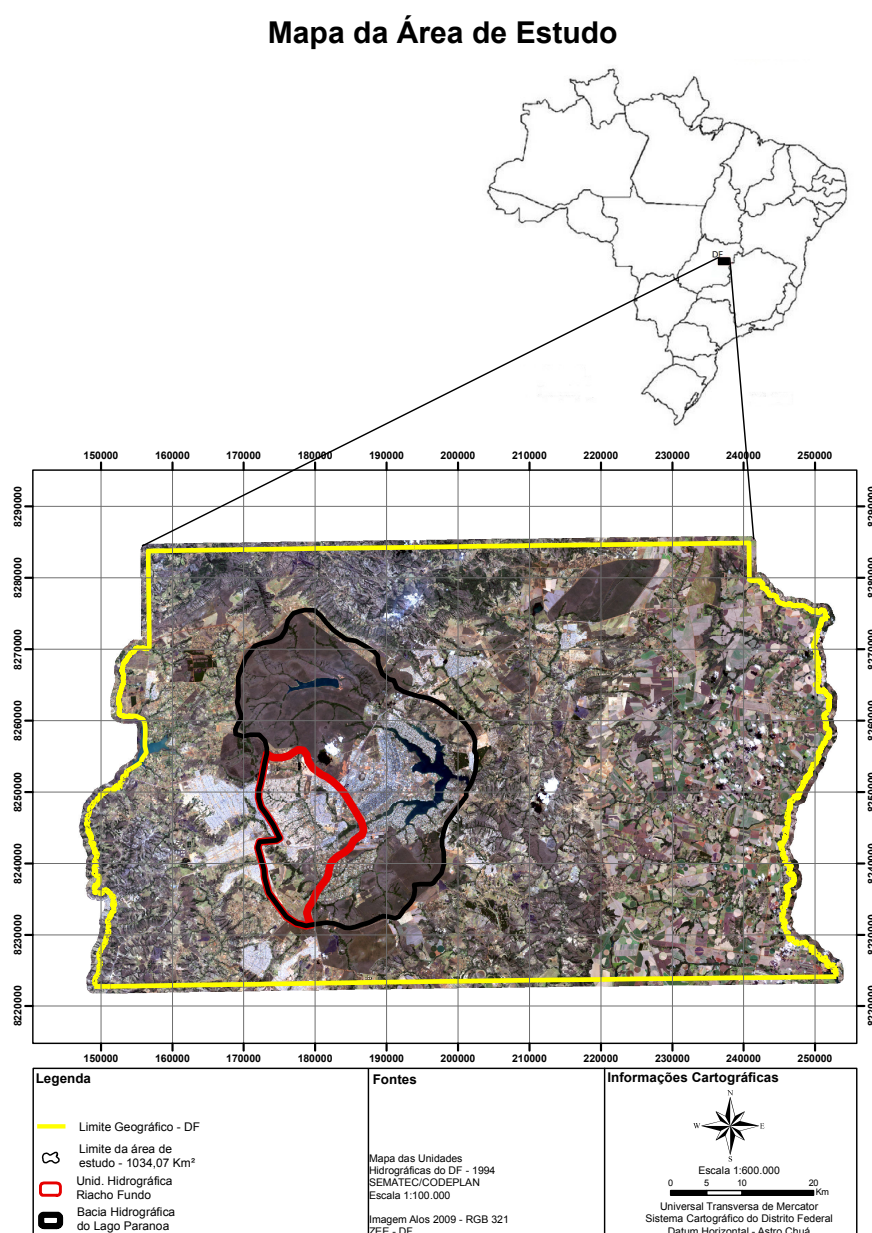


Figura 1: Mapa da área de estudo com a bacia do Riacho Fundo destacada em vermelho.

A seguir é apresentado breve descrição dos aspectos físico-bióticos da bacia do Riacho Fundo.

3.1 Contexto Geológico

Segundo Campos e Freitas (1998), o Distrito Federal, por estar localizado na porção central da Faixa de Dobramentos e Cavalgamentos Brasília, na sua transição das porções internas (de maior grau metamórfico) e externas (de menor grau metamórfico), apresenta uma estruturação geral bastante complexa, com superimposição de dobramentos com eixos ortogonais.

Quatro conjuntos litológicos distintos compõem o contexto geológico regional do DF, os quais incluem os grupos Paranoá, Canastra, Araxá, Bambuí e suas respectivas coberturas de solos residuais ou coluvionares. Os grupos Paranoá e Canastra apresentam idade Meso/Neoproterozóico (1.300 a 1.100 milhões de anos) e os grupos Araxá e Bambuí, idade Neoproterozóica (950 a 750 milhões de anos).

O Grupo Paranoá ocupa cerca de 65% da área total do Distrito Federal, sendo possível caracterizar sete unidades litoestratigráficas correlacionáveis, da base para o topo, com as seqüências deposicionais **Q₂**, **S**, **A**, **R₃**, **Q₃**, **R₄** e **PC** das áreas-tipo da região de Alto Paraíso de Goiás (Faria, 1995). A Unidade **Q₂** é caracterizada por quartzitos médios com leitos conglomeráticos em direção ao topo do pacote. Ocorre ampla variedade de estratificações cruzadas, inclusive com tipo revirada, indicando retrabalhamento por meso e macro marés. Ocorre restritamente na borda leste do Domo Estrutural do Pipiripau.

Dentro dos limites da bacia hidrográfica do Lago Paranoá ocorre rochas atribuídas às unidades **S**, **A**, **R₃** e **Q₃** do Grupo Paranoá. Na Bacia do Riacho Fundo, são encontrados os litotipos das unidade **A** e **R₃** e subordinadamente as rochas pertencentes à unidade **S**.

A Unidade **S** é composta por metassiltitos maciços e metarritmitos arenosos em direção ao topo da seqüência. Localmente, podem ocorrer camadas de quartzitos estratificados e mais raramente são observados, em poços, lentes de metacalcário micrítico cinza.

A Unidade **A** (das ardósias) é constituída por um expressivo conjunto de ardósias roxas, homogêneas, dobradas, com forte clivagem ardosiana e com ocasionais lentes irregulares de quartzitos, que ocupam variadas posições estratigráficas. As ardósias são cinza-escuras, quando frescas, e intensamente fraturadas em afloramentos. O acamamento primário é a única estrutura sedimentar observada em afloramentos.

A Unidade **R₃** composta pelos metarritmitos, são caracterizadas por intercalações irregulares de quartzitos finos, brancos e laminados com camadas de metassiltitos, metalamitos e metassiltitos argilosos com cores cinza escuro, quando frescos, que passam para tons rosados a avermelhados quando próximos à superfície. Além do acamamento, podem ser observadas estratificações do tipo sigmoidais e *hummockys* e marcas ondulatórias.

A Unidade **Q₃** é composta por quartzitos finos a médios, brancos ou rosados, silicificados e intensamente fraturados. Apresentam estratificações cruzadas variadas e mais raramente marcas onduladas. Sustenta o relevo de chapadas elevadas em cotas superiores a 1.200 m.

Os metarritmitos argilosos da Unidade **R₄**, sobrepõe a Unidade **Q₃** e são constituídos por intercalações regulares de quartzitos e metapelitos, com espessuras basicamente regulares da ordem de 1 a 3 cm. Apenas raramente são discriminados pacotes decimétricos de metassiltitos maciços.

A Unidade Psamo Pelito Carbonatada, como destaque da última unidade litoestratigráfica, é composta por lentes de metacalcários, camadas e lentes de quartzitos pretos e grossos interdigitados com metassiltitos e metargilitos com cores amareladas, que passam a tons rosados quando alterados.

O Grupo Canastra ocupa cerca de 15% da área do DF, sendo distribuído pelos vales dos rios São Bartolomeu (na porção central do DF) e Maranhão (na porção centro-norte do DF). É constituído essencialmente por filitos variados, os quais incluem clorita filitos, quartzo-fengita filitos e clorita-carbonato filitos. Além dos filitos ocorrem subordinadamente, na forma de lentes decamétricas, mármore finos cinza-claro e quartzitos finos silicificados e cataclasados. No DF ocorrem metassedimentos correlacionáveis às formações Serra do Landim e Paracatu (Freitas-Silva e Dardenne 1994).

O Grupo Araxá está limitado ao setor sudoeste do Distrito Federal, ocupando apenas 5% da área total do território. É composto por xistos variados com ampla predominância de muscovita xistos e ocorrências restritas de clorita xistos, quartzo-muscovita xistos, granada xistos e lentes de quartzitos micáceos.

Por fim, o Grupo Bambuí se distribui por cerca de 15% da área total do DF, sendo observado na porção leste ao longo do Vale do Rio Preto. É composto por metassiltitos laminados, metassiltitos argilosos e bancos arcóseos, com cor de alteração rosada/avermelhada e com cor de rocha fresca em vários tons de verde.

A evolução estrutural é caracterizada por cinco fases de deformação dentro de um único evento compressivo, relacionado à Organogênese Brasileira. As várias fases foram estruturadas em função de estágios compressivos (Fases F₁ a F₄) seguidos por um estágio final extensivo (Fase F₅). Toda a deformação foi controlada por três sistemas de cavalgamento denominados de Sistema

de Cavalgamento Paranã (responsável pelo posicionamento do Grupo Paranoá sobre o Grupo Bambuí); Sistema de Cavalgamento São Bartolomeu/Maranhão (que coloca o Grupo Canastra sobre os grupos Paranoá e Bambuí) e Sistema de Cavalgamento Descoberto (o qual sobrepõe o Grupo Araxá ao Grupo Paranoá).

3.2 Solos

Os solos do Distrito Federal (DF) são representativos da região do Cerrado, (Buol & Cline, 1973). As três classes mais importantes são: Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo. A representatividade dessas classes de solos no DF é de 85,5%.

Latossolos

Os Latossolos ocupam 54,50% da área do Distrito Federal (DF) e compreendem os Latossolos Vermelhos (antiga classe do Latossolo Vermelho-Escuro) com 38,92% da área; e os Latossolos Vermelho-Amarelos (antiga classe do Latossolo Vermelho-Amarelo) com 15,58%.

Buol, et al (1995), afirmam que são formados pelo processo denominado latolização que consiste basicamente na remoção da sílica e das bases do perfil (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K etc), após transformação (intemperismo) dos minerais primários constituintes.

São definidas quatro diferentes subclasses de latossolos, diferenciadas com base na combinação de características como o teor de Fe_2O_3 , cor do solo e relação $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$. Esses, são solos minerais, não-hidromórficos, profundos (normalmente superiores a 2m), horizonte B muito espesso (>50 cm) com sequência de horizontes A, B e C pouco diferenciados. A sílica (SiO_2) e as bases trocáveis (em particular Ca, Mg e K) são removidas do sistema, levando ao enriquecimento com óxidos de ferro e de alumínio que são agentes agregantes, dando a massa do solo aspecto maciço poroso.

Os latossolos apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80% (Macedo, 1996). São solos com alta permeabilidade à água, muito intemperizados, com pequena reserva de nutrientes para as plantas, representados normalmente por sua baixa a média capacidade de troca de cátions. Mais de 95% dos latossolos são distróficos e ácidos, com pH entre 4,0 e 5,5 e teores de fósforo disponível extremamente baixos.

Carta Geológica da Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá

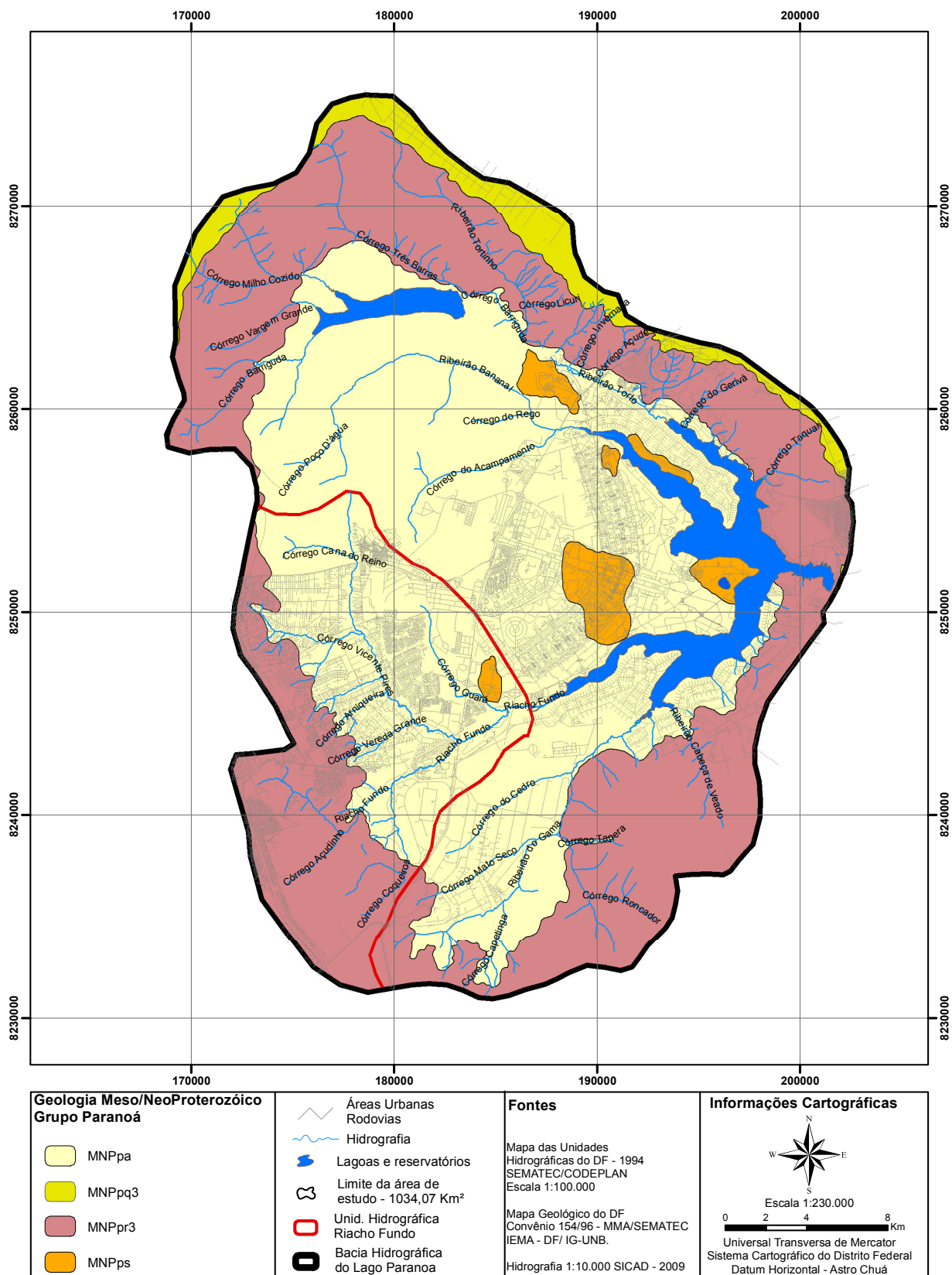


Figura 2: Carta geológica da bacia hidrográfica do lago Paranoá, destacando a sub-bacia do Riacho Fundo.

Cambissolos

Souza e Lobato (2004), afirmam que solos constituídos por material mineral com horizonte B que sofreu baixo grau de alterações físicas e químicas, porém essas alterações foram suficientes para o desenvolvimento de cor ou de unidades estruturais.

Gleissolo

São solos minerais, hidromórficos, apresentando horizontes A (mineral) ou H (orgânico), seguido de um horizonte de cor cinzento, esverdeado ou azulado, chamado horizonte Glei, resultado de modificações sofridas pelos óxidos de ferro existentes no solo (redução) em condições de encharcamento durante o ano todo ou parte dele. O horizonte Glei pode começar a 40 cm da superfície. São solos mal ou muito mal drenados, com altos teores de alumínio. Estão localizados em baixadas e por isso são influenciados por solos de regiões mais altas e pela contribuição de partículas provenientes desses locais superiores uma vez que são formados em áreas de recepção ou trânsito de produtos transportados. Esses solos estão localizados em áreas de várzeas normalmente com vegetação de vereda, em relevo plano. Podem ocorrer em cabeceiras de rios ou córregos e também ao logo deles e o lençol freático está quase sempre próximo a superfície, Souza e Lobato (2004).

3.3 Recursos Hídricos

A região do DF, com uma área de 5.789,16 km², é drenada por cursos d'água pertencentes a três das mais importantes bacias hidrográficas brasileiras: São Francisco (Rio Preto), Tocantins/Araguaia (Rio Maranhão) e Paraná (rios São Bartolomeu e Descoberto).

A região hidrográfica do Paraná é responsável pela maior área drenada do Distrito Federal, ocupando, aproximadamente, uma área de 3.658 km², com uma descarga média de 64 m³/s. É constituída pelas bacias hidrográficas do Rio São Bartolomeu, do Lago Paranoá, do Rio Descoberto, do Rio Corumbá e do Rio São Marcos.

A Bacia do Riacho Fundo (Figura 4) compreende uma das cinco sub-bacias que formam a Bacia do Lago Paranoá.

Carta Pedológica da Bacia do Lago Paranoá

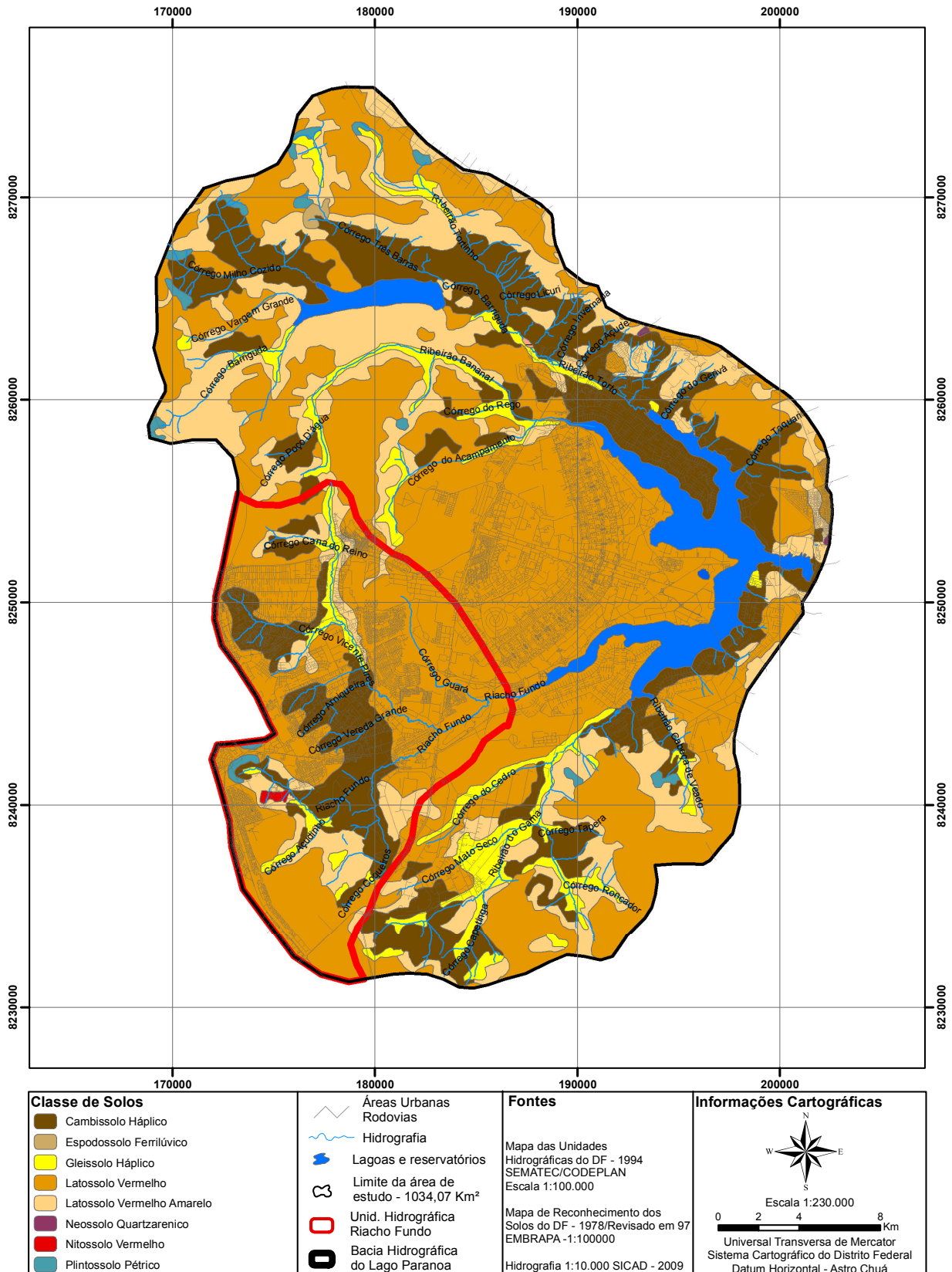


Figura 3: Carta pedológica da Bacia do Lago Paranoá, destacando a sub-bacia do Riacho fundo.

Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá

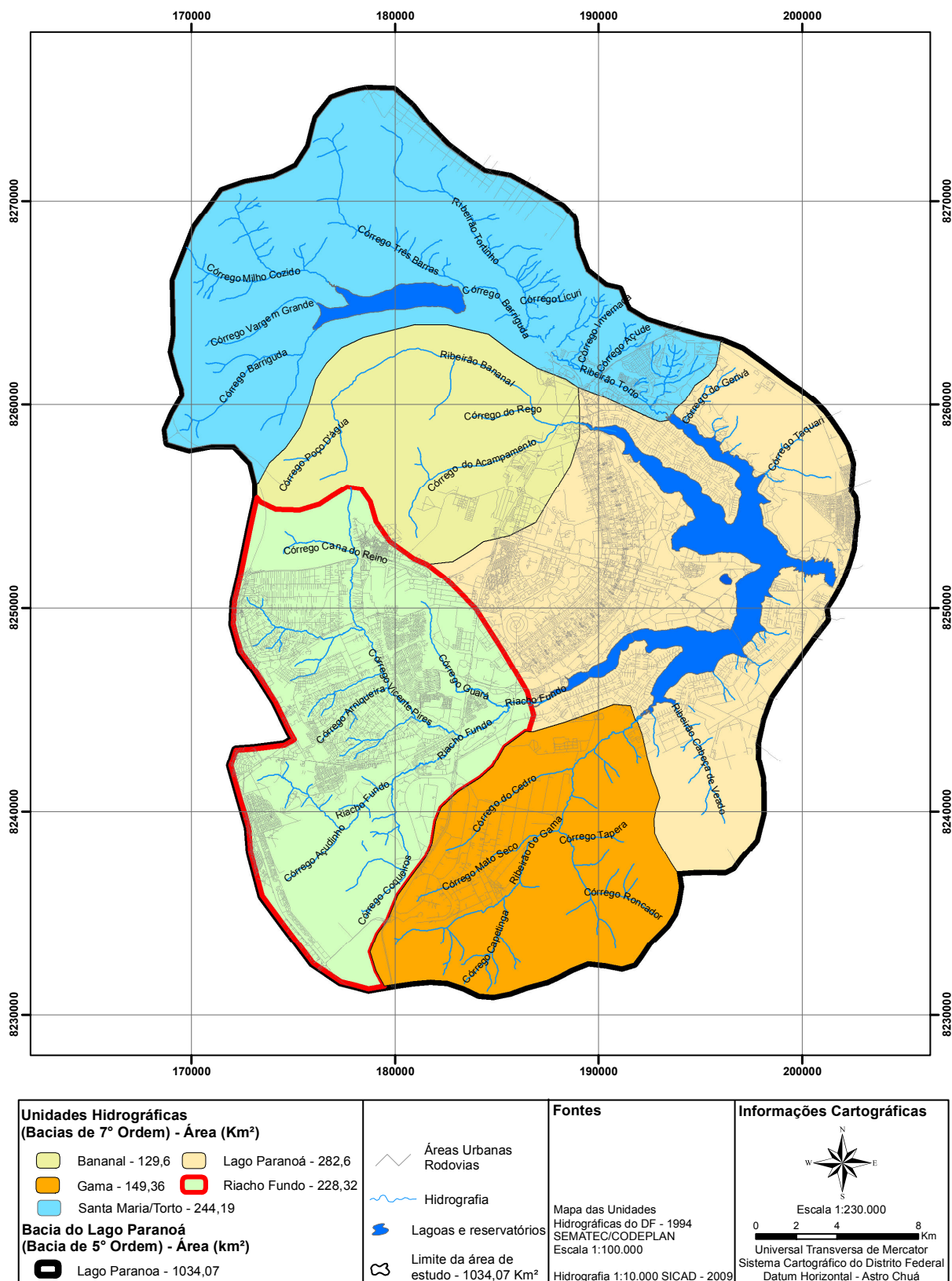


Figura 4: Bacia hidrográfica do Lago Paranoá.

3.4 Hidrogeologia

De acordo com Campos & Freitas-Silva (1998), o DF está situado na Província Hidrogeológica Brasileira denominada de Escudo Central, que inclui parcialmente a Faixa de Dobramentos Brasília e se estende para Norte/Noroeste, ocupando a Faixa de Dobramentos Paraguai/Araguaia e a parte Sul do Cráton Amazônico. Essa província é amplamente dominada por aquíferos fissurais cobertos por manto de intemperismo (solos e rochas alteradas) com características e espessuras variáveis.

O contexto hidrogeológico do DF é dividido em Domínio Poroso, relacionado ao manto de intemperismo com até 50 metros de espessura, e ao Domínio Fraturado, representado pelas zonas fraturadas nas rochas proterozóicas. A hidrogeologia da bacia do Riacho Fundo é representada pelos dois domínios, fraturado **A** e domínios porosos **P₁** e **P₂** (Figura 5).

3.5 Clima

O clima predominante na região, segundo a classificação de Köppen é Tropical de Savana, com a concentração da precipitação pluviométrica no verão. A estação chuvosa começa em outubro e termina em abril, representando 84% do total anual.

O trimestre mais chuvoso é de novembro a janeiro, sendo dezembro o mês de maior precipitação do ano. A estação seca vai de maio a setembro, sendo que, no trimestre mais seco (junho/julho/agosto), a precipitação representa somente 2% do total anual. Em termos de totais anuais, a precipitação média interanual, no DF, varia entre 1.200 mm a 1.700 mm.

A temperatura média anual varia de 18° a 22° C, sendo os meses de setembro e outubro os mais quentes, com médias superiores a 22° C. Considera-se o mês de julho o mais frio, com temperaturas médias que variam entre 16° e 18° C. As temperaturas absolutas mínimas de até 2° C e máximas de 33° C são registradas, respectivamente, no inverno e no início do verão.

A figura 6 a seguir mostra o gráfico da precipitação que ocorreu em Brasília de junho/2011 a maio/2012, período que abrange este estudo. A precipitação total verificada neste período foi de 1680 mm, quantidade dentro do que é previsto para a cidade anualmente.

Carta Hidrogeológica da Bacia do Lago Paranoá

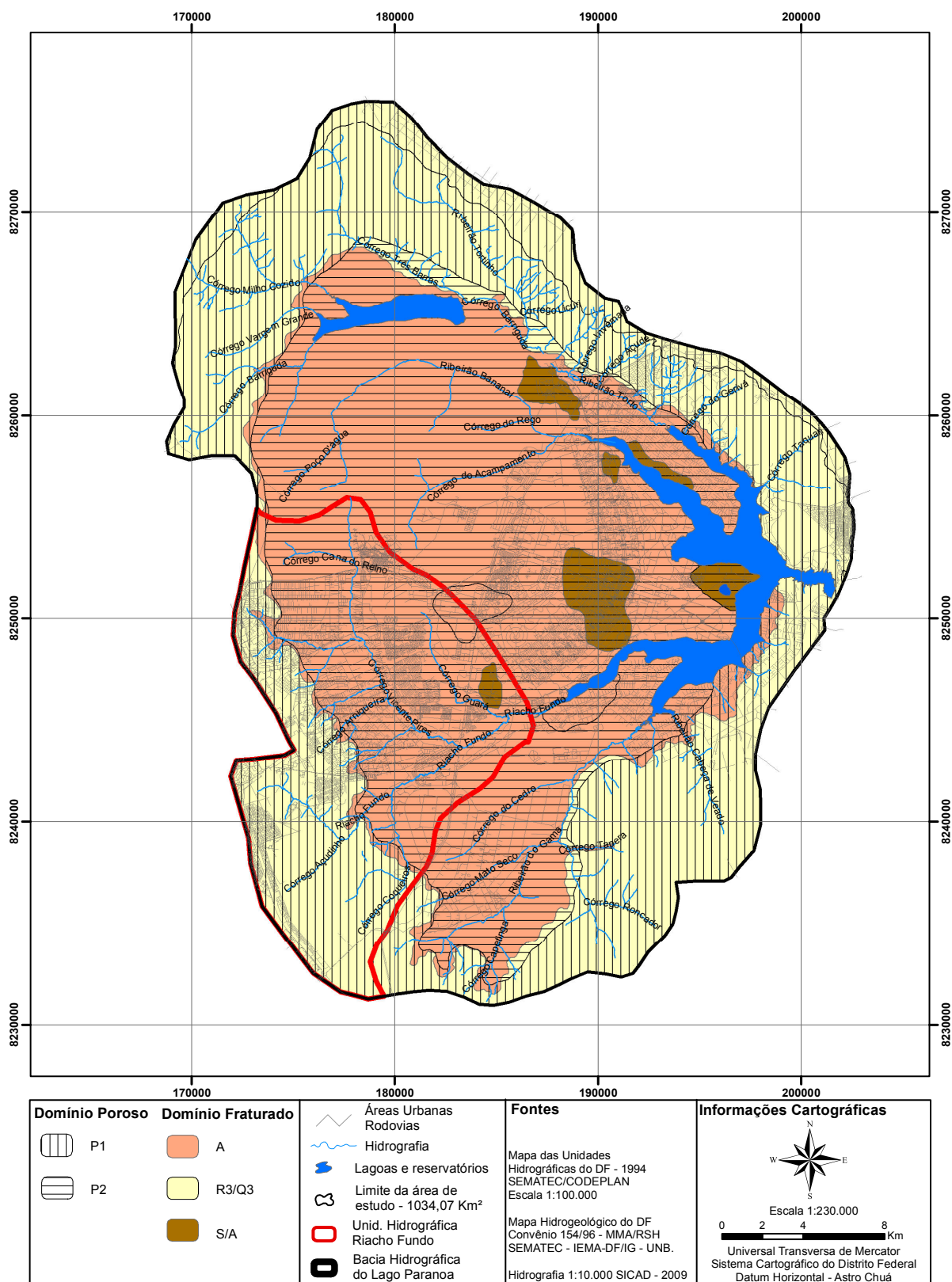


Figura 5: Carta hidrogeológica da Bacia do Lago Paranoá.

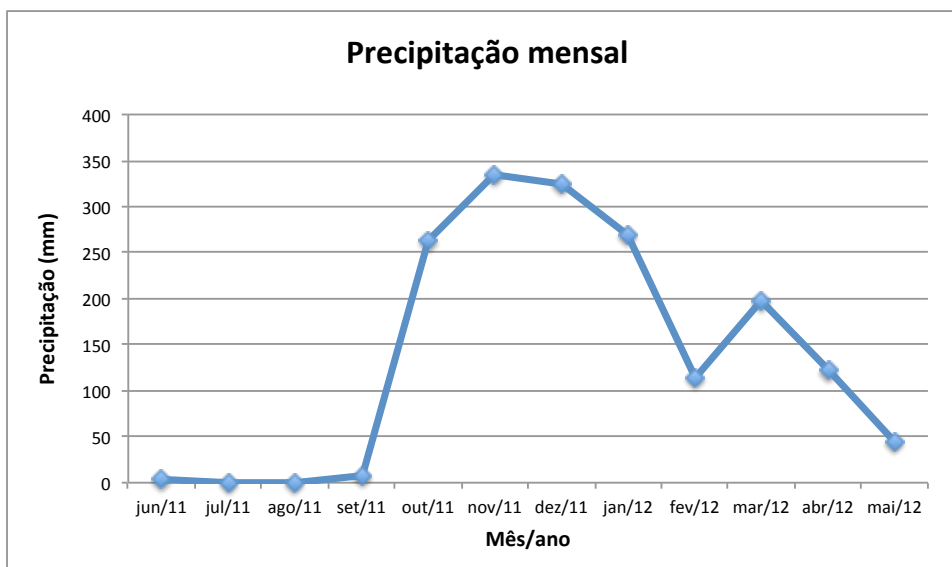


Figura 6: Gráfico de precipitação do período de junho/2011 a maio/2012 do DF.

Fonte dos dados: www.inmet.gov.br.

3.6 Uso e Cobertura Vegetal

A ocupação territorial no Distrito Federal tem crescido exponencialmente nas últimas décadas, a região da sub-bacia do Riacho Fundo é um exemplo de como a expansão urbana desenvolveu-se rapidamente desde a década de 80. De acordo com o mapa de uso e cobertura vegetal a seguir, as principais classes de uso do solo na sub-bacia do Riacho Fundo são área urbana, solo exposto e agricultura.

Mapa de Uso/Cobertura Vegetal

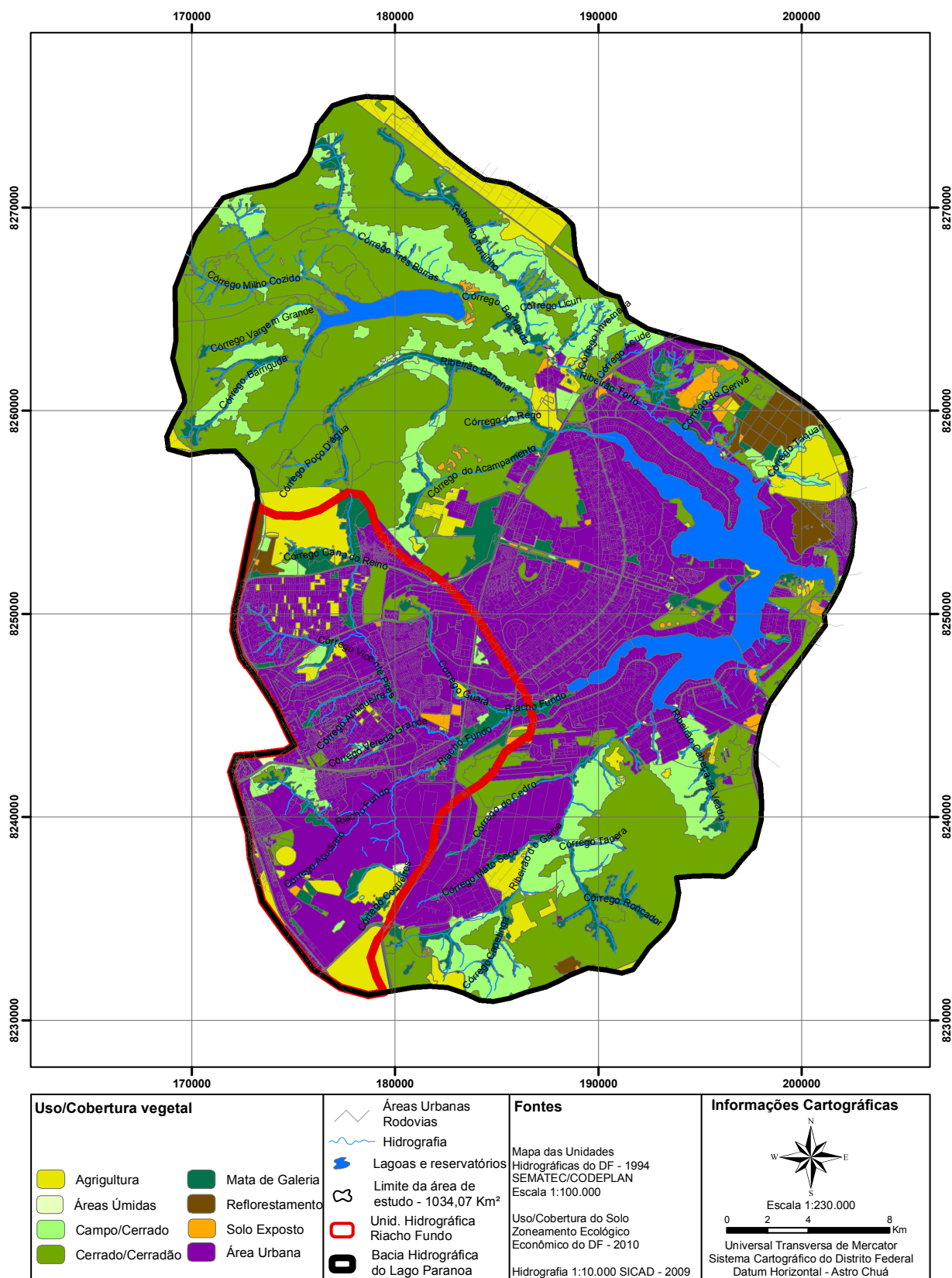


Figura 7: Mapa de uso/cobertura vegetal.

A tabela a seguir mostra a descrição dos pontos de coletas, com suas coordenadas utilizando *datum* WGS84 com coordenadas em UTM. Essa tabela trás também a altitude e situações observadas no local de coleta. Os pontos de coletas foram estrategicamente escolhidos para representar o uso, ocupação e atividades que exercem influências sobre a qualidade da água na bacia hidrográfica do Riacho Fundo.

Tabela 2: Descrição dos pontos de coleta.

Ponto	Coordenadas e altitude	Características
1	22 L 821164 E 8252532 N, está a 1085 m	Localizado no córrego Riacho Fundo próximo à fazenda Sucupira, à jusante de áreas de agricultura intensiva, evidenciado pela presença de algumas propriedades com culturas anuais e um pivô central. Observa-se também a existência de área urbana, e esgoto de residências despejados diretamente no córrego, na região do Riacho Fundo I
2	23L 179395 E 8241165 N, está a 1044 m de altitude	Localizado no córrego Riacho Fundo, em local de média densidade de residências.
3	23 L 179567 E 8240762 N e altitude 1047 m	Está sobre o córrego do Ipê, à jusante do setor de mansões Park Way. Local com baixíssima densidade de residências.
4	23 L 179517 E 8241148 N, e 1040 m de altitude.	Localizado após a confluência dos córregos Riacho Fundo e Ipê.
5	23 L 180892 E 8242023 N e altitude 1034m	Este ponto está localizado no córrego Riacho Fundo, a montante do Núcleo Bandeirante. Neste local, o acesso ao córrego ocorreu através de uma propriedade onde se criam e abatem caprinos e também havia um tanque de criação de peixes.

6	23 L 183218 E 8243625 N, e altitude de 1019m	Localizado sobre o córrego Riacho Fundo, no bairro Núcleo Bandeirante, esta chácara onde foi realizada a coleta havia um tanque de peixes e criação de vários outros animais como galinha, pato e cachorro.
7	22 L 821164 E 8252532 N, está a 1092 m de altitude.	Este ponto está localizado sobre o Córrego Vicente Pires, à jusante do aterro sanitário da Estrutural e do lado oposto a este aterro há propriedades de produção agrícola de diversas culturas como hortaliças, soja e milho.
8	22 L 820890 E 8249031 N e altitude 1077.	Localizado no córrego Vicente Pires, à jusante do bairro de Taguatinga, próximo a madeireira Arco Verde
9	22 L 820735 E 8249031 N, e altitude 1080m.	Localizado no córrego Samambaia, este recebe as águas do córrego Águas Claras que está à jusante deste mesmo bairro e do Vicente Pires. A coleta foi realizada no interior do clube DF Paintball radical.
10	22 L 821093 E 8248964 N, está a 1072m de altitude	Localizado no córrego Vicente Pires, à jusante do bairro de Taguatinga, fica na colônia agrícola Águas Claras. Tivemos acesso a esse ponto pela chácara 5, onde havia produção de hortaliças e com isso a aplicação de adubos químicos e inseticidas.
11	23 L 183076 E 8243823 N, e altitude de 1021m.	Este ponto está localizado no córrego Vicente Pires, no bairro Núcleo Bandeirante, à montante da confluência com o córrego Riacho Fundo e à jusante dos bairros Guará, Candangolândia e Águas Claras. O acesso a este ponto foi realizado pelo clube dos bombeiros.
12	23 L 183276 E 8243755 N e 1019 m de altitude	Localizado na Estrada Parque Indústria e Abastecimento - EPIA, no córrego Riacho Fundo após a confluência deste com o córrego Vicente Pires.
13	184804 E 8244405 N e altitude 1011m.	Este ponto está localizado em uma área de reserva próximo ao Aeroporto Internacional de Brasília e às floriculturas, no córrego Riacho Fundo e à jusante do bairro da Candangolândia.
14	23 L 183490 E 8245875 N, e	Localizado no córrego Guará, à jusante deste bairro e do Setor de Oficinas Sul. tem coordenadas 15 ⁰ 50' 45,4" S e

	está a 1022 m de altitude.	47 ⁰ 57' 17,6" O, e está a 1022 m de altitude.
15	185999 E 8245366 N, e altitude 996m.	Este ponto localiza-se na estrada parque aeroporto, logo ao fim da pista do Eixão sul, no córrego Riacho Fundo, à jusante da confluência deste córrego com o córrego Guará.

As figuras 8 e 9 a seguir são imagens da área da bacia do Riacho Fundo referentes aos anos de 1984 (figura 8) e 2011 (figura 9). Nessas duas imagens, pode-se observar a intensa ocupação urbana ocorrida entre essas datas, bem como, o desenvolvimento de áreas de produção agrícola. É visível na figura 9, à montante do ponto número 1, a localização da fazenda Sucupira da Embrapa e nela, a utilização de prática importante para a conservação do solo e da água, que é o plantio em nível, e também a presença de pivô central.

É possível observar também, o desenvolvimento da área urbana de Vicente Pires, Riacho Fundo I e II que praticamente não havia ocupação em 1984, assim como o crescimento da ocupação da região de Águas Claras, Candangolândia e Núcleo Bandeirante.

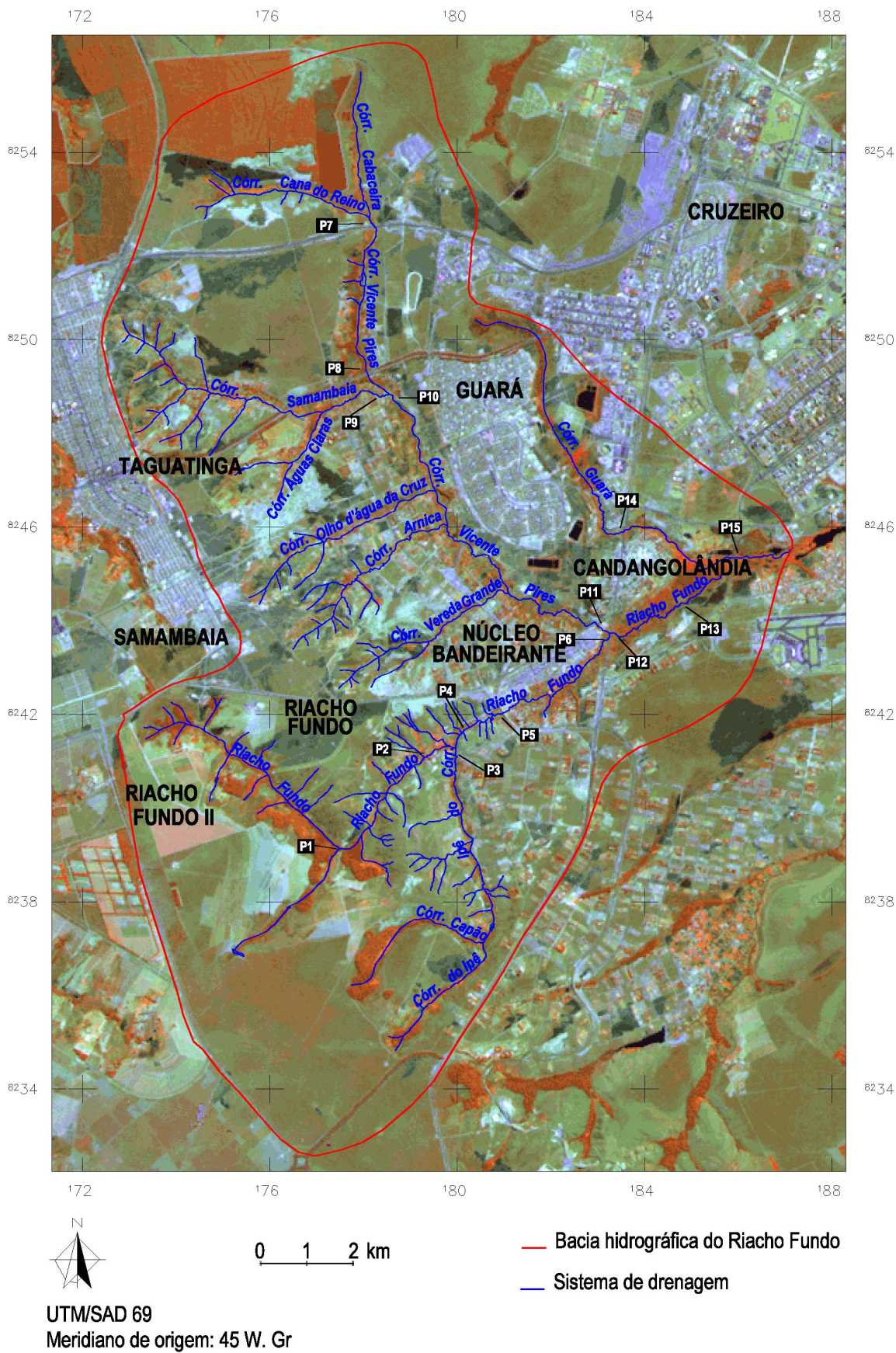


Figura 8: Composição colorida TM4(R), TM5(G) e TM3(B): (b) de 20/06/1984.

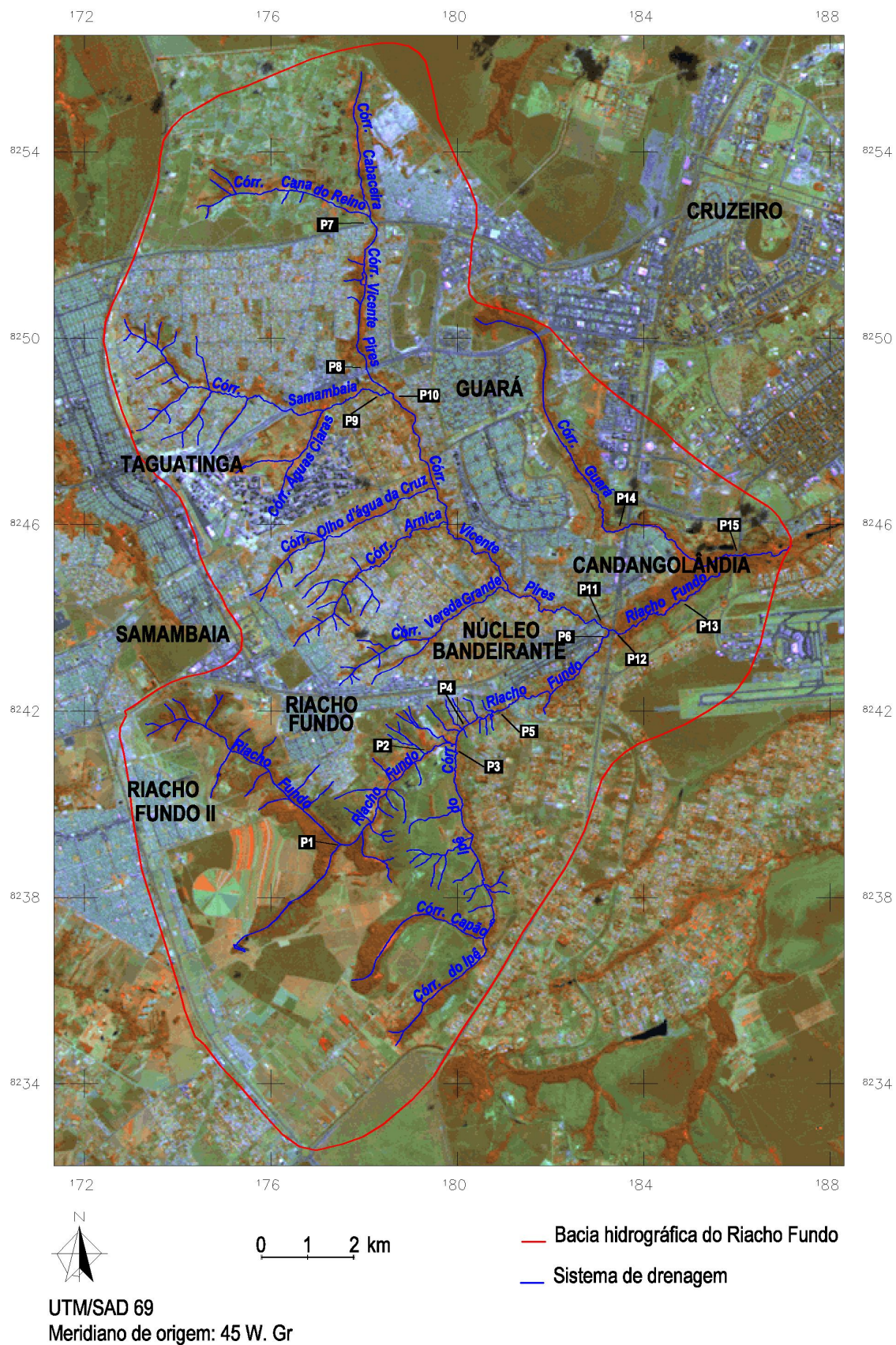


Figura 9: Composição colorida TM4 (R), TM5 (G), TM3 (B): DE 25/08/2011.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Amostragem

Para a definição dos pontos de amostragem, foram consideradas as diversas situações de uso e ocupação do solo e as vias de acesso, de modo a obter máxima representatividade do espaço físico e dos processos que alteram a qualidade da água. Foram adotados 15 pontos estrategicamente escolhidos na bacia. A coleta referente à época seca ocorreu em 09/2011. A coleta referente ao início da época chuvosa ocorreu em 11/2011 e também em 03/2012, período ainda com ocorrência de chuvas. As épocas de coletas foram divididas dessa forma com o objetivo de caracterizar e representar de maneira mais fiel os eventos que ocorrem durante o ano relacionados à qualidade da água na bacia do Riacho Fundo.

Na figura 10 a seguir é possível observar as condições na qual se encontrava o córrego Riacho Fundo, no ponto número 4, na primeira coleta, ainda no período seco. A figura 11 mostra as condições da água, muito barrenta, no ponto de coleta número 7 logo a jusante do terço da Estrutural, na segunda coleta (período chuvoso).



Figura 10: Córrego Riacho Fundo, ponto de coleta número 04.



Figura 11: Córrego Vicente Pires, ponto de coleta número 07.

4.2 Análises Laboratoriais

Todas as análises físico-químicas foram realizadas de acordo com os padrões internacionais descritos no *Standart Methods for the examination of Water and Wastewater*, no Laboratório de Geoquímica da Universidade de Brasília.

Os parâmetros escolhidos para o estudo foram: pH, temperatura, condutividade, alcalinidade, salinidade, sólidos dissolvidos (TDS), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio(K^+), fluoreto (F^-), cloreto (Cl^-), nitrato (NO_3^-), fosfato (PO_4^{3-}), sulfato (SO_4^{2-}) amônio (NH_3) e bicarbonato(HCO_3^-).

O pH, a condutividade e os sólidos dissolvidos foram determinados utilizando o multiparâmetro portátil da Hach, série Sension. A amônia foi medida pelo método colorimétrico no aparelho Hach, modelo DR2000, a 425 nm.

A alcalinidade foi determinada por método titulométrico de análise com H_2SO_4 0,002 N padronizado com NaOH 0,005 N, utilizando um titulador automático da marca Schott, modelo Titroline easy.

No processo de filtragem das amostras utilizou-se equipamento de vácuo da marca *millipore*, modelo *Sterifil* 500 e membrana de celulose de 0,45 μm desta mesma marca.

Para análise de sódio (589,00 nm) e potássio (766,49 nm) foi utilizado o Espectrofotômetro de Absorção Atômica (EAA), da marca Perkin Elmer, modelo Analyst 200. Como fonte de excitação utilizou-se chama de ar-acetileno. As análises de cálcio (317,93 nm) e magnésio (279,88nm), foram efetuadas no Espectrômetro de Emissão Atômica com fonte de plasma, marca Spectro, modelo Spectroflame-FVMO3.

Os ânions flúor, cloro, nitrato, fosfato, sulfato e bicarbonato foram determinados no cromatógrafo iônico (IC), da marca Dionex, modelo ICS90.

A figura 12 a seguir mostra as quinze amostras de água, da segunda coleta, no momento em que são feitas as análises laboratoriais.



Figura 12: Água coletada no dia 01/11/2012 (2ª coleta) para análise no Laboratório de Geoquímica – UnB.

4.3 Métodos estatísticos

Este estudo envolve uma grande quantidade de coletas de dados de parâmetros da qualidade da água na bacia do Riacho Fundo durante aproximadamente um ano. Para organizar esses dados e obter informações concretas recorreu-se ao emprego da Estatística Descritiva que através das médias desvios padrões, porcentagens, máximos mínimos gráficos e tabelas condensam-se os dados, facilitando a interpretação e visualização das informações.

Apesar das medidas descritivas conseguirem comprimir grande quantidade de dados, essa compreensão é acompanhada da perda dos mesmos, tendo em vista que as observações originais são agrupadas. Para contornar esse problema as técnicas estatísticas são bem vindas e amplamente utilizadas em estudos de qualidade de água. Nesse contexto optou-se por utilizar técnicas de análises multivariadas, que reduzem a grande quantidade de dados em um pequeno número de fatores que são facilmente interpretados (Voudouris *et al.*, 2000). A Análise dos Principais Componentes foi a técnica utilizada.

Nessa análise, foram avaliados os parâmetros físico-químicos das 45 coletas realizadas nas três épocas. Os valores na matriz de fatores, indicam o peso de cada variável sobre a principal componente correspondente. Os pesos maior que 0,6 e maior que 0,4 indicam que as variáveis contribuem adequadamente para a variação dos dados.

Fernandes *et al* (2006), pontuam que a análise de Principais Componentes é uma técnica usada para reduzir a dimensão de problemas multivariados e detectar os parâmetros mais significativos que descrevem o conjunto de dados com a mínima perda dos dados originais. Essa técnica permite reconhecer padrões que expliquem a variância de um grande grupo de variáveis inter-correlacionadas, transformando-as em variáveis lineares independentes, não-correlacionadas, chamadas de principais componentes. Essa metodologia foi aplicada de forma que os pesos dos parâmetros (*fator loading*) e os escores das amostras (*sample fator score*) são calculados em uma matriz correlação de acordo com a rotação varimax. A principal componente pode ser expressa como:

$$z_{ij} = a_{i1}x_{1j} + a_{i2}x_{2j} + a_{i3}x_{3j} + \dots + a_{im}x_{mj}$$

O resultado da análise de principais componentes pode ser resumido em um autovetor, também denominado de componente principal e um autovalor, que expressa o quanto da variância dos dados é explicada pelo autovetor correspondente. Geralmente as duas primeiras componentes principais conseguem explicar a maioria da variância nos dados e a importância delas decresce das

primeiras para as últimas, uma vez que as últimas explicam uma pequena porcentagem da variância das observações.

4.4 Controle de qualidade analítico (Balanço iônico)

O balanço iônico é utilizado a partir dos parâmetros selecionados, com a finalidade de visualizar as variações e os contrastes nos seus teores. Numa análise hidroquímica completa, a concentração total dos íons positivos (cátions) deve ser aproximadamente igual à concentração total dos íons negativos (ânions) medidos em miliequivalentes. O desvio percentual dessa igualdade é determinado pelo coeficiente de erro da análise (Feitosa, 2008).

Altos valores desse erro podem indicar: erro analítico; erro nos cálculos; presença de íons não analisados em concentrações apreciáveis; águas pouco mineralizadas, tais como águas de chuva. Os métodos analíticos são menos precisos para baixas concentrações iônicas, podendo assim, levar a erros elevados, sem que isso indique necessariamente um erro de análise, Feitosa (2008).

Esse cálculo consiste em verificar se a soma dos miliequivalentes dos cátions é igual à soma dos miliequivalentes dos ânions. Com isso na prática, observamos sempre uma margem de diferença entre estes somatórios, devido aos erros acumulados em cada uma das determinações. Neste trabalho verificamos que foi adequado a utilização do limite de 20% para este erro prático.

O erro prático (EP), ou erro do Balanço Iônico é definido como:

$$EP (\%) = \frac{\sum \text{cátions} - \sum \text{ânions}}{\sum (\text{cátions} + \text{ânions})} \times 100;$$

Onde:

$$\text{Somatório dos cátions} = [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Na}^+] + [\text{K}^+]$$

$$\text{Somatório dos ânions} = [\text{Cl}^-] + [\text{SO}_4^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] + [\text{NO}_3^-] + [\text{F}^-] + [\text{PO}_4^-]$$

Nesse estudo, os resultados das análises apresentaram balanço iônico dentro do erro máximo estipulado de 20%, sendo que os maiores valores deste erro ocorreram nas análises do ponto de coleta número 3 (córrego do Ipê). Foram verificados valores de EP de -12,35 % em novembro e -17,22 em maio neste local. Esse erro mais elevado porém dentro do aceitável está associado à baixa condutividade verificada nessas amostras. Com isso, os resultados dos parâmetros ficam próximos ao ruído do aparelho, o que levou aos erros mais elevados.

4.5 Organização do banco de dados geográfico

Foram adquiridas as cartas topográficas correspondentes às folhas Brasília, Taguatinga e Ribeirão Ponte Alta, todas do IBGE, na escala 1:25.000, em formato digital. As cartas foram georreferenciadas e importadas para banco de dados.

Em seguida, procedeu-se a aquisição das imagens orbitais TM/LANDSAT-5, de 20/06/1984 e de 25/08/2011, bandas espectrais do vermelho (TM3), infravermelho próximo (TM4) e infravermelho médio (TM5), através do Catálogo de Imagens (DGI/INPE). As imagens foram lidas por meio do software Impima e recortadas segundo a área referente ao entorno de Brasília/DF. A imagem de data mais remota, georreferenciada por meio das cartas topográficas digitais, constituiu a referência para a o registro daquela de data mais recente. Após esse processamento as imagens foram importadas para o banco de dados.

Os pontos referentes às amostras de água foram importados para o banco de dados, como um Modelo Numérico de Terreno (MNT). Cada parâmetro foi armazenado em um plano de informação diferente.

5 RESULTADOS

A maneira pela qual a superfície de uma bacia hidrográfica é ocupada pelo homem provoca impactos irreversíveis ao ecossistema. Essas ocupações por muitos anos foram feitas na Capital Federal desconsiderando questões relevantes do meio ambiente. Elas trazem impactos sistemáticos que vão muito além da supressão da vegetação, do assoreamento de rios e da poluição das águas.

Aqui são apresentados os resultados de análises físico-químicas das águas superficiais realizadas em 15 pontos estrategicamente escolhidos, de acordo com o uso e ocupação do solo, para se ter uma boa representatividade da bacia e das atividades realizadas na região. Foram efetuadas análises de 45 amostras no Laboratório de Geoquímica (LAGEQ) do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (IG/UnB) em setembro/2011, novembro/2011 e março/2012, que correspondem a amostras de 15 pontos coletados nos mesmos meses em que foram encaminhados para análise em laboratório. Essas épocas foram escolhidas com o intuito de verificar uma possível variação nas concentrações dos parâmetros, correlacionado à sazonalidade climática da região. De acordo com o observado nas tabelas de resultados das análises, houve

variações nas concentrações dos parâmetros nos três períodos, sem que, dessa forma houvessem comportamentos padrões nas diferentes épocas e para os diferentes parâmetros.

Os parâmetros relevantes para a discussão dos resultados desta pesquisa foram escolhidos pela capacidade desses elementos nos trazer informações a respeito do uso e ocupação do solo e da geologia local. São eles: Condutividade Elétrica, pH, cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), fluoreto (F^-), cloreto (Cl^-), nitrato (NO_3^-), fosfato (PO_4^{3-}), sulfato (SO_4^{2-}) amônio (NH_3) e bicarbonato (HCO_3^-).

Na análise dos parâmetros selecionados, foram gerados gráficos padrões de quantidades do elemento versus as três épocas de coletas. Esses gráficos possibilitam a visualização do gradiente de variação das concentrações desses parâmetros em três períodos distintos: o período seco (09/2011), o início das chuvas (11/2011) e período ainda com precipitação pluviométrica (03/2012).

pH

Os resultados do pH foram menores na terceira coleta. Na primeira e segunda coletas não foram observados diferenças entre os resultados. Esse parâmetro apresenta uma relação indireta com a alcalinidade e o bicarbonato, por isso é esperado que na análise das principais componentes esses façam parte do mesmo grupo.

Podemos observar também que na comparação entre maiores córregos desta bacia, o Vicente Pires (pontos 7 a 11) e o Riacho Fundo, na sua primeira metade (pontos 1, 2, 4, 5 e 6) os valores de pH do primeiro foram maiores, devido a entradas importantes de derivados da calcita como o cimento e a brita utilizados na construção civil, que neutralizam o H^+ , elevando o pH da água.

Outro comportamento que chama atenção, é o resultado do pH no ponto número 7 (córrego Vicente Pires que recebe as águas vindas do aterro da Estrutural). Na segunda coleta foi verificado pH 8,28, bem acima dos resultados da primeira época (6,61), anterior às chuvas e da terceira época (5,87), período chuvoso. Esse comportamento é consequência da mobilização de derivados da calcita nesta área que recebe grandes quantidades de entulho e restos de obras.

O ponto número 9 (córrego Samambaia) também é destacado pelos elevados valores de pH nas coletas 1, 2 e 3 com valores respectivamente de 8,06, 7,54 e 7,45. Esses valores são consequência da atividade construção civil na região de Águas Claras, que com a utilização de materiais derivados da calcita como o cimento e a brita, associado à práticas características de

locais urbanos como a supressão da vegetação nativa, provocam o carreamento dos resíduos dessas atividades para os córregos.

A figura 13 a seguir mostra os valores de pH obtidos nos pontos de coletas dispostos no gráfico, que possibilita melhor visualização do gradiente de variação dos resultados.

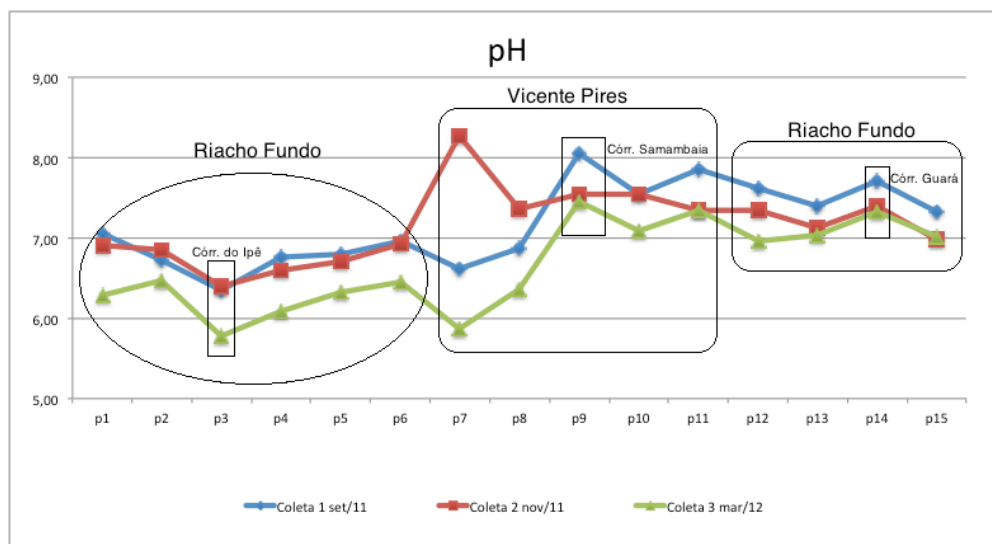


Figura 13: Gráfico comparativo do pH contendo as três coletas.

A tabela 3 a seguir mostra os valores de pH obtidos nos pontos de coletas.

Tabela 3: Resultados amostrais de pH das três coletas

	pH		
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta
Ponto 1	7,06	6,91	6,29
Ponto 2	6,72	6,86	6,48
Ponto 3	6,35	6,40	5,78
Ponto 4	6,77	6,60	6,09
Ponto 5	6,80	6,71	6,33
Ponto 6	6,97	6,92	6,46
Ponto 7	6,61	8,28	5,87
Ponto 8	6,88	7,37	6,37
Ponto 9	8,06	7,54	7,45
Ponto 10	7,55	7,54	7,09
Ponto 11	7,85	7,35	7,34
Ponto 12	7,62	7,34	6,97
Ponto 13	7,40	7,12	7,04
Ponto 14	7,72	7,41	7,32
Ponto 15	7,32	6,98	7,02

Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a medida da facilidade de uma água conduzir corrente elétrica, que está diretamente ligada ao teor de sais dissolvidos sob a forma de íons. Dessa forma, não foi verificado diferenças do aporte desses íons nas diferentes épocas. De maneira geral, na comparação entre os córregos Vicente Pires e o Riacho Fundo, os resultados foram maiores no primeiro, isso sugere maior impacto antrópico na área das proximidades do córrego Vicente Pires, que pela supressão da vegetação ciliar, ocupação desordenada do solo e desenvolvimento de atividades de produção agrícola entre outras atividades, fornecem grande quantidade de elementos para as águas elevando a condutividade elétrica.

Na primeira coleta, os resultados variaram entre 14,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no ponto número 3 (córrego Ipê) até 136 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no ponto 1, localizado no córrego Riacho Fundo, próximo a fazenda Sucupira. Esse resultado alto no ponto 1 é provocado pelo despejo de esgoto direto no córrego pelas residências locais.

Na segunda coleta, houveram variações dos resultados entre 15,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no ponto número 3, até 159 $\mu\text{S}/\text{cm}$ observado no ponto 11 (maior valor observado no estudo), localizado no final do curso do córrego Vicente Pires. Esse valor relaciona-se com inúmeras obras de construção e a alta densidade de residências a montante desse ponto de coleta, que contamina com restos de obras efluentes domésticos, assim como propriedades produtoras de verduras também causam relevante impacto nessa localidade com a utilização de fertilizantes, que quando se diluem na água, elevam a condutividade elétrica.

Na terceira coleta, a condutividade elétrica variou de 11,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no ponto número 3 até 158,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no ponto número 9, localizado no córrego Samambaia, que recebe as águas vindas da região de Águas Claras. Esse valor elevado está relacionado com o aporte elementos vindos da região de Águas Claras. As inúmeras obras de construção civil e o solo sem vegetação são as principais causas desse grande aporte de elementos para as águas neste local, assim como propriedades rurais próximas a esses córregos.

A figura 14 a seguir mostra os valores da condutividade elétrica, medidos em $\mu\text{S}/\text{cm}$ obtidos nos pontos de coletas dispostos no gráfico, que possibilita melhor visualização do gradiente de variação dos resultados.

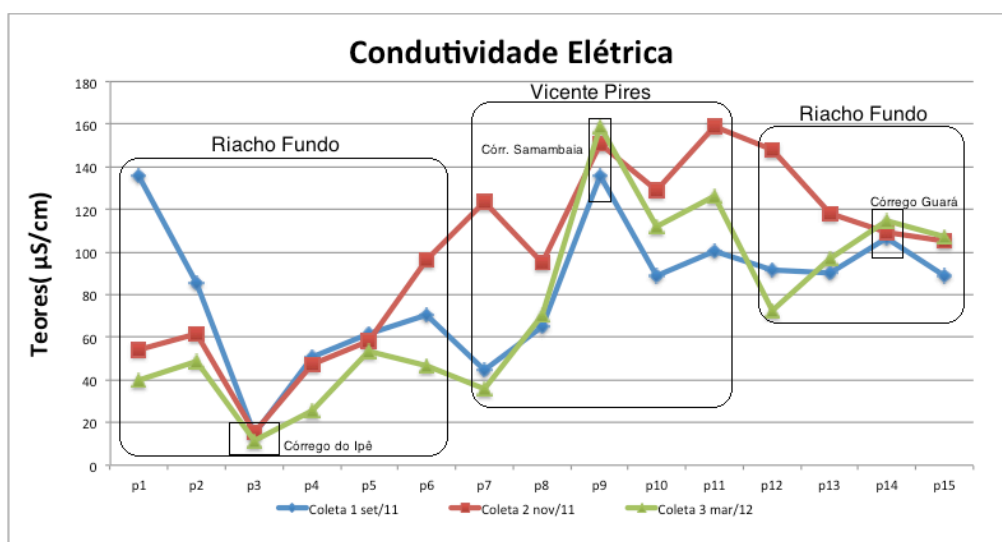


Figura 14: Gráfico comparativo do Condutividade Elétrica contendo as três coletas.

A tabela 4 a seguir mostra os valores da condutividade elétrica medidos em $\mu\text{S/cm}$ obtidos nos pontos de coletas.

Tabela 4: Resultados amostrais da Condutividade Elétrica medida em $\mu\text{S/cm}$ das três coletas.

Condutividade Elétrica			
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta
Ponto 1	136	54,1	40,1
Ponto 2	85,8	61,8	48,4
Ponto 3	14,67	15,3	11,5
Ponto 4	50,9	47,2	25,6
Ponto 5	61,9	58,1	53,4
Ponto 6	70,3	96,3	46,7
Ponto 7	44,5	123,6	35,7
Ponto 8	64,8	95,3	70,7
Ponto 9	135,9	150,6	158,7
Ponto 10	88,8	128,8	111,9
Ponto 11	100,5	159,0	126,3
Ponto 12	91,4	148,0	72,2
Ponto 13	90,1	118,0	97,2
Ponto 14	106,8	109,0	114,8
Ponto 15	88,7	105,3	107,4

Cálcio

O cálcio está presente na geologia desta bacia (mineral esmectita), constituindo uma das fontes desse elemento para as águas analisadas. Outra fonte que torna evidente o aporte de cálcio para as águas é a produção agrícola encontrada com muita frequência em vários locais da

bacia, mas a construção civil é sem dúvida a atividade mais importante no fornecimento desse elemento para as águas analisadas.

Os resultados do cálcio, comparando-se os dois maiores e mais expressivos córregos dessa bacia, o Riacho Fundo e o Vicente Pires, apresentaram os maiores valores neste último. O comportamento das concentrações desse parâmetro no braço do Vicente Pires foi oscilatório pelo curso desse córrego, mostrando que há o efeito da diluição do elemento quando da confluência com outros córregos, havendo novas entradas e outras diluições por sucessivas vezes, de acordo com o que é observado na sequência dos pontos 7 a 15.

Mesmo o cálcio sendo o elemento mais abundante na maioria das águas naturais devido a sua moderada a alta solubilidade, esse comportamento oscilatório nas análises praticamente eliminam a chance da geologia local ser determinante nos altos teores desse parâmetro, por essa constituição mineralógica ser uniforme na região. Mizuno (2012), em seus trabalhos verificou em poços localizados no interior da bacia do Riacho Fundo, sobre as unidades geológicas predominantes nesta bacia R3/Q3 e sobre Ardósias, que as concentrações do cálcio foram inferiores a 1 mg/L, mostrando que há grande aporte desse parâmetro provocado por ações antrópicas nesta área no atual estudo.

Os pontos onde foram verificadas as maiores concentrações de cálcio foram os pontos 9, localizado no córrego Samambaia e o ponto 11 no final do curso do Vicente Pires. Módulos de produção agrícola estão distribuídos por toda parte ao redor desses córregos. O cálcio é um dos macronutrientes fundamentais para o desenvolvimento das diversas culturas. As propriedades químicas dos solos do DF, exigem que seja realizada calagem para boa produção. Essa prática tem importante contribuição da presença do cálcio nas águas estudadas. O córrego Samambaia (ponto 9) recebe o córrego Águas Claras e isso leva a identificar a principal fonte antrópica de cálcio no contexto desta bacia. O elevado número de obras de construção civil na região de Águas Claras. A utilização dos materiais essenciais para essa atividade, o cimento e a brita, associado ao solo exposto e ausência de vegetação são as principais causas do elevado aporte desse elemento para a água nessa região.

O ponto 11, localizado no final do curso do Vicente Pires, anterior à confluência com o córrego Riacho Fundo, apresentou valores considerados altos, que também estão relacionados à construção civil nos bairros da Candangolândia, Guará e Núcleo Bandeirante e à atividade agrícola de maneira menos intensa, que ocorre na Colônia Agrícola Águas Claras.

Foi registrado no córrego Samambaia as concentrações 22mg/L, 21,4mg/L e 24,8 mg/L, respectivamente nas coletas 1, 2, e 3. Esses teores se mostram muito próximos entre si, o que torna

evidente que há um aumento do volume de água e as concentrações se mantêm praticamente constantes.

O local no qual foram obtidos os menores valores desse elemento em todas as campanhas foi o ponto 3 localizado ao final do curso do córrego do Ipê. As concentrações do cálcio nesse ponto foram de 1,5 mg/L, 1,3mg/L e 1,6mg/L nas coletas números 1, 2 e 3 respectivamente. Nesse ponto, localizado próximo ao setor de mansões do Park Way há baixa densidade de residências e foram observadas poucas chácaras produtivas, por isso o aporte do cálcio foi reduzido.

As concentrações do cálcio variaram nos pontos da bacia entre 1,5 a 22 mg/L na primeira coleta, 1,6 a 23,6 mg/L na segunda coleta e de 1,3 a 24,8 mg/L na terceira.

Podemos verificar entradas crescentes de cálcio nos primeiros pontos, na parte mais a montante da bacia em relação aos pontos à jusante. Os resultados foram maiores no ponto 9, localizado no córrego Samambaia, nessa mesma região. O maior valor chegou a 24,8 mg/L na coleta realizada em março no período ainda chuvoso. Na coleta realizada em setembro, antes do início das chuvas os resultados foram próximos, atingindo 22 mg/L de cálcio. Fica evidente que a quantidade desse elemento se mantém alta com o aumento do volume de chuvas. O ponto de coleta número 7, localizado próximo ao aterro da estrutural apresentou comportamento diferenciado na segunda coleta em relação as duas outras, devido às chuvas intensas no momento da coleta após alguns dias sem chuvas a concentração de cálcio chegou a 19 mg/L . Esse aporte de cálcio nesse local está associado ao aterro sanitário, onde ocorre grandes volumes de Lixo e entulho.

A figura 15 a seguir mostra os valores do cálcio, medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas dispostos no gráfico, que possibilita melhor visualização do gradiente de variação dos resultados.

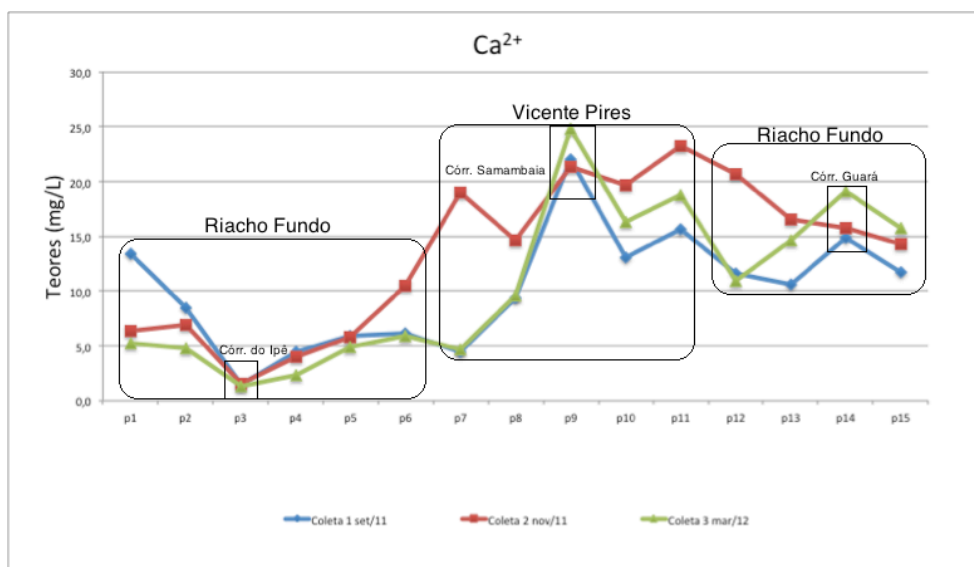


Figura 15: Gráfico comparativo da concentração de cálcio das três coletas.

A tabela 5 a seguir mostra os valores do cálcio medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas.

Tabela 5: Resultados amostrais de cálcio das três coletas.

	Ca ²⁺		
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta
Ponto 1	13,4	6,3	5,2
Ponto 2	8,5	7,0	4,8
Ponto 3	1,5	1,6	1,3
Ponto 4	4,5	4,0	2,4
Ponto 5	5,9	5,8	4,9
Ponto 6	6,2	10,5	6,0
Ponto 7	4,5	19,0	4,7
Ponto 8	9,4	14,7	9,6
Ponto 9	22,0	21,4	24,8
Ponto 10	13,1	19,6	16,3
Ponto 11	15,6	23,3	18,8
Ponto 12	11,6	20,7	10,9
Ponto 13	10,6	16,6	14,7
Ponto 14	14,9	15,7	19,1
Ponto 15	11,7	14,3	15,7

Magnésio

O magnésio possui propriedades semelhantes às do cálcio, diferenciando-se por ser mais solúvel e mais difícil de precipitar. Quando em solução tem a tendência de nela permanecer sob a forma iônica. Nessa região onde predominam as unidades geológicas Ardósia, seguida da R3 e S, há presença do magnésio em minerais como a Fengita, Biotita, Clorita e a Ilita.

Nos resultados do íon magnésio, ocorreram variações desde valores abaixo do limite de quantificação do aparelho até 1,7 mg/L. A tendência dos resultados foi ocorrer aumento das concentrações de magnésio das nascentes em direção ao último ponto de coleta da bacia. O ponto 1, localizado logo após a fazenda Sucupira da Embrapa, teve comportamento oposto a esse, vez que é o local mais próximo à nascente já apresentava altas concentrações desse elemento, possivelmente provocado pela atividade agrícola de adição de fertilizantes nas propriedades à montante.

Entre as épocas de coletas 1 e 2 não foram observadas grandes diferenças. Isso deve-se possivelmente à presença de chácaras e fazendas em vários pontos da bacia e utilização na produção da irrigação, que no período seco funciona como veículo de aporte de nutrientes para os córregos, bem com pela construção civil em áreas próximas aos córregos que carregam seus resíduos de obras para os locais mais baixos onde localizam-se os cursos desses córregos. A coleta 3, manteve-se com resultados menores que as outras duas devido a mobilização maior desse parâmetro nas chuvas iniciais, e com isso havendo a diminuição das concentrações no decorrer do período chuvoso.

O ponto 3 que é a inserção do córrego Ipê no Riacho Fundo, apresentou todos os resultados das análises abaixo do limite de quantificação do aparelho, entrando como um córrego diluidor das concentrações dos vários parâmetros analisados, inclusive o magnésio.

Na comparação entre os grandes córregos da bacia, Vicente Pires e Riacho Fundo em sua primeira metade, (pontos 1, 2, 4, 5 e 6) os maiores valores das análises foram observados no primeiro, reforçando a tese de que neste há maior impacto das atividades antrópicas.

O maior valor (1,7 mg/L) foi observados nos pontos 9 e 11 respectivamente na primeira e segunda coletas. Esses valores elevados nesses pontos ocorrem principalmente devido ao grande número de obras à montante desses locais de coletas mas também devido à proximidade de núcleos rurais e área urbana com os córregos nessas localidades.

A figura 16 a seguir mostra os valores do magnésio, medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas dispostos no gráfico, que possibilita melhor visualização do gradiente de variação dos resultados.

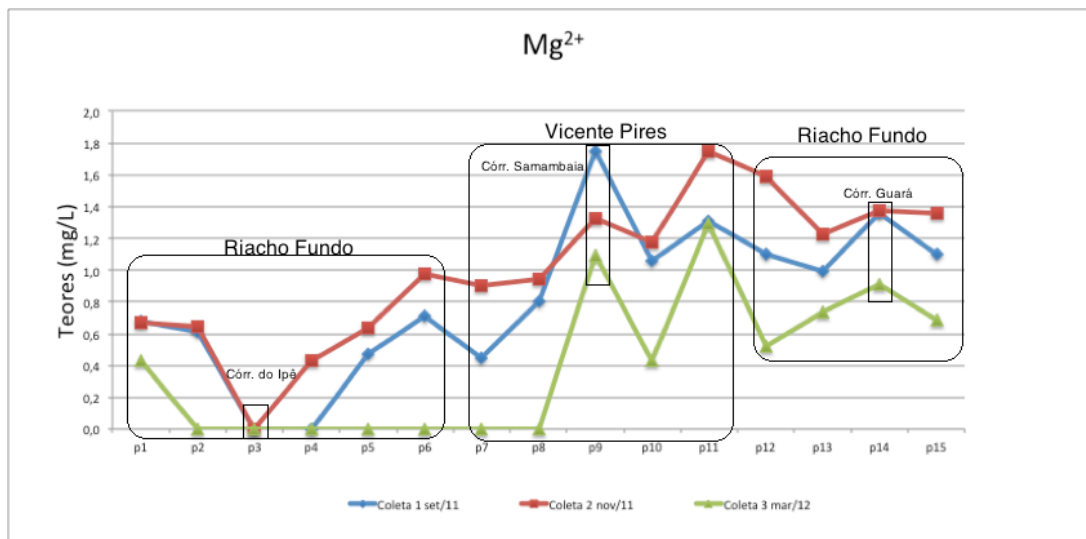


Figura 16: Gráfico comparativo da concentração de magnésio das três coletas medidos em mg/L.

A tabela 6 a seguir mostra os valores do magnésio medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas.

Tabela 6: Resultados amostrais de magnésio das três coletas.

	Mg ²⁺		
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta
Ponto 1	0,7	0,7	0,4
Ponto 2	0,6	0,6	<LQ
Ponto 3	<LQ	<LQ	<LQ
Ponto 4	<LQ	0,4	<LQ
Ponto 5	0,5	0,6	<LQ
Ponto 6	0,7	1,0	<LQ
Ponto 7	0,4	0,9	<LQ
Ponto 8	0,8	0,9	<LQ
Ponto 9	1,7	1,3	1,1
Ponto 10	1,1	1,2	0,4
Ponto 11	1,3	1,7	1,3
Ponto 12	1,1	1,6	0,5
Ponto 13	1,0	1,2	0,7
Ponto 14	1,4	1,4	0,9
Ponto 15	1,1	1,4	0,7

Sódio

O sódio presente nas águas do DF tem origem basicamente em produtos domésticos de limpeza como o sabão, shampoo, detergentes entre outros. O lançamento de esgotos diretamente

em córregos e fossas mal construídas estão entre as principais causas do aporte desse elemento para as águas. Na agricultura, apesar do sódio não fazer parte dos elementos essenciais à sobrevivência das plantas (macronutrientes e micronutrientes), essas podem se beneficiar com sua presença e aumentar a produção. O sódio possui propriedades semelhantes às do potássio (valência raio iônico, grau de hidratação) podendo substituí-lo em funções não específicas como o equilíbrio osmótico: assim, em solo pobre em potássio, dependendo da cultura, o sódio contido no salitre do Chile (NaNO_3), será capaz de substituição parcial (Malavolta, 2006). A geologia local praticamente não contribui com a presença desse parâmetro na água. A excessão que está presente nessa bacia é o mineral esmectita integrante da unidade R3/Q3 que pode liberar o íon Na^+ . Moura, (2008), atribui a presença do sódio na bacia do Gama a fertilizantes e ao esgoto.

Os resultados das análises desse íon mostraram-se maiores nas coletas realizadas no período seco, no córrego Riacho Fundo (pontos 1, 2, 4, 5 e 6) antes do encontro com o Vicente Pires. Isso mostra a diluição do sódio, que com o aumento do volume da água da chuva diminui as concentrações desse elemento ao longo do curso dos córregos da bacia. Esse mesmo comportamento, que permite diferenciar as épocas de coletas, não foi observado no córrego Vicente Pires. Moura (2008), em seus estudos na bacia do Gama - DF verificou que o sódio acompanhou o aumento da precipitação no período chuvoso de 2005. Verificou também a correlação desse íon com a condutividade, sólidos dissolvidos, sólidos totais e sólidos suspensos.

O ponto 1 chama atenção na primeira coleta pela grande diferença nos resultados quando comparado com a segunda e terceira coletas. Foram registrados nas amostras os teores de 13mg/L, 2mg/L e 2,3mg/L nas coletas 1, 2 e 3 respectivamente. Esse valor mais alto na primeira coleta está relacionado ao lançamento de efluentes diretamente no córrego Riacho Fundo neste local, provocando assim o aumento da concentração desse elemento no período anterior às chuvas.

A figura 17 a seguir mostra os valores do sódio, medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas dispostos no gráfico, que possibilita melhor visualização do gradiente de variação dos resultados.

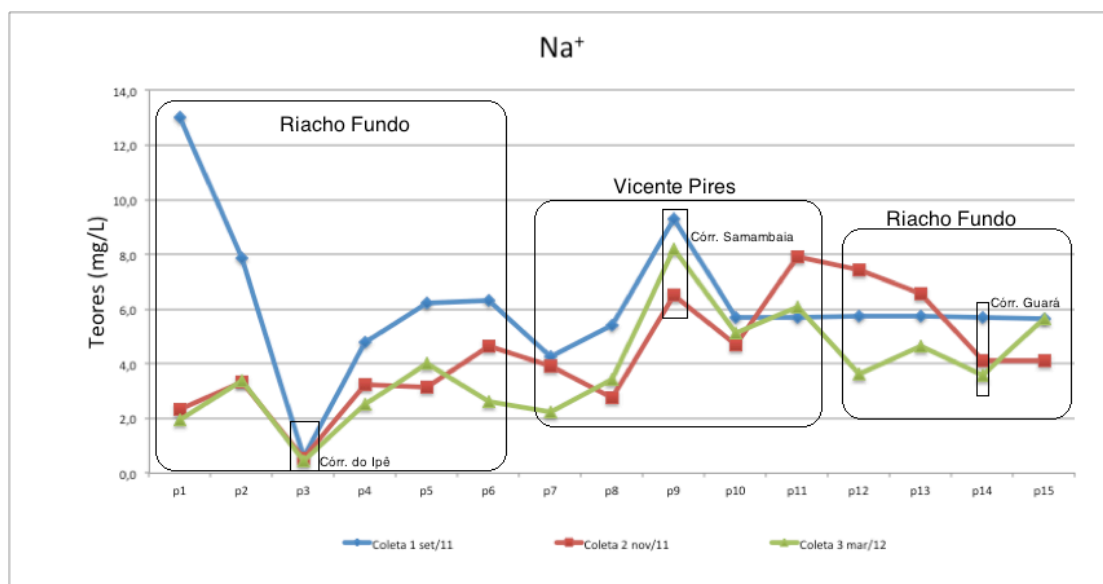


Figura 17: Gráfico comparativo da concentração de sódio das três coletas medidos em mg/L

A tabela 7 a seguir mostra os valores do sódio medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas.

Tabela 7: Resultados amostrais de sódio das três coletas.

	Na ⁺		
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta
Ponto 1	13,0	2,3	2,0
Ponto 2	7,8	3,3	3,4
Ponto 3	0,6	0,5	0,4
Ponto 4	4,8	3,3	2,5
Ponto 5	6,2	3,1	4,0
Ponto 6	6,3	4,7	2,6
Ponto 7	4,3	3,9	2,2
Ponto 8	5,4	2,8	3,4
Ponto 9	9,3	6,5	8,2
Ponto 10	5,7	4,7	5,1
Ponto 11	5,7	7,9	6,1
Ponto 12	5,8	7,4	3,6
Ponto 13	5,7	6,6	4,7
Ponto 14	5,7	4,1	3,6
Ponto 15	5,7	4,1	5,7

Potássio

O potássio é um elemento que integra alguns minerais que compõem a geologia do Distrito federal. Os principais minerais que contém e liberam potássio são a Fengita, Sericita e a Ilita. A água é uma substância composta e possui estrutura molecular dipolar, o que lhe confere a

característica de ser um forte solvente. Quando em contato com os minerais constituintes dos solos e rochas nos quais circula, é capaz de incorporar grandes quantidades de substâncias presentes nos mesmos.

Uma das principais fontes que merecem destaque também são os fertilizantes utilizados na produção agrícola. O potássio é o segundo elemento químico mais absorvido pelas plantas. A sua reserva mineral nos solos do cerrado, é muito pequena, insuficiente para suprir as quantidades extraídas pelas culturas comerciais por cultivos sucessivos e, portanto, sua reposição ao solo é feita com a adubação. O nutriente apresenta-se na forma catiônica (K^+) e seus sais apresentam alta solubilidade, o que associado à baixa capacidade de troca de cátions (CTC) dos solos do cerrado, favorece a ocorrência de perdas por lixiviação, Souza e Lobato (2004). A matéria orgânica vegetal também é fonte desse elemento uma vez que Malavolta (2006), afirma que o potássio compõe cerca de 1% da matéria orgânica seca de culturas comerciais.

O potássio variou na primeira coleta entre 0,1 mg/L nos pontos 10, 11, 13, 14 e 15 até 1,3 no ponto 3. Na segunda coleta houve variação entre 0,2 mg/L no ponto 3 (córrego Ipê) até 3,2 no ponto 9 (córrego Samambaia). E na terceira coleta, houve variação entre 0,1 mg/L no ponto 3 e 2,2 mg/L no ponto 9.

O comportamento que mais chama atenção na observação deste elemento, é que no córrego Vicente Pires do início até o último ponto da bacia, os maiores valores foram observados na segunda coleta (início das chuvas) posteriormente na terceira (período chuvoso) e por último na primeira (período seco), ficando nítida a diferença entre as épocas de coletas. Esse comportamento, sugere que no período seco este elemento estava mais inerte, e com as primeiras chuvas, houve mobilização deste elemento, que diminuiu suas concentrações no decorrer da época chuvosa.

Na comparação entre os maiores córregos desta bacia, o Vicente Pires e o Riacho Fundo (antes do encontro entre eles), ficou evidente que as maiores concentrações foram obtidas nesse primeiro. Isso fortalece a tese de que há maior impacto provocado pelo uso e ocupação do solo na região que envolve o córrego Vicente Pires, se comparado ao Riacho fundo. Podemos inferir que o potássio observado em maiores concentrações é um parâmetro tipicamente característico de locais de produção agrícola no contexto desta bacia.

A figura 18 a seguir mostra os valores do potássio, medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas dispostos no gráfico, que possibilita melhor visualização do gradiente de variação dos resultados.

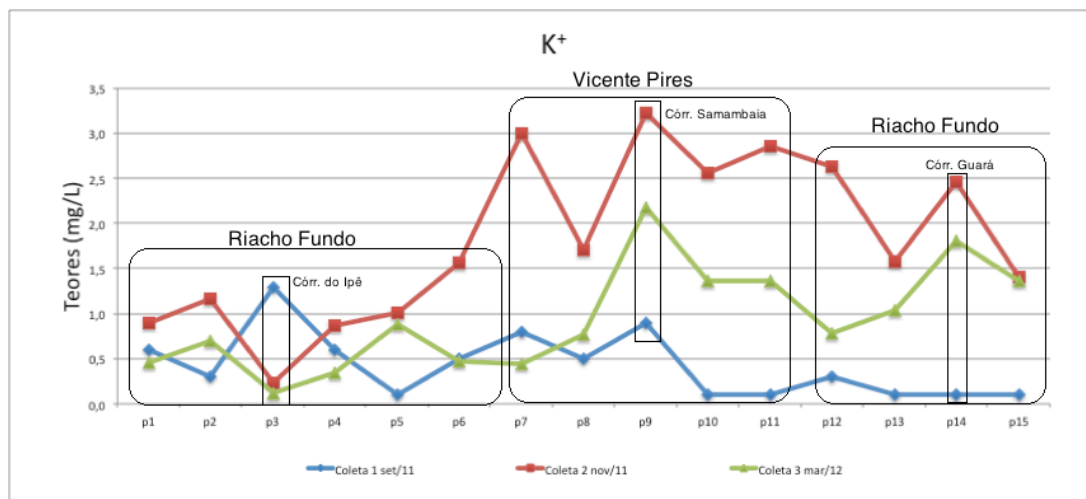


Figura 18: Gráfico comparativo da concentração do potássio das três coletas medidos em mg/L

A tabela 8 a seguir mostra os valores do potássio medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas.

Tabela 8: Resultados amostrais do potássio nas três coletas.

	K⁺		
	1 ^a coleta	2 ^a coleta	3 ^a coleta
Ponto 1	0,6	0,9	0,5
Ponto 2	0,3	1,2	0,7
Ponto 3	1,3	0,2	0,1
Ponto 4	0,6	0,9	0,3
Ponto 5	0,1	1,0	0,9
Ponto 6	0,5	1,6	0,5
Ponto 7	0,8	3,0	0,4
Ponto 8	0,5	1,7	0,8
Ponto 9	0,9	3,2	2,2
Ponto 10	0,1	2,6	1,4
Ponto 11	0,1	2,9	1,4
Ponto 12	0,3	2,6	0,8
Ponto 13	0,1	1,6	1,0
Ponto 14	0,1	2,5	1,8
Ponto 15	0,1	1,4	1,4

Fluoreto

O fluoreto é um elemento que está presente na geologia do Distrito Federal, isso é verificado nas águas minerais comercializadas nesta cidade. A ocorrência desse elemento na água

também pode estar associado ao tratamento das águas pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb, que afirma adicionar 0,8 mg/L de fluoreto para distribuição encanada e consumo da população. Porém, a presença do cálcio limita a concentração do flúor, Feitosa (2008).

Os teores de fluoreto encontrados são relativamente baixos e aceitáveis, de acordo com o que coloca Feitosa (2008), as concentrações abaixo de 1,5 mg/L são benéficas à saúde dos dentes.

Pode-se observar que há um efeito de diluição desse elemento na terceira coleta na qual há o aumento do volume de águas da bacia. Esse elemento não está associado à atividade de produção agrícola por não ser um dos macronutrientes essenciais para o desenvolvimento de plantas, ao contrário disso, esse elemento é tóxico para as plantas. A presença do fluoreto pode estar associada ao esgoto vindo de locais com água tratada, além da geologia que fornece o fluoreto para as águas.

Em primeira análise, atribui-se as fontes mais importantes do fluoreto à geologia local, contudo, deve-se aprofundar os estudos relacionados a esse parametro pois ele mostrou-se alterado em locais onde outros parâmetros também tiveram altos valores, como os pontos 1, 7, 9 e 14 relacionados a efluentes domésticos. É possível que a origem desses efluentes seja de locais que recebem água tratada. Porém, as concentrações verificadas não são preocupantes.

A figura 19 a seguir mostra os valores do fluoreto, medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas dispostos no gráfico, que possibilita melhor visualização do gradiente de variação dos resultados.

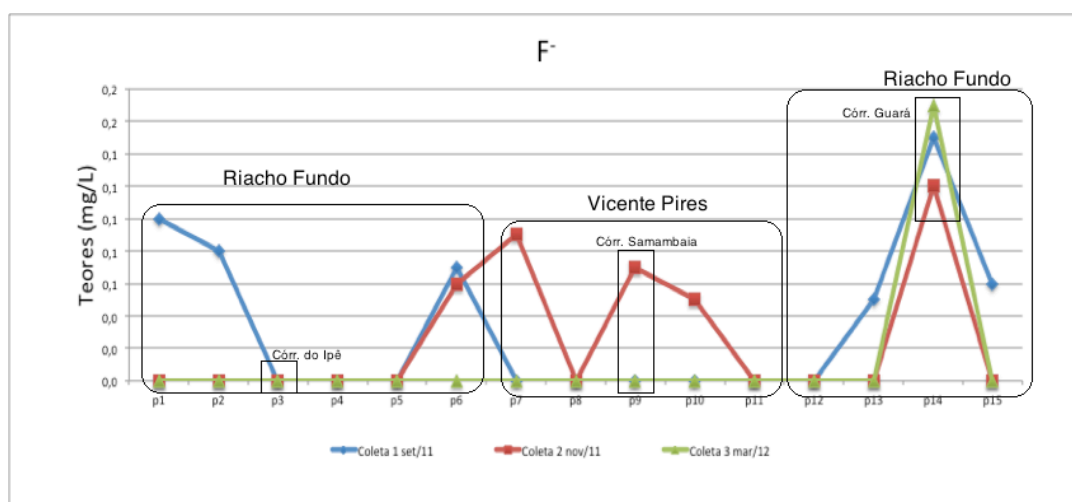


Figura 19: Gráfico comparativo da concentração de fluoreto das três coletas medidos em mg/L

A tabela 9 a seguir mostra os valores do fluoreto medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas.

Tabela 9: Resultados amostrais de fluoreto das três coletas.

	F ⁻		
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta
Ponto 1	0,1	<LQ	<LQ
Ponto 2	0,1	<LQ	<LQ
Ponto 3	<LQ	<LQ	<LQ
Ponto 4	<LQ	<LQ	<LQ
Ponto 5	<LQ	<LQ	<LQ
Ponto 6	0,1	0,1	<LQ
Ponto 7	<LQ	0,1	<LQ
Ponto 8	<LQ	<LQ	<LQ
Ponto 9	<LQ	0,1	<LQ
Ponto 10	<LQ	0,1	<LQ
Ponto 11	<LQ	<LQ	<LQ
Ponto 12	<LQ	<LQ	<LQ
Ponto 13	0,1	<LQ	<LQ
Ponto 14	0,2	0,1	0,2
Ponto 15	0,1	<LQ	<LQ

Cloreto

O cloreto não apresenta relação com a geologia local. Esse elemento faz parte dos micronutrientes fundamental para as plantas, e está presente em fertilizantes muito utilizados nesta região como o cloreto de potássio e o cloreto de magnésio. Está presente em dejetos pois ocorre nos alimentos, e com isso se faz presente em fossas de residências e esgotos. Esse elemento é muito utilizado em pequenas indústrias, pois legislações federais e distritais o vinculam a processos de limpeza e desinfecção de máquinas e ferramentas. Feitosa (2008), relata que o cloreto é um bom indicador de poluição para aterros sanitários e lixões. Sperling (1996), correlaciona esse elemento à despejos domésticos, industriais e águas utilizadas na irrigação de culturas.

Esse parâmetro é utilizado nos processos de tratamento de água, durante a fase de desinfecção, com a finalidade de destruir microrganismos patogênicos que transmitem doenças.

Foram verificadas diferenças entre as coletas 1, 2, e 3 apenas no córrego Riacho Fundo antes do encontro com o Vicente Pires, onde as maiores concentrações foram verificadas na primeira coleta. Na comparação entre os dois maiores córregos, o Vicente Pires e Riacho Fundo, não foram verificadas diferenças de concentrações relevantes para essa discussão.

O ponto que mais chama atenção é o número 1, localizado no córrego Riacho Fundo, o qual, na primeira coleta foi verificado o maior valor do estudo para esse parâmetro (9,4 mg/L).

Essa concentração elevada está relacionada com o lançamento de efluentes domésticos diretamente no curso deste córrego. Essa região apresenta concentrações altas de vários parâmetros por isso preocupa pelo alto impacto causado pelas atividades de uso e ocupação do solo que devem ser melhor orientadas, cumprir com a legislação ambiental existente e também devem ser melhor fiscalizadas.

A figura 20 a seguir mostra os valores do cloreto, medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas dispostos no gráfico, que possibilita melhor visualização do gradiente de variação dos resultados.

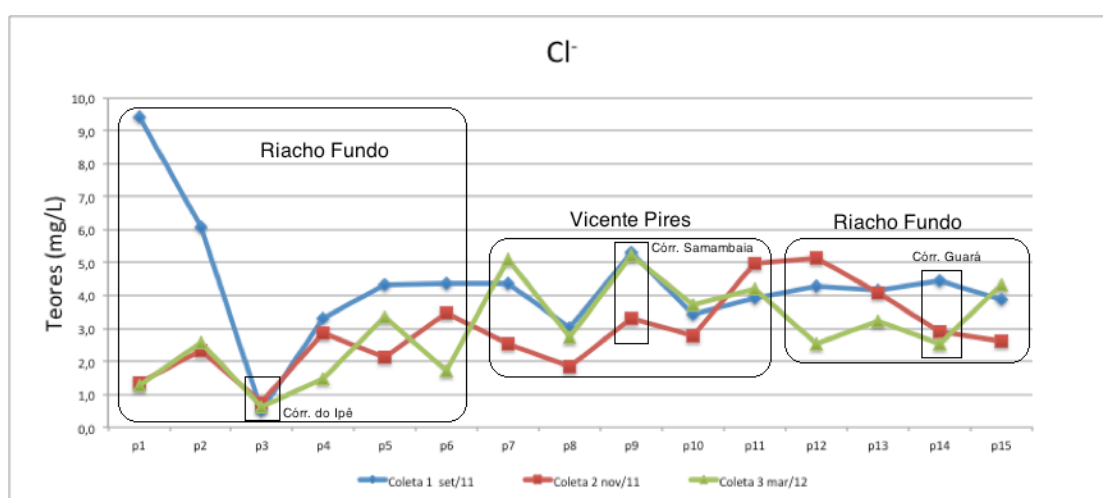


Figura 20: Gráfico comparativo da concentração de magnésio das três coletas medidos em mg/L

A tabela 10 a seguir mostra os valores do cloreto medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas.

Tabela 10: Resultados amostrais de cloreto das três coletas.

	Cl ⁻		
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta
Ponto 1	9,4	1,3	1,3
Ponto 2	6,1	2,3	2,6
Ponto 3	0,5	0,8	0,6
Ponto 4	3,3	2,9	1,5
Ponto 5	4,3	2,1	3,4
Ponto 6	4,4	3,5	1,7
Ponto 7	4,4	2,6	5,1
Ponto 8	3,0	1,8	2,7
Ponto 9	5,3	3,3	5,2
Ponto 10	3,4	2,8	3,7
Ponto 11	3,9	5,0	4,2
Ponto 12	4,3	5,1	2,5
Ponto 13	4,2	4,1	3,2
Ponto 14	4,4	2,9	2,6
Ponto 15	3,9	2,6	4,3

Nitrato

O nitrato, assim como a amônia medidos neste estudo, não tem relação com a geologia do Distrito Federal. Contudo, as principais fontes desses parâmetros para os córregos são principalmente a matéria orgânica das vegetações locais, esgotos provindos da área urbana, aterro para entulho e lixo localizado na estrutural e fertilizantes utilizados na produção agrícola.

De acordo com Sperling (1996), em um corpo d'água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição (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).

Feitosa *et al* (2008), colocam que o nitrogênio dissolvido na forma de íon nitrato (NO₃⁻) é o contaminante mais comum encontrado na água subterrânea. A sua presença em concentrações excessivas é cada dia maior e está se ampliando e ameaçando muitos sistemas aquíferos em muitas partes do mundo. Isso é consequência das atividades agrícolas e do lançamento indiscriminado de esgotos sobre e abaixo da superfície do solo.

Entre as coletas não foram verificadas diferenças nas concentrações. Na primeira coleta, as quantidades de nitrato variaram entre 0,5 mg/L no ponto 3 (final do córrego do Ipê), até 7,1 mg/l no ponto 6, localizado no correço Riacho Fundo, (anterior à confluência com o córrego Vicente Pires). Esse valor elevado, no ponto 6 está relacionado a fertilizantes utilizados na produção de hortaliças, bem como a despejos domésticos e fossas de residências próximas. Importante colocar que essa forma química do nitrato, representa um estágio mais degradado e

remoto da amônia, ou seja, é normal que não ocorra correlação desse parâmetro com outros pois o nitrato atingirá essa forma química após algum tempo do lançamento do poluente ao meio ambiente.

A segunda coleta variou entre 0,5 mg/L de nitrato no ponto número 3 (córrego Ipê) até 5,5 mg/L nos pontos 6 e 12 ambos localizados no córrego Riacho Fundo.

A terceira coleta variou entre 0,6 mg/L no ponto 3 até 7,6 mg/L no ponto 9. Esse valor elevado também relaciona-se com a atividade agrícola desenvolvida em propriedades a montante deste local, bem como com a presença de efluentes domésticos principalmente.

A figura 21 a seguir mostra os valores do nitrato, medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas dispostos no gráfico, que possibilita melhor visualização do gradiente de variação dos resultados.

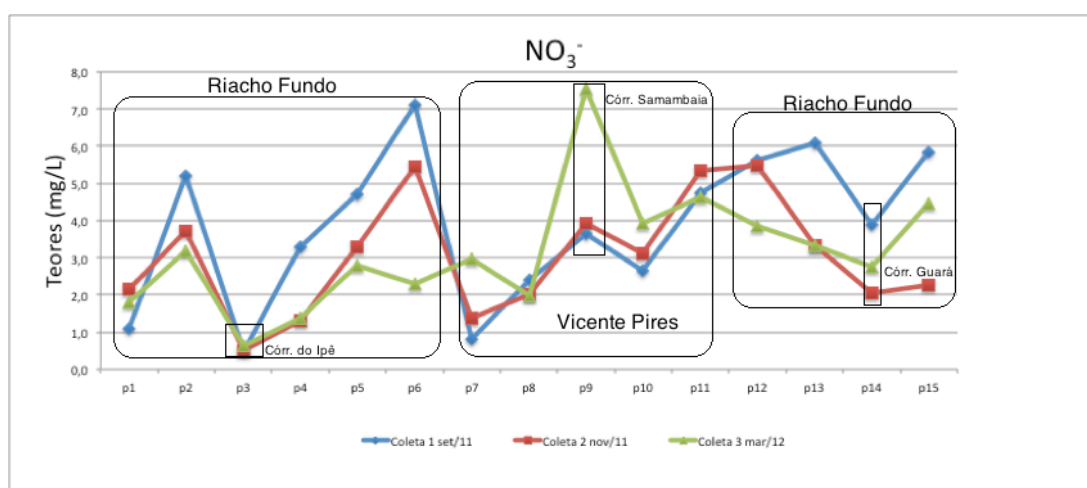


Figura 21: Gráfico comparativo da concentração de nitrato das três coletas medidos em mg/L

A tabela 11 a seguir mostra os valores do nitrato medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas.

Tabela 11: Resultados amostrais de nitrato das três coletas.

	NO₃⁻		
	1 ^a coleta	2 ^a coleta	3 ^a coleta
Ponto 1	1,1	2,2	1,8
Ponto 2	5,2	3,7	3,2
Ponto 3	0,5	0,5	0,6
Ponto 4	3,3	1,3	1,4
Ponto 5	4,7	3,3	2,8
Ponto 6	7,1	5,5	2,3
Ponto 7	0,8	1,4	3,0
Ponto 8	2,4	2,0	2,0
Ponto 9	3,6	3,9	7,6
Ponto 10	2,6	3,1	3,9
Ponto 11	4,7	5,3	4,6
Ponto 12	5,6	5,5	3,8
Ponto 13	6,1	3,3	3,3
Ponto 14	3,9	2,1	2,7
Ponto 15	5,9	2,3	4,5

Fosfato

O fosfato é um parâmetro que inexiste na geologia que constitui a bacia em estudo. Contudo, sua presença é observada nos resultados de nossas análises. Dessa forma, entende-se que o aporte desse parâmetro nos córregos desta bacia é essencialmente provocado por atividades antrópicas.

De acordo com Sperling (1996), as principais fontes antropogênicas do fosfato para as águas são: despejos domésticos, despejos industriais, detergentes e fertilizantes utilizados na agricultura.

Na primeira coleta o maior aporte desse elemento ocorreu no ponto 1 (0,5 mg/L) que novamente mostra-se sendo um local de significativas entradas de esgotos e adubos químicos utilizados na agricultura.

Na segunda coleta, os resultados ficaram abaixo do limite de quantificação do aparelho, devido ao aumento do volume de águas na bacia e com isso, a diluição das concentrações desse elemento.

A terceira coleta foi caracterizada por variações que foram abaixo do limite de quantificação do aparelho até o maior valor encontrado nesse estudo para o fosfato (1,1 mg/L), valor considerado alto e potencialmente eutrofizador, vez que valores acima de 0,5mg/L em lagos são considerados meios eutrofizados (Sperling, 1996). Esse valor mais alto foi verificado no ponto 8 da terceira coleta, localizado logo após o córrego passar pelos bairros Vicente Pires e a Colônia Agrícola Vicente Pires, mostrando grande concentração de fosfato principalmente provocado pela presença de esgoto dessa área urbana e também com importantes contribuições da área rural. O

fósforo é um dos nutrientes mais utilizados na agricultura, por isso a utilização de fertilizantes é uma importante fonte desse parâmetro para as águas do Distrito Federal.

A figura 22 a seguir mostra os valores do fosfato, medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas dispostos no gráfico, que possibilita melhor visualização do gradiente de variação dos resultados.

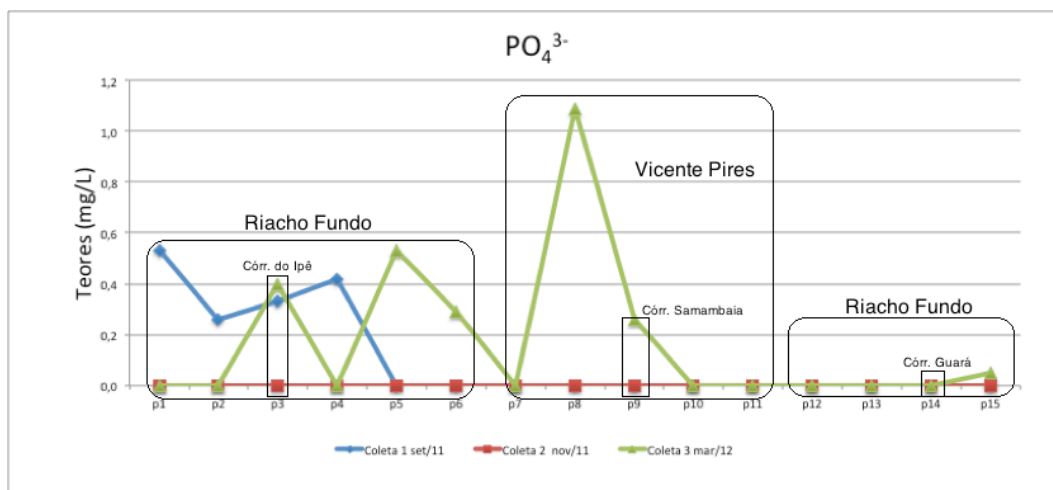


Figura 22: Gráfico comparativo da concentração de fosfato das três coletas medidos em mg/L

A tabela 12 a seguir mostra os valores do fosfato medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas.

Tabela 12: Resultados amostrais de fosfato das três coletas.

	PO_4^{3-}		
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta
Ponto 1	0,5	<LQ	<LQ
Ponto 2	0,3	<LQ	<LQ
Ponto 3	0,3	<LQ	0,4
Ponto 4	0,4	<LQ	<LQ
Ponto 5	<LQ	<LQ	0,5
Ponto 6	<LQ	<LQ	0,3
Ponto 7	<LQ	<LQ	<LQ
Ponto 8	<LQ	<LQ	1,1
Ponto 9	<LQ	<LQ	0,3
Ponto 10	<LQ	<LQ	<LQ
Ponto 11	<LQ	<LQ	<LQ
Ponto 12	<LQ	<LQ	<LQ
Ponto 13	<LQ	<LQ	<LQ
Ponto 14	<LQ	<LQ	<LQ
Ponto 15	<LQ	<LQ	0,1

Sulfato

O Sulfato também não está presente na geologia da bacia objeto de nossos estudos. Há um pequeno fornecimento desse parâmetro por parte da matéria orgânica. Malavolta (2006), pontua que o enxofre presente na matéria seca de plantas é cerca de 0,1 %. A relação carbono: enxofre na camada superficial de solos brasileiros está ao redor de 110:1, com alguma variação (Sousa e Lobato, 2004). O enxofre é introduzido no meio também através de produtos de limpeza utilizados em pequenas indústrias e em residências.

Com isso, fica evidente que a presença do sulfato nas águas desta bacia são provocadas predominantemente pela introdução antrópica deste elemento.

Na agricultura, o enxofre é classificado como um dos macronutrientes essenciais à sobrevivência das plantas, que são demandados quando em cultivos comerciais da ordem de Kg/ha.

Nesta região do Distrito Federal na qual está inserida a Bacia do Riacho Fundo, existe outra importante fonte de enxofre que é a queima de combustíveis fósseis. O elevado número de automóveis na região do D.F. utiliza combustíveis provenientes do petróleo, que durante sua queima liberam o enxofre para a atmosfera. No momento em que ocorrem as chuvas, essas transportam o elemento que estava em suspensão na atmosfera até a superfície da bacia hidrográfica que atingem diretamente os córregos ou escoam até eles.

Na primeira coleta, os resultados variaram de 0,2 mg/L no córrego Ipê (ponto 3) até 24,9 mg/L no ponto 1 próximo à fazenda Sucupira da Embrapa. Esse valor mais elevado no ponto 1, local ainda próximo à sua nascente, corrobora com a tese de que há um importante aporte de elementos químicos utilizados como fertilizantes para a água dos córregos desta bacia.

Na segunda coleta, os resultados do sulfato variaram de 0,3mg/L no ponto 3 (córrego do Ipê) a 16,1 mg/L nos pontos 7 (próximo ao aterro da Estrutural) e 11 (próximo ao Núcleo Bandeirante). Esses valores altos estão relacionados às atividades agrícolas em locais a montante dos pontos de coleta, bem com a presença do aterro da Estrutural localizado próximo ao ponto número 7.

Os resultados obtidos na segunda coleta no córrego Vicente Pires (pontos 7, 8, 10 e 11) foram maiores que os resultados obtidos nas coletas 1 e 3, ficando nitida a diferença entre o período seco com concentrações menores e as primeiras chuvas que mobilizaram concentrações maiores deste parâmetro. Foi verificada diferença entre épocas também no córrego Riacho Fundo antes do encontro com o Vicente Pires, onde os maiores valores foram observados no período seco.

O ponto 7, é caracterizado por receber aportes provindos do lixo e entulho, além de ter em sua proximidade pequenos modulos de produção de hortaliças. O ponto número 11, localizado no córrego Vicente Pires, mais à jusante do ponto 7, recebe influência do aterro da estrutural e águas que passam por bairros muito adensados como o Vicente Pires, Guará, Águas Claras e Riacho Fundo. Dessa forma, observa-se a forte relação do aporte desse elemento com o esgoto, agricultura e com a queima de combustíveis derivados de petróleo.

Na terceira coleta, os resultados variaram entre 0,2 mg/L no córrego Ipê (ponto 3) até 5,6 mg/L no ponto número 15.

A figura 23 a seguir mostra os valores do sulfato, medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas dispostos no gráfico, que possibilita melhor visualização do gradiente de variação dos resultados.

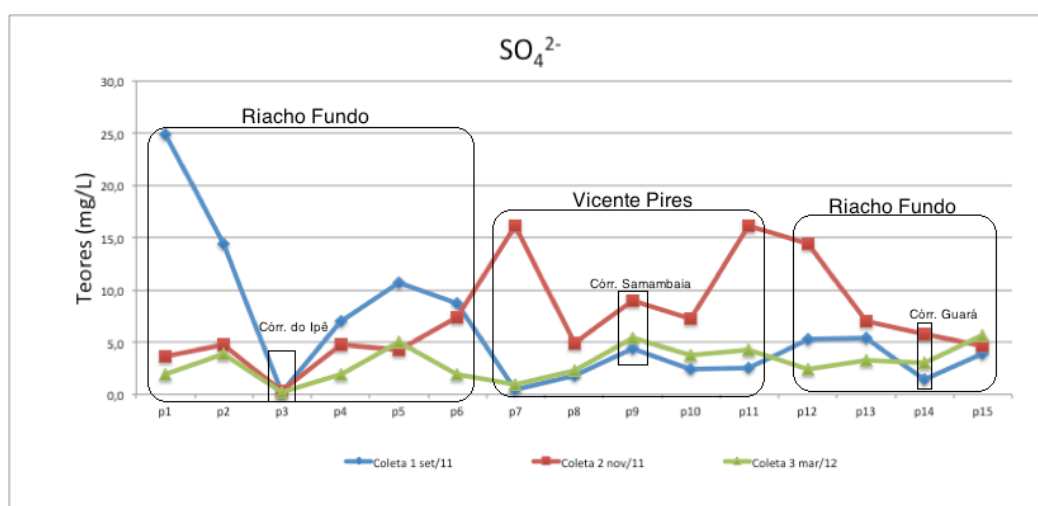


Figura 23: Gráfico comparativo da concentração de sulfato das três coletas medidos em mg/L.

A tabela 13 a seguir mostra os valores do sulfato medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas.

Tabela 13: Resultados amostrais de sulfato das três coletas.

	SO ₄ ⁻		
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta
Ponto 1	24,9	3,6	2,0
Ponto 2	14,4	4,7	3,9
Ponto 3	0,2	0,3	0,2
Ponto 4	7,0	4,8	1,9
Ponto 5	10,7	4,3	5,0
Ponto 6	8,7	7,4	1,9
Ponto 7	0,4	16,1	1,0
Ponto 8	1,9	4,9	2,3
Ponto 9	4,4	8,9	5,4
Ponto 10	2,5	7,2	3,7
Ponto 11	2,5	16,1	4,3
Ponto 12	5,3	14,4	2,5
Ponto 13	5,4	7,0	3,3
Ponto 14	1,5	5,7	3,0
Ponto 15	4,0	4,6	5,6

Bicarbonato

O córrego Riacho Fundo, antes da confluência com o Vicente Pires (pontos 1 a 6), apresentou valores mais baixos para o bicarbonato do que este último (pontos 7 a 11).

Foram verificadas diferenças para esse parâmetro relacionados às épocas anteriores às chuvas e posteriores a elas apenas no córrego Riacho Fundo, antes da confluência com o córrego Vicente Pires. O segundo período de coletas foram observados maiores valores do bicarbonato relacionados às duas outras, com exceção apenas do ponto 1. Isso mostra o aumento da concentração do bicarbonato nas primeiras chuvas neste local.

O bicarbonato faz parte dos parâmetros presentes na geologia do Distrito Federal, através dos minerais calcita e dolomita, presentes também no interior da bacia em estudo. Esses minerais são fontes significativas desse parâmetro.

Porém a construção civil é uma atividade que exerce grande influência no aporte do bicarbonato para os córregos desta bacia. Isso devido aos materiais mais utilizados nesta atividade, o cimento e a brita. A composição do cimento, principal dos materiais empregados na construção civil, é constituído em média por uma mistura de 96% de clínquer (80% de CaCO₃) e 4% de gesso. A dissolução do CaCO₃ de acordo com a reação a seguir, dá origem ao bicarbonato: $H_2O + CO_2 > H_2CO_3$; em seguida: $CaCO_3 + H_2CO_3 > Ca^{2+} + 2HCO_3^-$.

Os resultados obtidos na primeira coleta variaram entre 7,41 mg/L de HCO₃ no ponto 3 (córrego Ipê) até 75,6 mg/L no ponto 9 (córrego Samambaia). Os resultados da segunda coleta variaram entre 7,9 e 68,5 mg/L.

O grande aporte do bicarbonato com origem em materiais utilizados na construção civil pode ser observado nos resultados do ponto 9 (córrego Samambaia), que recebe as águas da região do bairro Águas Claras, onde há grande número de empreendimentos residenciais em construção.

O ponto 7 também apresentou resultado elevado na segunda coleta (54,76 mg/L). Esse valor está relacionado ao aporte do bicarbonato vindo do entulho de obra presente no Aterro da Estrutural.

A figura 24 a seguir mostra os valores do bicarbonato, medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas dispostos no gráfico, que possibilita melhor visualização do gradiente de variação dos resultados.

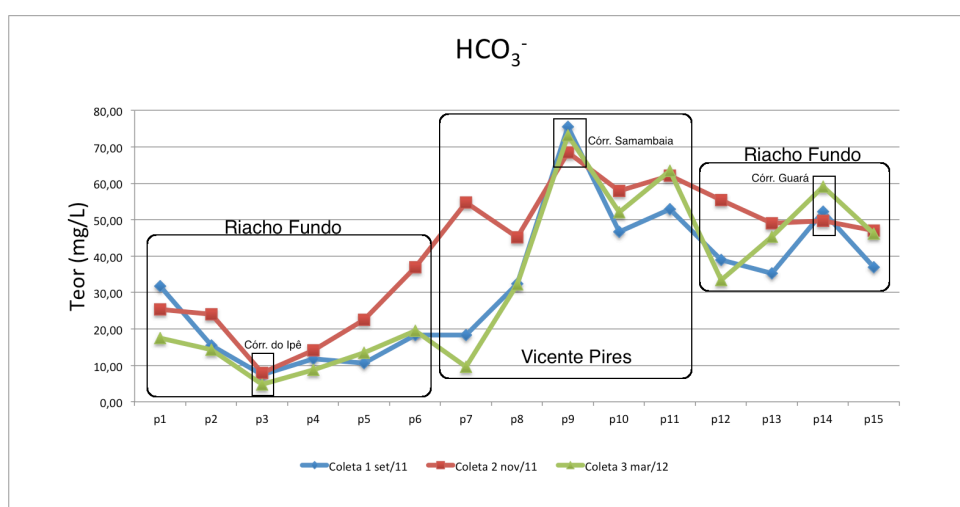


Figura 24: Gráfico comparativo da concentração de bicarbonato das três coletas medidos em mg/L.

A tabela 14 a seguir mostra os valores do bicarbonato medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas.

Tabela 14: Resultados amostrais de bicarbonato das três coletas.

	HCO_3^-		
	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta
Ponto 1	31,81	25,42	17,47
Ponto 2	15,47	24,10	14,30
Ponto 3	7,41	7,95	4,80
Ponto 4	11,76	14,15	8,81
Ponto 5	10,68	22,55	13,52
Ponto 6	18,30	36,92	19,52
Ponto 7	18,30	54,76	9,62
Ponto 8	32,46	45,10	32,18
Ponto 9	75,60	68,53	73,20
Ponto 10	46,62	57,92	52,09
Ponto 11	52,94	62,12	63,46
Ponto 12	39,00	55,49	33,40
Ponto 13	35,29	49,08	45,31
Ponto 14	52,29	49,74	59,12
Ponto 15	37,04	47,09	46,19

Amônio

Sousa *et al* (2004), pontuam que o nitrogênio, macronutriente essencial para as plantas, é absorvido e exportado em grandes quantidades nas colheitas agrícolas comerciais. Esse elemento é o nutriente exigido em maior quantidade pelas culturas, refletido no consumo mundial do elemento em fertilizantes, superando muito as quantidades utilizadas de fósforo e potássio. A absorção do nitrogênio nas plantas ocorre principalmente na forma de nitrato (NO_3^-) ou de amônio (NH_4^+), sendo a primeira forma a mais frequente.

Como parte da composição da clorofila, o nitrogênio participa diretamente da fotossíntese das plantas, desempenhando, ainda, entre outros papéis o de aumentar o teor da proteína das plantas.

A recomendação de adubação nitrogenada é complexa, devido à dinâmica das transformações do nitrogênio no solo, à sua mobilidade e aos fatores que influem no seu aproveitamento pelas plantas.

O mal uso do adubo nitrogenado pode causar prejuízos econômicos e ambientais consideráveis.

O nitrogênio não tem relação com a geologia do Distrito Federal, e as principais formas de aporte desse elemento na bacia em estudo estão associadas à matéria orgânica da vegetação local, despejos domésticos (esgotos), fertilizantes e a ocorrência do aterro sanitário presente na estrutural.

Dessa forma, observamos que esse parâmetro variou na primeira coleta abaixo do limite de quantificação nos pontos 3, 9 e 11 até 2,6 mg/l no ponto número 2, localizado no Riacho Fundo I.

Na segunda coleta, esse parâmetro variou de 0,1 mg/l no ponto 3 (córrego Ipê), até 5,5 mg/l no ponto 7, localizado próximo ao aterro da Estrutural. Esse valor foi bem superior aos demais devido ao grande aporte do amônio provocado pela alta quantidade de lixo orgânico no aterro. Há também relações com pequenos módulos de produção de hortaliças que fornecem o amônio através de fertilizantes, além de esgotos próximos ao córrego. Essa amostra, quando chegou no laboratório para análise, foi necessário a diluição para que o aparelho fizesse a real leitura da quantidade de amônio.

Na terceira coleta, o amônio variou abaixo do limite de quantificação no ponto 13, até 1,1mg/l observado no ponto 5, localizado no interior da propriedade onde eram criados e abatidos carneiros.

Foi verificada a diferença entre as coletas nas amostras dos córregos Vicente Pires, Samambaia, Guará, e Riacho Fundo após a confluência deste com o Vicente Pires, nos quais os valores maiores foram obtidos na segunda coleta.

A figura 25 a seguir mostra os valores do amônio, medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas dispostos no gráfico, que possibilita melhor visualização do gradiente de variação dos resultados.

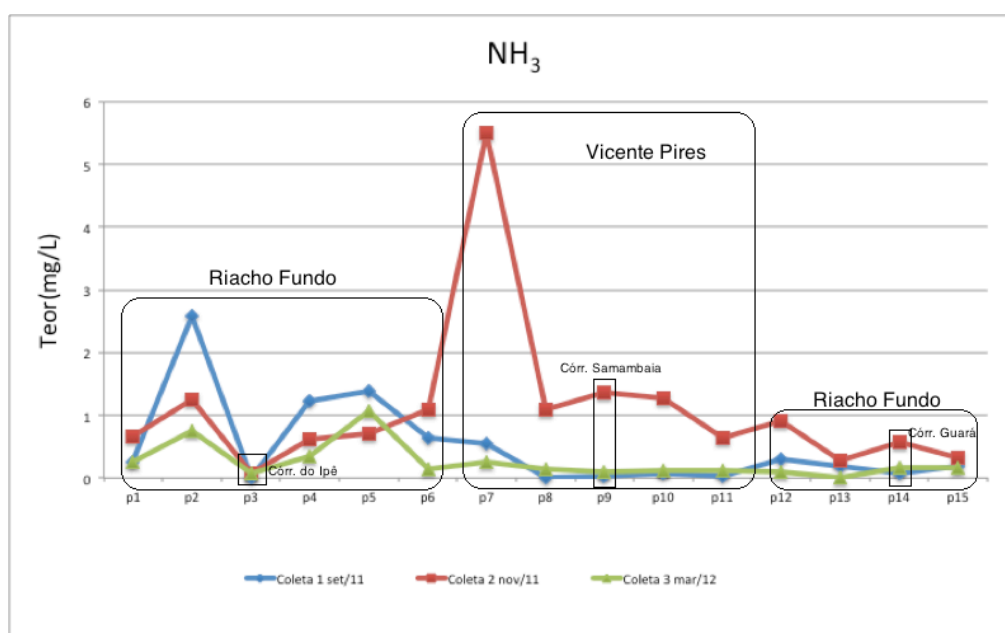


Figura 25: Gráfico comparativo da concentração de amônia das três coletas medidos em mg/L.

A tabela 15 a seguir mostra os valores do amônio medidos em mg/L obtidos nos pontos de coletas.

Tabela 15: Resultados amostrais do amônio das três coletas.

	1ª coleta	2ª coleta	3ª coleta
	NH ₃	NH ₃	NH ₃
Ponto 1	0,3	0,7	0,3
Ponto 2	2,6	1,2	0,8
Ponto 3	<LQ	0,1	0,1
Ponto 4	1,2	0,6	0,3
Ponto 5	1,4	0,7	1,1
Ponto 6	0,7	1,1	0,1
Ponto 7	0,5	5,5	0,3
Ponto 8	0,1	1,1	0,1
Ponto 9	<LQ	1,4	0,1
Ponto 10	0,1	1,3	0,1
Ponto 11	<LQ	0,6	0,1
Ponto 12	0,3	0,9	0,1
Ponto 13	0,2	0,3	<LQ
Ponto 14	0,1	0,6	0,2
Ponto 15	0,2	0,3	0,2

As figuras 26 e 27 a seguir mostram a situação encontrada no ponto de coleta número 10, a qual, pode-se observar na primeira, o plantio de hortaliças e na segunda figura o despejo de esgoto direto no córrego.



Figura 26: Ponto de coleta número 10, córrego Vicente Pires.



Figura 27: Ponto de coleta número 10, córrego Vicente Pires. Esgoto sendo despejado direto no córrego.

5.2 Análise de principais componentes (PCA)

Para dar maior confiabilidade às informações transmitidas pelos dados obtidos em laboratório, melhor interpretá-los e eliminar possíveis erros associados às diversas fontes, foi aplicada a Análise do Principais Componentes – APC ou PCA (do inglês *Principal Component Analysis*). O objetivo imediato da APC é verificar se existe um pequeno número das primeiras componentes principais que seja responsável por explicar uma proporção elevada da variação total associada ao conjunto original. Essa análise estatística, trás informações sobre o contexto geral desta bacia.

Sabe-se que cada parâmetro analisado apresenta características químicas peculiares e com isso, interações diferentes uns dos outros com o meio, e também com a matéria orgânica presente nos solo. Dessa maneira, foi escolhido a APC como a forma mais adequada para o tratamento dos dados.

Foram verificados quatro grupos associados às 2 principais componentes. Três grupos foram associados à componente 1 (figura 28) e um grupo foi associado à componente 2 (figura 29). No grupo da componente 1, o resultado das correlações foram maiores que 0,6. Na componente número 2, foram correlacionados valores maiores do que 0,4.

Na componente número 1, o grupo destacado em vermelho na figura 28 formado pelo pH, Condutividade elétrica, cálcio, magnésio e alcalinidade, denunciam a construção civil como

atividade causadora de relevante impacto sobre a qualidade da água na bacia do Riacho Fundo provocada pelos materiais utilizados nesta atividade, como o cimento, a brita e a argamassa, fontes do cálcio, magnésio e do bicarbonato, que provocam a neutralização do H^+ presente na água, aumentando dessa forma o pH e a alcalinidade.

Foi possível observar também na componente 1 outro grupo formado pelos parâmetros pH, Condutividade elétrica, cálcio, magnésio, alcalinidade, potássio e nitrato destacados pela cor verde na figura 28 que identifica a atividade agrícola como fonte. Para o desenvolvimento da produção agrícola economicamente viável é necessário que se eleve o pH do solo entre 5,5 e 6,3, Souza e Lobato (2004), e que seja realizada a fertilização do solo. Os solos do cerrado apresentam baixo pH, que é aumentado com a adição do calcário fornecedor do cálcio e do magnésio. Com a calagem feita, há o aumento da condutividade elétrica devido a liberação de íons e aumento também do pH provocado pela formação do bicarbonato. O potássio é um parâmetro característico da atividade de produção agrícola no contexto da bacia em estudo, e o nitrato é o nutriente mais utilizado em adubações nesta região. Ambos os nutrientes também contribuem para a elevação da condutividade elétrica.

Dessa maneira, quando é realizada a adição de fertilizantes, parte do que não é aproveitado pelas plantas ou que é colocado em excesso, pode ser perdido por lixiviação ou erosão, podendo atingir o aquífero e também escoar até os córregos mais próximos. Essa situação é agravada pela supressão da vegetação nativa.

O terceiro grupo observado na componente 1 (figura 28) composta pelos parâmetros sódio, cloro e nitrato destacados em azul, evidenciam a presença de esgoto. Importante destacar que se trata de esgoto em estágio mais avançado de degradação evidenciado pela presença do nitrato.

Na componente 2 (figura 29) destacada em azul, foi observado apenas um grupo de parâmetros correlacionados, composto pelo sódio, cloreto, amônio e nitrato. Esse grupo está relacionado à presença de esgoto que ocorre em estágio mais recente de contaminação da água, evidenciado pela presença do amônio. Nesta componente 2 há presença do sulfato, porém os estudos relacionados à sua origem exata devem ser aprofundados para o diagnóstico preciso a respeito deste parâmetro.

Com isso, a Análise das principais Componentes deixa evidente o importante impacto causado pelo elevado número de obras de construção civil, bem como o lançamento direto de efluentes nos córregos e a utilização de fossas que poluem as águas desta bacia. O uso de fertilizantes também é determinante para a degradação qualidade das águas da bacia do Riacho

Fundo. Dessa maneira, ficam claras as consequências provocadas pela ocupação do solo na qualidade da água na bacia do Riacho Fundo.

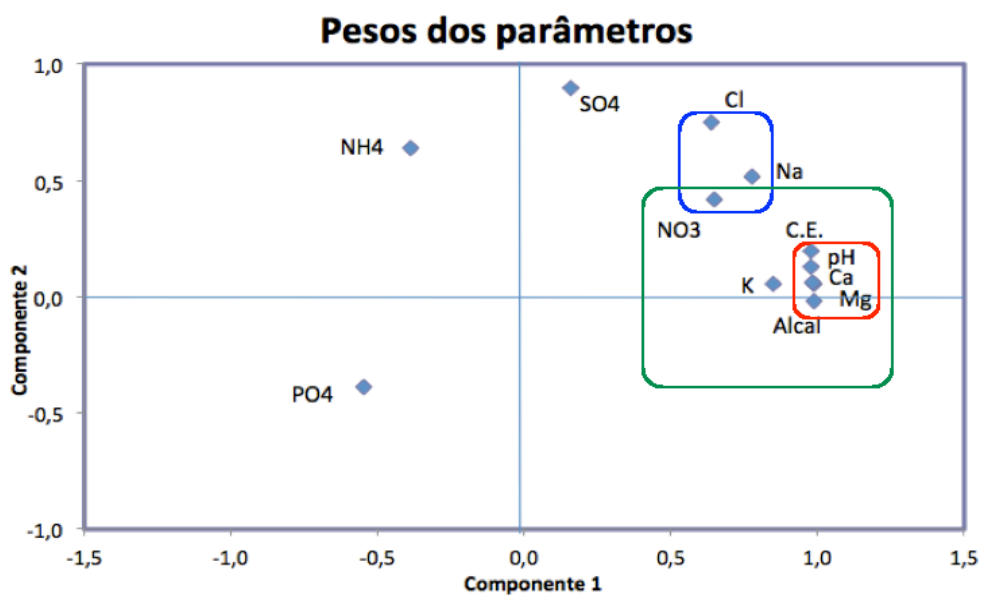


Figura 28: Agrupamentos da componente 1 dos parâmetros de acordo com os pesos obtidos na APC.

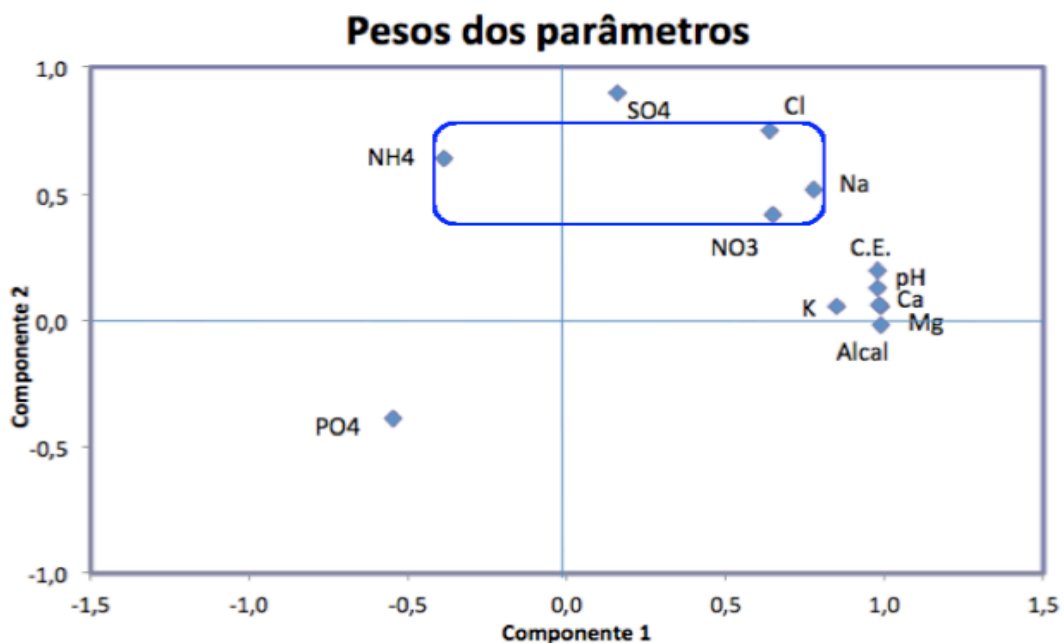


Figura 29: Agrupamento da componente dos parâmetros de acordo com os pesos obtidos na APC.

Tabela 16: Matriz do Agrupamento de Principais Componentes.

	Componente	
	1	2
C.E	0,975	0,195
pH	0,978	0,131
Ca	0,989	0,052
Na	0,777	0,518
NH3	-0,388	0,639
Cl	0,637	0,751
PO4	-0,548	-0,388
Mg	0,981	0,062
K	0,847	0,058
NO3	0,651	0,421
SO4	0,161	0,894
Alcalinidade	0,991	-0,021

Na avaliação do escore das amostras, observamos correlação (maior que 0,6) entre os pontos 9, 10, 11 e 14 delimitados em vermelho na figura 30 para a componente número 1. Isso significa que as componentes correlacionadas têm origens semelhantes nesses pontos. Com isso, fica evidente que a construção civil, a atividade de produção agrícola e a presença de esgotos em estágio mais avançado de degradação apresentam maiores correlações nesses quatro pontos de coletas.

Para a componente número 2 relacionada a presença de efluentes domésticos em estágio mais recente de oxidação, destacados em azul na figura 30, os pontos que obtiveram maior correlação foram 1, 2 e 5 (localizados no córrego Riacho Fundo) onde há ocorrência de casas nas proximidades do córrego e o ponto 7 (localizado no córrego Vicente Pires) próximo ao aterro da Estrutural.

O ponto número 3 destacado em amarelo na figura 30 não apresentou correlação com os outros pontos devido à suas baixas concentrações dos parâmetros medidos e pela melhor qualidade da água neste local.

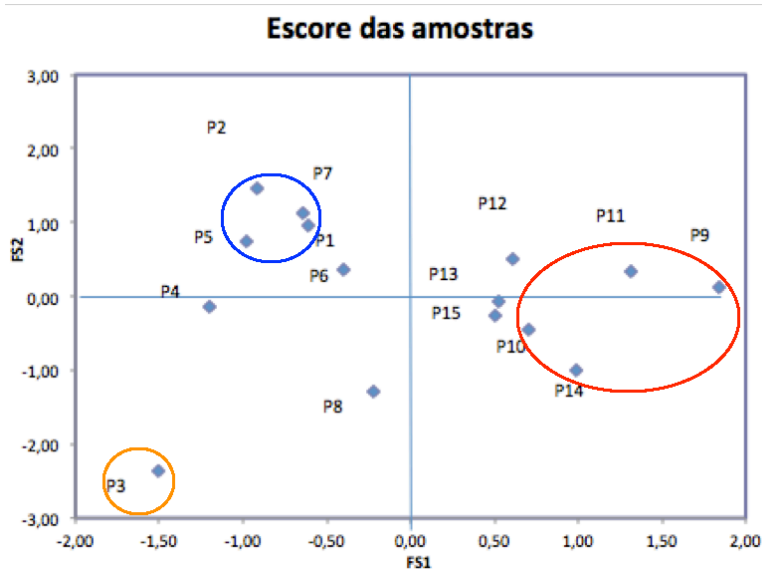


Figura 30: Agrupamento dos pontos de acordo com os pesos das componentes.

Tabela 17: Agrupamento das Principais Componentes por ponto de coleta.

	Escore	
	FS1	FS2
P1	-0,61	0,96
P2	-0,91	1,47
P3	-1,51	-2,37
P4	-1,20	-0,15
P5	-0,98	0,74
P6	-0,40	0,36
P7	-0,64	1,12
P8	-0,22	-1,29
P9	1,84	0,12
P10	0,71	-0,45
P11	1,31	0,33
P12	0,61	0,51
P13	0,53	-0,07
P14	0,98	-1,00
P15	0,50	-0,27

Tabela 18: Tabela comparativa de parâmetros de qualidade de água realizadas no DF.

	Bacia do Riacho Fundo			Poços da bacia R. F			Bacia do Gama		
	Média	Desvio Padrão	Média+2DP	média	Desvio Padrão	Média+2DP	média	Desvio Padrão	Média+2DP
ph	6,99	0,42	7,84	4,688	1,1	6,89	6,03	0,55	7,13
Condutividade	84,94	34,61	154,16	13,49	13,65	40,8	18,7	13,7	46,1
Alcalinidade	35,53	19,12	73,78	14,6	8,39	31,38	11	4,7	20,4
Na ⁺	4,77	1,66	8,1	0,35	0,23	0,81	0,58	0,21	1
K ⁺	1,06	0,43	1,92	0,265	0,25	0,76	0,28	0,2	0,68
Ca ²⁺	11,4	6,01	23,42	1,241	1,61	4,48	1,78	0,67	3,12
Mg ²⁺	0,78	0,4	1,59	0,573	0,77	2,12	0,26	0,15	0,56
NH ₃	0,62	0,55	1,72				0,04	0,04	0,12
F ⁻	0,03	0,03	0,01						
CL ⁻	3,39	0,96	5,32						
NO ₃ ⁻	3,34	1,44	6,24				1,18	0,75	2,68
PO ₄ ³⁻	0,1	0,1	0,32				0,06	0,1	0,26
SO ₄ ²⁻	5,56	2,35	10,27						

A tabela comparativa acima, mostra resultados de trabalhos realizados na região do Distrito Federal, os quais foram escolhidos por apresentar semelhanças importantes com a Bacia do Riacho Fundo.

A Bacia do Gama apresenta geologia semelhante à Bacia do Riacho Fundo, localizando-se sob influência praticamente das mesmas unidades geológicas, bem como sua vegetação (mais preservada) e solo. As maiores diferenças ocorrem pelo uso e ocupação dessas áreas, que é exatamente a fonte primária dos maiores problemas ambientais encontradas em ambas bacias, e refletem na qualidade da águas dos córregos. A Bacia do Riacho Fundo é menos preservada e apresenta bairros com maiores densidades populacionais.

O outro trabalho, presente na tabela, refere-se ao estudo realizado em poços de todo o Distrito Federal, mas foram coletados dados apenas de poços inseridos na Bacia do Riacho Fundo para melhor comparação dos parâmetros. O resultado da análise dos poços, mostra a assinatura geológica da região que possibilita, mesmo de maneira não exata, atribuir parte dos resultados das análises à geologia do local. Também é possível observar a presença de parâmetros relacionados ao uso e ocupação da área, principalmente relacionados à entrada de efluentes em aquíferos.

Dessa maneira, observamos que todos os valores dos parâmetros medidos foram maiores no atual estudo. Isso torna evidente o intenso impacto relacionado ao uso e ocupação urbana e o desrespeito sistemático à legislação ambiental. Essa situação é rotineiramente observada na ocupação de áreas de preservação permanente, onde são construídas casas desrespeitando a distância mínima até os córregos, bem como a ocupação de solos hidromórficos e a supressão da vegetação nativa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A qualidade da água avaliada nesse estudo mostrou-se alterada devido ao uso e ocupação do solo na bacia do Riacho Fundo. Foram detectadas altas concentrações dos parâmetros analisados nos locais mais próximos ao aterro sanitário da Estrutural, na região de Águas Claras, na região do Riacho Fundo I próximo a fazenda Sucupira da Embrapa e no Núcleo Bandeirante.

As atividades mais relevantes à degradação da qualidade da água nesse estudo são a urbanização, produção agrícola, presença do aterro sanitário, presença de pequenas indústrias e a construção civil. Essas atividades associadas a supressão da vegetação nativa, têm o efeito de degradação aumentado pela maior facilidade de aporte de partículas contendo substâncias poluentes para as águas.

Na bacia do Riacho Fundo, os parâmetros físico-químicos, em geral, apresentaram valores médios acima daqueles observados em outras regiões hidrográficas do DF.

As maiores correlações entre parâmetros foram observadas com a condutividade elétrica, pH, cálcio, magnésio, sódio, cloreto, potássio e a alcalinidade. Os pontos que apresentaram-se mais alterados e com altas concentrações dos parâmetros avaliados foram os pontos 1 (córrego Riacho Fundo), 9 (córrego Samambaia) e 11 (córrego Vicente Pires).

Houve correlação também, entre a amônia, o cloreto e o sódio, que denunciaram a presença de efluentes urbanos e efluentes de pequenas indústrias.

Na comparação entre os maiores córregos desta bacia, o Vicente Pires e o Riacho Fundo, o primeiro mostrou-se mais degradado

O córrego Ipê, localizado no Parque Way foi o que apresentou menores concentrações dos parâmetros. O principal motivo disso é a baixa densidade populacional, ausência de propriedades de produção agrícola, e a proximidade da nascente em relação a esse ponto de coleta. Esse córrego contribuiu no presente estudo com a diminuição das concentrações dos parâmetros na parte mais a montante do Riacho Fundo.

Quanto ao nitrato, esse parâmetro apresentou correlação baixa com os outros, provavelmente porque esse parâmetro é o resultado da oxidação de outras formas químicas de compostos nitrogenados. O flúor foi verificado com a maior concentração no córrego Guará.

Dessa forma, é preciso que se cumpram as leis ambientais, principalmente no que se refere a um maior cuidado com as Áreas de Preservação Permanentes (APP), que determina a preservação da faixa marginal de vegetação de acordo com a extensão do corpo hídrico e a proibição de se edificar sobre solos hidromórficos. Também é necessário que se melhore as práticas de conservação dos solos, diminuindo assim as erosões, e o carreamento de partículas de

solos e outros tipos de materiais para os córregos do Distrito Federal. A fiscalização por parte das autoridades para o cumprimento dessas legislações também é indispensável para a melhora da qualidade das águas na bacia do Riacho Fundo, mesmo porque as águas dessa bacia, desembocam no lago Paranoá onde a partir dos próximos anos será realizada a captação da água para abastecimento e consumo da população do Distrito Federal.

7 REFERÊNCIAS

ABDEL HALLEM, A. S.; SROOR, A.; ZOHNY, E. Heavy metals and rare earth elements in phosphate fertilizer components using instrumental neutron activation analysis. *Applied Radiation and Isotopes*, v.55. n. 4, p. 569-573, 2001.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura nacional dos recursos hídricos no Brasil**: informe 2011. Brasília: ANA, 2011, 112p. Disponível em <http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/Downloads/2011/1%20%20RELAT%C3%93RIO%20DE%20CONJUNTURA%20-%20INFORME/Conjuntura_2011.pdf> Acesso em: 07 dez. 2011.

BILICH, M.R; **Ocupação das terras e a qualidade da água na microbacia do Ribeirão do Mestre D'Armas, Distrito Federal**. Brasília, 2007; Universidade de Brasília, FAV; dissertação de mestrado.

BOAVENTURA, G. R; FREITAS, A. L. S. Inorganic parameters as water quality indicators in acidic groundwater in a tropical region-Brasilia-DF (Brazil). *Water, Air and Soil Pollution*, v. 171, n. 1-4, p. 135- 171, 2006.

BUOL, S. W.; CLINE, M. G. **Soils of the Central Plateau of Brazil and extension of results of field research conducted near Planaltina, Federal District**. Ithaca: Cornell University, 1973. 43p.

CAMPOS, J. E. G.; FREITAS-SILVA, F. H. Hidrogeologia do Distrito Federal. In: IEMA/SEMATEC/UNB. **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Brasília. SEMA/SEMATEC/UNB. 1998. v.4. 85p.

CAMPOS, J. E. G; Hidrogeologia do Distrito Federal: Bases para a gestão do recursos hídricos subterrâneos. *Revista Brasileira de Geociências*. Março, 2004. 41-48 pg.

CARMO, M. S. DO. **Estudo geoquímico de sedimentos de corrente da bacia hidrográfica do Rio Descoberto, Brasília/DF**. Dissertação (Mestrado em Geologia). Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, 2001.

CARMO, M. S. DO, BOAVENTURA, G. R., OLIVEIRA, E. C. Geoquímica das águas da bacia hidrográfica do Rio Descoberto (BHRD), Brasília/DF-Brasil. **Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 565-574, 2005.

CARVALHO, A. A. A. A.; Avaliação das áreas de preservação permanente de curso d'água na área de proteção de manancial do córrego Quinze, Distrito Federal; 2011, Universidade de Brasília, IG. Dissertação de mestrado.

CASTILLO, M. M. Land use topography as predictors of nutriente levels in a tropical catchment, Departamento de estudios Ambientales, Universidad Simón Bolívar, Limnologia, 2009. 322-329.

ECHEVERRIA R. M. **Avaliação de impactos ambientais nos tributários do Lago Paranoá, Brasília, DF**. Dissertação (Mestrado em Geologia), Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, 2007. 132p.

FARIA, A. Estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Paranoá nas áreas de Cristalina, Distrito Federal e São João D'Aliança- Alto Paraíso de Goiás. Tese (Doutorado em Geologia). Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, 1995. 199p.

FEITOSA, F. A. C; FILHO, J. M; FEITOSA, E. C; DEMETRIO, J. G. A; **Hidrogeologia Conceitos e Aplicações**, 3 Ed, 2008. Serviço Geológico do Brasil – CPRM.

FERNANDES, P.G; CARREIRA, P.SILVA, M.O. 2006. Identification of Anthropogenic Features Through Application of Principal Component Analysis to Hydrochemical Data from the Sines Costal Aquifer, SW Portugal. *Mathematical Geology*. Vol 38, 765-780p.

HIRATA, R. 2000. Recursos Hídricos. In: Teixeira, W.; Toledo, M.C.; Fairchild, T.R.; Taioli, F. (eds). *Decifrando a terra*. São Paulo: Oficina de Textos. 421 – 442p.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia 2011. Clima. Disponível em <<http://w.w.w.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 03 dez. 2011.

LANNA, A. E. L; CANALI, G. V; COELHO, M. C. D; LACAVALA, U. GEO Brasil recursos hídricos. Brasília: MMA; ANA, 2007. 60p. Disponível em <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2007/GEOBrasilResumoExecutivo_Portugues.pdf> Acesso em: 23 nov. 2011.

Llamas, M.R. 1991. A água – Escassez ou mau uso? Revista da Cultura científica. Fundação Calouste Gulbenkain. Dez: 52 – 68p.

MAGALHÃES, M. N; LIMA A. C. P. Noções de Probabilidade e Estatística.; 6 ed. IME – USP, 2004.

MALAVOLTA, E. Manual de Nutrição Mineral de Plantas; São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E; PIMENTEL – GOMES. F; ALCARDE. J. C. Adubos e Adubações. São Paulo; Nobel 2002.

MIZUNO, M. G. M.; Hidroquímica das águas subterrâneas do Distrito Federal. Brasília – DF, UNB, Instituto de Geociências – IG. Dissertação de mestrado N° 302.

MOREIRA, R. C. A; BOAVENTURA, G. R; NASCIMENTO, C.T.C; GUIMARÃES, E.M; OLIVEIRA, R.P. **Uso do lodo químico rico em alumínio, produzido pela estação de tratamento de água rio Descoberto para a recuperação de uma área degradada.** 2006, Revista Geochimica Brasiliensis.

MOURA, L. H. A. **Estudo geoquímico da bacia do Gama e avaliação da qualidade de Água.** Dissertação (Mestrado em Geologia), Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, 91 p. 2008.

MOURA, L. H. A; BOAVENTURA, G. R; Pinelli, M. P. A qualidade da água como Indicador de uso e ocupação do solo: Bacia do Gama – Distrito Federal. Química Nova, vol. 33. 97-103 p.

MULHOLLAND, D. S., BOAVENTURA, G. R., OLIVEIRA, A. R. D. F. Modelo geoquímico aplicado à avaliação de qualidade da água da bacia do alto curso do Rio Paracatu-MG. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 14, n. 2, p. 39.46, 2010.

OKHIRATA, R.; VIVIANI-LIMA, J. B.; HIRATA, H. A água como recurso. IN: TEIXEIRA, W; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. 2. Ed. **Decifrando a Terra.** São Paulo: Companhia Editora Nacional. p. 448-485p, 2009.

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS NO ESTADO DE SÃO PAULO, série relatórios, CETESB, 2011.

RAIJ, B. V; **Fertilidade do solo e adubação; Piracicaba**. São Paulo; Ed. Agronômica Ceres; Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato.

SANTOS, A. C. Noções de hidroquímica. In: FEITOSA, A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMÉTRIO, J. G. **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. p.325-357.

SEMARH – Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos 2011. Olhares sobre o Lago Paranoá. Disponível em <<http://w.w.w.semarh.df.gov.br/>>. Acesso em: 28 nov. 2011.

SETTI, A. A., LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2. Ed. Brasília: ANEEL/SIH, 207p. 2001.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO. E.; Correção do solo e Adubação, 2ª edição. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, D.F. 2004

SPERLING, M. V.; Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos, vol 1, 3ª ed.; Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA.; Universidade Federal de Minas Gerais.

TUCCI, C. E. M.; Hidrologia: ciência e Aplicação, 4ª ed – Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2007.

VOUDOURIS, K., PANAGOPOULUS, A. 2000. Multivariate Statistical Analysis in the Assessment of Hydrochemistry of the Northern Korinthia Prefecture Alluvial aquifer System. Vol 2.

<http://www.funceme.br/index.php/software/qualigraf>

<http://www.zee-df.com.br/>

ANEXO: RESULTADO DAS ANÁLISES QUÍMICAS E BALANÇO IÔNICO.
SETEMBRO

LAGEQ	pH	CATIONS								ANIONS										BALANÇO IÔNICO			ERRO														
		Ca		Mg		Na		K		F	Cl		NO ₃		PO ₄		SO ₄		HCO ₃		Soma Anions	C. E. μS		Soma cations													
		mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq
P1	7,06	13,4	0,67	0,68	0,06	13	0,57	0,60	0,02	0,1	0,01	9,44	0,27	1,08	0,02	0,53	0,02	24,89	0,5	31,81	0,52	1,35	136	1,30	-1,53												
P2	6,72	8,47	0,42	0,61	0,05	8	0,34	0,30	0,01	0,08	0,00	6,09	0,17	5,19	0,08	0,26	0,01	14,43	0,3	15,47	0,25	0,82	85,8	0,82	0,01												
P3	6,35	1,49	0,07	0,18	0,01	1	0,03	1,30	0,03	0	0,00	0,51	0,01	0,49	0,01	0,33	0,01	0,17	0,0	7,41	0,12	0,16	14,67	0,15	-3,22												
P4	6,77	4,5	0,22	0,34	0,03	5	0,21	0,60	0,02	0,03	0,00	3,3	0,09	3,29	0,05	0,42	0,01	7	0,1	11,76	0,19	0,50	50,9	0,48	-2,51												
P5	6,80	5,9	0,29	0,47	0,04	6	0,27	0,10	0,00	0,04	0,00	4,34	0,12	4,72	0,08	0	0,00	10,67	0,2	10,68	0,17	0,60	61,9	0,61	0,70												
P6	7,0	6,19	0,31	0,71	0,06	6	0,28	0,50	0,01	0,07	0,00	4,36	0,12	7,1	0,11	0	0,00	8,68	0,2	18,30	0,30	0,72	70,3	0,66	-4,81												
P7	6,6	4,51	0,23	0,45	0,04	4	0,18	0,80	0,02	0	0,00	4,35	0,12	0,82	0,01	0	0,00	0,43	0,0	18,30	0,30	0,44	44,5	0,47	2,47												
P8	6,9	9,4	0,47	0,81	0,07	5	0,24	0,50	0,01	0	0,00	3,02	0,09	2,42	0,04	0	0,00	1,87	0,0	32,46	0,53	0,70	64,8	0,78	5,99												
P9	8,1	22	1,10	1,75	0,14	9	0,40	0,90	0,02	0,03	0,00	5,31	0,15	3,64	0,06	0	0,00	4,41	0,1	75,60	1,24	1,54	135,9	1,67	4,02												
P10	7,55	13,1	0,65	1,06	0,09	6	0,25	0,10	0,00	0	0,00	3,43	0,10	2,64	0,04	0	0,00	2,49	0,1	46,62	0,76	0,96	88,8	0,99	1,76												
P11	7,9	15,6	0,78	1,31	0,11	6	0,25	0,10	0,00	0,04	0,00	3,9	0,11	4,74	0,08	0	0,00	2,53	0,1	52,94	0,87	1,11	100,5	1,14	1,31												
P12	7,6	11,6	0,58	1,1	0,09	6	0,25	0,30	0,01	0,04	0,00	4,27	0,12	5,62	0,09	0	0,00	5,27	0,1	39,00	0,64	0,96	91,4	0,93	-1,79												
P13	7,4	10,6	0,53	0,99	0,08	6	0,25	0,10	0,00	0,05	0,00	4,15	0,12	6,08	0,10	0	0,00	5,43	0,1	35,29	0,58	0,91	90,1	0,86	-2,52												
P14	7,7	14,9	0,74	1,36	0,11	6	0,25	0,10	0,00	0,15	0,01	4,44	0,13	3,89	0,06	0	0,00	1,48	0,0	52,29	0,86	1,08	106,8	1,11	1,06												
P15	7,3	11,7	0,58	1,1	0,09	6	0,25	0,10	0,00	0,06	0,00	3,88	0,11	5,85	0,09	0	0,00	3,95	0,1	37,04	0,61	0,90	88,7	0,92	1,50												

	NH3
P1	0,26
P2	2,58
P3	0
P4	1,22
P5	1,39
P6	0,65
P7	0,54
P8	0,12
P9	0,03
P10	0,07
P11	0,03
P12	0,29
P13	0,19
P14	0,08
P15	0,19
P16	0,00

NOVEMBRO

LAGEQ	pH	CATIONS										ANIONS							BALANÇO IÔNICO						
		Ca		Mg		Na		K		F		Cl		NO ₃		PO ₄		SO ₄		HCO ₃		Soma	C. E.	Soma	ERRO
		mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	Anions	μS	cations	
P1	6,91	6,34	0,32	0,67	0,05	2,337	0,10	0,89	0,02	0,04	0,00	1,33	0,04	2,16	0,03	0	0,00	3,61	0,1	25,42	0,42	0,57	54,1	0,50	
P2	6,86	6,96	0,35	0,64	0,05	3,324	0,14	1,16	0,03	0,04	0,00	2,34	0,07	3,71	0,06	0	0,00	4,72	0,1	24,10	0,39	0,62	61,8	0,57	-3,88
P3	6,40	1,57	0,08	0,27	0,02	0,532	0,02	0,23	0,01	0	0,00	0,75	0,02	0,51	0,01	0	0,00	0,32	0,0	7,95	0,13	0,17	15,3	0,13	-12,35
P4	6,60	4,04	0,20	0,43	0,04	3,263	0,14	0,87	0,02	0	0,00	2,87	0,08	1,29	0,02	0	0,00	4,81	0,1	14,15	0,23	0,43	47,2	0,40	-3,86
P5	6,71	5,82	0,29	0,64	0,05	3,123	0,14	1,009	0,03	0,03	0,00	2,14	0,06	3,29	0,05	0	0,00	4,32	0,1	22,55	0,37	0,57	58,1	0,50	-6,49
P6	6,92	10,54	0,53	0,97	0,08	4,657	0,20	1,56	0,04	0,06	0,00	3,48	0,10	5,46	0,09	0	0,00	7,38	0,2	36,92	0,61	0,95	96,3	0,85	-5,53
P7	8,28	18,95	0,95	0,90	0,07	3,921	0,17	3	0,08	0,09	0,00	2,55	0,07	1,38	0,02	0	0,00	16,11	0,3	54,76	0,90	1,33	123,6	1,27	-2,48
P8	7,37	14,68	0,73	0,95	0,08	2,782	0,12	1,7	0,04	0,03	0,00	1,84	0,05	2	0,03	0	0,00	4,91	0,1	45,10	0,74	0,93	95,3	0,97	2,51
P9	7,54	21,39	1,07	1,32	0,11	6,514	0,28	3,223	0,08	0,07	0,00	3,31	0,09	3,94	0,06	0	0,00	8,93	0,2	68,53	1,12	1,47	150,6	1,54	2,40
P10	7,54	19,62	0,98	1,18	0,10	4,684	0,20	2,56	0,07	0,05	0,00	2,79	0,08	3,11	0,05	0	0,00	7,23	0,2	57,92	0,95	1,23	128,8	1,35	4,42
P11	7,35	23,30	1,16	1,75	0,14	7,904	0,34	2,858	0,07	0,02	0,00	4,98	0,14	5,33	0,09	0	0,00	16,12	0,3	62,12	1,02	1,58	159,0	1,72	4,30
P12	7,34	20,72	1,03	1,59	0,13	7,418	0,32	2,626	0,07	0,03	0,00	5,13	0,14	5,48	0,09	0	0,00	14,44	0,3	55,49	0,91	1,44	148,0	1,55	3,67
P13	7,12	16,55	0,83	1,22	0,10	6,577	0,29	1,57	0,04	0,03	0,00	4,07	0,11	3,32	0,05	0	0,00	7,03	0,1	49,08	0,80	1,12	118,0	1,25	5,57
P14	7,41	15,70	0,78	1,38	0,11	4,106	0,18	2,46	0,06	0,12	0,01	2,88	0,08	2,05	0,03	0	0,00	5,71	0,1	49,74	0,82	1,05	109,0	1,14	3,82
P15	6,98	14,34	0,72	1,36	0,11	4,094	0,18	1,41	0,04	0,02	0,00	2,62	0,07	2,27	0,04	0	0,00	4,63	0,1	47,09	0,77	0,98	105,3	1,04	3,06

	NH3
P1	0,66
P2	1,24
P3	0,07
P4	0,61
P5	0,7
P6	1,09
P7	5,5
P8	1,1
P9	1,36
P10	1,27
P11	0,64
P12	0,9
P13	0,28
P14	0,58
P15	0,32

MARÇO

	CATIONS																			ANIONS						BALANÇO IÔNICO			
	pH	Ca		Mg		Na		K		F		Cl		NO ₃		PO ₄		SO ₄		HCO ₃		Soma	C. E.	Soma	ERRO				
		mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	Anions	μS	cations					
P 1	6,29	5,2	0,26	0,43	0,04	1,96	0,09	0,46	0,01	0	0,00	1,28	0,04	1,79	0,03	0	0,00	1,95	0,0	17,47	0,29	0,39	40,1	0,39	0,19				
P 2	6,48	4,8	0,24	0,0	0,00	3,38	0,15	0,69	0,02	0,01	0,00	2,57	0,07	3,19	0,05	0	0,00	3,93	0,1	14,30	0,23	0,44	48,4	0,40	-4,31				
P 3	5,78	1,3	0,06	0,0	0,00	0,43	0,02	0,12	0,00	0	0,00	0,62	0,02	0,63	0,01	0,4	0,01	0,18	0,0	4,80	0,08	0,12	11,5	0,09	-17,22				
P 4	6,09	2,4	0,12	0,0	0,00	2,51	0,11	0,34	0,01	0	0,00	1,49	0,04	1,36	0,02	0	0,00	1,92	0,0	8,81	0,14	0,25	25,6	0,24	-2,19				
P 5	6,33	4,9	0,24	0,0	0,00	4,01	0,17	0,88	0,02	0,06	0,00	3,35	0,09	2,8	0,05	0,53	0,02	5,01	0,1	13,52	0,22	0,49	53,4	0,44	-4,74				
P 6	6,46	6,0	0,30	0,0	0,00	2,61	0,11	0,47	0,01	0	0,00	1,73	0,05	2,3	0,04	0,29	0,01	1,88	0,0	19,52	0,32	0,45	46,7	0,42	-3,55				
P 7	5,87	4,7	0,23	0,0	0,00	2,23	0,10	0,44	0,01	0	0,00	5,1	0,14	2,97	0,05	0	0,00	0,98	0,0	9,62	0,16	0,37	35,7	0,34	-3,79				
P 8	6,37	9,6	0,48	0,33	0,03	3,44	0,15	0,77	0,02	0	0,00	2,72	0,08	1,99	0,03	1,09	0,03	2,29	0,0	32,18	0,53	0,72	70,7	0,68	-3,04				
P 9	7,45	24,8	1,24	1,09	0,09	8,22	0,36	2,17	0,06	0,01	0,00	5,23	0,15	7,55	0,12	0,26	0,01	5,41	0,1	73,20	1,20	1,59	158,7	1,74	4,50				
P 10	7,09	16,3	0,81	0,43	0,04	5,12	0,22	1,37	0,04	0	0,00	3,7	0,10	3,93	0,06	0	0,00	3,74	0,1	52,09	0,85	1,10	111,9	1,11	0,28				
P 11	7,34	18,8	0,94	1,29	0,11	6,09	0,26	1,36	0,03	0	0,00	4,21	0,12	4,62	0,07	0	0,00	4,33	0,1	63,46	1,04	1,32	126,3	1,34	0,67				
P 12	6,97	10,9	0,54	0,52	0,04	3,62	0,16	0,78	0,02	0	0,00	2,54	0,07	3,84	0,06	0	0,00	2,49	0,1	33,40	0,55	0,73	72,2	0,76	2,12				
P 13	7,04	14,7	0,73	0,74	0,06	4,65	0,20	1,04	0,03	0,13	0,01	3,21	0,09	3,31	0,05	0	0,00	3,27	0,1	45,31	0,74	0,96	97,2	1,02	3,02				
P 14	7,32	19,1	0,95	0,91	0,07	3,58	0,16	1,8	0,05	0,17	0,01	2,55	0,07	2,74	0,04	0	0,00	3,01	0,1	59,12	0,97	1,16	114,8	1,23	3,00				
P 15	7,02	15,7	0,78	0,69	0,06	5,65	0,25	1,36	0,03	0	0,00	4,33	0,12	4,46	0,07	0,05	0,00	5,62	0,1	46,19	0,76	1,07	107,4	1,12	2,36				

	NH3
P1	0,26
P2	0,76
P3	0,07
P4	0,34
P5	1,07
P6	0,14
P7	0,25
P8	0,14
P9	0,09
P10	0,12
P11	0,11
P12	0,09
P13	0,00
P14	0,17
P15	0,16