



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

**CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – CDS; DEPARTAMENTO DE ECONOMIA – ECO; INSTITUTO DE BIOLOGIA – IB; INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IG; INSTITUTO DE QUÍMICA – IQ
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

A INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS NA PARTE SUPERIOR DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO RIACHO FUNDO

**RAFAEL DE ARAUJO MENDES
BRASÍLIA, MARÇO DE 2018**

RAFAEL DE ARAUJO MENDES

**A INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DE ÁGUAS
SUPERFICIAIS NA PARTE SUPERIOR DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO
RIACHO FUNDO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como parte das exigências para a obtenção do
título de bacharel em Ciências Ambientais pela
Universidade de Brasília.

BRASÍLIA,
MARÇO DE 2018

**A INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA QUALIDADE DE ÁGUAS
SUPERFICIAIS NA PARTE SUPERIOR DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO
RIACHO FUNDO**

Rafael de Araujo Mendes

Prof. Orientador: Jeremie Garnier

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jeremie Garnier (Orientador)

Instituto de Geociências – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Maurício Amazonas

Centro de Desenvolvimento Sustentável – Universidade de Brasília

Agradecimentos

Agradeço pela oportunidade de poder estar aqui sentado neste momento, com saúde, cheio de energia e lúcido. Agradeço pela família que tenho, uma mãe e um pai maravilhosos que nunca mediram esforços para me proporcionar tudo o que não puderam ter. Agradeço ao meu irmão Gustavo, que apesar de tão pequeno, é uma das melhores companhias que eu possa esperar. Agradeço a minha prima Thaíse por lá no passado ter enxergado em mim um potencial, ter acreditado e investido suas energias em mim, isso foi essencial para que hoje eu pudesse estar aqui.

Agradeço imensamente a atenção do Professor Jeremie Garnier, por me abrir as portas de seu laboratório (Laboratório de Geoquímica – LAGEQ/UnB) e me acolher para trabalharmos nesse projeto. Agradeço pela orientação, pela confiança e principalmente pela paciência. Agradeço aos colegas de laboratório, químicos e servidores do LAGEQ Myller e Fernando, que ajudaram na calibração dos equipamentos, na preparação e nas análises das amostras, bem como os colegas que me acompanharam nas campanhas de campo, Professor Henrique Roig, Elton, Fernando Borghnet, Ítalo Eduardo, Ronaldo Vilela, que ajudaram com o software estatístico RSTUDIO, Sonia Elizabeth e Tailyne Serafim e na elaboração dos mapas, Caio Couto. Agradeço as amizades que pude construir ao longo desses anos de graduação, certeza que fiz boas e sinceras.

Agradeço aos colegas que fiz em campo, por me abrirem as portas de suas terras e nos darem livre acesso para que pudéssemos coletar sempre que necessário. Tive o prazer de conhecer pessoas de extrema humildade e sabedoria. Agradeço imensamente ao senhor Rói, da nascente do Cana do Reino, senhor Amarildo, da nascente do Cabeceira do Valo, senhor Francisco e dona Maria e ao senhor Ceará, da porção média do Cabeceira do Valo.

Agradeço aos grandes mestres que cruzaram minha trajetória, que por algum período de tempo tive o prazer de compartilhar do mesmo espaço e que foram capazes de transmitir ensinamentos que vão muito além da academia. Dentre eles posso citar Márcia Murta, Carlos Henke, Cláudia Padovesi, Maurício Amazonas, Fernando Sodré e Gabriela Nardotto.

Agradeço ao professor Pedro Henrique Zuchi por acreditar em nosso potencial e pelo seu excelente trabalho na coordenação do curso de Ciências Ambientais. Agradeço a secretária do

curso, Elaine Souto, por ser sempre presente e atenciosa para com os futuros Cientistas Ambientais.

Agradeço a empresa e a todos os envolvidos na O2 Consultoria Ambiental Júnior, grupo onde pude vivenciar experiências excepcionais, onde pude aprender, ensinar e me desenvolver como um futuro profissional do meio ambiente.

Agradeço a ao povoado de Gado Bravo-MA, onde estão minhas raízes maternas, comunidade que mais do ninguém, valoriza e reconhece a importância da água e que a anos me despertou a sensibilidade e interesse em trabalhar com o tema.

AGRADEÇO.

Resumo

A qualidade de uma determinada água é função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. Mesmo em condições naturais a qualidade da água é afetada por suas interações, com a precipitação atmosférica, ou em contato com os sólidos (solo, rochas) e pode ser influenciada pelas diversas atividades ou alterações antrópicas. Essas alterações podem vir tanto de fontes pontuais e se apresentarem de forma concentrada (geração de efluentes domésticos e industriais), quanto de fontes difusas, tais como de aplicação de defensivos agrícolas. O córrego Riacho Fundo, principal tributário do Lago Paranoá, é o ribeirão mais poluído do Distrito Federal por ações antrópicas, como assoreamento, deposição de resíduos sólidos, despejo ilegal de efluentes, desmatamento das margens, fracionamento ilegal de terras, além do forte escoamento ocasionado pela falta de infraestrutura nas cidades. Com base na correlação entre parâmetros físicos e químicos da qualidade da água e diferentes formas de ocupação do solo, este trabalho tem como objetivo geral, analisar a influência dos diferentes usos de solo na qualidade da água de uma sub bacia da UHRF. Para isso foram coletadas no período de março a setembro de 2017, amostras de águas superficiais de oito pontos posicionados na porção norte da Unidade Hidrográfica do Riacho Fundo, nos córregos Cana do Reino e Cabeceira do Valo. Temperatura, pH e Condutividade Elétrica foram aferidos em campo, e cátions (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), ânions (Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^-), material em suspensão e alcalinidade foram determinados no LAGEQ-IG/UnB e foi elaborado um mapa de uso de solo da área. No Mapa de uso do solo, a classe mais expressiva foi o campo, com 44%, seguido de edificações com 9%. Ficou evidente o aspecto transitório da bacia, uma vez que as áreas agrícolas estão dando lugar a áreas residenciais. As concentrações médias dos parâmetros aferidos nas áreas próximas das nascentes foram utilizadas como *background* e a principal fonte, responsável pelas maiores médias aferidas em todos os parâmetros (Temperatura, pH, Condutividade Elétrica, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} , HCO_3^- e NO_3^-) com exceção do MES, Cl^- e K^+ foi o ponto de coleta CEst, localizado na saída do sistema de águas pluviais da Cidade Estrutural seguido do Aterro Controlado de Brasília, com grandes contribuições de Na^+ , Cl^- e NO_3^- .

Abstract

A water's quality is result of the environmental conditions and land use and occupation in the watershed. In natural condition, the water's quality is affected by its interactions with atmospheric precipitation, or by contact with solids particles (soil and rocks), it can be influenced by the variety of anthropic activities or changes. This human alterations can emerge by punctual sources, in which they appear concentrated (generation of domestic and industrial effluents), or by scattered sources, such as application of agrochemicals. The Riacho Fundo stream, the main confluent of Lake Paranoá, is the most polluted stream of Federal District (Distrito Federal/DF) by anthropic influence: sedimentation, deposition of solid waste, illegal effluent disposal, deforestation of the river banks, illegal fractionation of land, in addition to the strong drainage caused by the lack of infrastructure in the cities. Based on the correlation among physical and chemical parameters of water quality, and different land uses, this study aims to analyze the influence of different land uses on the water quality of a sub basin od UHRF. For that purpose, it were collected from March to September of 2017, surface water samples of eight points located in the north area of Riacho Fundo Hydrographic Unit (Unidade Hidrográfica do Riacho Fundo UHRF). Temperature, pH and electric conductivity were measured in the field, and cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+}), anions (Cl^{-} , SO_4^{2-} , HCO_3^{-} , NO_3^{-}), suspended solid and alkalinity were determined in LAGEQ-IG / UnB, and it was elaborated a land use map of the area. In the land use map, the most expressive class was the anthropized field, with 44%, followed by buildings with 9%. The transitional aspect of the watershed was evident, as the agricultural areas are giving way to residential areas. The mean concentrations of the measured parameters in the areas near the water springs were used as background, and the main source, responsible for the highest averages measured in all parameters (Temperature, pH, Electrical Conductivity, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , SO_4^{2-} , HCO_3^{-} and NO_3^{-}) with the exception of MES, Cl^{-} and K^{+} , was the collection point CEst, located at the exit of the rainwater system of the Structural City (Cidade Estrutural) followed by the Controlled Landfill of Brasília (Aterro Controlado de Brasília), with large contributions of Na^{+} , Cl^{-} and NO_3^{-} .

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa geológico da área	18
Figura 2 - Mapa pedológico da área	20
Figura 3 - Mapa da bacia do Paranoá, com destaque para sub bacia de estudo	21
Figura 4 - Evolução da ocupação do solo nas áreas do lixão e Cidade Estrutural	27
Figura 5 - Mapa de localização da bacia de estudo	31
Figura 6 - Mapa de uso do solo com pontos de coleta em destaque	45
Figura 7 - Shapefile de uso e ocupação do solo gerado para a área de estudo	45
Figura 8 - Porcentagem de ocupação na bacia por classe agrupada.....	46
Figura 9 - Mapa de uso e ocupação do solo	48
Figura 10 - Diagrama de caixas da temperatura por ponto de coleta	50
Figura 11 - Gráfico da variação média do pH e desvios padrão ao longo do córrego Cabeceira do Valo	52
Figura 12 - Diagrama de caixas (Boxplot) do pH por ponto de coleta.....	52
Figura 13 - Gráfico da variação média dos valores CE e desvios padrão aferidos ao longo do córrego Cabeceira do Valo	54
Figura 14 - Diagrama de caixas da condutividade por ponto de coleta.....	55
Figura 15 - Gráfico da variação média das concentrações e desvios padrão do íon Cl ⁻ ao longo do córrego Cabeceira do Valo	56
Figura 16 - Diagrama de caixas do íon cloreto por ponto de coleta.....	57
Figura 17 - Gráfico da variação média das concentrações e desvios padrão do íon NO ₃ ⁻ ao longo do córrego Cabeceira do Valo	58
Figura 19 - Diagrama de caixas do íon NO ₃ ⁻ por ponto de coleta.....	59
Figura 19 - Gráfico da variação média das concentrações e desvios padrão do íon SO ₄ ²⁻ ao longo do córrego Cabeceira do Valo	61
Figura 21 - Diagrama de caixas do íon sulfato por ponto de coleta.....	61
Figura 21 - Gráfico da variação média das concentrações e desvios padrão do íon HCO ₃ ⁻ ao longo do córrego Cabeceira do Valo	63
Figura 22 - Diagrama de caixas do íon bicarbonato por pontos de coleta	64
Figura 23 - Gráfico da variação média das concentrações e desvios padrão do íon Ca ²⁺ ao longo do córrego Cabeceira do Valo	65
Figura 24 - Diagrama de caixas do íon cálcio por ponto de coleta	66
Figura 25 - Gráfico da variação média das concentrações e desvios padrão do íon Mg ²⁺ ao longo do córrego Cabeceira do Valo	67
Figura 26 - Diagrama de caixas do íon magnésio por ponto de coleta.....	68
Figura 27 - Gráfico da variação média das concentrações e desvios padrão do íon Na ⁺ ao longo do córrego Cabeceira do Valo	70
Figura 28 - Diagrama de caixas do íon Na ⁺ por pontos de coleta	70
Figura 29 - Gráfico da variação das médias das concentrações e desvios padrão do íon K ⁺ ao longo do córrego Cabeceira do Valo	72
Figura 30 - Diagrama de caixas do íon potássio por pontos de coleta	72
Figura 31 - Gráfico da variação das médias e desvios padrão ao longo do Cabeceira do Valo	74
Figura 32 - Diagrama de caixas do material em suspensão por ponto de coleta.....	74
Figura 33 - Gráfico da ACP dos parâmetros analisados.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes selecionadas, área em quilômetros quadrados e porcentagem da área ocupada na bacia por classe.....	44
Tabela 2 - Comparação dos parâmetros com outros córregos regionais	49
Tabela 3 - Valores médios e desvios padrão da temperatura por ponto de coleta.....	50
Tabela 4 - Valores médios e desvios padrão do pH por ponto de coleta.....	51
Tabela 5 - Valores médios e desvios padrão da Condutividade por ponto de coleta	53
Tabela 6 - Valores de concentrações médias e desvios padrão do Cloreto por ponto de coleta	56
Tabela 7 - Valores de concentrações médias e desvios padrão do Nitrato por ponto de coleta	58
Tabela 8 - Valores de concentrações médias e desvios padrão do Sulfato por ponto de coleta	60
Tabela 9 - Valores de concentrações médias e desvios padrão do HCO_3^- por ponto de coleta	62
Tabela 10 - Valores de concentrações médias e desvios padrão do Cálcio por ponto de coleta	64
Tabela 11 - Valores de concentrações médias e desvios padrão do Magnésio por ponto de coleta.....	67
Tabela 12 - Valores de concentrações médias e desvios padrão do Sódio por ponto de coleta	69
Tabela 13 - Valores de concentrações médias e desvios padrão do Potássio por ponto de coleta.....	71
Tabela 14 - Concentrações médias de material em suspensão em mg/L e desvios padrão por ponto de coleta.....	73
Tabela 15 - Matriz de correlação das variáveis estudadas, com destaque em azul para as melhores correlações	75
Tabela 16 - Resultados da CP1, CP2, CP3, desvios padrão e proporção da variabilidade explicada por cada componente, com destaque para melhores correlações	76

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Mata densa em torno do ponto CVa1	35
Fotografia 2 - Leito do Córrego Cabeceira do Valo.....	35
Fotografia 3 - Leito seco do Córrego do Valo	35
Fotografia 4 - Novo ponto de coleta, com captação.....	35
Fotografia 5 - Coleta no ponto CVa2	35
Fotografia 6 - Leito do Córrego de coloração escura.....	35
Fotografia 7 - Lagoa de chorume, próximo a CVa2	35
Fotografia 8 - Reparos feitos na manta impermeável	35
Fotografia 9 - Ponto de coleta CVa3	35
Fotografia 10 - Medição de pH no ponto de coleta CVa4	35
Fotografia 11 - Exutório de águas pluviais da Estrutural.....	35
Fotografia 12 - Erosão a jusante do ponto de coleta CRe1	35

Fotografia 13 - Coleta no ponto CRe1	35
Fotografia 14 - Coleta no ponto CRe2	35
Fotografia 15 - Filtragem de amostra com bomba a vácuo MILLIPORE	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 .Classes de uso do solo selecionadas para a bacia	37
Quadro 2 - Protocolo para determinação de MES.....	42

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*)

ACJCB - Aterro Controlado Jóquei Clube de Brasília

ACP - Análise de Componentes Principais

CP – Componentes Principais

CRé(x) – Cana do Reino

CVa(x) – Cabeceira do Valo

DF – Distrito Federal

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

LV - Latossolo Vermelho

LVA - Latossolo Vermelho Amarelo

MES - Material em suspensão

PDOT – Plano Diretor de Ordenamento Territorial

PNB - Parque Nacional de Brasília

RCC - Rejeitos de Construção Civil

RH – Região Hidrográficas

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

SCIA - Setor Complementar de Indústria e Abastecimento

SEGETH – Secretaria de Estado Gestão Território e Habitação

UH – Unidade hidrográfica

UHRF - Unidade Hidrográfica do Riacho Fundo

VP - Vicente Pires

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

1	INTRODUÇÃO	14
----------	-------------------------	-----------

CAPÍTULO 2

2	REVISÃO DE LITERATURA	17
----------	------------------------------------	-----------

2.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	17
------------	---	-----------

2.1.1	<i>Climatologia.....</i>	17
2.1.2	<i>Geologia e Geomorfologia.....</i>	18
2.1.3	<i>Pedologia.....</i>	19
2.1.4	<i>Vegetação.....</i>	20
2.1.5	<i>Hidrografia.....</i>	21

2.2	FORMAS DE USO DO SOLO.....	22
------------	-----------------------------------	-----------

2.2.1	<i>Agricultura.....</i>	22
2.2.2	<i>Vegetação nativa.....</i>	22
2.2.3	<i>Urbanização.....</i>	23
2.2.3.1	<i>Impermeabilização.....</i>	23
2.2.3.2	<i>Águas pluviais.....</i>	23

2.3	RESÍDUOS SÓLIDOS.....	24
------------	------------------------------	-----------

2.3.1	<i>Formas de disposição de resíduos</i>	24
-------	---	----

CAPÍTULO 3

3	A CIDADE ESTRUTURAL.....	26
----------	---------------------------------	-----------

3.1	O ATERRO CONTROLADO DO JÓQUEI CLUBE DE BRASÍLIA.....	27
------------	---	-----------

CAPÍTULO 4

4	QUALIDADE DE ÁGUA	28
----------	--------------------------------	-----------

4.1.1	<i>pH.....</i>	28
4.1.2	<i>Condutividade Elétrica - CE.....</i>	29
4.1.3	<i>Materiais em Suspensão - MES.....</i>	29
4.1.4	<i>Alcalinidade.....</i>	29
4.1.5	<i>Nitrogênio.....</i>	29
4.1.6	<i>Fósforo.....</i>	30
4.1.7	<i>Cátions e Ânions.....</i>	30

CAPÍTULO 5

5	METODOLOGIAS.....	31
----------	--------------------------	-----------

5.1	DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA	31
------------	---	-----------

5.1.1	<i>Ponto de coleta córrego Cabeceira do Valo 1 (CVa1).....</i>	32
5.1.2	<i>Ponto de coleta córrego Cabeceira do Valo 2 (CVa2).....</i>	32
5.1.3	<i>Ponto de coleta córrego Cabeceira do Valo 3 (CVa3).....</i>	33
5.1.4	<i>Ponto de coleta córrego Cabeceira do Valo 4 (CVa4).....</i>	33
5.1.5	<i>Ponto de coleta Cidade Estrutural (CEst).....</i>	33

5.1.6	<i>Ponto de coleta córrego Cabeceira do Valo 5 (CVa5)</i>	34
5.1.7	<i>Ponto de coleta córrego Cana do Reino 1 (CRe1)</i>	34
5.1.8	<i>Ponto de coleta córrego Cana do Reino 2 (CRe2)</i>	34
5.2	ELABORAÇÃO DO MAPA	36
5.3	COLETA E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ÁGUA	40
5.4	ANÁLISES	41
5.4.1	<i>Alcalinidade e parâmetros físicos e químicos</i>	41
5.4.2	<i>Determinação de cátions e ânions</i>	41
5.4.3	<i>Determinação de material em suspensão (MES)</i>	42
5.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	42

CAPÍTULO 6

6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
6.1	MAPA DE USO DO SOLO	44
6.2	CÁTIONS E ÂNIOS E PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS	49
6.2.1	<i>Temperatura</i>	50
6.2.2	<i>pH</i>	51
6.2.3	<i>Condutividade Elétrica</i>	53
6.2.4	<i>Cloreto</i>	55
6.2.5	<i>Nitrato</i>	58
6.2.6	<i>Sulfato</i>	60
6.2.7	<i>Bicarbonato</i>	62
6.2.8	<i>Cálcio</i>	64
6.2.9	<i>Magnésio</i>	66
6.2.10	<i>Sódio</i>	69
6.2.11	<i>Potássio</i>	71
6.2.12	<i>Material em suspensão – MES</i>	73
6.3	ANÁLISE DE DADOS MULTIVARIADA	75
6.3.1	<i>Análise de componentes principais - ACP</i>	76

CAPÍTULO 7

7	CONCLUSÃO	80
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	1

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

Ao assumir a água como um recurso essencial à manutenção dos organismos vivos do planeta, sua importância se mostra irrefutável. É um elemento de primordial importância na natureza, regula o funcionamento dos ecossistemas e sustenta a sobrevivência dos humanos na Terra.

O fenômeno que rege a distribuição natural de água na superfície é chamado de ciclo hidrológico, e vem sofrendo sérias interferências com atividades humanas associadas ao crescimento demográfico. Essa distribuição não ocorre de modo uniforme sobre nosso território, e apesar de sermos o país com as maiores reservas de água doce do mundo, completamos em Fevereiro de 2017, um ano e um mês de racionamento na capital federal.

Diante desse cenário de crise hídrica, discussões foram direcionadas ao uso da água do Lago Paranoá para abastecimento público. Em abril de 2017, iniciou-se a construção do sistema de captação e tratamento emergencial de águas do Lago Paranoá, com fins de levar água às cidades abastecidas pelo sistema Santa Maria/Torto, com a promessa de retirar 700 L/s, vazão que garantiria ao reservatório de Santa Maria/Torto uma menor demanda, assegurando-lhe um maior tempo de recarga ao reservatório.

A qualidade da água de um corpo hídrico pode ser influenciada por diversos fatores, clima, cobertura vegetal, topografia, geologia, tipo e uso do solo da bacia e atividades antrópicas (agricultura, indústrias, transportes e outros) (PEREIRA, 1997; BRICKER e JONES, 1995 *apud* SHRESTHA e KAZAMA, 2007). E as variáveis que determinam essa qualidade estão associadas ao fluxo de água no córrego e encontram-se frequentemente alterados pelo deslocamento de massas e sedimentos alóctones da bacia (PADOVESI-FONSECA et al., 2005).

Nas áreas urbanas, o crescente adensamento populacional associado a atividades antrópicas, tem afetado os recursos hídricos tanto em termo de quantidade quanto de qualidade. Grandes aglomerações, tais como Brasília, com a impermeabilização urbana, além da deterioração qualitativa das águas pela lavagem das ruas, proporciona também uma deterioração quantitativa, pela baixa eficiência na recarga sub-superficial, que pode gerar diminuição do nível freático e conseqüente rebaixamento no nível de base dos rios (POFF et al., 2006).

Mudanças no uso e cobertura do solo, como a conversão de áreas naturais em áreas agrícolas e/ou urbanas, provocam alteração na qualidade das águas superficiais, intensificam o

escoamento superficial, promovem processos erosivos e a redução da evapotranspiração com a retirada da vegetação, provocam a geração de resíduos que precisam ser gerenciados, tratados ou alocados, fomentam um aumento na demanda por água além de se tornarem potenciais fontes de contaminação (TUCCI, 2002).

Segundo Tundisi (1999), alterações na quantidade, qualidade e fornecimento dos recursos hídricos ameaçam a sobrevivência humana e das demais formas de vida do planeta, estando o desenvolvimento econômico e social dos países diretamente atrelados à disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade de sua conservação e proteção.

O processo de ocupação do Distrito Federal (DF) com início na década de 60, intensificou-se nos últimos 20 anos, após a consolidação da capital federal. O cerrado nativo que recobria a região deu lugar a parcelas agrícolas ou foi convertido mais recentemente em áreas urbanas. Em 1954, o DF contava com uma cobertura vegetal nativa de 329.000 ha, já em 1998, essa área caiu para 124.000 ha, uma redução relativa de 62% (UNESCO, 2000).

Na bacia de estudo está localizado o Aterro Controlado Jóquei Clube de Brasília – ACJCB, local que recebia os resíduos domésticos e oriundos da construção civil da capital federal e diversos estudos evidenciam os prejuízos causados pela presença do aterro nos corpos hídricos superficiais e subterrâneos (SANTOS, 1996; KOIDE e BERNERDES, 1998; CARNEIRO, 2002; CAVALCANTI, 2013).

De acordo com Oliveira e Ramos (1994), em 1994 o córrego Riacho Fundo, principal tributário do Lago Paranoá, já era o ribeirão mais poluído do Distrito Federal por ações antrópicas, como assoreamento, deposição de resíduos sólidos, despejo ilegal de efluentes, desmatamento das margens, fracionamento ilegal de terras, além do escoamento inadequado de águas pluviais.

A Unidade Hidrográfica do Riacho Fundo (UHRF) tem sido citada em diversos estudos relacionados ao uso do solo e a qualidade de água, os quais já abordaram os impactos da ocupação sobre a qualidade das águas (ECHEVERRIA, 2007; REIS *et al.*, 2013; MENEZES, 2011, MOREIRA e BOAVENTURA, 2003).

Diante do atual cenário de escassez e degradação, o desinteresse pela conservação ou ao mínimo pela manutenção dos ambientes aquáticos alcançou um nível preocupante. Além do fato que a existência de ictiofauna endêmica (*Simpsonichthys boitonei*) do braço do RF pode ser comprometida, com a utilização da água do lago para abastecimento público faz-se necessário o conhecimento da qualidade de água tanto do reservatório quanto dos principais afluentes que o abastecem, bem como o conhecimento acerca de suas principais fontes de contaminação e dinâmicas que envolvem esse processo.

Como as diferenciadas formas de ocupação do solo exercem diferentes influências sobre a qualidade das águas superficiais, então podemos através da qualidade da água aferir o grau de deterioração da bacia. Com isso foram testadas as seguintes hipóteses: As atividades agrícolas da bacia do Córrego do Valo, com uso de insumos, podem constituir uma fonte significativa de material em suspensão – MES, compostos nitrogenados e fosfatados; A lagoa de chorume advindo do Aterro Controlado Jockey Clube de Brasília - ACJCB podem contaminar com nitratos, sulfatos e metais as águas subterrâneas e superficiais; A escassez ou ausência de mata ciliar pode aumentar as concentrações de MES bem como a turbidez dos córregos; As águas pluviais de bairros inseridos na bacia, tal como a Cidade Estrutural, que fluem em direção ao Córrego do Valo, podem ser fontes significativas de contaminantes, tais como Na^+ , K^+ , PO_4^{3-} e NO_3^- devido aos efluentes domésticos.

Com base na correlação entre parâmetros físicos e químicos da qualidade da água e diferentes formas de ocupação do solo, este trabalho tem como objetivo geral analisar a influência/impacto dos diferentes usos de solo na qualidade da água de uma sub bacia da UHRF, a sub bacia do córrego Cabeceira do Valo e Cana do Reino. Para isso será levantada as formas de uso e elaborado um mapa de uso e ocupação do solo da bacia em questão (parte alta da UHRF), diagnosticada a qualidade da água da micro-bacia do Córrego do Valo e Córrego Cana do Reino (Unidade Hidrográfica do Riacho Fundo), e os resultados das variáveis físicas e químicas da qualidade de água serão relacionados com as formas de uso do solo.

CAPÍTULO 2

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização da área de estudo

A região de estudo, situada na porção superior da bacia do riacho fundo, apesar de estar descrita no PDOT – Plano Diretor de Ordenamento Territorial, como “área rural de uso controlado” se encontra nesse momento afetada por um intenso processo de urbanização. As áreas destinadas a cultivos agrícolas encontram-se hoje em dia fracionadas ou loteadas e dão lugar a diversas unidades habitacionais dispersas na bacia.

Essa conversão do uso do solo no interior da bacia de estudo é marcada pelo conflito de terras, onde grileiros agem frequentemente, segundo conversas com moradores, na base de ameaças e violência, sendo relatados até casos de cárcere privado e sequestro em terras da Colônia Agrícola 26 de Setembro.

2.1.1 Climatologia

Brasília enquadra-se na classificação de clima Tropical e clima Tropical de altitude, com o Distrito Federal incluído no Domínio Morfoclimático do Cerrado, caracterizado por chapadões recobertos por cerrado e penetrados por florestas de galeria, apresenta duas estações bem definidas: um inverno de estiagem, frio e seco e um verão chuvoso, quente e úmido (AB’SABER, 1963).

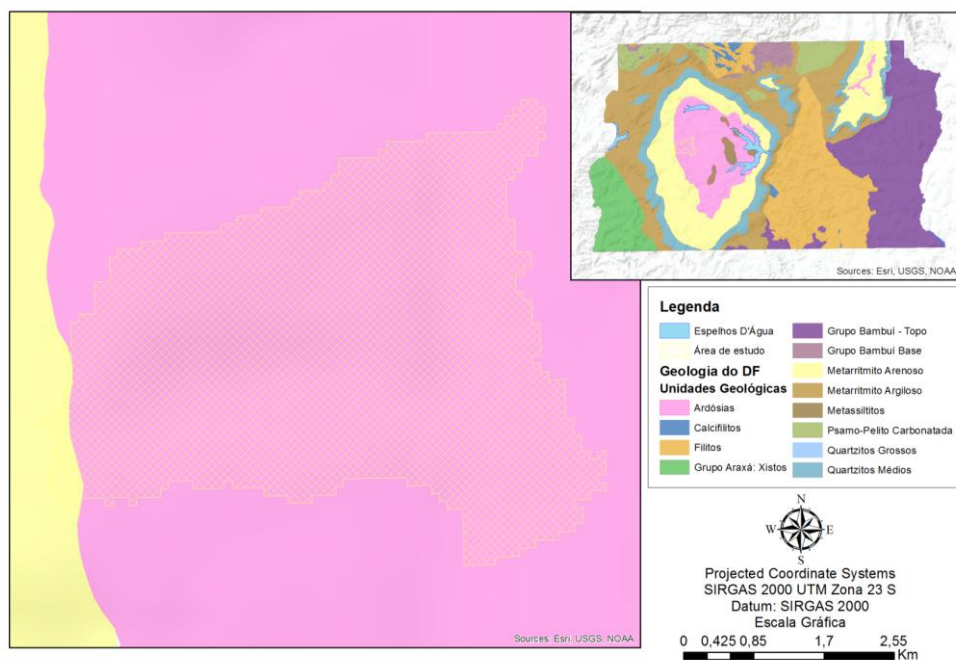
De acordo com a classificação de Koppen, situado em uma região de cotas altimétricas entre 1090 e 1250 metros, a área de estudo apresenta clima Tropical de altitude tipo CWa e CWb.

As chuvas vão de outubro a abril, com maiores médias no verão (dezembro a março), onde ocorrem mais de 80% do total das chuvas e suas médias anuais oscilam de 1200 a 1750 mm. A estação seca que se estende de maio a setembro é bastante rigorosa, por influência da Massa Tropical Atlântica – MTA, que ocupa toda a porção central do Brasil nessa época, com ventos do nordeste substituídos por ventos do quadrante sul, resulta em uma queda na temperatura (CODEPLAN, 1984). Essa estação seca constituía um dos principais aspectos na gestão dos recursos hídricos do DF.

2.1.2 Geologia e Geomorfologia

A área de estudo localiza-se na região central da Faixa de Dobramentos e Cavalgamentos de Brasília, na qual a superposição das unidades regionais são regidas por um sistema de falhas (empurrões e cavalcamento) (Figura 1). Essa Faixa Brasília representa uma unidade geotectônica situada entre a borda oeste do cráton São Francisco e a borda leste do Maciço de Goiás (FREITAS-SILVA E CAMPOS, 1998). No perímetro do Distrito Federal encontram-se quatro conjuntos litológicos reconhecidos: Grupos Canastra, Paranoá, Araxá e Bambuí. De acordo com Freitas-Silva e Campos (1998), o grupo Paranoá é o mais abrangente no DF e se divide em seis unidades estratigráficas: Ardósia, Quartzito Médio, Metarritmito Argiloso, Metarritmito Arenoso, Metassiltito Argiloso e Psamo-pelito carbonata.

Figura 1 - Mapa geológico da área



Fonte: Freitas-Silva e Campos (1998)

De acordo com Novaes Pinto (1986, 1987, 1994, *apud* BATISTA E MARTINS, 1998), unidades geomorfológicas presentes agrupam-se em três tipos de paisagem (macrounidades): Região de Chapada, Área de Dissecação intermediária e Região Dissecada de Vale.

A região de Chapada ocupa cerca de 34% da área do DF e se caracteriza por topografia plano-ondulada com cotas acima de 1000 m. É composta por Chapada da Contagem de Brasília, do Pípiripau, do Divisor São Bartolomeu-Preto e do Divisor Descoberto – Alagado. Desenvolveu-se sobre quartzitos (Chapada da Contagem, Brasília e Pípiripau) ardósia, filitos e micaxistos (Chapada divisora São Bartolomeu - Preto e Divisora Descoberto – Alagado).

A área de dissecação intermediária ocupa cerca de 31% do DF e corresponde a áreas fracamente dissecadas, drenam pequenos córregos e modeladas sobre ardósias, filitos e quartzitos. Composta pela Área de dissecação intermediária de depressão do Paranoá, onde encontra-se nossa área, e do Vale do rio Preto.

A região dissecada de vale ocupa cerca de 35% e corresponde às depressões com diferentes litologias ocupadas pelos principais rios da região. Fazem parte desse grupo as regiões dissecadas de vales do curso superior do rio Maranhão, do alto curso do rio São Bartolomeu, do curso superior do rio São Bartolomeu, do alto curso do rio Descoberto, do curso superior do rio Descoberto e do alto curso do rio Alagado.

2.1.3 Pedologia

Os solos do DF bem representam as principais classes de solos existentes no Bioma Cerrado (CLINE, 1973 *apud* MARTINS *et al.*, 2004). No DF os solos caracterizam-se pela baixa fertilidade natural, reduzidas taxas de matéria orgânica, elevados teores de alumínio e ocorrência de depósitos detrito-lateríticos (CODEPLAN, 1984). Na área de estudo, estão presentes as classes de latossolos vermelho e amarelo, cambissolos e gleissolos (Figura 2).

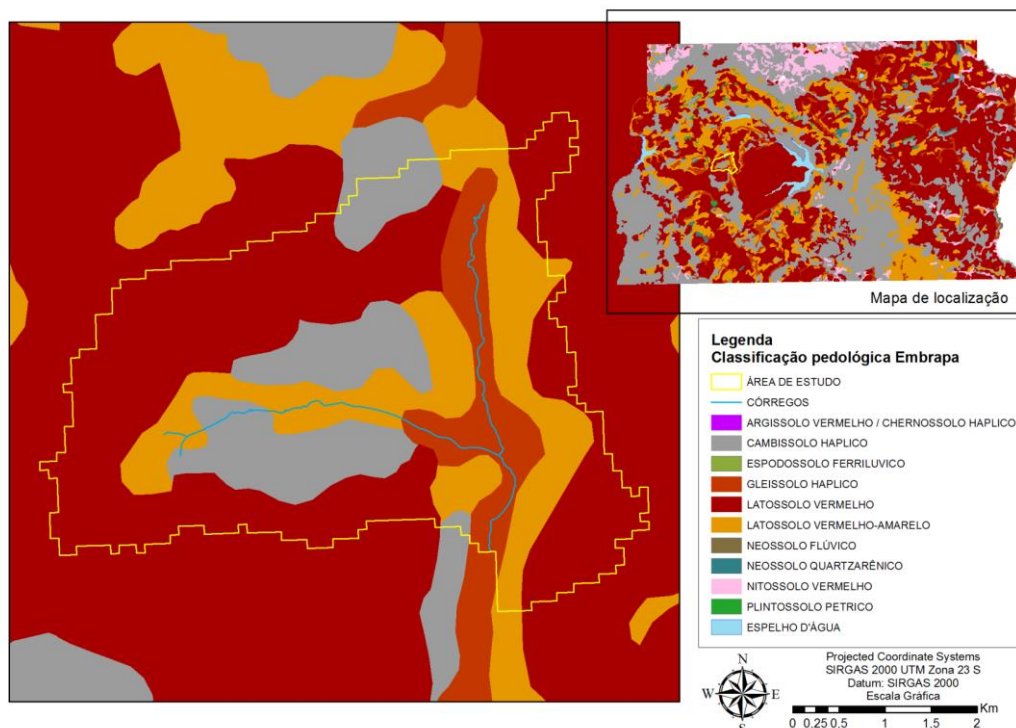
Na região, encontram-se principalmente latossolos que representam 54% da área, sendo que o Latossolo Vermelho (LV) representa mais de 38%. LV são solos não hidromórficos com horizonte A moderado e horizonte B latossólico, com textura argilosa ou média, ricos em óxidos e hidróxidos de Fe e Al, muito porosos com ótima permeabilidade e fortemente ácidos. Ocorrem em topos de chapadas, divisores com topos planos, sobre rochas do grupo Paranoá e na bacia do Rio Preto (EMBRAPA, 1978).

O Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) ocupa cerca de 15,84% da área e diferencia-se do LV apenas pelas cores do horizonte B, que variam do vermelho ao amarelo, matriz 2,5YR ou mais amarelado (EMBRAPA, 1978), ocorre em bordas de chapadas, na transição entre os divisores de águas e nas chapadas mais baixas.

A classe de Cambissolo, ocupa cerca de 31% da área e ocorre nas vertentes das mais importantes bacias do DF, do Maranhão, do Descoberto e do São Bartolomeu, além das onconstas com maior declividade como na depressão do Paranoá e na bacia do Rio Preto (MARTINS, *et al.* 2004). O Cambissolo é uma classe constituída por solos poucos desenvolvidos, caracterizados por um horizonte B câmbico com alguns minerais primários facilmente intemperizáveis ainda presentes (EMBRAPA, 1978).

Gleissolos são solos hidromórficos, encontram-se permanentemente ou periodicamente saturados, seja com água estagnada internamente, elevação do nível freático ou por fluxo lateral no solo. Em função da forte saturação por água e demanda de oxigênio pela atividade biológica, é livre de oxigênio dissolvido, originando o horizonte glei de cor acinzentada. Ocupam ambientes de várzeas úmidas e baixadas muito mal drenadas (EMBRAPA, 1978).

Figura 2 - Mapa pedológico da área



Fonte: Do autor

2.1.4 Vegetação

O Distrito Federal está inserido no bioma cerrado, um dos três principais biomas do Brasil, no qual um dia ocupou cerca de 22% do território brasileiro.

O cerrado é constituído de árvores e arbustos, que formam uma camada descontínua e gramíneas e outras de herbáceas que formam uma camada contínua de vegetação. As herbáceas vegetam em época chuvosa enquanto as lenhosas são perenes. Essas últimas, no geral são de pequeno porte e tortuosas, com ramos retorcidos, cascas grossas e de folhas coriáceas e pilosas. Apresentando vegetação do tipo xeromorfa, suas raízes são bem profundas, geralmente chegam ao nível freático, para sobreviverem na estação seca (CODEPLAN, 1984).

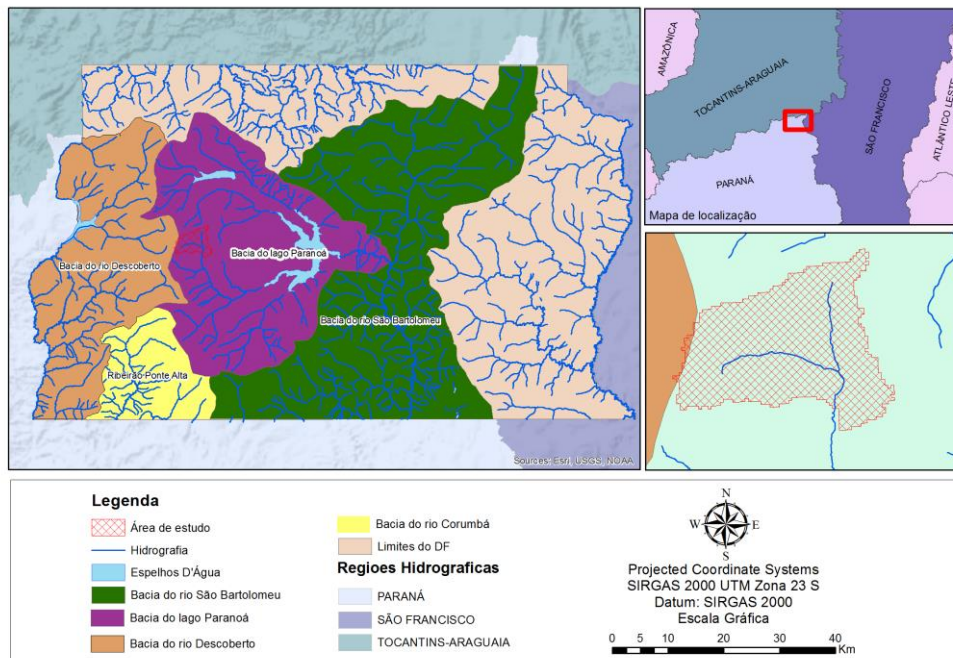
2.1.5 Hidrografia

O DF é drenado por rios que pertencem a três das doze principais bacias hidrográficas do país: a Bacia do Paraná, a Bacia do São Francisco e Bacia do Tocantins.

Nossa área de estudo situa-se no interior da região hidrográfica do Rio Paraná, que drena aproximadamente 3.634 km² do DF. É constituída de quatro sub-bacias que são a do Rio Descoberto, São Bartolomeu, Lago Paranoá e bacia da Ponte Alta. O rio Descoberto nasce no interior do DF e se reserva a parte oeste. Seus principais afluentes são o ribeirão Rodeador, rio Melchior, córrego Samambaia e o ribeirão Engenho das Lajes. O rio São Bartolomeu também nasce no interior do DF. Drena sua parte central, sendo que seus principais afluentes são o ribeirão Pipiripau, ribeirão Mestre D'armas, ribeirão Sobradinho, rio Paranoá, ribeirão Taboca, ribeirão Papuda, ribeirão Cachoeirinha e ribeirão Santana (EMBRAPA, 1978).

A bacia hidrográfica do rio Paranoá divide-se em cinco unidades hidrográficas (UH), Riacho Fundo, córrego do Bananal, ribeirão do Gama, ribeirão do Torto e Lago Paranoá. A Figura 3 mostra a bacia do Paranoá com destaque a nossa área de estudo, que encontra-se na porção superior da UH Riacho Fundo.

Figura 3 - Mapa da bacia do Paranoá, com destaque para sub bacia de estudo



Fonte: Do autor

2.2 Formas de uso do solo

A bacia do Lago Paranoá vem sofrendo com a forte retirada da cobertura vegetal em detrimento da expansão urbana, que gera um aumento dos processos erosivos e consequente assoreamento do Lago (MENEZES, 2010). A sub-bacia do RF é intensamente coberta por estruturas urbanas, tendo mais de 70% de sua área urbanizada (MENEZES, 2010). Existem dois córregos principais nesta sub-bacia, o córrego RF e o córrego Vicente Pires (VP), afluente do primeiro córrego citado. A área abrangida pelo córrego VP tem alta densidade urbana, enquanto a parte da sub-bacia ocupada somente pelo córrego RF, antes da confluência, tem predominância de ocupações rurais, como a fazenda da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e condomínios residenciais com extensas áreas verdes, como o Setor de Mansões Park Way.

2.2.1 Agricultura

Dentre as maiores fontes não pontuais de nutrientes para os corpos hídricos, as áreas agrícolas se destacam como as principais responsáveis pelo enriquecimento de ecossistemas aquáticos, principalmente em locais onde não se aplica práticas conservacionistas de uso do solo (PRADO et al., 2010).

Apesar de reconhecermos os benefícios que o nitrogênio traz a produção da planta, o uso excessivo de fertilizantes nitrogenados tem sido indicado como as maiores fontes de NO_3^- em águas superficiais e subsuperficiais em ambientes rurais e suburbanos (XAVIER, 2005 *apud* MUCHOVEJ e RECHCIGL, 1994). Além do nitrogênio, serias preocupações se dão em relação às altas taxas de fósforo carregados aos corpos hídricos via escoamento superficial, que pode ser um fator importante para a eutrofização de águas (SHARPLEY, 2003). Esse fósforo está em sua maior parte adsorvido no sedimento e chega aos corpos d'água em uma forma não biodisponível a comunidade aquática e pode ser sedimentado ou transportado a jusante (XAVIER, 2005).

2.2.2 Vegetação nativa

O tipo de cobertura vegetal implica diretamente no comportamento da água no solo. Como mostrado por Rizzi (1981), as florestas nativas tem fundamental importância na conservação e produção de mananciais hídricos com papel de interceptar a água da chuva, possibilitando condições ótimas de infiltração, reduzindo o escoamento superficial e

consequentemente processos erosivos e a quantidade de materiais em suspensão carregados aos córregos. De fato, dentre as principais funções da vegetação temos a proteção do solo contra erosão, proteção de aquíferos por meio da filtragem e retenção de nutrientes, de sedimentos, de pesticidas e de outros componentes químicos, assim como possibilitar uma maior infiltração de água da chuva evitando inundações e colaborando com a recarga do nível freático (MCKERGOW et al., 2003).

2.2.3 Urbanização

2.2.3.1 Impermeabilização

Com o crescimento de grandes centros urbanos, alteramos de forma significativa a paisagem e claramente influenciemos (de forma negativa) no ciclo hidrológico (TUCCI, 2002). Com a retirada da vegetação nativa para substituição por áreas impermeabilizadas, perdemos três importantes componentes do ciclo hidrológico: a *interceptação*, que é responsável por atenuar o impacto entre uma gota de chuva e a partícula de solo, a *infiltração*, que permite recarregar nossos reservatórios subterrâneos e a *transpiração*, que ocorre nas folhas das plantas como parte de seu processo de metabolismo e é responsável pelo resfriamento da planta e leva xilema e floema das raízes às folhas. Em suma, a diminuição da interceptação e da infiltração, gera um aumento do escoamento superficial com consequente diminuição no nível freático.

2.2.3.2 Águas pluviais

Águas pluviais são importantes fontes de poluição de corpos hídricos. O escoamento de água da chuva aumenta significativamente o aporte de material orgânico e inorgânico, solúveis e insolúveis nos mananciais, influenciando em sua carga de poluentes. De acordo com Bollmann (2003), podem ter diversas fontes como o desgaste de vias públicas pelo tráfego, lixo nas ruas e calçadas, excreta de animais, resíduos de construção civil, de combustível, óleos e graxas automotivas, poluentes atmosféricos etc.

Segundo Tucci et al. (2001), poucas cidades se preocupam com estas fontes poluidoras, pois veem em esgotos domésticos um problema maior, mas em uma cheia urbana a carga poluente pode chegar a 80% da carga do esgoto doméstico. Os principais indicadores de qualidade dessa água são parâmetros que indiquem poluição orgânica e quantidade de metais (TUCCI, 2002). E a qualidade dessa água depende de vários fatores como a frequência da limpeza urbana, intensidade e distribuição espacial e temporal das precipitações e tipo do uso da área urbana.

2.3 Resíduos sólidos

De acordo com a ABNT NBR 10004, resíduos sólidos são quaisquer resíduos nos estados sólido e semi-sólido que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Esses resíduos são classificados de acordo com o seu nível de periculosidade, em resíduos de classe I e resíduos de classe II, no que se refere a potenciais riscos à saúde pública e ao meio ambiente quando gerenciados de forma inadequada.

2.3.1 Formas de disposição de resíduos

De acordo com Carvalho (1997), temos usualmente no Brasil três formas de disposição de resíduos: lixão, aterro controlado e aterro sanitário.

Lixão, também chamado de vazadouro a céu aberto, consiste em uma forma de disposição final de resíduos sólidos, geralmente em terrenos baldios, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou a saúde pública (IPT, 1995), onde não existe ciência sobre o tipo, volume ou grau de periculosidade dos resíduos ali depositados (NASCIMENTO, 2007), e sem nenhum tipo de controle quanto à impermeabilização, cobertura do lixo ou controle de pessoas no local. Devido sua falta de suporte e infraestrutura para receber esse tipo de uso, os solos e por consequência as águas subterrâneas sofrem contaminação pelo chorume percolado, além da proliferação de vetores e exposição de catadores a condições insalubres de trabalho.

Aterro controlado diferencia-se dos lixões apenas pelo fato de ser coberto com terra com uma certa periodicidade, o solo também não recebe impermeabilização e nem sempre há captação de líquidos percolados e gases gerados ao longo do processo de decomposição da matéria orgânica (MUÑOZ, 2002). Como não há um sistema de captação de chorume, esse líquido fica retido na parte inferior do aterro e, sendo assim, é interessante que o volume de água da chuva que entre no aterro seja o menor possível para minimizar a produção de chorume. É conveniente que o nível freático seja profundo, a mais de três metros do nível do terreno (MONTEIRO, 2001), pois, como não há impermeabilização inferior, o percolado é um potencial contaminante das águas subterrâneas.

Aterro Sanitário, de acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 8419/92, consiste na forma de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública ou a sua segurança e minimizando os impactos ambientais. Nessa técnica faz-se uso de princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los

ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou caso necessário, em intervalos menores. Essa norma estabelece uma série de exigências a serem cumpridas quanto ao mapeamento dos processos e quanto a escolha do local destinado ao aterro, observando características topográficas, geológicas e geotécnicas, climatológicas e de uso de água e solo.

CAPÍTULO 3

3 A Cidade Estrutural

Segundo Paviani (2007) a urbanização do DF iniciou-se junto dos primeiros canteiros de obras, como a Vila Planalto, Cidade Livre, Candangolândia, Metropolitana e “acampamentos” em outros locais. Em 1957 haviam poucos núcleos urbanos como Planaltina, Brazlândia, Núcleo Bandeirante e o Plano Piloto. Um ano antes de sua inauguração havia apenas 64.314 habitantes, e em 21 de abril de 1960, ao ser inaugurado o Plano Piloto, o DF já contava com 141.742 habitantes. Hoje em dia, Brasília é a 3ª maior cidade do Brasil com mais de 3 milhões de habitantes (IBGE, 2017).

Cidade Estrutural, assim como inúmeras outras favelas brasileiras, é consequência e fruto de uma péssima distribuição de renda, de uma má administração de recursos e falta de investimento em políticas públicas sociais e na área de educação.

Estima-se que a Cidade Estrutural tenha se iniciado entre o fim dos anos 60 e início dos anos 70. Aos poucos foi se consolidando a invasão, à medida que chegavam pessoas para trabalhar com materiais recicláveis e realizar plantio de subsistência as margens do córrego Cabeceira do Valo (GREENTEC, 2012). Em 1989, foi criado o Setor Complementar de Indústria e Abastecimento – SCIA em frente à vila, época em que se previa a remoção da invasão para outro local. Em 2004 o SCIA foi transformado em Região Administrativa pela Lei nº 3.315, tendo a Estrutural como sua sede urbana.

Segundo a Pesquisa distrital por amostra de domicílios - PDAD 2016, estima-se 9.963 domicílios e 39.015 habitantes na SCIA-Estrutural no ano de 2015 e cerca de 40 % da população trabalha de forma autônoma. Atualmente a Cidade Estrutural é marcada por diversos problemas socioeconômicos como a violência, o tráfico de drogas, subdesenvolvimento e problemas ambientais como a falta de saneamento básico em sua totalidade, mau cheiro, vetores e contaminação de águas superficiais e sub-superficiais, que abastecem produtores de hortaliças das margens do córrego Cabeceira do Valo. Na cidade, 93% dos domicílios contam com o abastecimento de água e 0,4% são abastecidos por água de poço, 91,40% contam com o fornecimento de energia elétrica e 8,40% tem o abastecimento de energia elétrica por meio de gambiarras. 89,9% dos domicílios drenam seus esgotos para a rede geral e 6,80% para fossa séptica.

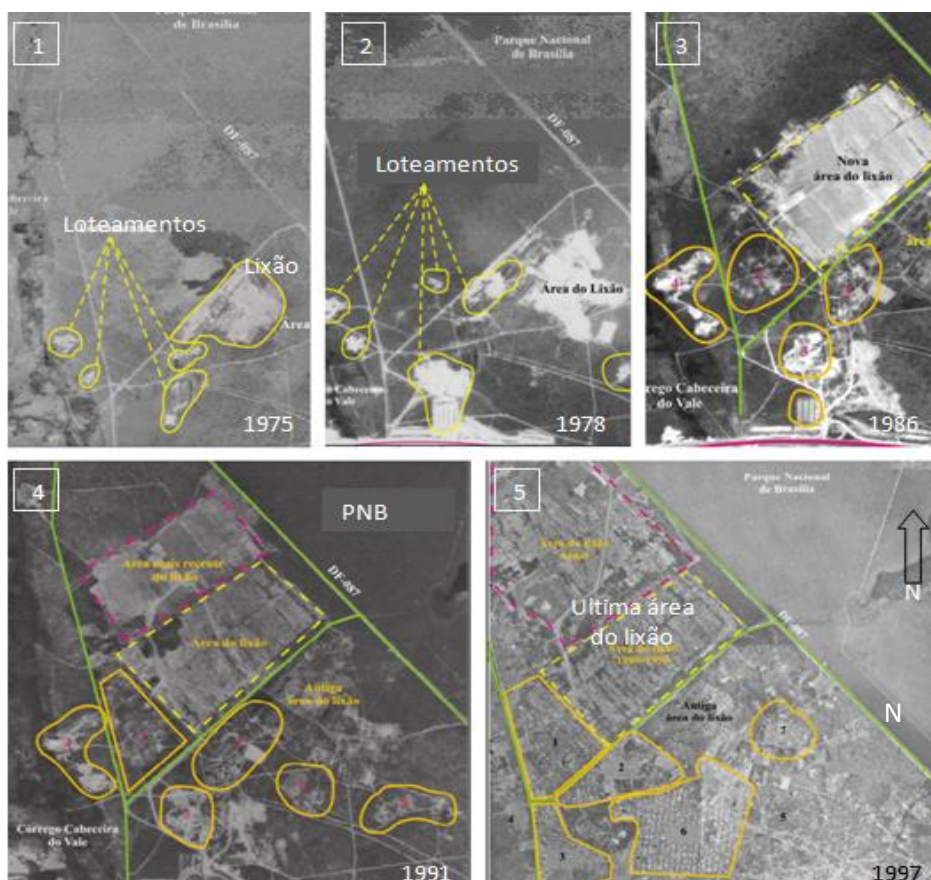
3.1 O Aterro Controlado do Jóquei Clube de Brasília

O “aterro do Jóquei” ou “lixão da Estrutural” era o local de deposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) da capital federal até janeiro de 2018. De acordo com o relatório de serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos do DF (SLU, 2017) era despejado no aterro controlado do Jóquei cerca de 1738ton/dia de RSU e cerca de 6033t/dia rejeito de construção civil (RCC).

A área faz limite com o córrego Cabeceira do Vale, um importante afluente do RF a oeste, e com o Parque Nacional de Brasília - PNB, onde se localiza o reservatório responsável pelo abastecimento de 20% da população do DF, a norte e leste e diversos estudos evidenciam os prejuízos causados pela presença do aterro em corpos hídricos superficiais e subterrâneos (SANTOS, 1996; KOIDE e BERNERDES, 1998; CARNEIRO, 2002; CAVALCANTI, 2013).

Muneton (2013), através da análise temporal de fotografias aéreas do local, elaborou uma descrição do processo de ocupação do solo (Figura 4).

Figura 4 - Evolução da ocupação do solo nas áreas do lixão e Cidade Estrutural



Fonte: SEDHAB, Adaptado de MUNETON, 2013

4 Qualidade de água

De acordo com Von Sperling (1996), a qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. No geral podemos dizer que a qualidade de uma determinada água é função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. Mesmo em condições naturais a qualidade da água é afetada por suas interações, geradas na precipitação atmosférica, ou em contato com os sólidos (solo, rochas, materiais antrópicos). Assim a incorporação de sólidos em suspensão ou dissolvidos, ocorre mesmo quando a bacia se encontra em condições preservadas e pode ser influenciados pelas diversas atividades ou interferências antrópicas. Essas alterações podem vir tanto de fontes pontuais e se apresentarem de forma concentrada (geração de efluentes domésticos e industriais), quanto de fontes difusas, tais como de aplicação de defensivos agrícolas.

Nesta parte do trabalho, serão apresentados os parâmetros físicos e químicos de água que foram monitorados e utilizados no âmbito do estudo para caracterizar a qualidade dos recursos hídricos da bacia em questão. O item 5.4 teve como base a obra de Esteves (1988).

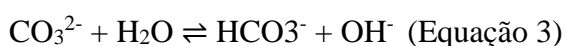
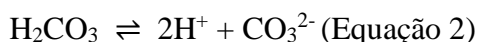
4.1.1 pH

Formados a partir dissociação da molécula de água (Eq. 1), encontramos os íons H^+ e OH^- dispersos em solução líquida. Quando essa solução apresenta uma maior concentração de íons H^+ a intitulamos de ácida, e em situações contrárias, a intitulamos de básica.



A basicidade ou acidez de uma solução é expressa em termos de concentração de íons, o qual é definido como o logaritmo negativo da concentração molar de íons hidrogênio: $pH = -\log[H^+]$.

O pH pode ser a variável mais difícil de se interpretar, levando em consideração uma gama de fatores que podem influenciá-lo. A presença de íons de H^+ dissociados do ácido carbônico geram baixo valores de pH (Eq. 2) e das reações de íons de carbonato e bicarbonato com a molécula de água (Eq.3), valores maiores.



4.1.2 Condutividade Elétrica - CE

A condutividade elétrica de uma solução é entendida como a capacidade que essa solução tem de conduzir corrente elétrica. Considerando que a capacidade de condução de uma corrente elétrica em meio aquoso é diretamente proporcional à concentração de íons presentes na solução, quanto menor a concentração de íons, menor será a CE. Os valores de CE são expressos em Siemens ($S\text{ cm}^{-1}$), e em águas naturais, devido a baixas concentrações, são expressos numericamente em $\mu S\text{ cm}^{-1}$.

Ter conhecimento sobre a condutividade da água é importante, pois além de fornecer informações sobre as condições da água, permite-nos inferir alterações que ocorreram na bacia de drenagem.

4.1.3 Materiais em Suspensão - MES

Os sedimentos em suspensão fazem parte de uma das etapas de um processo natural, chamado de ciclo das rochas, que basicamente é composto de erosão, transporte e sedimentação, e o MES integra esse segundo. A ação do homem sobre os recursos naturais exerce influência e funciona como catalizador desse processo. As maiores interferências antrópicas são práticas agrícolas insustentáveis, obras de engenharia que alteram a estrutura do solo, supressão da vegetação e impermeabilização do solo (CARVALHO, 1994).

4.1.4 Alcalinidade

A alcalinidade representa a capacidade que o sistema aquoso tem de neutralizar ou tamponar ácidos, proporcionada por conta de alguns compostos, principalmente HCO_3^- (bicarbonatos), CO_3^{2-} (carbonatos) e OH^- (hidróxidos). No âmbito desse trabalho, trabalharemos com a concentração de HCO_3^- .

4.1.5 Nitrogênio

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos. No ambiente aquático, o nitrogênio apresenta-se de diversas formas como por exemplo: NO_3^- (nitrato), NO_2^- (nitrito), NH_3 (amônia), NH_4^+ (íon amônio), N_2O (óxido nitroso), N_2 (nitrogênio molecular), nitrogênio orgânico dissolvido (purinas, peptídeos, aminoácidos, etc) e particulado (fitoplâncton, zooplâncton, bactérias, etc). Cada composto nitrogenado tem sua importância, mas os NO_3^- e NH_4^+ representam a principal fonte de nitrogênio a produtores

primários, sendo assim considerados elementos de suma importância em ecossistemas aquáticos. Em locais que apresentam baixas concentrações, tornam-se fatores limitantes da produção primária dos ecossistemas aquáticos, e inversamente em altas concentrações pode provocar fenômeno de eutrofização.

4.1.6 Fósforo

Da mesma forma que o nitrogênio, em locais com baixas concentrações pode ser fator limitante de produtividade primária, já em locais em que apresentam relativa abundância, pode ser fator chave para a eutrofização de ecossistemas aquáticos. Em águas naturais, o fósforo encontra-se em forma de *fosfato*, e dentre suas formas disponíveis no meio aquático destaca-se o orto-fosfato (*orto-P*) pelo fato de ser a principal forma de fosfato assimilado por organismos aquáticos.

4.1.7 Cátions e Ânions

Os principais cátions presentes em corpos hídricos são cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), ferro (Fe^{3+}) e manganês (Mn^{2+}), enquanto os principais ânions são cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), carbonato (CO_3^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-) e nitratos (NO_3^-).

CAPÍTULO 5

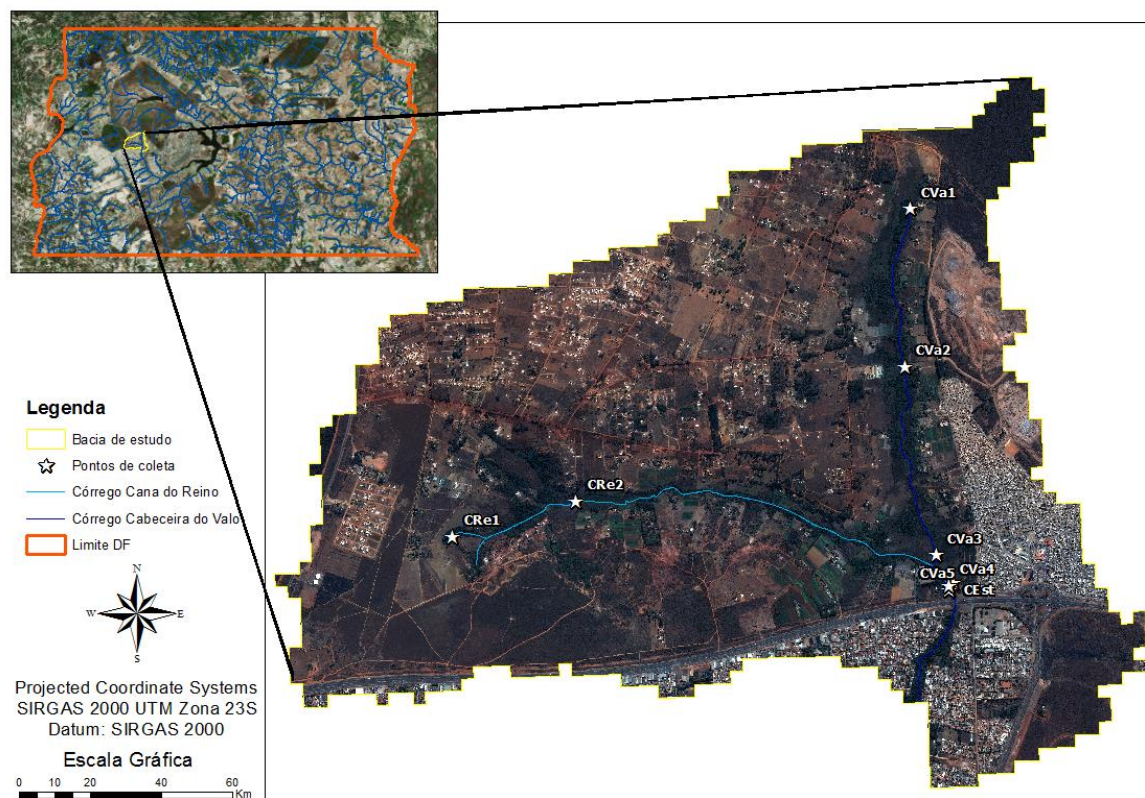
5 METODOLOGIAS

Este trabalho foi realizado em três etapas: elaboração do mapa de uso do solo e revisão bibliográfica, preparação dos materiais e coletas em campo, análises no laboratório e interpretação dos dados. Utilizando o método indutivo, na realização deste trabalho foram coletadas, no período de março a setembro de 2017, amostras de oito pontos estrategicamente posicionados na porção norte da Unidade Hidrográfica do Riacho Fundo, cinco pontos de coleta no córrego Cabeceira do Valo, dois pontos de coleta no Córrego Cana do Reino e um ponto no exutório da rede de águas pluviais da Cidade Estrutural.

5.1 Descrição dos pontos de coleta

Os pontos foram escolhidos levando em consideração a facilidade de acesso, a heterogeneidade nas formas de uso do solo ao longo do trecho do córrego e possíveis fontes de contaminação (Figura 5).

Figura 5 - Mapa de localização da bacia de estudo



Fonte: Do autor

Foram selecionados um ponto próximo a cada nascente, um ponto a jusante próximo a lagoa de chorume, dois pontos a montante da confluência com as águas da Cidade Estrutural, um ponto no exutório da rede de águas pluviais da Cidade Estrutural e mais um ponto a jusante desse exutório.

5.1.1 Ponto de coleta córrego Cabeceira do Valo 1 (CVa1)

Localizado na porção mais a montante do córrego Cabeceira do Valo, o ponto CVa1 de latitude $15^{\circ}45'32.80''S$ e longitude $48^{\circ}0'20.80''O$, situa-se nos fundos da chácara número 42 que realiza cultivo de hortaliças e é ponto localizado mais próximo da nascente (Figura 6). Quando observarmos o córrego de uma perspectiva espacial, tomaremos esse ponto como quilômetro zero. O ponto CVa1 encontra-se sob uma mata ciliar densa e preservada com baixo grau de antropização (Fotografia 1) e sobre um *topsoil* escuro com a presença de turfa. (Fotografia 2). No decorrer do período de coleta, em julho especificamente, o ponto de coleta CVa1 foi mudado, pois no auge da estiagem o rebaixamento do nível freático fez secar o corpo superficial no antigo ponto (Fotografia 3). Da chácara de número 42 descemos para chácara de número 26. Não foi possível coletar mais a montante porque o leito também estava seco ou porque a mata ciliar era muito densa para acessarmos.

Na chácara de número 26 se pratica o cultivo sazonal de milho e mandioca. O novo ponto de coleta possui uma bomba instalada que serve para o abastecimento dos moradores da chácara (Fotografia 4). O ponto localiza-se ainda sob uma mata ciliar expressiva, porém bem menos densa e preservada que o primeiro ponto.

5.1.2 Ponto de coleta córrego Cabeceira do Valo 2 (CVa2)

Localizado cerca de 1240 metros a jusante do ponto CVa1, com latitude $15^{\circ}46'11.80''S$ e longitude $48^{\circ}0'22.70''O$, aos fundos da chácara 18, o ponto CVa2 situa-se abaixo da lagoa de chorume da porção oeste do lixão (Figura 6). Na chácara de número 18 se deixou de plantar hortaliças devido a ação de ladrões que constantemente saqueavam a produção, e hoje uma grande porção solo exposto ocupa o terreno. O leito do córrego nessa localidade é bem erodido e de coloração escura (Fotografias 5 e 6), a mata ciliar é menos densa porém com árvores de maior porte.

Nas laterais externa do lixão, encontram-se as lagoas de chorume, nos quais são utilizadas para armazenamento e posterior recirculação do chorume no ACJCB (Fotografia 7).

Esses reservatórios de chorume localizam-se a céu aberto sobre uma manta impermeabilizadora, que apresenta avarias e rasgos como evidenciado da fotografia 8.

5.1.3 Ponto de coleta córrego Cabeceira do Valo 3 (CVa3)

A cerca de 2760 metros do ponto CVa1 marcamos o ponto CVa3, de latitude $15^{\circ}46'58.59''S$ e longitude $48^{\circ} 0'15.21''O$. Neste trecho o córrego flui a céu aberto (Figura 6). Por um momento corre as margens de uma estreita estrada de terra que liga a Cidade Estrutural à Colônia Agrícola 26 de setembro, e ao lado uma pequena adutora desativada. Sem vegetação ciliar como uma forma de proteção de suas margens, contando apenas com a presença de gramíneas exóticas, em seu leito encontra-se um grande acúmulo de sedimentos grossos. Cercado por uma área de campo com alto grau de antropização, conta com passagem de uma adutora subterrânea da PETROBRAS e com a ausência de árvores de médio e grande porte (Fotografia 9).

5.1.4 Ponto de coleta córrego Cabeceira do Valo 4 (CVa4)

O ponto de coleta CVa4 localiza-se logo após a confluência do córrego Cabeceira do Valo e córrego Cana do Reino, de latitude $15^{\circ}47'6.50''S$ e longitude $48^{\circ} 0'12.90''O$, a montante do exutório de águas pluviais da Cidade Estrutural (Figura 6). Esse ponto encontra-se em alto grau de antropização, e no seu lado leste a presença da mata ciliar limita-se às margens erodidas do córrego (Fotografia 10). Além dessa curta faixa de vegetação ciliar há uma pequena cultura de mandioca, milho, banana e algumas mudas de frutíferas no lado leste desse ponto. Águas a montante desse ponto recebem influencia da Cidade Estrutural e em menor quantidade de módulos rurais que cultivam hortaliças as margens do córrego.

5.1.5 Ponto de coleta Cidade Estrutural (CEst)

O ponto de coleta CEst localiza-se na saída da rede de águas pluviais da Cidade Estrutural de latitude $15^{\circ}47'5.58''S$ e longitude $48^{\circ} 0'11.12''O$. Consideramos a Cidade Estrutural como uma sub-bacia, que drena suas ruas ao sistema de águas pluviais, e o ponto de saída desse sistema de águas pluviais como um exutório dessa sub-bacia. Coletamos nesse ponto com o intuito de representar a influencia da área urbana sobre águas superficiais, uma vez que há um fluxo constante na rede de águas pluviais em direção ao córrego Cabeceira do Valo, a cerca de 3040 metros do ponto CVa1 (Fotografia 11).

5.1.6 Ponto de coleta córrego Cabeceira do Valo 5 (CVa5)

O ponto CVa5 se encontra poucos metros abaixo do ponto CVa4, de latitude 15°46'52.9"S e longitude 48°02'19.5"O, após a confluência do córrego Cabeceira do Valo e Cabeça de Veado e logo após a confluência das águas pluviais da Cidade Estrutural com o córrego Cabeceira do Valo. Nesse ponto, se repetem as mesmas características de uso e ocupação do solo do ponto CVa4 (Figura 6).

5.1.7 Ponto de coleta córrego Cana do Reino 1 (CRe1)

O ponto CRe1 localiza-se na porção mais a montante do córrego Cana do Reino. De latitude 15°46'52.40"S e longitude 48° 2'18.60"O, rodeada por uma estreita faixa de pasto (Figura 6) nessa área, do lado sudoeste da bacia, se encontra uma porção de terra ocupada por vegetação nativa com a presença de cerrado de campo limpo e campo sujo. Essa área natural somada a parcela de cerradão no interior do PNB que faz parte da bacia de estudo, são as únicas partes da bacia que ainda possuem vegetação nativa preservada.

Foi construída uma pequena contenção de concreto para armazenar e atenuar a velocidade da água (Fotografia 12) e a coleta foi feita fora do reservatório, a montante da contenção (Fotografia 13). O leito e as margens do córrego Cana do Reino encontram-se degradados, e uma erosão linear é beneficiada pela construção de um condomínio nas adjacências das nascentes. A impermeabilização da área do condomínio interfere na infiltração da água da chuva incapacitando a mata ciliar de barrar a força do escoamento superficial, podendo-se constatar aumento intenso do processo erosivo ao longo do tempo e dos eventos chuvosos.

5.1.8 Ponto de coleta córrego Cana do Reino 2 (CRe2)

O ponto CRe2 encontra-se em uma área de vereda com trechos alagados, onde foi verificada a presença de gramíneas nativas e Buritis (*Mauritia flexuosa*). De latitude 15°46'44.0"S e longitude 8°01'47.0"O, o córrego Cana do Reino deixa de fluir por um momento sob as copas das árvores e passa a fluir a céu aberto (Fotografia 14). Nesse ponto, o córrego flui entre vertentes antropizadas, onde de um lado há a cultura de hortaliças, e do outro, já houve a fração das terras, construção de unidades habitacionais e apresentam áreas de solo exposto.

Fotografia 1 - Mata densa em torno do ponto CVa1



Fotografia 2 - Leito do Córrego Cabeceira do Valo



Fotografia 3 - Leito seco do Córrego do Valo



Fotografia 4 - Novo ponto de coleta, com captação



Fotografia 5 - Coleta no ponto CVa2



Fotografia 6 - Leito do Córrego de coloração escura



Fotografia 7 - Lagoa de chorume, próximo a CVa2



Fotografia 8 - Reparos feitos na manta impermeável



Fotografia 9 - Ponto de coleta CVa3



Fotografia 10 - Medição de pH no ponto de coleta CVa4



Fotografia 11 - Exutório de águas pluviais da Estrutural



Fotografia 12 - Erosão a jusante do ponto de coleta CRe1



Fotografia 13 - Coleta no ponto CRe1



Fotografia 14 - Coleta no ponto CRe2



5.2 Elaboração do mapa

Na elaboração deste trabalho utilizamos de diversas geotecnologias como ferramenta para alcançar os nossos objetivos. O Sensoriamento Remoto de acordo com Novo (1992), é associado à aquisição de medidas nas quais o ser humano não é parte essencial do processo de percepção e de registro dos dados, sendo necessária a utilização de sensores capazes de captar a energia proveniente do objeto, convertê-la em um sinal capaz de ser registrado e expô-lo de forma apropriada à extração de informações. No âmbito deste trabalho, foi utilizada dessa técnica na obtenção das fotografias aéreas para a classificação do uso do solo local.

O termo Geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica (Câmara e Davis, 2001). É definido por Xavier-da-Silva (2001) como um conjunto de técnicas computacionais, que opera sobre uma base de dados (que são registros de ocorrências) georreferenciada, para a transformar em informações (que são um acréscimo de conhecimento) relevantes. No trabalho em questão, a imagem adquirida por sensoriamento remoto foi vetorizada e a partir dela criamos e armazenamos informações acerca do uso do solo, como o tipo de ocupação e porcentagens da área ocupada.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) correspondem às ferramentas computacionais de Geoprocessamento que possibilitam a realização de análises complexas, integrando dados de diversas fontes e a criação de banco de dados georreferenciados (Câmara, 2001).





Foi utilizada a ferramenta computacional Arc GIS 10.4 para o tratamento dos dados e elaboração do mapa de uso solo. Para a vetorização, foi criada uma base de dados georreferenciada, onde os vértices das feições são definidas por um par de coordenadas x e y e suas formas podem ser expressas pelas feições ponto, linha e polígono. Foi gerado um produto cartográfico para a apresentação final dos resultados.





Foi feito o mosaico das imagens seguido do recorte da bacia hidrográfica. A bacia foi delimitada utilizando a extensão ArcSWAT (Soil and Water Assessment Tool), onde inserimos as imagens SD-22-Z-D e SD-22-Y-C em formato SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) de 30 metros de resolução adquiridas na página da Embrapa (<https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/relevobr/go/>). Com essas imagens, utilizando o ArcSWAT, é estipulada uma direção de fluxo e é extraída a rede de drenagem utilizando a



ferramenta *Watershed delineator*, e após marcarmos um ponto exutório são delimitados os limites da bacia hidrográfica automaticamente.

Para a elaboração do mapa de uso do solo foi criado um shape para a edição da vetorização das feições visíveis a uma escala de 1:500. No fim da vetorização foi feita a correção topológica a fim de evitar sobreposições. Durante a elaboração do mapa, de acordo com a análise das ortoimagens e visitas em campo, foram definidas 18 classes de uso do solo para a área em questão (Quadro 1).



Quadro 1. Classes de uso do solo selecionadas para a bacia

	Áreas urbanizadas	Áreas densamente urbanizadas, com impermeabilização do solo.
	Vias pavimentadas	Rodovias e vias urbanas pavimentadas, recobertas por massa asfáltica ou concreto.
	Vias não pavimentadas	Rodovias e vias urbanas e rurais não pavimentadas, sem cobertura de massa asfáltica ou de concreto.
	Cerrado Campo Sujo	Fitofisionomia caracterizada por predomínio de vegetação arbustiva e herbácea, com vegetação arbórea esparsa e gramíneas nativas.

	Cerradão	Fitofisionomia caracterizada por forte adensamento do estrato arbóreo .
	Cerrado Campo Limpo	Fitofisionomia caracterizada pelo predomínio de gramíneas com pouca ou nenhuma árvore presente.
	Mata de galeria	Vegetação típica que acompanha as linhas de drenagem, localizada geralmente em fundos de vales, apresentam superposição das copas.
	Campo de Murundus	Fitofisionomia do cerrado inundável sazonalmente, com inúmeros morrotes soerguidos por atividade biológica.

	Reflorestamento	Áreas com a presença de vegetação plantada seguindo um determinado padrão, exemplos de culturas identificadas: <i>Eucaliptus e Pinus</i> ; considerou-se todos os casos, inclusive para fins comerciais.
	Horticultura/Oleicultura	Área de cultivo de plantas de ciclo curto, com predomínio de hortaliças folhosas.
	Culturas perenes	Área com cultivo de árvores frutíferas, de ciclo longo.
	Solo exposto	Diz respeito a condição do solo no momento da fotografia. Coube-nos reclassificar de acordo com o uso atual. Área com ausência total de cobertura vegetal, incluindo áreas de pousio.

	Pequenos tanques e açudes	Pequenos reservatórios utilizados para piscicultura ou armazenamento de água para irrigação.
	Pastagem	Presença de gramíneas exóticas, currais no interior do terreno, poucas árvores dispostas, trilha de animais na grama, com ou sem a presença de animais pastando.
	Aterro	Área correspondente aos limites do Aterro Contolado do Jóquei Clube de Brasília – ACJCB.
	Cobertura vegetal	Áreas coberta por copas de árvores plantadas pelo homem (que não são nativas e nem são culturas)

	Vereda	Áreas sujeitas a inundação, com presença de gram�nias nativas e próximas as matas ciliares.
	Campo	áreas antropizadas onde não se faz uso da terra, sem culturas, sem solo exposto

5.3 Coleta e preparação das amostras de água

Todas as metodologias de coleta e análise aqui descritas tiveram como base o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*; 20ª edição da *American Public Health Association* (APHA), da *American Water Works Association* (AWWA).

Para a realização da coleta de água superficial foram utilizados frascos de polietileno de 1 litro previamente higienizados, submersos em ácido clorídrico (HCl-10%) por um período mínimo de 8 horas, seguido de enxágue com água extraída do sistema de purificação Milli-Q (resistividade de 18,2 MΩ cm⁻¹ a 25°C), e ambientados 3 vezes em campo com a mesma água do ponto de amostragem. Após a coleta as amostras foram acondicionadas em caixa térmica sob refrigeração e foram encaminhadas ao laboratório para filtração, onde foi utilizada uma bomba de vácuo e pressão Millipore (Fotografia 15).

Antes de dar início ao processo de filtração, foi realizada a higienização do equipamento. Assim como para os frascos de polietileno, também foi utilizado ácido clorídrico (HCl-10%) para higienizar a unidade de filtração, seguido de um enxágue com água extraída do sistema Milli-Q e secagem com papel toalha.

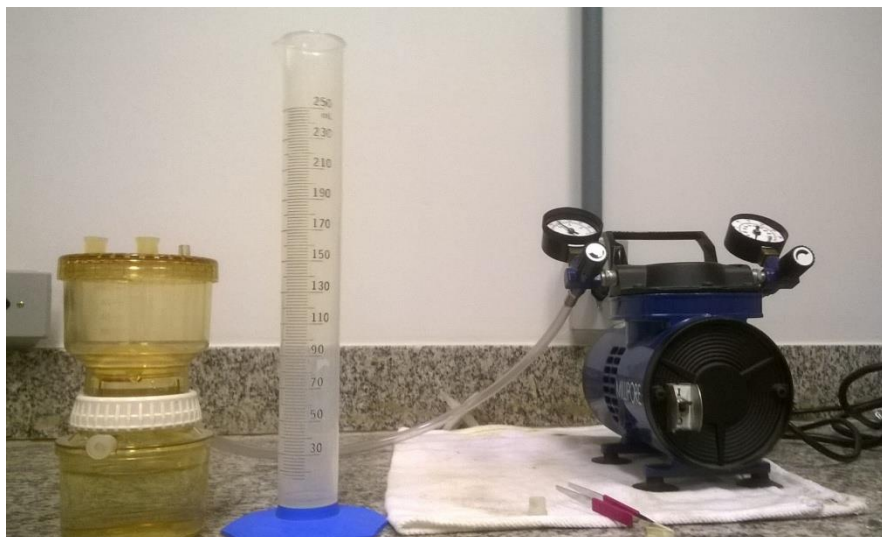
Para a filtração das amostras, foram utilizadas membranas de celulose de 0,22 µm (Millipore) e 0,7µm GF/F (Whatmann). Ambas foram secas por uma hora em estufa a 100 °C, esfriaram em dessecador e tiveram seus pesos iniciais aferidos.

Inicialmente as amostras foram homogeneizadas e uma alíquota de 250 mL foi transferida para uma proveta, os primeiros 250 mL filtrados de cada amostra foram utilizados para ambientar a unidade de filtração e descartados em seguida.

Em membranas de celulose de 0,22 µm, foram filtrados 250 mL de cada amostra. Duas alíquotas foram separadas para análises de ânions e cátions respectivamente. A alíquota para análise de cátions foi acidificada com HNO₃. As duas alíquotas foram conservadas na geladeira antes das análises por cromatografia, Absorção Atômica e ICP-OES. Uma alíquota de 50 mL foi separada em um tubo Falcom para serem encaminhadas para análise de ânions e dessa alíquota foram separadas e acidificadas com HNO₃ mais 15 mL para a determinação de cátions. Em filtros de membrana de celulose de 0,7µm, foram filtrados 250 mL de cada amostra e separadas alíquotas de 15 mL em frascos de vidro esterilizados em mufla a 400°C por 1 hora

para a determinação de Carbono Orgânico Dissolvido e 50 mL em tubos de ensaio Falcom para a determinação de alcalinidade.

Fotografia 15 - Filtragem de amostra com bomba a vácuo MILLIPORE



5.4 Análises

5.4.1 Alcalinidade e parâmetros físicos e químicos

Os parâmetros físicos e químicos da água superficial como CE, pH e temperatura foram aferidos em campo no momento da coleta utilizando dois equipamentos multiparâmetro portáteis de marca e modelo WTW – pH3210 e WTW – Cond3401 previamente calibrados.

A alcalinidade das amostras de água foi determinada sobre uma alíquota de 50ml pelo método de titulação automática com H₂SO₄, 0,02M no equipamento *Tritoline Easy* da fabricante Scott, e a concentração de bicarbonato (HCO₃) foi calculada de acordo com a equação 3.

$$C[\text{HCO}_3] \text{ (mg/L)} = \frac{[\text{H}_2\text{SO}_4](\text{mol/L}) \times \text{MM}(\text{HCO}_3) \times 1000(\text{mg/g}) \times V(\text{H}_2\text{SO}_4)(\text{mL})}{V \text{ amostra}} \quad (\text{Equação 4})$$

5.4.2 Determinação de cátions e ânions

As amostras de água passaram por filtragem em membrana de 0,22 µm e uma alíquota de 15 mL foram acidificadas (HNO₃). Para a determinação de elementos maiores, foi utilizado o espectrofotômetro de absorção atômica - AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) de marca Perkin Elmer, modelo AAnalyst 200 com chama de acetileno, do Laboratório de

Geoquímica da UnB, para a determinação de Na^+ , Ca^{2+} , K^+ e Mg^{2+} , e a determinação de ânions foi realizada por cromatografia iônica com condutividade suprimida no equipamento Dionex, modelo ICS90, onde foram determinados F^- , Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NO_3^- .

5.4.3 Determinação de material em suspensão (MES)

O MES foi determinado por método gravimétrico. As amostras de água foram filtradas em membranas de celulose de $0,22\ \mu\text{m}$ para a determinação do material em suspensão através da diferença de peso conforme o protocolo (Quadro 3).

Quadro 2 - Protocolo para determinação de MES

Determinação de material em suspensão
1 - secar as membranas de $0,22\ \mu\text{m}$ por 1 hora em estufa a 60°C , esfriar em dessecador e pesar os valores iniciais (P_i);
2 - filtrar alíquotas das amostras até saturar a membrana e anotar o volume filtrado (V);
3 - secar os filtros em estufa por 2h a 60°C , esfriar no dessecador e pesar os valores finais (P_f);
4 - calcular a quantidade de material em suspensão pela fórmula: $(P_f - P_i)/V$.

5.5 Análise estatística

Análise de Componentes Principais (ACP) é uma técnica de análise multivariada de dados, cujo o objetivo é reduzir um grande número de variáveis de um conjunto de dados, em um novo conjunto de dados constituído de um número inferior de variáveis porém representando as maiores variâncias do conjunto de dados original. Com a utilização dessa técnica, podemos reconhecer padrões que expliquem a variância de um conjunto de variáveis inter-correlacionadas, transformando-as em variáveis lineares independentes, chamadas de componentes principais (PETERSEN et al., 2001; FERNANDES, 2006).

Como resultado, a ACP resume-se em autovetores - as componentes principais - e autovalores que expressam o quanto a variância dos dados é explicada pelo autovetor correspondente. Normalmente, as duas primeiras componentes principais são capazes de explicar a maioria da variância dos dados, e sua importância decresce a medida que se afasta da primeira componente, dado que a última componente explica uma pequena porcentagem das variâncias observadas (STRAPASSON et al., 2000).

Como ferramenta para as análises estatísticas utilizamos dos softwares R Studio (disponível em <https://www.rstudio.com>) e Excel 2010. Na análise de dados univariada, dispomos os dados em escala espacial e utilizamos gráficos de linhas e boxplots para visualizar suas variações. O boxplot é uma ferramenta gráfica usada para representar variações de uma variável numérica em quartis. O primeiro quartil representa 25% das menores medidas, e o terceiro 25% das maiores medias. A mediana representa exatamente o ponto central da série, deixando 50% dos valores acima e 50% dos valores abaixo. São apresentados nos boxplots além dos quartis, a mediana, e os valores máximos e mínimos bem como os *outliers*, que são pontos extremos com valores acima de um limiar.

Foi feita uma matriz de correlação dos dados de forma que as magnitudes ou unidades das variáveis não influenciassem nos resultados obtidos e foram observadas as melhores correlações. Na análise de dados multivariada, utilizamos da técnica de Análise de Componentes Principais buscando saber se a dinâmica observada entre variáveis de qualidade da água podem ser representadas por correlações estatisticamente significativas.

CAPÍTULO 6

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Mapa de uso do solo

Foi gerado um shape da classificação de uso do solo da bacia (Figura 7). Junto ao shape criado, foram incorporados os shapes de vias e lotes disponíveis no site da SEGETH (<http://www.geoportal.segeth.df.gov.br/mapa/>).

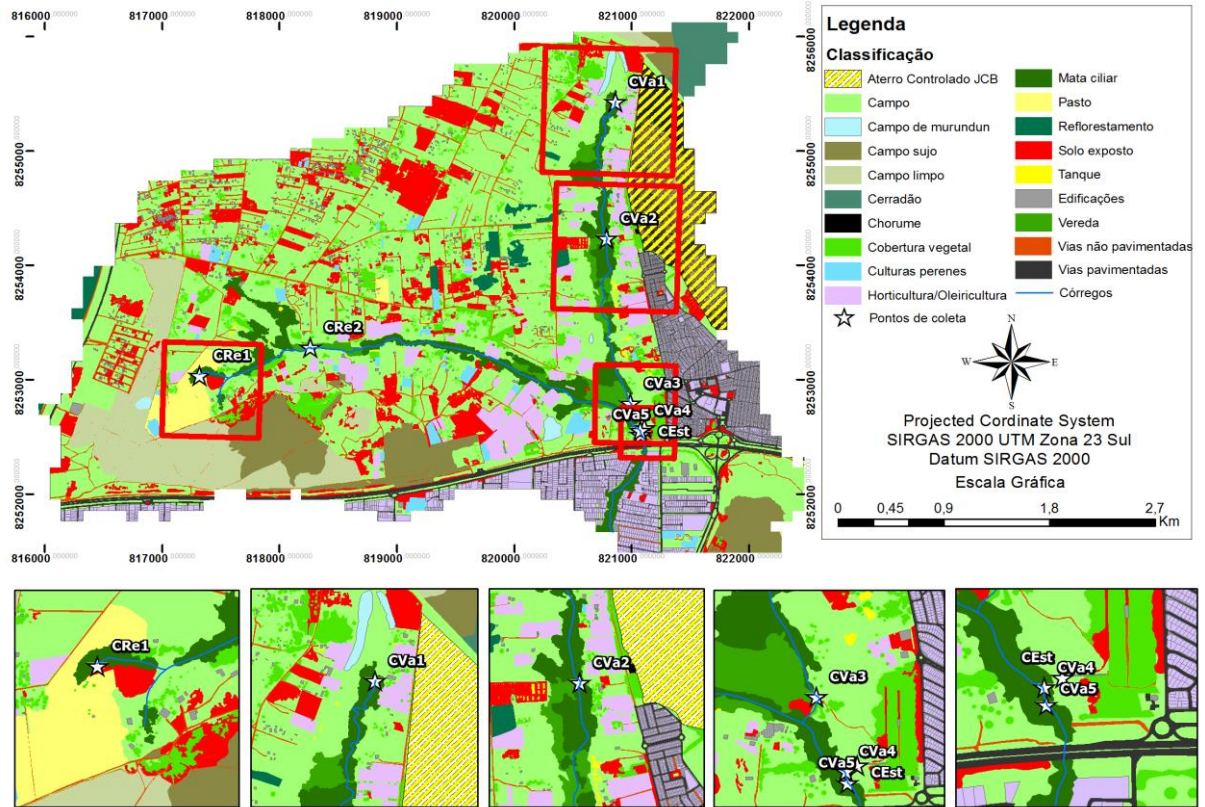
Na Tabela 1 estão expressos os resultados da classificação em quilômetros quadrados e em porcentagem.

Tabela 1 - Classes selecionadas, área em quilômetros quadrados e porcentagem da área ocupada na bacia por classe.

Classes	km ²	%	Classes	km ²	%
ACJCB	0,939872	4,59%	Mata ciliar	0,767867	3,75%
Campo	9,080635	44,37%	Pasto	0,22142	1,08%
Campo de murundu	0,066207	0,32%	Reflorestamento	0,17625	0,86%
Campo limpo	1,229524	6,01%	Solo exposto	1,564207	7,64%
Campo sujo	1,082663	5,29%	Tanque	0,027813	0,14%
Cerradão	0,336501	1,64%	Vereda	0,210559	1,03%
Cobertura vegetal	0,74693	3,65%	Vias não pavimentadas	0,566378	2,77%
Culturas perenes	0,203605	0,99%	Vias pavimentadas	0,573757	2,80%
Edificação	1,897671	9,58%	Total	20,46639	100%
Horticultura/Olericultura	0,774534	3,78%			

Campo foi a classe de maior representatividade na bacia (44,37%) como visto na Figura 6. Foi classificada como aquelas áreas em que no passado houve modificações antrópicas na cobertura vegetal nativa mas não apresentam solo exposto e não se faz uso das áreas para pastagem, culturas ou qualquer outro tipo de ocupação atualmente.

Figura 6 - Mapa de uso do solo com pontos de coleta em destaque

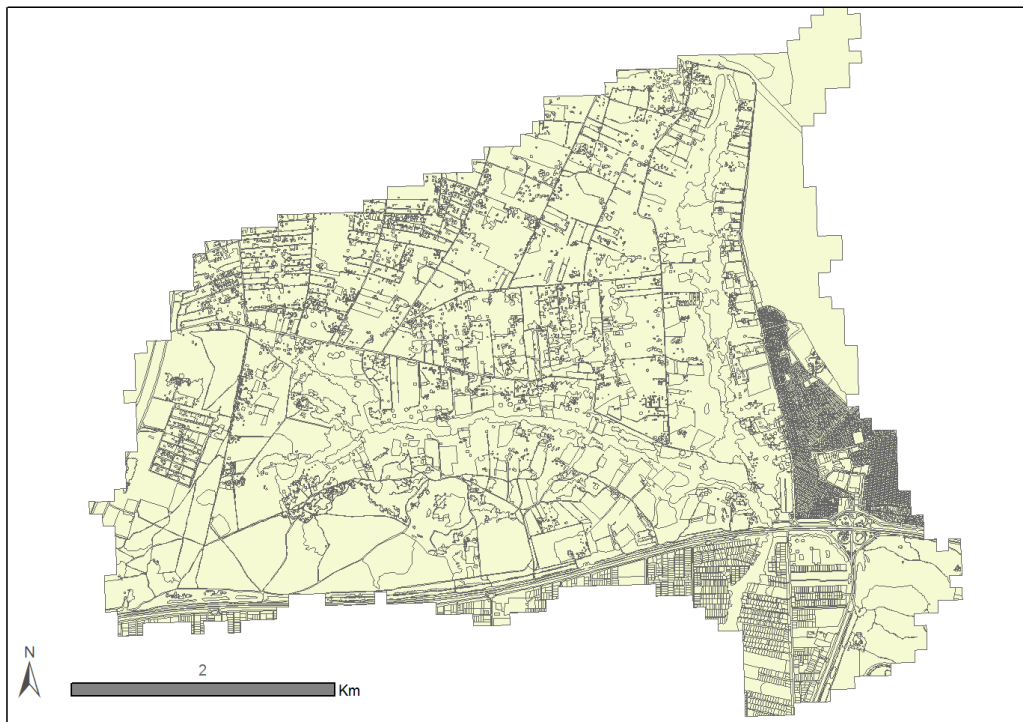


Fonte: Do autor

As classes de menor representatividade foram tanques e campo de murundus (com porcentagens < 1), seguidos de veredas, pastos e culturas perenes com cerca de 1% da cobertura da bacia cada.

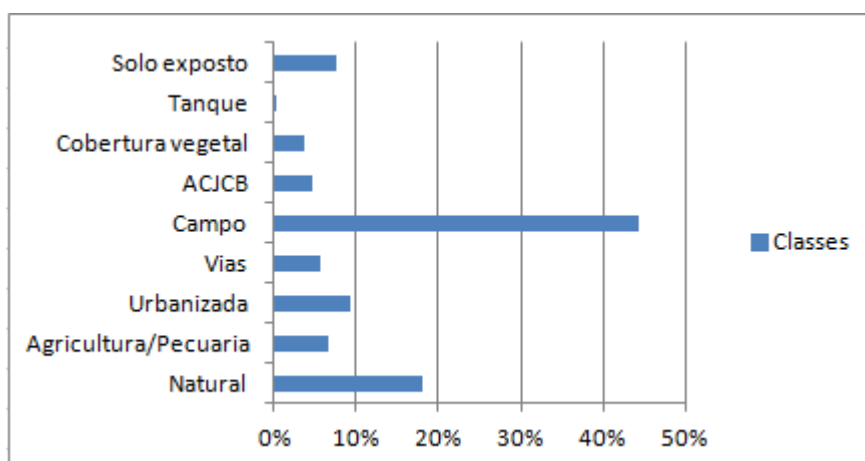
O Cerradão, localizado no interior do PNB, ocupa 1,64% da bacia, seguido de ambas as estradas, pavimentadas e não pavimentadas, que em porcentagem tiveram praticamente o mesmo valor, cerca de 2,80 e 2,77% da área da bacia, e da horticultura/olericultura, mata ciliar e cobertura vegetal, ambos ocupando cerca de 3,78, 3,75, 3,65% da área total da bacia. A cobertura vegetal foi caracterizada pelas copas das árvores plantadas fora de padrão, que não fazem parte de nenhum tipo de cultura ou da vegetação nativa.

Figura 7 - Shapefile de uso e ocupação do solo gerado para a área de estudo



As áreas de campo sujo representam 5,29% da bacia, seguida do ACJCB com 4,59%, seguidos das áreas ocupadas por campo limpo, que somam 6,01% do total da bacia, do solo exposto com 7,64% da área total disponível, e das áreas edificadas com 9,27% da área total da bacia. Desses 9,27%, 83% são ocupados por lotes presentes na Cidade Estutural e Vicente Pires, os outros 17% são edificações sem delimitação de lotes, dispersos na bacia.

Figura 8 - Porcentagem de ocupação na bacia por classe agrupada



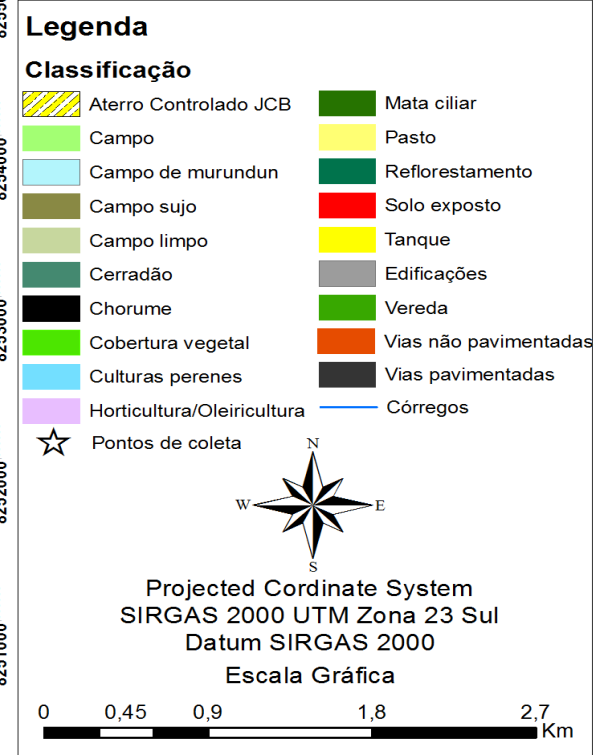
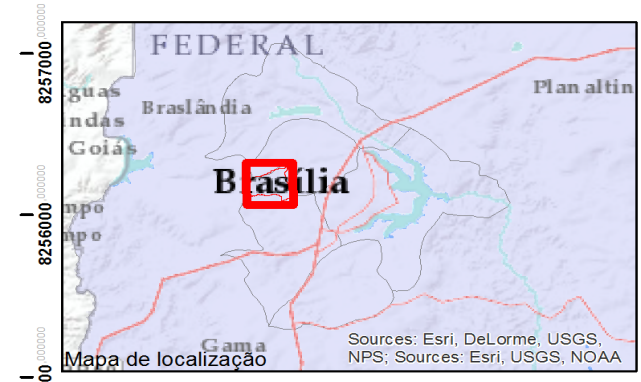
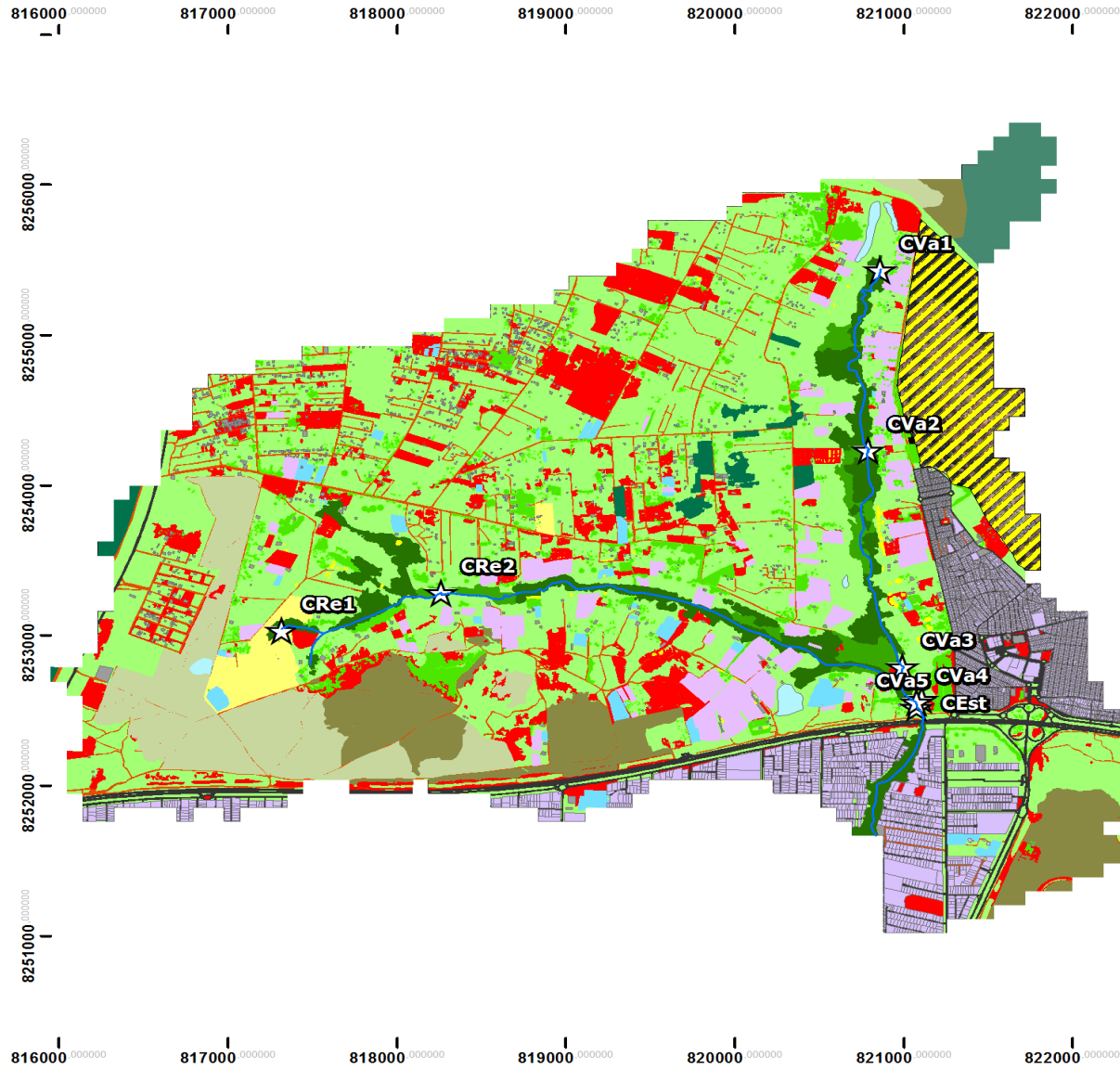
Na figura 8 agrupamos algumas classes em classes maiores, como as referentes a áreas naturais (mata ciliar, campo limpo, campo sujo, campo de murundus, cerradão e vereda), Agricultura e pecuária (culturas perenes, horticultura e oleicultura, reflorestamento e pasto) e

vias (vias pavimentadas e não pavimentadas), e passaram a corresponder a 18,05%, 6,72% e 5,57%.

A Figura 9 ilustra o resultado final do mapa de uso e ocupação do solo da porção superior da RHRF.

A bacia está passando por um período de transição, e seu uso está passando de majoritariamente agrícola para uso urbano. Evidência disso são as grandes áreas de campo que antes eram áreas de cultivo, e várias unidades habitacionais dispersas na bacia onde antes era campo.

Figura 9 - Mapa de uso e ocupação do solo



6.2 Cátions e ânions e parâmetros físicos e químicos

Os resultados das análises de qualidade de água foram observados partindo de uma perspectiva espacial, levando em consideração a distância entre os pontos mais próximos das nascentes dos córregos, para identificar possíveis trechos que estejam sendo contaminados/degradados ao longo do curso do córrego, discutindo cada integrante da análise separadamente.

Os valores de Background para os cátions, ânions e demais parâmetros físicos e químicos foram estimados através do cálculo da média simples dos dois pontos de coleta próximos às nascentes que se encontram em condições mais próximas ao natural possível, pontos CVa1 e CRe1.

Os valores das concentrações dos elementos obtidos como resultados no ponto CRe1 foram comparados com os valores citados em literatura aferidos em outros córregos regionais conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Comparação dos parâmetros com outros córregos regionais

	Ribeirão do Gama	RH do Lago Descoberto	RH do Bananal	Cana do Reino
pH	6,9	5,7	5,6	5,3
Condutividade (µS/cm)	9,1	12,6	36	4,1
Nitratos (mg/L)	0,12	0,3	0,06	0,14
Cloretos (mg/L)	-	-	-	0,46
Sulfatos (mg/L)				0,26
MES (mg/L)	4,2	6,2	23	0,002
Bicarbonatos (mg/L)	0,8	1,5	1,9	4,9
Magnésio (mg/L)	0,14	0,17	0,47	1,15
Sódio (mg/L)	0,28	0,21	0,62	0,59
Potássio (mg/L)	0,25	0,56	0,59	0,38
Cálcio (mg/L)	0,384	0,107	4,88	0,55
	CARVALH O JUNIOR, 1998	BOAVENT URA, 1998	BOAVENT URA, 1999	do autor

6.2.1 Temperatura

Os valores médios de temperatura variaram de 19,7 a 21,1 (Tabela 3). As menores temperaturas aferidas foram 18,1 e 18,5 °C nos pontos CRe2 e CEst. ambos em julho. Com uma exceção, no mês de julho, as temperaturas de todos os pontos foram menores. As maiores temperaturas aferidas foram de 23,4 e 22,2 °C em maio e abril respectivamente. Com uma exceção, o mês de abril foi o mês de águas mais quentes.

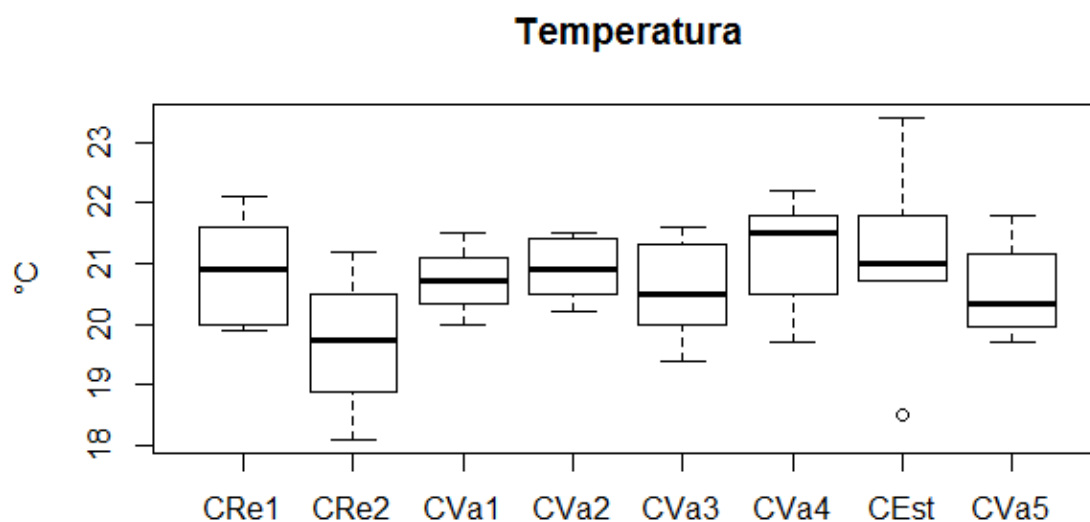
Tabela 3 - Valores médios e desvios padrão da temperatura por ponto de coleta

Temperatura (°C)		
Pontos de coleta	Médias	Desvios Padrão
CVa1	20,7	0,750555
CVa2	20,9	0,561249
CVa3	20,5	0,907193
CVa4	21,1	1,021274
CEst	21,1	1,782414
CVa5	20,5	0,896289
CRe1	20,9	0,966954
CRe2	19,7	1,267544

Fonte: Do autor

As maiores temperaturas aferidas no ponto CEst sofrem influência da estrutura do sistema, que é feita de concreto, logo, em dias mais quentes, as águas que fluem através do sistema e se estaguinam antes de fluírem para o córrego tem maiores possibilidades de se aquecerem mais rapidamente e mais intensamente.

Figura 10 - Diagrama de caixas da temperatura por ponto de coleta



Fonte: Do autor

A Figura 10 mostra as variações da temperatura por ponto de coleta. Nota-se as maiores variações no ponto CEst. e CVa4 e as menores nos pontos CVa1 e CVa2.

6.2.2 pH

Os valores de pH das águas variaram de 5,0 a 7,6 (Tabela 4). As nascentes apresentaram os pH's mais ácidos com os valores de 5,0 e 5,3, respectivamente. Esses baixos valores, foram aferidos em pontos preservados, bem próximo a suas nascentes, e podem estar associados a ambientes naturais com presença de matéria orgânica e da baixa capacidade de tamponação dos solos.

Possivelmente a presença de ácidos fúlvicos e ácidos húmicos, originados a partir da decomposição da matéria orgânica, tornam as águas naturais levemente ácidas. Baixos valores de pH podem estar relacionados tanto a pequenas concentrações de carbonatos, bicarbonatos e outras bases uma vez que esses compostos atuam como agentes tamponantes em ecossistemas aquáticos, quanto podem também estar associados a geologia local, tendo em vista a presença de latossolos, que são solos naturalmente ácidos e conferem essa característica ao corpo hídrico.

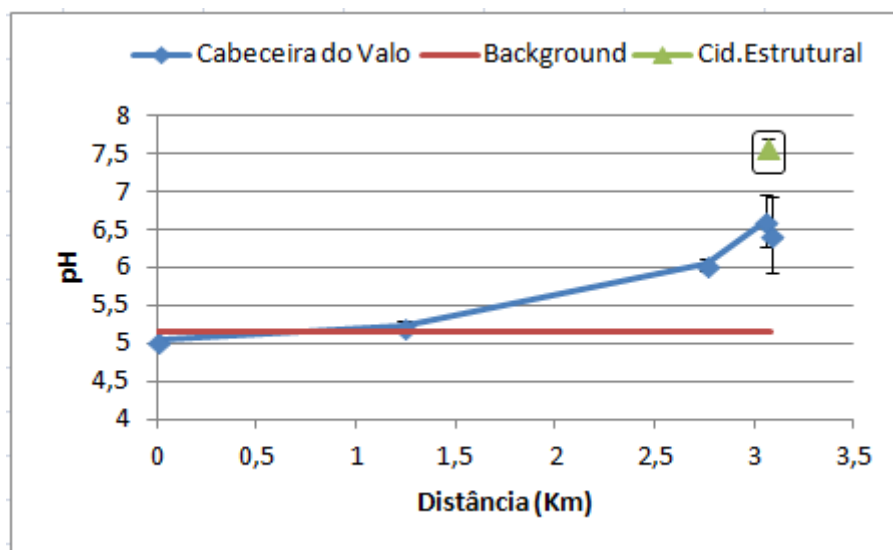
Tabela 4 - Valores médios e desvios padrão do pH por ponto de coleta

Pontos de coleta	pH	
	Médias	Desvios Padrão
CVa1	5,0	0,005773503
CVa2	5,2	0,079498428
CVa3	6,0	0,077653075
CVa4	6,6	0,338186339
CEst	7,6	0,1068644
CVa5	6,4	0,495134662
CRel1	5,3	0,293564303
CRel2	6,1	0,020615528

Fonte: Do autor

Os maiores valores aferidos foram de 7,7 e 7,6, ambos no ponto CEst em maio e agosto respectivamente. O ponto CEst situa-se no exutório de águas pluviais da Cidade Estrutural, logo, seus valores estão associados a atividades antrópicas. A presença de resíduos de construção civil como cimento e brita (derivados da calcita), bem como a passagem da água por tubulações de concreto, podem ter neutralizado uma parte da acidez, elevando os valores de pH.

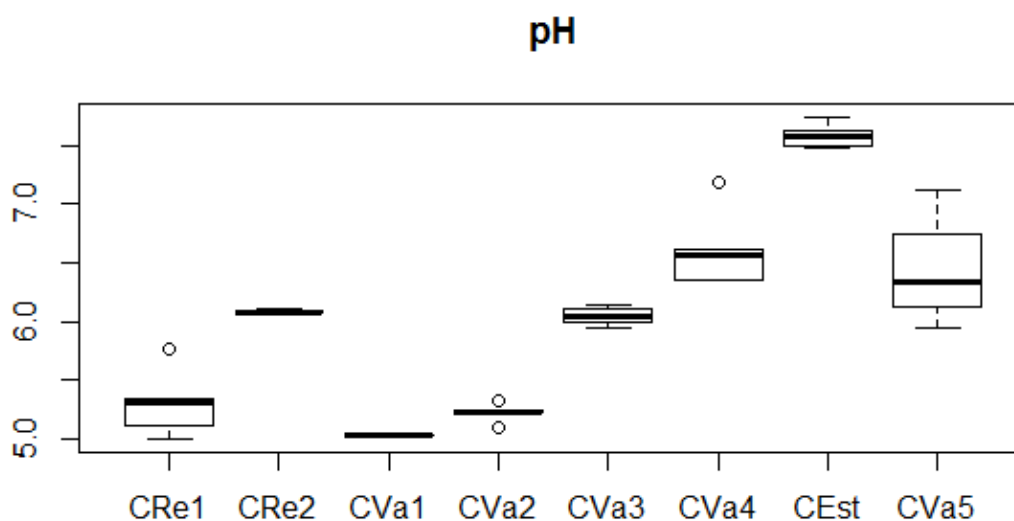
Figura 11 - Gráfico da variação média do pH e desvios padrão ao longo do córrego Cabeceira do Valo



Fonte: Do autor

A figura 11 evidencia um constante incremento nos valores de pH partindo da nascente em direção a jusante. Fato que pode estar associado a atividades antrópicas, onde esse novo período de transição no uso do solo, que deixa de ser destinado a atividades agrícolas e passa a ser ocupado por unidades habitacionais e convertidos em áreas urbanas, afeta no pH do córrego. Podemos verificar que não houve alterações significativas do pH do córrego nas proximidades do lixão.

Figura 12 - Diagrama de caixas (Boxplot) do pH por ponto de coleta



Fonte: Do autor

A figura 12 mostra a variação dos dados de pH observados em todos os pontos de coleta da bacia. Os outliers correspondem aos maiores valores de pH aferidos no mês de maio, identificados nos pontos CRe1 e CVa4 com valores de 5,7 e 7,1 respectivamente.

6.2.3 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica (CE) apresentou grandes variações ao longo dos pontos coletados na bacia, com médias variando de 5,02 a 417,00 $\mu\text{S/cm}$ (Tabela 5). Os menores valores de CE foram aferidos no mês de julho nos pontos CVe1 e CVe2, com valores de 2,33 e 3,67 $\mu\text{S/cm}$. Esses baixos valores podem estar associados a ambientes naturais com solos bem desenvolvidos e altamente lixiviados onde a baixa disponibilidade de elementos e a presença da vegetação ripária impede que sais dissolvidos sejam lixiviados ou escoados ao leito do córrego e elevem assim sua condutividade.

O ponto CVa1, apesar de localizado próximo a nascente, com media de 11,60 $\mu\text{S/cm}$ apresentou valores levemente mais elevados em comparação com águas do córrego Cana do Reino. Essa maior concentração de íons evidenciada no córrego Cabeceira do Valo pode estar ainda associada a pequenos módulos rurais com cultivo de hortaliças localizados ao seu redor, conferindo uma maior condutividade elétrica à água. Ambos os pontos encontrados a jusante das nascentes (CVa2 e CRe2) apresentaram um aumento na condutividade, porém o ponto CVa2 teve um aumento mais significativo, com valores pelo menos 7 vezes superiores ao ponto CVa1. Este fato pode ser explicado pela presença de mata ciliar nas nascentes, pelo início de pequenos módulos de cultivo de hortaliças a partir delas, e pela presença do percolado do lixão a medida que nos aproximamos do ponto CVa2.

Tabela 5 - Valores médios e desvios padrão da Condutividade por ponto de coleta

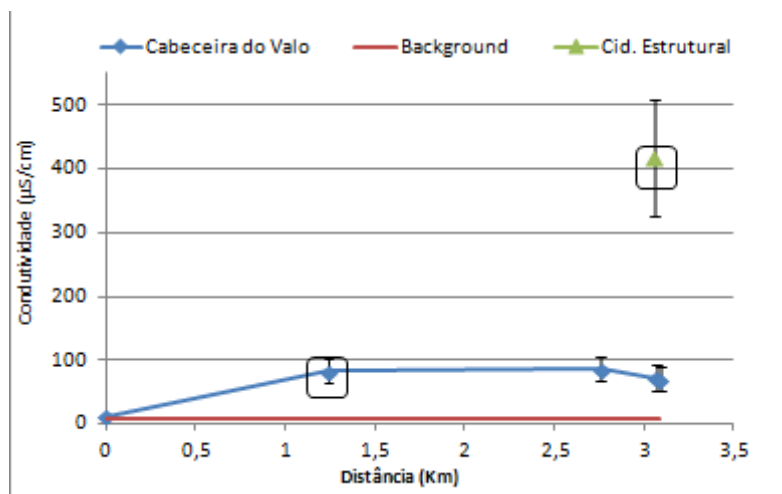
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S/cm}$)		
Pontos de coleta	Médias	Desvios Padrão
CVa1	11,60	3,08058436
CVa2	83,46	19,89957286
CVa3	86,94	18,80114358
CVa4	71,58	20,35293591
CEst	417,40	91,12793205
CVa5	70,98	18,36779337
CRe1	4,13	1,111251547
CRe2	5,02	1,753403833

Fonte: Do autor

Os maiores valores aferidos foram de 525 e 495 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ambos no ponto CEst., em maio e em abril respectivamente. Esses valores elevados de condutividade evidenciam uma grande concentração de íons que podem estar associados a possíveis vazamentos ou descargas clandestinas de esgoto sanitário lançadas na rede de águas pluviais dessa sub-bacia. Além da hipótese de descarga de esgoto sanitário, também podemos ter a influência de efluentes domésticos, vindos das cozinhas e banheiros das casas, com presença de sabões, alvejantes e outros elementos que contribuem para uma maior carga de nutrientes na água, sendo lançados na rua e escoando para rede de captação de águas pluviais.

Diferentemente do esperado, no mês de julho foram aferidos os menores valores de CE para todos os pontos. Esperávamos que as menores concentrações fossem aferidas nas coletas próximas a eventos chuvosos, devido ao efeito de diluição das plumas de contaminação e outras fontes pontuais de contaminantes. Essa diminuição da CE no período de estiagem pode fundamentar-se na diminuição das chuvas, com conseqüente diminuição da lixiviação de elementos e contaminantes já presentes na zona não saturada dos solos. Na ausência de eventos chuvosos, o conseqüente rebaixamento do nível freático diminui a mobilidade da pluma, tendo uma menor influência desses compostos no corpo hídrico superficial.

Figura 13 - Gráfico da variação média dos valores CE e desvios padrão aferidos ao longo do córrego Cabeceira do Valo

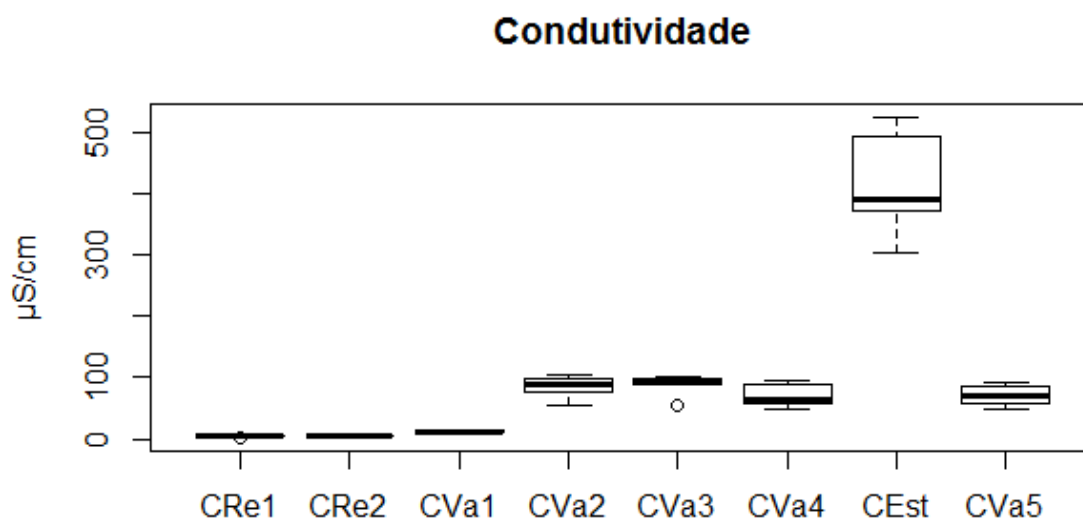


Fonte: Do autor

A figura 13 mostra um aumento da condutividade no trecho CVa1- CVa2 (km 1,24), e a partir dele uma baixa variação nos valores de CE, evidenciando a influência de vazamentos e percolados do lixão. Esse incremento nos valores de CE aferidos no trecho CVa1-CVa2, além

de serem influenciados pelo lixão, podem também ter uma parcela de influência dos módulos de cultivo de hortaliças ao longo do Cabeceira do Valo, que fazem uso de fertilizantes químicos.

Figura 14 - Diagrama de caixas da condutividade por ponto de coleta



Fonte: Do autor

O diagrama de caixas (Figura 14) mostra a variação dos dados de condutividade aferidos para todos os pontos de coleta. Percebemos as grandes variações quando tomamos o eixo y como referência e podemos identificar varias fontes para os elementos em solução.

Apesar dos valores de CE serem extremamente elevados no exutório do sistema de águas pluviais da Cidade Estrutural, depois da sua mistura, após a confluência com o Cabeceira do Valo, pouco percebe-se sua influência, conferindo concentrações semelhantes às aferidas a montante da mistura. No geral as atividades urbanas impactam as águas do Cabeceira do Valo, tanto quando se trata da geração de resíduo (lixiviado no ponto CVa2) quanto de efluentes da Cidade Estrutural (ponto CEst).

6.2.4 Cloreto

Os valores médios de cloreto variaram de 0,46 a 24, 01 mg/L (Tabela 6). As menores concentrações de cloreto foram aferidas nos pontos CRe1 e CRe2, com concentrações de 0,33 e 0,44 mg/L, nos meses de setembro e agosto respectivamente.

O cloreto não faz parte dos elementos que compõem a geologia local, logo, sua presença não se fez a partir da dissolução desse mineral das rochas. É um íon muito solúvel e muito

estável em solução, não oxida, não reduz e nem precipita (DE LIMA; FRANÇA; LOIOLA; 2013).

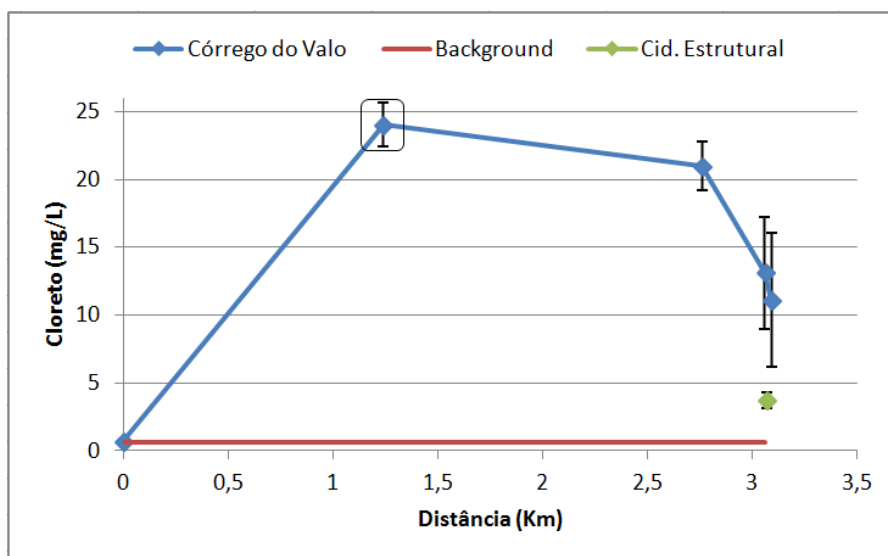
Tabela 6 - Valores de concentrações médias e desvios padrão do Cloreto por ponto de coleta

Cloreto (mg/L)		
Pontos de coleta	Médias	Desvios Padrão
CVa1	0,72	0,130128142
CVa2	24,01	1,615017028
CVa3	21,01	1,793858969
CVa4	13,11	4,13145858
CEst	3,70	0,558864921
CVa5	11,12	4,921155013
CRa1	0,46	0,084083292
CRa2	0,63	0,149527032

Fonte: Do autor

As maiores concentrações aferidas foram de 25,85 e 25,1 mg/L, ambos no ponto CVa2, em maio e em julho respectivamente. Essas concentrações elevadas, são um bom indicativo de contaminação por chorume do Aterro Jockey Clube de Brasília - ACJCB, via fluxo subsuperficial e subterrâneo, uma vez que o ponto CVa2 está localizado logo abaixo de uma das piscinas de chorume do AJCB. Essa piscina armazena o chorume sobre uma manta impermeabilizadora para sua aplicação em recirculação, que da superfície notamos o desgaste e diversos rasgos na manta impermeabilizadora.

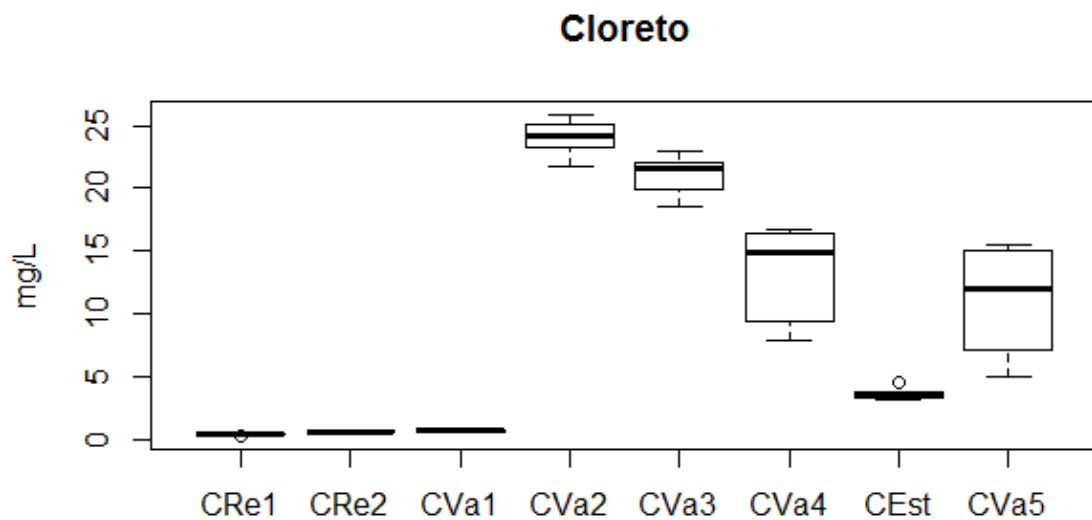
Figura 15 - Gráfico da variação média das concentrações e desvios padrão do íon Cl⁻ ao longo do córrego Cabeceira do Valo



Fonte: Do autor

A figura 15 mostra a distribuição das concentrações do íon cloreto ao longo do córrego Cabeceira do Valo. Notamos que o pico de concentração média do íon cloreto (24,1 mg/L), localizado a cerca de 1240 metros do ponto CVa1, atenua-se lentamente a medida que se distancia da fonte, chegando no ponto CVa3 a mais de dois quilômetros de distância com concentrações médias de 21,01 mg/L. Diferentemente do comportamento visto no trecho CVa2-CVa3, no trecho CVa3-Cva4, de fato há uma diminuição muito mais acentuada na concentração deste íon em um menor distância, em pouco mais de meio quilômetro, observamos variações de 21,01 para 13,11mg/L como resposta a entrada do afluente Cana do Reino. O valor de *background* calculado foi de 0,589 mg/L. Fica evidente que há uma fonte de contaminação por cloretos no ponto CVa2.

Figura 16 - Diagrama de caixas do íon cloreto por ponto de coleta



Fonte: Do autor

Na figura 16 nota-se um incremento na variação da concentração de cloretos a partir do ponto CVa2, ponto mais próximo da fonte de contaminantes. A maior variação presente nesse caso, ponto CVa5, também é influenciada por águas vindas da Cidade Estrutural com baixas concentrações de cloretos.

6.2.5 Nitrato

Os valores médios de nitrato variaram de 0,14 a 9,71 mg/L (Tabela 7). As menores concentrações de nitrato encontradas foram de 0,8 e 0,12 mg/L, nos pontos CRe1 e CRe2, em abril e julho respectivamente.

Tabela 7 - Valores de concentrações médias e desvios padrão do Nitrato por ponto de coleta

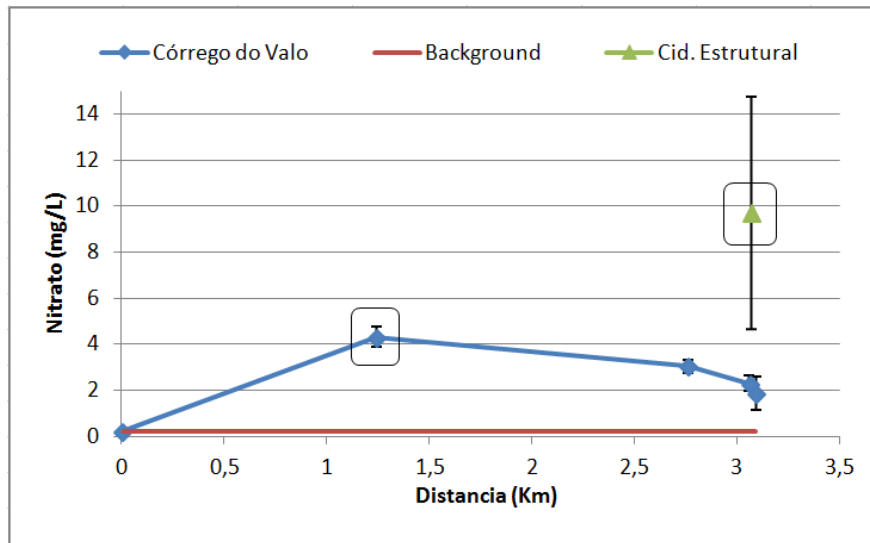
Nitrato (mg/L)		
Pontos de coleta	Médias	Desvios Padrão
CVa1	0,22	0,079372539
CVa2	4,31	0,434856298
CVa3	3,04	0,276640561
CVa4	2,29	0,329802971
CEst	9,71	5,045149155
CVa5	1,87	0,71348908
CRe1	0,14	0,089274856
CRe2	0,20	0,073257537

Fonte: Do autor

As maiores concentrações foram verificadas no ponto CEst, localizado no exutório de águas pluviais da Cidade Estrutural, com máximas de 16,47 e 10,95 mg/L em agosto e setembro respectivamente. O ponto CEst, como representante da área urbanizada na bacia, evidencia a influência das atividades antrópicas conferindo concentrações superiores às concentrações máximas estabelecidas pela resolução 357 do CONAMA. Tais concentrações, acima de 10mg/L, podem causar metahemoglobinemia e câncer (DE FERNÍCOLA e DE AZEVEDO, 1981). Tais concentrações podem estar associadas ao despejo clandestino de efluentes domésticos na rede de águas pluviais da Cidade Estrutural.

Diferentemente do esperado, as concentrações obtidas no ponto de coleta CEst, superaram as concentrações encontradas no ponto de coleta CVa2, localizada mais próximo a lixão, possível fonte de contaminação. No ponto CVa2, o componente da série nitrogenada mais presente pode não ser o nitrato, dado as condições redutoras do ambiente esse composto pode apresentar-se na forma de amônia (NH₃).

Figura 17 - Gráfico da variação média das concentrações e desvios padrão do íon NO₃⁻ ao longo do córrego Cabeceira do Valo

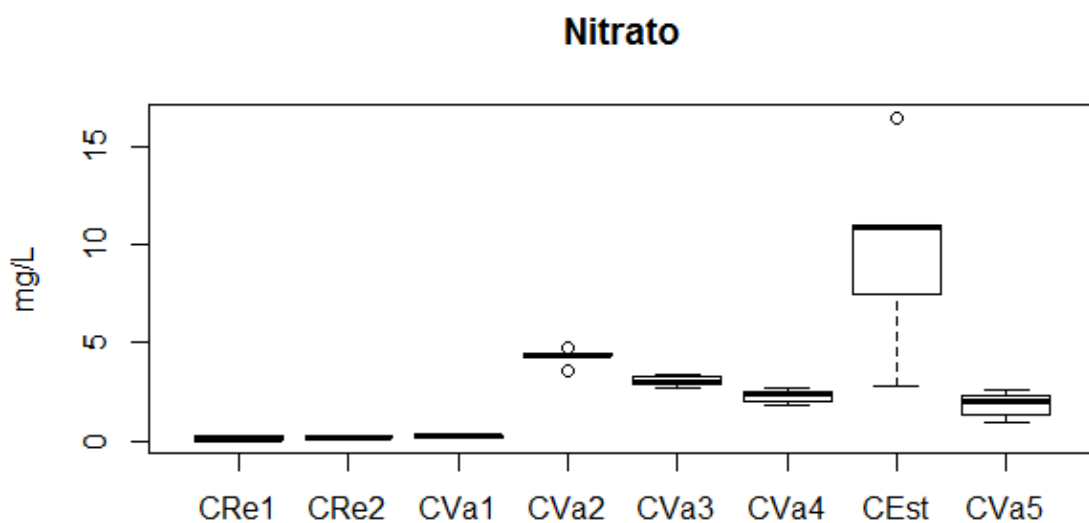


Fonte: Do autor

Como mostra a Figura 17, partindo de uma perspectiva espacial, observamos as variações nas concentrações médias de nitrato ao longo do córrego Cabeceira do Valo.

O incremento na concentração do íon nitrato no quilômetro 1,24, ponto mais próximo ao ACJCB, evidencia a contaminação via fluxo subterrâneo e subsuperficial das águas do Cabeceira do Valo. Essa leve atenuação na concentração do nitrato nos dois quilômetros posteriores, pode significar que há uma influência extremamente forte do percolado do lixão, ou, que recebe influências de fertilizantes utilizados em culturas de hortaliças ao longo do Cabeceira do Valo.

Figura 18 - Diagrama de caixas do íon NO_3^- por ponto de coleta



Fonte: Do autor

Percebemos que apesar de apresentar elevadas concentrações, o ponto localizado no exutório da Cidade Estrutural não exerce muita influência sobre o córrego Cabeceira do Valo. Foram observadas vazões extremamente baixas na saída do sistema de águas pluviais da Cidade Estrutural, fato que pode explicar a baixa influência desse elemento no curso principal, uma vez que após a confluência com o Cabeceira do Valo, há uma rápida diluição devido a uma maior vazão deste último.

A Figura 19 mostra a variação nas concentrações em todos os pontos de coleta. Notamos que próximo as nascentes as concentrações não variam muito, em compensação o ponto CEst teve alcance de 2,76 a 16,47. Notamos uma diminuição das concentrações partindo do ponto CVa2, ponto mais próximo a fonte de contaminação, a lagoa de chorume do ACJCB.

6.2.6 Sulfato

Os valores médios de sulfato variaram de 0,33 a 15,00 mg/L (Tabela 8). Os menores valores de sulfato aferidos foram abaixo do limite de detecção do aparelho nos pontos CVa1 no mês de setembro, CVa2 no mês de julho e CRe1 no mês de agosto. As menores concentrações cujo equipamento foi capaz de detectar foram de 0,29 e 0,30 mg/L, nos pontos de coleta CVa1, CRe1 e CRe2, ambas em agosto.

Tabela 8 - Valores de concentrações médias e desvios padrão do Sulfato por ponto de coleta

Sulfato (mg/L)

Pontos de coleta	Médias	Desvios Padrão
CVa1	0,29	0,295014124
CVa2	0,35	0,206712361
CVa3	1,54	0,322102468
CVa4	1,34	0,241702296
CEst	15,00	9,166954238
CVa5	1,26	0,755733639
CRe1	0,26	0,151228304
CRe2	0,35	0,042720019

Fonte: Do autor

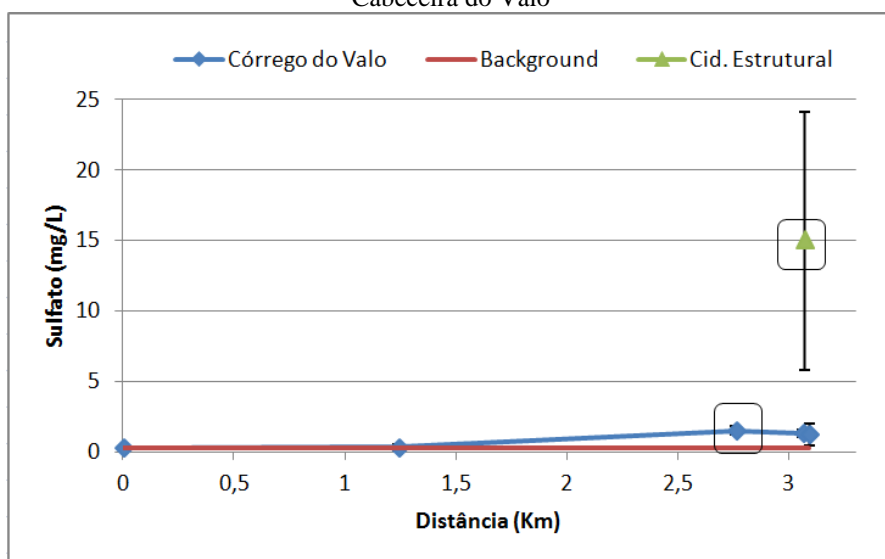
As maiores concentrações aferidas foram de 25,06 e 21,8 mg/L, ambas no ponto de coleta localizado no exutório da Cidade Estrutural, em julho e setembro respectivamente.

Sulfatos são derivados do enxofre, que são ausentes na geologia da bacia em estudo. Essas concentrações elevadas podem estar relacionadas a compostos de enxofre associados a

uma alta carga orgânica presente na água, ele faz parte das células vivas, integra os 21 aminoácidos que formam as proteínas (SFREDO; LANTMANN, 2007), e representa cerca de 0,1% da matéria seca presente nas plantas (MALAVOLTA, 2006).

Essas altas concentrações podem ter origem também na deposição atmosférica, dado que a Cidade Estrutural, em sinergia com outras cidades satélites, compõem Brasília, e constituem juntas a quarta maior frota automotiva do Brasil (DENATRAN, 2016). Na cidade Estrutural temos um fluxo intenso diário de caminhões e máquinas que abastecem e trabalham no ACJCB. Automóveis fazem uso de combustíveis fósseis, e veículos grandes, usam *diesel* especificamente. A queima do combustível fóssil lança enxofre ao ar em forma de particulados, que posteriormente na presença de eventos chuvosos, são transportados a superfície da bacia hidrográfica em forma de H_2SO_4 e escoados ao interior dos córregos e rios.

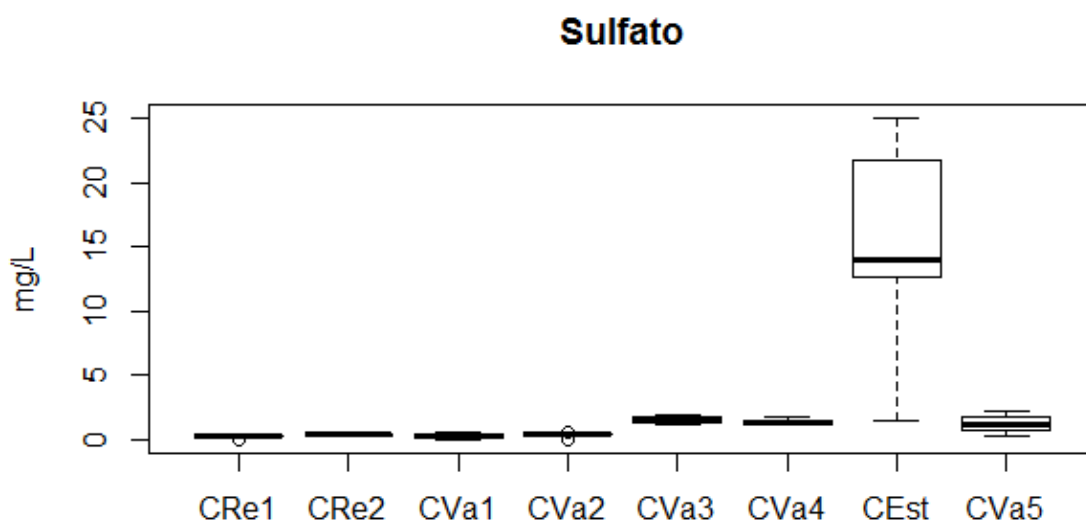
Figura 19 - Gráfico da variação média das concentrações e desvios padrão do íon SO_4^{2-} ao longo do córrego Cabeceira do Valo



Fonte: Do autor

Observando a distribuição espacial do sulfato ao longo do Cabeceira do Valo (Figura 19), percebemos que, apesar da influência de contaminantes do ACJCB, as concentrações mais elevadas do Cabeceira do Valo foram registradas no ponto CVa3. O trecho CVa2-CVa3 apresentou variações médias de 0,44 a 1,54 mg/L (Tabela 8). As concentrações de sulfatos nesse ponto podem estar associadas ao tráfego na estrada de terra que margeia um trecho do córrego naquela região.

Figura 20 - Diagrama de caixas do íon sulfato por ponto de coleta



Fonte: Do autor

Percebe-se também que as altas concentrações aferidas no ponto CEst., após desaguar no Cabeceira do Valo, influenciam muito pouco nas concentrações desse íon, tanto que em médias gerais, o Cabeceira do Valo tem sua concentração de sulfatos atenuada após a sua confluência com as águas que saem da Cidade Estrutural.

A Figura 21 mostra a variação nos valores de concentração obtidos. Observamos pequenas variações nos pontos CVa3 a CVa5 e variações de 1,5 a 25,06 mg/L no ponto CEst..

6.2.7 Bicarbonato

A alcalinidade foi baseada na concentrações de bicarbonato encontradas nas amostras de água calculadas após a titulação. No geral, as concentrações médias aferidas na bacia não apresentaram diferenças significativas, exceto no exutório da Cidade Estrutural. As concentrações médias de bicarbonatos variaram de 4,00 a 54,17 mg/L (Tabela 9).

As menores concentrações de bicarbonatos encontradas foram de 2,93 e 3,42 mg/L, nos pontos CVa1 e CVa2 em abril e setembro respectivamente, e as maiores concentrações de bicarbonatos aferidas foram de 57,58 e 55,14 mg/L, ambas aferidas no ponto CEst., em julho e agosto respectivamente.

Tabela 9 - Valores de concentrações médias e desvios padrão do HCO_3^- por ponto de coleta

Bicarbonato (mg/L)		
Pontos de coleta	Médias	Desvios Padrão
CVa1	4,07	1,015853008

CVa2	4,00	0,408290093
CVa3	5,76	0,801865824
CVa4	7,83	0,97752381
CEst	54,17	2,65051844
CVa5	9,03	2,472319289
CRa1	4,29	0,534577216
CRa2	4,27	0,467224429

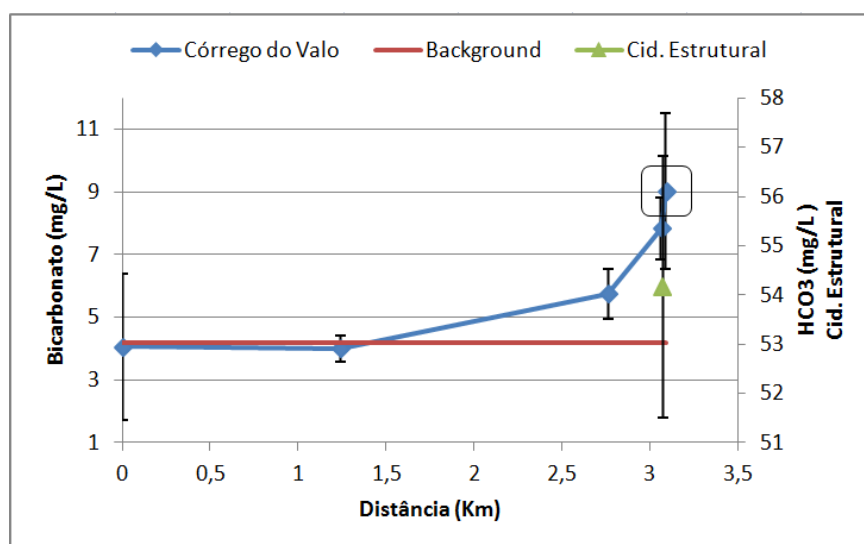
Fonte: Do autor

O bicarbonato é um elemento presente em menor escala na geologia local, ele compõe minerais de calcita e dolomita, e essa baixa variabilidade nos valores médios de concentração aferidos nos pontos CVa1 e CVa2, e CR1 e CR2 podem ser um bom indício disso.

Elevadas concentrações desse ânion podem estar associados a elementos vindos da construção civil, como cimento e brita, derivados da calcita, bem como da decomposição de matéria orgânica. Levando em consideração que em metrópoles, as periferias crescem mais que os bairros ricos (IBGE *in* ERMÍNIA, 2003), as cidades periféricas seguem em constante construção.

O bicarbonato também precipita com facilidade, não oxida e nem reduz, e essa forma do carbono inorgânico predomina na faixa de pH 6,5 a 10,5.

Figura 21 - Gráfico da variação média das concentrações e desvios padrão do íon HCO_3^- ao longo do córrego Cabeceira do Valo

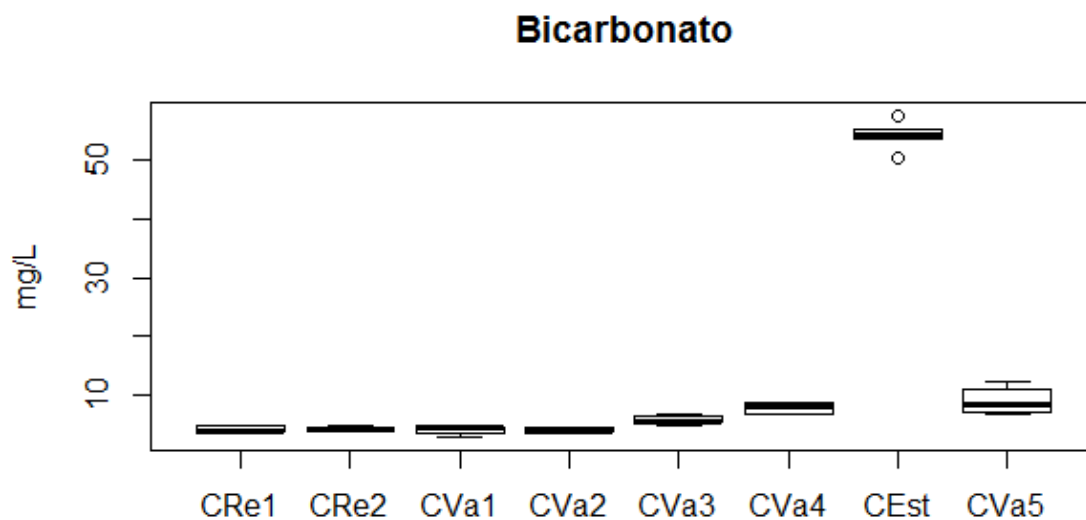


Fonte: Do autor

Tais concentrações (>50 mg/L), evidenciadas na Tabela 9 conferem uma elevada alcalinidade à água no ponto CEst.. Apesar de uma alta alcalinidade, os valores de

condutividade são tão elevados, na faixa de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que parecem atenuar o efeito tampão imposto pelo bicarbonato, com valores máximos de pH 7,74.

Figura 22 - Diagrama de caixas do íon bicarbonato por pontos de coleta



Fonte: Do autor

Essas elevadas concentrações de bicarbonatos, após a confluência com o córrego Cabeceira do Valo, contribuem com um aporte desse íon as águas que influenciam na variação do ponto CVa5 (Figura 21).

A figura 22 mostra a variação das concentrações de bicarbonato nos pontos de coleta. Pelo fato das atividades antrópicas serem dinâmicas, não conseguimos evidenciar um padrão nos valores de concentrações aferidos no ponto CEst., assim como observamos em pontos próximo a nascentes por exemplo, nos conferindo novamente os dados de maiores variações.

6.2.8 Cálcio

As concentrações médias de cálcio variaram de 0,27 a 65,31 mg/L (Tabela 10). Os menores valores aferidos foram abaixo da capacidade de detecção do aparelho nos pontos CVa1 e CVa2 em setembro e CVa2 em julho. A menor concentração cujo aparelho foi capaz de detectar foi de 0,05 mg/L no ponto CVa1 no mês de agosto.

Tabela 10 - Valores de concentrações médias e desvios padrão do Cálcio por ponto de coleta

Cálcio (mg/L)		
Pontos de coleta	Médias	Desvios Padrão
CVa1	0,27	0,427653

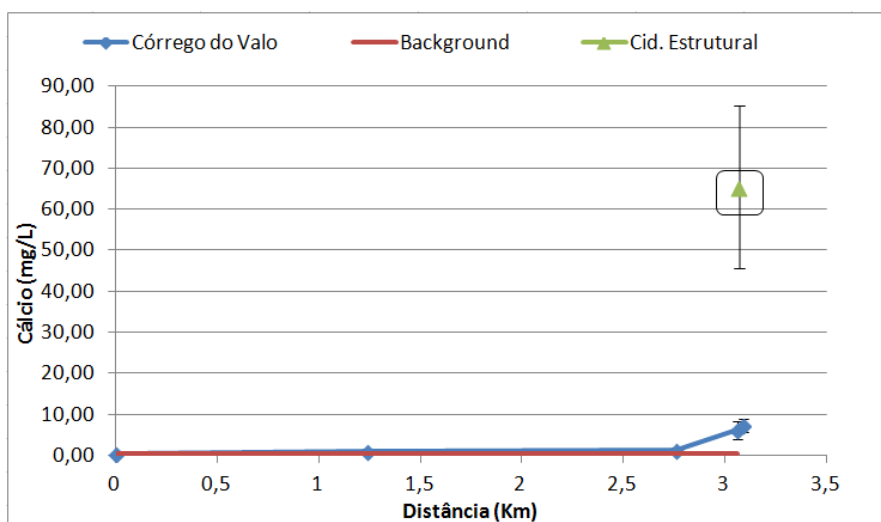
CVa2	0,82	0,757328
CVa3	1,20	0,566243
CVa4	6,08	2,15771
CEst	65,31	19,8151
CVa5	7,33	1,632101
CRel	0,61	0,114051
CRel2	0,55	0,101749

Fonte: Do autor

Os maiores valores de cálcio aferidos foram de 95,19 e 76,30 mg/L, ambos no ponto CEst, em setembro e agosto respectivamente, resultado já esperado devido a presença da Cidade Estrutural, representada como uma microbacia estritamente urbana inserida nos limites de nossa sub-bacia, com adensamento de construções civis, onde se faz uso de cimento e brita (derivados da calcita) principais fontes antrópicas desse elemento para águas superficiais.

O cálcio é um elemento presente na geologia local, em minerais de esmectita (sulfatos e silicas), e os menores valores médios aferidos em CVa1, CVa2, CRe1 e CRe2 podem ter relação com a sua presença.

Figura 23 - Gráfico da variação média das concentrações e desvios padrão do íon Ca^{2+} ao longo do córrego Cabeceira do Valo



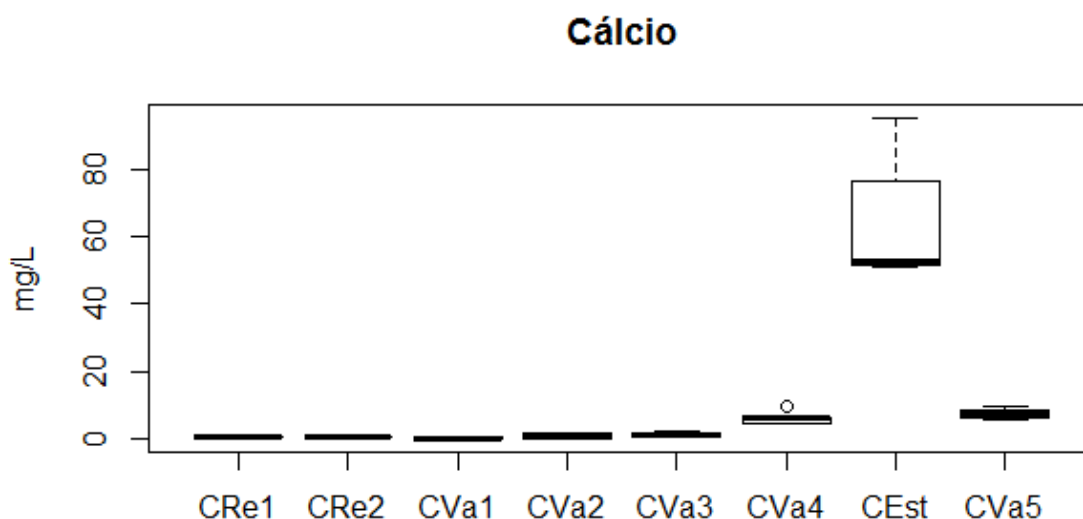
Fonte: Do autor

Notou-se um aumento nas concentrações de montante a jusante no córrego Cabeceira do Valo. A distribuição espacial ilustrada na figura 23 evidencia a influencia das atividades urbanas sobre as concentrações do elemento cálcio em águas superficiais. O ponto CEst. apresentou as maiores concentrações de cálcio (> 50mg/L), e nota-se que essa altas concentrações não influenciam significativamente no córrego Cabeceira do Valo após a

confluência (< 10mg/L). Além de compostos com cálcio serem extremamente solúveis, a diferença de vazão dos dois afluentes favorecem essa diluição.

O cálcio é um dos macronutrientes secundários essenciais ao crescimento vegetal e está diretamente relacionado a rigidez da planta e ao desenvolvimento e funcionamento de raízes e folhas. É utilizado em solos de culturas locais (Horticultura/Olericultura) na forma de calcário ou gesso para correção do pH, é conhecida como calagem, e é a ela que atribuímos uma das possibilidades de tais concentrações de cálcio aferidas no ponto CVa4.

Figura 24 - Diagrama de caixas do íon cálcio por ponto de coleta



Fonte: Do autor

O diagrama de caixas da figura 24 ilustra a variação das concentrações em todos os pontos de coleta. Nota-se que as variações das concentrações de cálcio aferidas no ponto CEst. são tão altas que tornam imperceptíveis as variações nos pontos próximos as nascentes. Uma vez que se foi tomado todos os cuidados para que se minimizassem os erros associados a coleta e análises das amostras, a dinamicidade das atividades civis/urbanas podem ser uma boa explicação para as altas variações nas concentrações aferidas.

6.2.9 Magnésio

Os valores médios de magnésio variaram de 0,43 a 8,01 mg/L (Tabela 11). As menores concentrações aferidas foram abaixo do limite de detecção do equipamento, no mês de setembro, nos pontos de coleta CVa1, CVa2 e CVa3. As menores concentrações cujo aparelho

teve a capacidade de detectar foram de 0,53 mg/L em setembro nos pontos CRe1 e CRe2 e 0,54 mg/L em agosto no ponto CRe2.

Tabela 11 - Valores de concentrações médias e desvios padrão do Magnésio por ponto de coleta

Magnésio (mg/L)		
Pontos de coleta	Médias	Desvios Padrão
CVa1	0,43	0,379858
CVa2	0,58	0,333667
CVa3	0,63	0,357611
CVa4	1,11	0,118027
CEst	8,01	1,165517
CVa5	1,14	0,262021
CRe1	0,65	0,087751
CRe2	0,58	0,060874

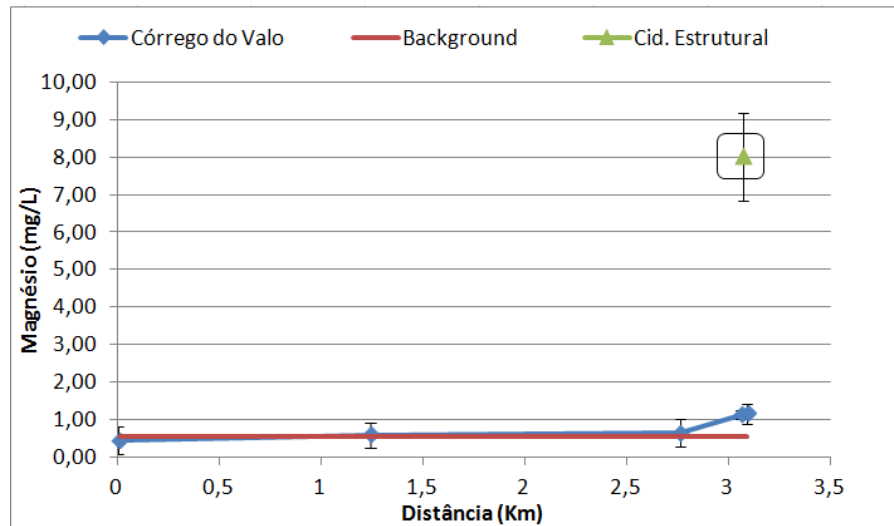
Fonte: Do autor

Notou-se um aumento nas concentrações de montante a jusante no córrego Cabeceira do Valo. As maiores concentrações de magnésio aferidas foram de 9,01 e 8,78 mg/L, ambas aferidas no ponto CEst. nos meses de julho e maio respectivamente.

O Magnésio se encontra presente em menor escala na geologia local, na unidade geológica Ardósias, do grupo Paranoá, é presente em biotitas e ilitas e a baixa variação nas concentrações de magnésio nos pontos CVa1, CVa2, CVa3, CRe1 e CRe2 podem ser um bom indicativo disso. Possui propriedades semelhantes ao cálcio, porém precipita com maior dificuldade e é mais solúvel.

As concentrações de magnésio mais elevadas aferidas na bacia foram no ponto CEst., que juntamente com o cálcio, compõem os dois principais elementos de origem antrópica advindos de áreas urbanizadas, mais especificamente de áreas com obras de infraestrutura ou de construção civil onde se utiliza de concreto, areia, cimento, brita etc. As maiores concentrações de magnésio foram aferidas nos pontos de maior alcalinidade.

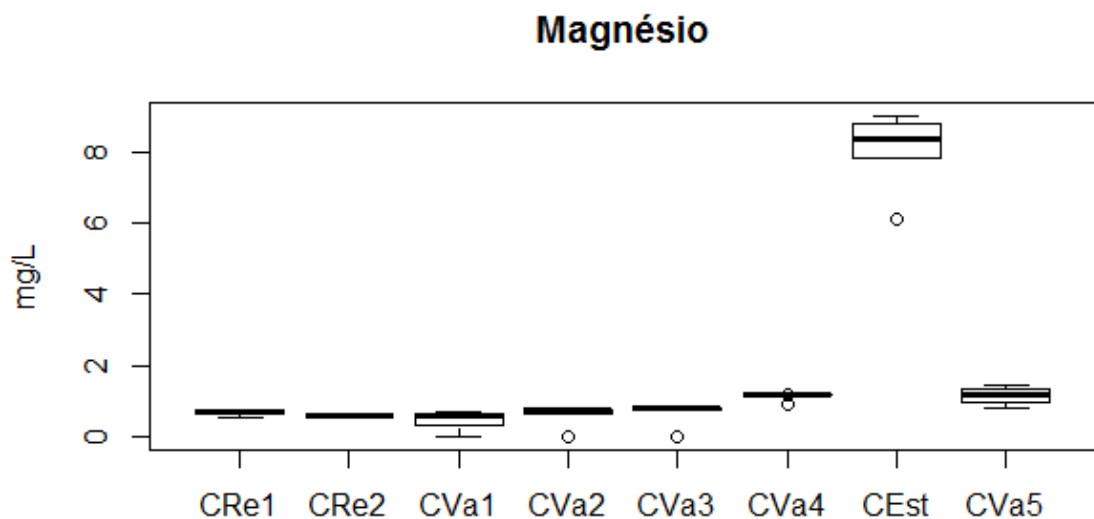
Figura 25 - Gráfico da variação média das concentrações e desvios padrão do íon Mg^{2+} ao longo do córrego Cabeceira do Valo



Fonte: Do autor

Observando a distribuição espacial do magnésio ao longo do córrego Cabeceira do Valo (Figura 25), percebemos que, apesar de apresentar concentrações mais elevadas no exutório da Cidade Estrutural, quando em contato com águas do Cabeceira do Valo, por sua elevada solubilidade, não influencia significativamente nas concentrações de magnésio após a confluência.

Figura 26 - Diagrama de caixas do íon magnésio por ponto de coleta



Fonte: Do autor

A figura 26 ressalta as variações das concentrações sofridas pelo magnésio em todos os pontos de coleta. Nota-se que não existem variações significativas nas concentrações de

magnésio nos dois córregos, exceto no ponto CEst. que varia de 6,09 a 9,01 mg/L, e CVa5 que recebe influencia desse último.

6.2.10 Sódio

As concentrações médias de sódio variaram de 0,59 a 23,58 mg/L (Tabela 12). As menores concentrações aferidas foram de 0,51 e 0,56, ambas no ponto CRe1 nos meses de agosto e setembro respectivamente.

Tabela 12 - Valores de concentrações médias e desvios padrão do Sódio por ponto de coleta

Sódio (mg/L)		
Pontos de coleta	Médias	Desvios Padrão
CVa1	1,32	0,623154
CVa2	15,08	1,86265
CVa3	13,85	1,680385
CVa4	9,02	2,065205
CEst	23,58	4,834724
CVa5	9,49	1,763931
CRe1	0,59	0,080337
CRe2	0,74	0,073054

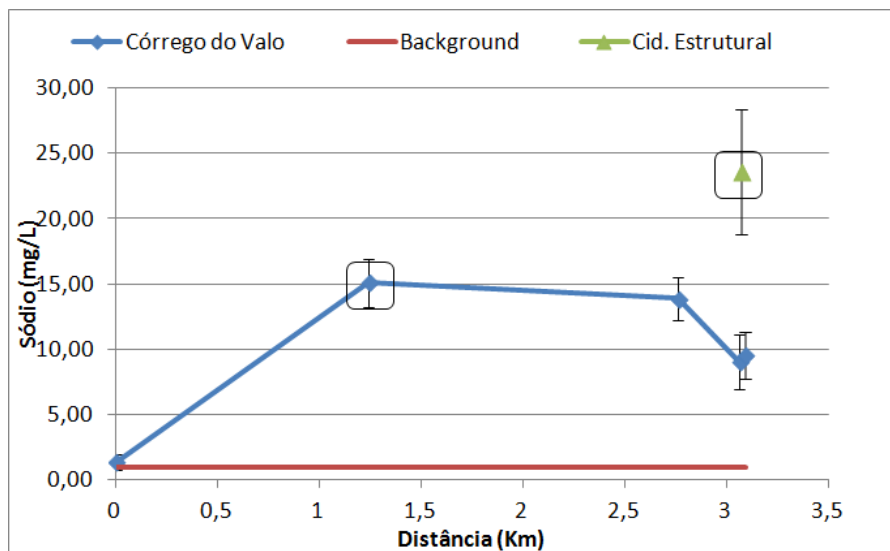
Fonte: Do autor

As maiores concentrações de sódio aferidas foram de 28,07 e 27,03 mg/L, ambas no ponto CEst. nos meses de julho e maio respectivamente. O sódio é um elemento presente em menores escalas na geologia local, como em minerais de esmectita, e tais concentrações aferidas no ponto CEst evidenciam as más influencias antrópicas sobre o córrego e correspondem basicamente ao uso de produtos de limpeza como shampoos, detergentes, sabões etc .

A figura 39 destaca as maiores médias aferidas ao longo do Cabeceira do Valo. Além da Cidade Estrutural, outra possível fonte significativa de sódio para o córrego Cabeceira do Valo é o ACJCB (km 1,24), localizado a montante do ponto CVa2, conferindo-lhe concentrações que variam de 13,20 a 17,63 mg/L, e a partir dele observamos um decréscimo nessas concentrações. O ACJCB recebia diariamente toneladas de resíduos domésticos e comerciais que chegavam por coleta convencional, resíduos industriais mistos e resíduos de construção civil, além de animais mortos, gordura e lodo de esgoto gerados pela cidade de Brasília e cidades satélites, logo, as elevadas concentrações de sódio aferidas no ponto CVa2

podem ter influencia da matéria orgânica em decomposição, do lodo de esgoto, das embalagens de produtos de limpeza ali depositadas.

Figura 27 - Gráfico da variação média das concentrações e desvios padrão do íon Na⁺ ao longo do córrego Cabeceira do Valo

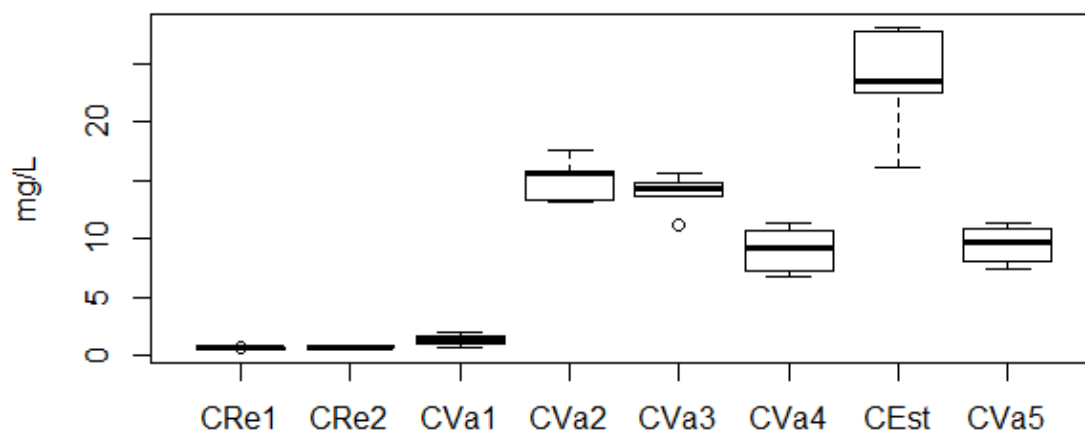


Fonte: Do autor

Os *boxplots* impressos na figura 28 mostram as variações das concentrações de sódio em todos os pontos de coleta. Notamos a maior variação no ponto CEst. pelo fato da dinamicidade das atividades antrópicas. Após a confluência das águas da Cidade Estrutural com o Cabeceira do Valo há um acréscimo, mesmo que pouco significativo, nas concentrações de sódio nas águas do córrego.

Figura 28 - Diagrama de caixas do íon Na⁺ por pontos de coleta

Sódio



Fonte: Do autor

6.2.11 Potássio

Os valores médios de potássio variaram de 0,38 a 2,87 mg/L (Tabela 13). As menores concentrações aferidas foram de 0,28 mg/L nos pontos CVa1 em abril CRe1 e CRe2 em maio e 0,29 mg/L nos pontos CVa1 e CRe1 em setembro e julho respectivamente.

Tabela 13 - Valores de concentrações médias e desvios padrão do Potássio por ponto de coleta

Pontos de coleta	Potássio (mg/L)	
	Médias	Desvios Padrão
CVa1	0,43	0,260508
CVa2	1,95	0,692581
CVa3	2,87	0,344146
CVa4	1,85	0,425411
CEst	2,42	0,441713
CVa5	1,74	0,847509
CRe1	0,38	0,121788
CRe2	0,47	0,267026

Fonte: Do autor

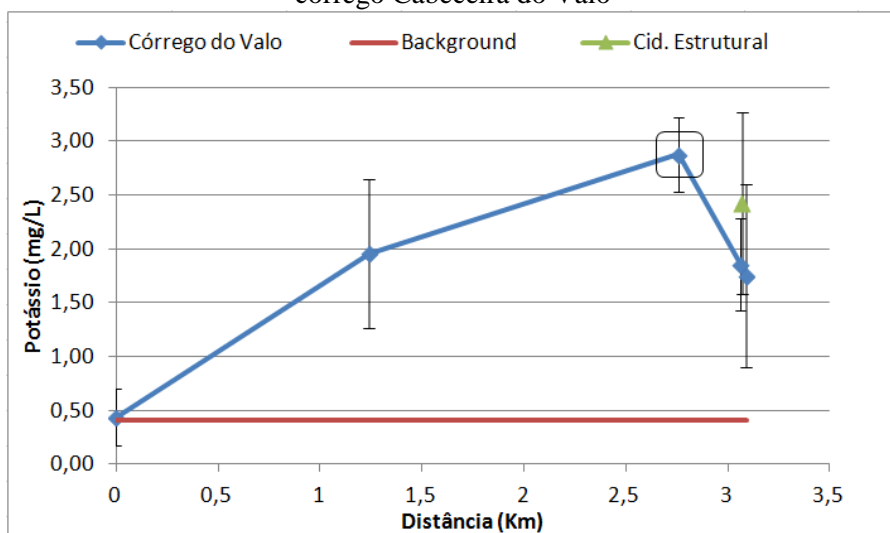
As maiores concentrações de potássio aferidas foram de 3,37 e 3,11 mg/L nos pontos CVa3 e CVa2 em agosto e setembro respectivamente. O potássio é presente na geologia local em minerais de biotita e feldspatos e as menores médias aferidas são reflexo disso.

Apesar de ser um dos macronutrientes primários e o cátion mais farto no interior da planta, sua importância dá-se a fisiologia da planta, com menores influências nas moléculas ou estruturas do vegetal. Presente na forma de K^+ em solução, é encontrado em níveis elevados na

maioria dos solos minerais, porém sua fração disponível a trocas podem ser muito pequenas. O potássio é muito mais suscetível a lixiviação que o P, mas menos que o N.

A figura 29 evidencia as variações das concentrações de potássio ao longo do Cabeceira do Valo. As elevadas concentrações de potássio encontradas no ponto CVa3 podem estar relacionadas a aplicação de fertilizantes utilizados nos módulos que cultivam hortaliças. O potássio é acumulado no solo em formas não disponíveis, o que faz com que reaplicações sejam feitas para uma maior absorção da planta. O ponto CVa3 ainda recebe influencia da Cidade Estrutural.

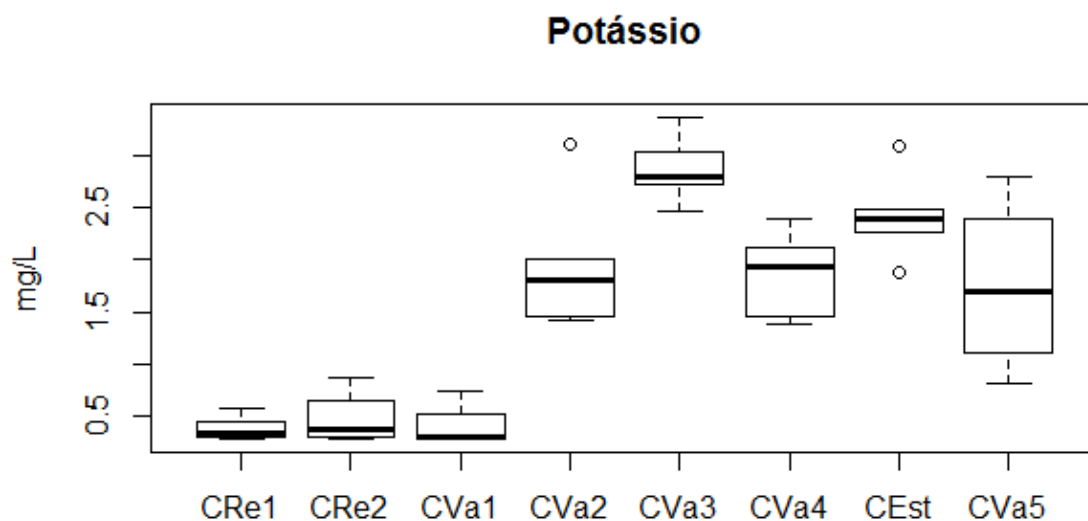
Figura 29 - Gráfico da variação das médias das concentrações e desvios padrão do íon K^+ ao longo do córrego Cabeceira do Valo



Fonte: Do autor

O ponto CEst. também apresentou elevadas concentrações de potássio, mostrando novamente as influencias das atividades antrópicas sobre as águas do Cabeceira do Valo. Além do ponto CEst., o ponto CVa2 também apresenta-se com concentrações significativas de potássio, evidenciando a contaminação com lixiviado.

Figura 30 - Diagrama de caixas do íon potássio por pontos de coleta



Fonte: Do autor

O diagrama de caixas da figura 30 mostra a variabilidade dos dados em todos os pontos de coleta. Notamos a maior variabilidade no ponto CVa5, que é influenciado pelas águas da CEst. O ponto CVa2 com a presença de *outliers* indica grandes variações próximo a lagoa de chorume do ACJCB.

6.2.12 Material em suspensão – MES

Os valores médios de MES variaram de 0,0004 a 0,0036 (Tabela 14). As menores concentrações aferidas foram de 0,0006 e 0,0004 mg/L, nos pontos CEst e CVa2 nos meses de abril e julho. As maiores concentração foram de 0,0028 mg/L nos e CRe1 e CVa5 em setembro e julho e de 0,0036 no ponto CRe1 em agosto.

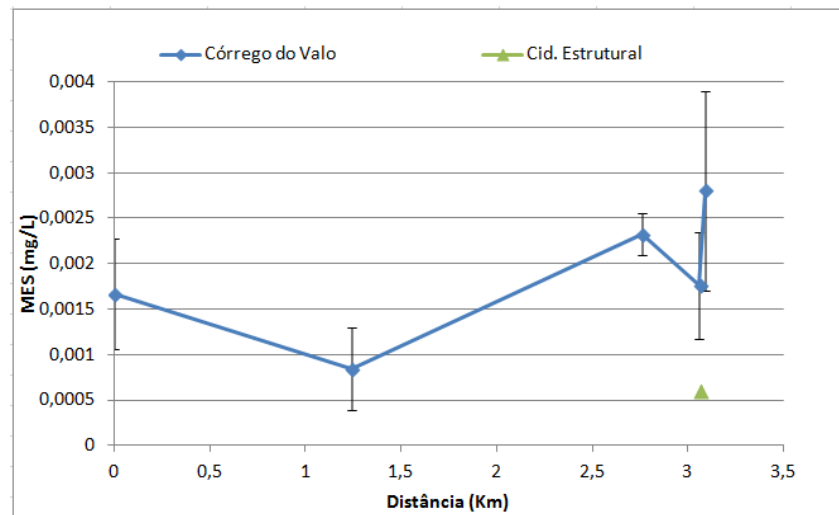
Tabela 14 - Concentrações médias de material em suspensão em mg/L e desvios padrão por ponto de coleta

Pontos de coleta	MES (mg/L)	
	Médias	Desvios Padrão
CVa1	0,0017	0,00061101
CVa2	0,0008	0,00045607
CVa3	0,0023	0,000228035
CVa4	0,0018	0,000817313
CEst	0,0006	9,98452E-18
CVa5	0,0028	0,000588784
CRe1	0,0021	0,001100909
CRe2	0,0013	0,0005

Fonte: Do autor

As baixas concentrações de MES no exutório da Cidade Estrutural (Figura 31) e dão pelo fato de seu acúmulo por sedimentação antes de sair do sistema que é favorecido pela baixa vazão. Muito provavelmente esse material acumulado é carregado ao córrego em eventos chuvosos, em que a vazão do sistema de águas pluviais aumenta significativamente (TUCCI, 2002).

Figura 31 - Gráfico da variação das médias e desvios padrão ao longo do Cabeceira do Valo

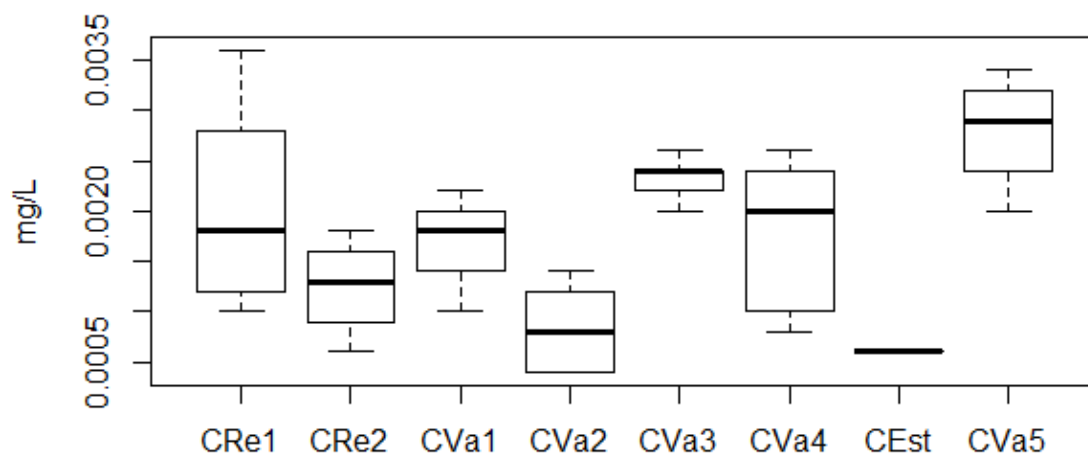


Fonte: Do autor

As concentrações elevadas aferidas no ponto CRe1, apesar de estarem inseridas em área predominantemente natural, podem corresponder a estreita faixa de pasto que circunda a mata ou ao crescimento da urbanização nas áreas a montante, mais especificamente de construção de um condomínio, que com a crescente impermeabilização de suas vias, está arrastando partículas ao leito do córrego via escoamento superficial, de forma que a mata ciliar não é capaz de segurar. A erosão linear presente no local se encontra em estado avançado, com sulcos de mais de 2 metros de profundidade.

Figura 32 - Diagrama de caixas do material em suspensão por ponto de coleta

Material em suspensão



Fonte: Do autor

A figura 32 mostra a variações dos valores de concentração de MES em todos os pontos de coleta. O ponto que apresentou maior variabilidade foi o ponto de coleta CRe1, seguido do ponto CVa4 e o que menos variou foi o ponto CEst. Essa variação do ponto CVa4 pode ser influenciada pela mistura com as águas do Cana do Reino.

6.3 Análise de Dados Multivariada

Com o uso do software RStudio, foi calculada a matriz de correlação entre as variáveis com base no coeficiente de Pearson (Tabela 15). Basicamente, ela nos mostra o grau de relação entre duas variáveis. Compreende valores entre -1 e +1, sendo positivo quando uma variável aumenta em função do aumento de outra e negativo quando uma variável aumenta com a diminuição de outra.

Tabela 15 - Matriz de correlação das variáveis estudadas, com destaque em azul para as melhores correlações

	Matriz de correlação											
	Temp	Condut	pH	Cl	NO3	SO4	HCO3	MÊS	Ca	Mg	Na	K
Temp	100.000.000	0.3017741	0.1709133	0.02238527	0.03090514	-0.06348547	0.1071140	-0.14295462	0.1198001	0.1421168	0.1318509	0.08710350
Condut	0.30177407	10.000.000	0.7459894	-0.03564660	0.74410187	0.71716060	0.9351986	-0.42423404	0.8839230	0.9329068	0.8151481	0.53274986
pH	0.17091332	0.7459894	10.000.000	-0.12967921	0.58061266	0.64319778	0.7669174	-0.13186170	0.7340899	0.7616453	0.5727709	0.44238326
Cl	0.02238527	-0.0356466	-0.1296792	#####	0.16720311	-0.20556707	-0.2548783	0.02258097	-0.2433228	-0.2639672	0.4415717	0.67561174
NO3	0.03090514	0.7441019	0.5806127	0.16720311	#####	0.81906960	0.7818600	-0.43031148	0.8214316	0.7452824	0.7844104	0.51084601
SO4	-0.06348547	0.7171606	0.6431978	-0.20556707	0.81906960	#####	0.8568369	-0.36620632	0.8695965	0.8169374	0.6092583	0.26284490
HCO3	0.10711403	0.9351986	0.7669174	-0.25487832	0.78185997	0.85683691	10.000.000	-0.42219740	0.9550269	0.9821165	0.7068290	0.36102160
MÊS	-0.14295462	-0.4242340	-0.1318617	0.02258097	-0.43031148	-0.36620632	-0.4221974	#####	-0.4126981	-0.4294096	-0.3474382	-0.06506239
Ca	0.11980007	0.8839230	0.7340899	-0.24332278	0.82143156	0.86959647	0.9550269	-0.41269811	10.000.000	0.9007135	0.6257326	0.34716937
Mg	0.14211681	0.9329068	0.7616453	-0.26396720	0.74528237	0.81693740	0.9821165	-0.42940958	0.9007135	10.000.000	0.7230980	0.32525891
Na	0.13185092	0.8151481	0.5727709	0.44157173	0.78441044	0.60925826	0.7068290	-0.34743824	0.6257326	0.7230980	10.000.000	0.76781855
K	0.08710350	0.5327499	0.4423833	0.67561174	0.51084601	0.26284490	0.3610216	-0.06506239	0.3471694	0.3252589	0.7678185	#####

Fonte: Do autor

Como observado em destaque na Tabela 15, as melhores correlações obtidas foram positivas. A condutividade apresentou correlações moderadas fortes com o pH, nitratos e sulfatos e correlações muito forte com bicarbonatos, cálcio, magnésio e sódio. O pH apresentou correlação moderada fraca com nitratos e sódio, moderada com o sulfatos e correlações moderadas fortes com cálcio e fortes com o bicarbonato e magnésio. Os nitratos apresentaram forte correlação com bicarbonatos, sódio, sulfatos e cálcio, assim como correlações moderadas fortes com magnésio e condutividade.

Os sulfatos apresentaram forte correlação com a condutividade, e muito forte com o bicarbonato, cálcio e magnésio e correlações moderadas com sódio e pH.

Como a condutividade elétrica dita a presença de íons dissolvidos na água, era de se esperar uma boa correlação com os cátions e ânions. Bicarbonatos, cálcio, magnésio e sódio apresentaram correlação muito forte com a condutividade pelo fato de compartilharem do mesmo ponto como fonte para suas altas concentrações, Cidade Estrutural, e baixas concentrações, próximos às nascentes. O íon cloreto não apresentou boa correlação com a condutividade pois, diferentemente dos outros íons, teve o pico de concentração não acompanhado pela condutividade, no ponto CVa2, de possível fonte do percolado do ACJCB. Essa baixa correlação com os demais ânions permite-nos deduzir que são de fontes distintas.

Apenas as variáveis de temperatura, cloreto, potássio e material em suspensão não apresentaram boas correlações com as demais variáveis.

6.3.1 Análise de componentes principais - ACP

Fazendo a análise do gráfico da ACP (Figura 33), observando a Primeira Componente representada no eixo X, explicando 58,04% da variabilidade dos dados, identificamos os elementos mais representativos da análise como mais distantes da origem em relação ao eixo X: HCO_3^- , CE, Ca^{2+} , Mg^{2+} , NO_3^- e SO_4^{2-} ; em destaque também na Tabela 16, nos quais possuem as correlações mais significativas entre si nessa primeira componente.

Tabela 16 - Resultados da CP1, CP2, CP3, desvios padrão e proporção da variabilidade explicada por cada componente, com destaque para melhores correlações

	PC1	PC2	PC3
Temp	-0.06142247	0.04647143	0.91060420
Condut	-0.36095863	0.01251241	0.16957443

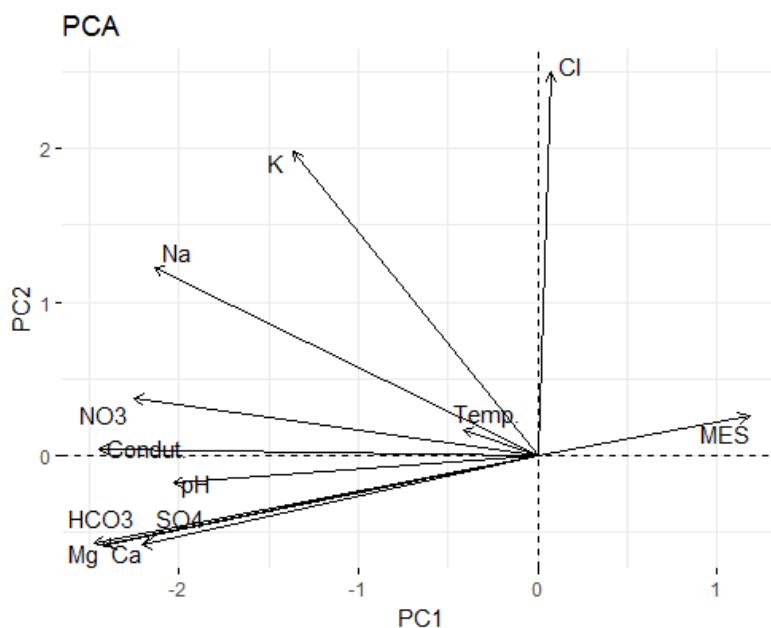
pH	-0.30025289	-0.04869951	0.02601688
Cl	0.01074941	0.68512341	-0.03365491
NO3	-0.33208052	0.10298005	-0.16179489
SO4	-0.32630835	-0.16046503	-0.24589815
HCO3	-0.36508111	-0.15553175	-0.02564648
MÊS	0.17464428	0.07133368	-0.22016493
Ca	-0.35501310	-0.16044248	-0.03470491
Mg	-0.35854070	-0.15929870	0.02284862
Na	-0.31587977	0.33632396	-0.02101251
K	-0.20189994	0.54410836	-0.04788667
Standard deviation	2.6390	1.4196	1.04634
Proportion of Variance	0.5804	0.1679	0.09124

Fonte: Do autor

Observando a segunda componente representada no eixo Y (Figura 33), responsável por explicar 16,79% da variabilidade dos dados, identificamos o Cl⁻, K⁺, e Na⁺ e os dois primeiros como sendo os principais contribuintes para o peso dessa componente.

Observando a figura 33 utilizando da componente principal 1 (CP1) e componente principal 2 (CP2), identificamos dois possíveis agrupamentos. O primeiro agrupamento, associado a CP1, com correlações entre 0,3 e 0,36, exceto sódio, e é composto pela condutividade elétrica, nitratos, sulfatos, bicarbonatos, cálcio, magnésio e pH. O segundo agrupamento com elementos associados a CP2, com correlações de 0,33, 0,54 e 0,68 representados pelo sódio, potássio e cloreto, respectivamente.

Figura 33 – Gráfico da ACP dos parâmetros analisados



Fonte: Do autor

A presença do agrupamento desses elementos no gráfico pode significar diferentes fontes para a presença desses elementos.

O primeiro agrupamento, representado na CP1, é fortemente marcado pelo ponto de coleta CEst., ponto que representa a influência exercida por aglomerados urbanos em corpos hídricos, ou seja, os valores mais representativos desses parâmetros, condutividade elétrica, nitratos, sulfatos, bicarbonatos, cálcio, magnésio e pH dentre todos ou outros coletados, foram mais expressivos no ponto CEst..

O segundo agrupamento, representado pela CP2, é influenciado pelo ponto de coleta CVa2, que representa o ponto que recebe influências do ACJCB via fluxo sub superficial. Esses parâmetros - sódio, potássio e cloreto - também receberam influências de outros pontos, porém, houve uma maior contribuição dos compostos lixiviados do aterro nesse segundo agrupamento.

Por último, o MES apresentou-se isolado dos demais elementos e teve o ponto CRE1, representante mais próximo das nascentes do córrego Cana do Reino, como principal contribuinte desse peso. Esse ponto, como descrito no item 6.1.7, sofre com a ação de uma erosão linear, gerada e beneficiada por um condomínio residencial sendo construído a montante das nascentes, intensificando o escoamento superficial e reduzindo a infiltração na parte alta da bacia, contribuindo assim para o aporte de sedimentos sobre o leito do córrego nesse trecho.

CAPÍTULO 7

7 CONCLUSÃO

No geral, os resultados das análises dos parâmetros físicos e químicos das coletas de água ficaram dentro dos limites estabelecidos pela resolução 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), com exceção dos valores de pH medidos próximo às nascentes, que foram inferiores ao mínimo permissível para a classe 2, e das concentrações de nitrato na saída da rede de águas pluviais da Cidade Estrutural.

Na elaboração do mapa foram escolhidas 19 classes de uso do solo. A bacia passa por um intenso processo de transformação, onde o uso do solo mais expressivo é o campo, com predominância de áreas sem uso. A bacia ainda tem, em porcentagem, mais área natural em relação a áreas edificadas, fato que a cada dia perde força com o crescimento demográfico, as áreas edificadas correspondendo a menos de 10% da bacia.

No nível de bacia, a quantidade e qualidade da água foram afetadas. A forte estiagem somada à impermeabilização de parte da bacia resultou em uma recarga ineficiente e reduziu o nível freático a ponto de cessar o fluxo no leito do córrego, o que representa o dano quantitativo.

O dano qualitativo apresentou-se sob as diferentes formas de uso da bacia. Os pontos que mais contribuíram foram o ponto CEst e CVa2, e a atividade que mais degradou foi a atividade urbana, presente no ponto CEst e, se associarmos o lixo a problemas urbanos (como geração e mau gerenciamento de RSU), o ponto CVa2. Através da interpretação dos autovetores foi possível identificar padrões de fontes pontuais de contaminação ao longo do córrego Cabeceira do Valo. O ACJCB, próximo ao ponto CVa2, contamina o córrego principalmente com cloretos e sódio e, em menor proporção, com nitratos, sulfatos e potássio, diferentemente do ponto CEst. na saída do sistema de águas pluviais, que deixa como contribuição elevadas concentrações de nitratos, sulfatos, bicarbonatos, cálcio e sódio nas águas superficiais do Cabeceira do Valo, corroborando parte de nossas hipóteses preestabelecidas.

O córrego Cana do reino apresentou-se menos degradado quando comparado ao Cabeceira do Valo. A retirada da cobertura vegetal somada à impermeabilização do solo próximo ao ponto CRe1 influi para um maior escoamento superficial, que resulta na degradação do leito do córrego com o desenvolvimento de uma erosão linear e aporte de sedimentos.

O trabalho contribui para o entendimento acerca da qualidade de água de um dos principais afluentes do Lago Paranoá, bem como suas fontes contaminantes.

Providências devem ser tomadas quanto a contaminação de águas provocada pelo lixão, uma vez que parte das famílias as margens do Cabeceira do Valo utilizam dessa água para irrigação, e água de poço para consumo.

É sugerido mais campanhas de campo no período chuvoso para se contrastar com o período seco e verificar as influências da chuva sobre os parâmetros de qualidade de água bem como o monitoramento de parâmetros biológicos da qualidade de água como coliformes fecais, para maior entendimento sobre as fontes poluentes da bacia.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Contribuição à geomorfologia da área dos cerrados**. Universidade de São Paulo, 1963.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association., 2005.

BAPTISTA, G. M. M., MARTINS, E. S. **Compartimentação geomorfológica e sistemas morfodinâmicos do Distrito Federal**. In: Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. Brasília. IEMA/SEMATEC/UnB. Vol.1. Parte 3 p. 89-137, 1998.

BOAVENTURA, G. R., SOUZA, R. S., PONTES, C. H., PINELLI, M. P. **Estudo geoquímico em águas da bacia do bananal – Brasília-DF** In: VII Congr. Bras. Geoq. E V Cong. Geoq. Dos países de língua portuguesa. Porto Seguro – BA. SBGq. 1999.

BOLLMANN, H. A. **Avaliação da qualidade das águas em bacias hidrográficas urbanas**. In: ANDREOLI, C. V. (Ed.). Mananciais de Abastecimento: planejamento e gestão. Estudo de Caso do Altíssimo Iguaçu. Curitiba: SANEPAR/FINEP, 2003. p. 269-315.

BRICKER, O.P., JONES, B.F. **Main factors affecting the composition of natural waters**. In: SALBU, B., STEINNES, E. (Eds.), Trace Elements in Natural Waters. CRC Press, Boca Raton, FL, 1995. pp. 1e5. In: SHRESTHA, S., KAZAMA, F1. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: A case study of the Fuji river basin, Japan. 2006.

CÂMARA, G., MONTEIRO, A. M. **Conceitos básicos em ciência da geoinformação**. In: CÂMARA, G., DAVIS, C., MONTEIRO, A. M. Introdução à ciência da geoinformação. INPE, São José dos Campos. São Paulo. 2001.

CARNEIRO, G. A. **Estudo de Contaminação do Lençol Freático Sob a Área do aterro de Lixo do Jockey Clube-DF e suas Adjacências**. 2002. Instituto de Geociências (Dissertação de Mestrado), IG/UNB, BRASÍLIA/DF, 123p. 2002.

CARVALHO JUNIOR, O.A., BOAVENTURA, G.R., MARTINS, E.S., PEREIRA, F.J., BRITO, V.E.B., BISPO, R.S. **Caracterização de Elementos-Traço em Águas Superficiais**

Conforme o Uso da Terra por meio da Análise de Principais Componentes. Estudo de Caso: Ribeirão do Gama - Distrito Federal. 1998. In: Congr. Bras. Geol., SBGq., Anais p. 57-60.

CARVALHO, M. E. **Coleta e disposição de lixo. In: Lixo Urbano: Três estudos sobre coleta e tratamento.** Rio de Janeiro. BNDS, Cadernos FINSOCIAL. 45-85p. 1997.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática.** Eletrobrás, CPRM, Rio de Janeiro, 1994.

CAVALCANTI, M. M. **Aplicação de métodos geoeletricos no delineamento da pluma de contaminação nos limites do aterro controlado do Jokey Clube de Brasília.** Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília - UnB. Brasília. 2013.

CLINE, M. G. **Soils of the Central Plateau of Brazil and extension of results of field research conducted near Planaltina, Federal District,** to them. 1973. in MARTINS *et al.* Mapa pedológico digital - SIG atualizado do Distrito Federal escala 1: 100.000 e uma síntese do texto explicativo. 2004.

CODEPLAN - Companhia de Desenvolvimento do Planalto. **Atlas do Distrito Federal.** Vol II. Brasília-DF, 1984.

CODEPLAN - Companhia de Desenvolvimento do Planalto. PDAD - **Pesquisa Distrital Por Amostra De Domicílios - Scia-Estrutural – 2015.** Brasília. 2016. Disponível em: https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/images/agencia_brasilia/2016/Abril/pdad-scia-estrutural-2015.pdf

DE FERNÍCOLA, N. G. G; DE AZEVEDO, F. A. Metemoglobinemia e nitrato nas águas. **Revista de Saúde pública,** v. 15, n. 2, p. 242-248, 1981.

DE LIMA, J. O. G., FRANÇA, A. M. M.; LOIOLA, H. G. Implicações hidroquímicas da condutividade elétrica e do íon cloreto na qualidade das águas subterrâneas do semiárido cearense. **Revista Virtual de Química,** v. 6, n. 2, p. 279-292, 2013.

ECHEVERRIA, R. M. **Avaliação de impactos ambientais nos tributários do lago Paranoá, Brasília-DF.** Dissertação de Mestrado em Geologia. Universidade de Brasília. Brasília. 2007.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento reconhecimento dos solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro. 1978. 445 p. (Embrapa-SNLCS, Boletim técnico 53).

ESTEVEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. In: ESTEVEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Interciência/Finep, 1988.

FERNANDES, P. G., CARREIRA, P., DA SILVA, M. O. Identification of anthropogenic features through application of principal component analysis to hydrochemical data from the Sines coastal aquifer, SW Portugal. **Mathematical Geology**, v. 38, n. 6, p. 765-780, 2006.

FREITAS-SILVA F. H. & CAMPOS J. E. G. 1998. **Geologia do Distrito Federal**. In: Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. Brasília. IEMA/SEMATEC/UnB. Vol. 1, Parte I. p.1-86.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2017**. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2017/estimativa_tcu.shtm

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT/CEMPRE. 1995. 278p.

KOIDE, S., BERNARDES, R. S. Contaminação do lençol freático sob a área do aterro do Jockey Club, Distrito Federal. **Águas Subterrâneas**, n. 1, 1998.

MCKERGOW, L. A., WEAVER, D. M., PROSSER, I.P., GRAYSON, R.B., REED, A. E. G. Before and after riparian management: sediment and nutrient exports from a small agricultural catchment, Western Australia. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v.270, p.253-272, 2003.

MENESES, P. R., ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Embrapa Cerrados-Livros técnicos (INFOTECA-E). 2012.

MENEZES, P. H. B. J. **Avaliação do efeito das ações antrópicas no processo de escoamento superficial e assoreamento na Bacia do Lago Paranoá**. Dissertação de Mestrado em Geociências Aplicadas. Universidade de Brasília. Brasília. 2010.

MONTEIRO, J. H. P. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro. IBAM. 2001.

MOREIRA, R. C. A. & BOAVENTURA, G. R. Referência Geoquímica Regional para a para a Interpretação das Concentrações de Elementos Químicos nos Sedimentos da Bacia do Lago Paranoá – DF. **Química Nova**. São Paulo, v. 26, n. 6, p. 812-820. 2003.

MUCHOVEJ, R. M. C., REHCIGL, J. E. **Impact of nitrogen fertilization of pastures and turfgrasses on Water Quality**. In: LAL, R.; STEWART, B. A. Soil process and Water quality: advances in soil science. Boca Raton: Lewis publishers, 1994. 398 p.

MUNETON ORREGO, J. F. **Vila Estrutural: uma abordagem sobre ocupação e a produção do espaço**. 2013. xv, 136 f., il. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

MUÑOZ, S. I. S.; **Impacto ambiental na área do aterro sanitário e incinerador de resíduos sólidos de Ribeirão Preto, SP: avaliação dos níveis de metais pesados**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

NASCIMENTO, J. C. F. **Comportamento mecânico de resíduos sólidos urbanos**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto. Princípios e aplicações**. São Paulo: Editora Edgar Blücher Ltda, 1992. 2ª ed., 3ª reimpressão.

OLIVEIRA, P. E. A., RAMOS, A. E. Flora In FUNATURA/SEMATEC (Org.). **Plano de manejo do Santuário de Vida Silvestre do Riacho Fundo**. Brasília, 1994.

PADOVESI-FONSECA, C. **Caracterização dos ecossistemas aquáticos do Cerrado**. In: SCARIOT, J. C., SOUZA-SILVA e J. M. FELFILI, EDS. Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, p. 415-429, 2005.

PAVIANI, A. Geografia urbana do Distrito Federal: evolução e tendências. **Revista Espaço e Geografia**, v. 10, n. 1, 2007.

PEREIRA, V. P. **Solo: manejo e controle de erosão hídrica**. Jaboticabal: FCAV, 1997. 56 p.

PETERSEN, W., BERTINO, L., CALLIES, U., ZORITA, E. **Process identification by principal component analysis of river water-quality data.** *Ecological Modelling*, 138(1-3), 193-213. 2001.

POFF, N. L., BLEDSOE, B. P., CUHACIYAN, C. O. **Hydrologic variation with land use across the contiguous United States: Geomorphic and ecological consequences for stream ecosystems.** *Geomorphology*, v. 79, n. 2, p. 264-285, 2006.

PRADO, R. B. **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais.** EMBRAPA Solos. Rio de Janeiro. 2010.

REIS, H. L. A. et al., **Índice de Qualidade da Água do córrego Vicente Pires-DF, sua relação com o uso e ocupação do solo e influência sobre o córrego Riacho Fundo-DF.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013.

RIZZI, N. E. Função da floresta na manutenção da qualidade da água para uso humano. *Floresta*, v. 15, n. 1/2, 1985.

SANTOS, P. C. V. **Estudos da Contaminação de Água Subterrânea por Percolado de Aterro de Resíduos Sólidos – Caso Jockey Club-Df.** 1996. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, DF.1996.

SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS. Serviço de Limpeza Urbana – SLU. **Relatório de serviços de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos no DF.** 2017.

SHARPLEY, A. N., WELD, J. L., BEEGLE, D. B., KLEINMAN, P. J., GBUREK, W. J., MOORE, P. A., & MULLINS, G. Development of phosphorus indices for nutrient management planning strategies in the United States. *Journal of Soil and Water Conservation*, v. 58, n. 3, p. 137-152, 2003.

STRAPASSON, E., VENCOVSKY, R., BATISTA, L. A. R. Seleção de descritores na caracterização de germoplasma de *Paspalum* sp. por meio de componentes principais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 2, p. 373-381, 2000.

TUCCI, C. E. M. **Gestão da água no Brasil** – Brasília : UNESCO, 2001. 156p

TUCCI, C. E. M. **Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos**. Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas–Câmara Temática de Recursos Hídricos, Brasília, 2002.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003.

TUNDISI, J. G. **Limnologia do século XXI: perspectivas e desafios**. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, IIE, 1999. 24 p.

UNESCO - United Nations Education, Science and Cultural Organization. **Vegetação no Distrito Federal: Tempo e espaço**. Brasília: UNESCO, 2000. 55p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 1996.

XAVIER, C. F. **Avaliação da influência do uso e ocupação do solo e de características geomorfológicas sobre a qualidade das águas de dois reservatórios da região metropolitana de Curitiba-Paraná**. Dissertação de Mestrado em Ciências do solo. Universidade Federal do Paraná. 2005.

XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento para análise ambiental**. 1. ed. Rio de Janeiro: D5 Produção Gráfica, 2001. v. 1. 228 p.