



Universidade de Brasília – UnB  
Instituto de Ciências Humanas – IH  
Departamento de Geografia – GEA  
Trabalho de Conclusão de Curso

**ANÁLISE DE ÁGUA EM BACIA HIDROGRÁFICA URBANA  
– METAIS PESADOS E ÓLEOS & GRAXAS NO CÓRREGO DO GUARÁ,  
DISTRITO FEDERAL**

**Vitor Silva Paiva**

Brasília  
2013

VITOR SILVA PAIVA

**ANÁLISE DE ÁGUA EM BACIA HIDROGRÁFICA URBANA  
– METAIS PESADOS E ÓLEOS & GRAXAS NO CÓRREGO DO GUARÁ,  
DISTRITO FEDERAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Geografia, Instituto de Ciências Humanas da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Valdir Adilson Steinke.

Brasília  
2013

Universidade de Brasília – UnB  
Instituto de Ciências Humanas – IH  
Departamento de Geografia – GEA  
Trabalho de Conclusão de Curso

VITOR SILVA PAIVA

**ANÁLISE DE ÁGUA EM BACIA HIDROGRÁFICA URBANA  
– METAIS PESADOS E ÓLEOS & GRAXAS NO CÓRREGO DO GUARÁ,  
DISTRITO FEDERAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Geografia, Instituto de Ciências Humanas da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Valdir Adilson Steinke

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Valdir Adilson Steinke – Orientador  
GEA/IH/UnB

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ercília Torres Steinke – Membro  
GEA/IH/UnB

---

Prof. MSc. Everaldo Skalinski Ferreira – Membro  
GEA/IH/UnB

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## RESUMO

O presente estudo teve por objetivo analisar a existência de efluentes de metais pesados e/ou óleos & graxas lançados no córrego do Guará, Distrito Federal, que sofre certa pressão antrópica de vários tipos de setores econômicos e sociais, com potencial capacidade de poluição. O estudo da interação homem-natureza é um dos principais enfoques do estudo da Geografia. A questão da água se mostra uma das relações mais sensíveis às mudanças por atividades antrópicas, com efeito direto e indireto daqueles que a utilizam para várias finalidades. A atividade antrópica é algo necessário para a continuação do sistema econômico em vigência, mas tem-se na academia a busca pela minimização de seus impactos e maximização de seus ganhos. No âmbito do Distrito Federal, a bacia do córrego do Guará – de área de 35,55Km<sup>2</sup>, com comprimento da drenagem principal de 11,1Km – têm sua área ocupada por indústrias de combustíveis, oficinas, áreas residenciais, comércio, atividades agrícolas e pecuárias e áreas degradadas. A análise da pesquisa teve como foco os parâmetros de metais pesados e óleos & graxas, por serem poluidores de maior complexidade de tratamento, uma vez que o Distrito Federal detém a maior cobertura de redes de água e esgoto do Brasil, sendo pouco provável a poluição por resíduos orgânicos. Foram feitas coletas de água em cinco pontos do referido córrego, com coordenada UTM em WGS 84, altitude e temperatura ambiente, no sentido montante/jusante. Em cada ponto foram coletados três amostras, com profundidade aproximada de 15cm da superfície em pontos de água corrente. Fizeram-se necessárias três idas a campo para a seleção dos cinco pontos que pudessem abarcar da melhor forma o estudo aqui proposto. A primeira saída a campo foi com o intuito de verificar a viabilidade de acesso dos pontos pré-selecionados para coleta de água. A segunda saída se deu após a análise das imagens de satélite do *software* Google Earth ® e verificada as condições do córrego dos pontos selecionados. A terceira e última ida a campo foi para a coleta de amostras de água para análise. Nos pontos visitados buscaram-se determinadas variações de condições, quais sejam: cobertura vegetal, cobertura das copas das árvores, correnteza, profundidade, atividades próximas em um raio de 1 quilômetro e possíveis variações de conservação da vegetação. Analisando as imagens de satélite do *software* Google Earth®, foram buscados locais que demonstraram possíveis vulnerabilidades à poluição pontual. Os pontos seguiram na ordem decrescente de altimetria, do ponto mais elevado ao mais baixo. O primeiro e segundo ponto foram selecionados devido à proximidade com alguns setores específicos de comércio, indústria e serviços diversos. O segundo ponto detinha uma proximidade da via Estrada Parque Taguatinga, que passou recentemente por obras de alargamento. Os três pontos restantes foram selecionados em locais que tinham estradas ou viadutos que cruzassem o córrego do Guará, tendo em vista possíveis locais de poluição pontual. Na análise realizada em todos os pontos, foram encontrados chumbo e cobre nas amostras 1 e 2, em níveis que não pode se classificar essas águas nas classes 1 e 2. Não foi encontrado nenhum outro metal pesado acima dos valores estabelecidos nas outras 3 amostras. Concluiu-se que não se tem uma análise de qualidade de água que tenha classificado a bacia do córrego do Guará, com base na Resolução CONAMA n. 357/2005, onde os corpos d'água que não são enquadrados se incluem na classe 2.

**Palavras-chave:** Bacia hidrográfica. Água. Uso da terra. Córrego do Guará.

## ABSTRACT

The study of man x nature interaction is a major focus of the study of geography, seeking a more harmonious possible relationship between them. Water is shown one of the most sensitive relations to the changes by anthropogenic activities and having a direct and indirect effect of those who use it for various purposes. The human activity is something necessary for the continuation of the economic system we live in, but always can get in studies from various fields of academia, minimize their impact and maximize their earnings. The Guará stream basin has areas occupied by fuel industries, workshops, residential areas, trade, agricultural and livestock activities and degraded areas, and the Guará stream basin an area of 35,55Km<sup>2</sup> with length of the main drain 11, 1km. The analysis focused on the parameters of heavy metals and oils & greases because they are polluting more complex treatment and because the Federal District has the highest coverage of water and sewage networks in Brazil, and then unlikely to have pollution by organic waste parameter. There were three trips to the field in order to select the five points that could encompass the best of the study proposed in this paper. The first exit on the field, was in order to verify the feasibility of access to pre-selected points to collect water. The second output was analyzed after the Google Earth satellite images ® software and checked the stream conditions of the selected points. The third and final trip to the camp was to collect water samples for analysis. Sought were in the points, variations of conditions, among them, such as vegetation cover, cover the treetops, current, depth, upcoming activities within a radius of one kilometer and the possible range of conservation of vegetation. Analyzing Google Earth® software satellite images, they were searched locations that have demonstrated potential vulnerabilities to point sources. The points below in descending order of altitude, the highest point to the lowest. The first and second point, were selected because of proximity to the industry and supply sector, flammable sector and road transport and cargo industry. An addition to characteristic sought in the second point is the proximity to the downstream road Estrada Parque Taguatinga, which underwent enlargement works about three years. The remaining three points are selected at locations that had roads or bridges that cross the stream Guará, in view of possible spot locations pollution. Found lead and copper in samples 1 and 2, at levels that can not be classified into classes such waters 1 and 2, sample 1 was found 0.026 mg/L lead and 0,012mg/L copper and sample 2 was found 0.014 copper. We have found no other heavy metals above the values established in the other three samples. There is no analysis of water quality that has classified the Guara stream basin, and by CONAMA Resolution n. 357/2005, the bodies of water that are not included, included in class 2. How periodic reviews were not made in the stream this monograph also can not be said that it does not fit in classes 1 or 2.

**Keywords:** Hydrographic basin. Water. Land use. Stream Guará.

## LISTA DE FOTOS

Foto 1 –	Local da coleta de água do ponto 1, em 06 de fevereiro de 2014.....	44
Foto 2 –	Moradia localizada próxima ao ponto 1 de coleta, em 06 de fevereiro de 2014.....	45
Foto 3 –	Local da coleta de água do ponto 2, em 06 de fevereiro de 2014.....	48
Foto 4 –	Via EPTG que corta o córrego do Guará, em 06 de fevereiro de 2014.....	48
Foto 5 –	Local da coleta de água do ponto 3, em 06 de fevereiro de 2014.....	50
Foto 6 –	Mata ciliar preservada na área de chácaras do Guará, em 06 de fevereiro de 2014.....	51
Foto 7 –	Local da coleta de água do ponto 4, em 06 de fevereiro de 2014.....	52
Foto 8 –	Viaduto da via EPIA que passa sob o córrego do Guará, em 06 de fevereiro de 2014.....	53
Foto 9 –	Local da coleta de água do ponto 5, em 06 de fevereiro de 2014.....	55
Foto 10 –	Vista de cima do viaduto da via EPAR que corta o córrego do Guará, em 06 de fevereiro de 2014.....	56

## LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 –	Ordenação de canais.....	26
Imagem 2 –	Amostras coletadas em isopor para conservação.....	36
Imagem 3 –	Área de localização do ponto 1 (23L 0180382 8250896) de coleta de água.....	37
Imagem 4 –	Área de localização do ponto 2 (23L 0181906 820033) de coleta de água.....	38
Imagem 5 –	Área de localização do ponto 3 (23L 0182285 8246999) de coleta de água.....	39
Imagem 6 –	Área de localização do ponto 4 (23L 0183591 8245898) de coleta de água.....	40
Imagem 7 –	Área de localização do ponto 5 (23L 0185898 8245320) de coleta de água.....	41

## LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Curva de nível.....	29
Mapa 2 – Pontos de coleta e fotos.....	30
Mapa 3 – Pontos de coleta.....	31
Mapa 4 – Geomorfologia.....	32
Mapa 5 – Localização geral.....	33
Mapa 6 – Amostragem urbana.....	34
Mapa 7 – Amostragem da vegetação.....	35

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro comparativo de análise do ponto 1 com o Índice CONAMA n. 357/2005.....	46
Quadro 2 – Quadro comparativo de análise do ponto 2 com o Índice CONAMA n. 357/2005.....	49
Quadro 3 – Quadro comparativo de análise do ponto 3 com o Índice CONAMA n. 357/2005.....	51
Quadro 4 – Quadro comparativo de análise do ponto 4 com o Índice CONAMA n. 357/2005.....	54
Quadro 5 – Quadro comparativo de análise do ponto 5 com o Índice CONAMA n. 357/2005.....	57

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADASA	- Agência Reguladora de Águas do Distrito Federal
APP	- Área de Preservação Permanente
Art.	- Artigo
CETESB	- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cu	- Cobre
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAR	- Estrada Parque Aeroporto
EPGU	- Estrada Parque Guará
EPIA	- Estrada Parque Indústria e Abastecimento
EPTG	- Estrada Parque Taguatinga
ETA	- Estação de Tratamento de Água
ETE	- Estação de Tratamento de Esgoto
GDF	- Governo do Distrito Federal
GPS	- <i>Global Positioning System</i>
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM	- Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal Brasília Ambiental
Inc.	- Inciso
LSIE	- Laboratório de Sistemas de Informações Espaciais
N.	- Número
NASA	- <i>National Aeronautics and Space Administration</i>
Pb	- Chumbo
PNRH	- Plano Nacional de Recursos Hídricos
RA	- Região Administrativa
SAD 69	- South American Datum 1969
SESI	- Serviço Social da Indústria
SIA	- Setor de Indústria e Abastecimento
SIG	- Sistema de Informação Geográfica
SIN	- Setor de Inflamáveis

SMU	- Setor Militar Urbano
SOF Sul	- Setor de Oficinas Sul
SRTM	- <i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
STRG	- Setor de Transportes Rodoviários e Cargas
UF	- Unidade da Federação
UnB	- Universidade de Brasília
UTM	- Universal Transversa de Mercator

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO 1 – ANÁLISE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS – BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO GUARÁ</b> .....	<b>14</b>
1.1 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ANÁLISE NOS ESTUDOS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	14
1.2 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA COMO FERRAMENTA DE APOIO NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS .....	17
1.3 USO DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS .....	20
1.4 A IMPORTÂNCIA DA VEGETAÇÃO PARA A PROTEÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS .....	21
1.5 VARIÁVEIS PARA ANÁLISE DE QUALIDADE DE ÁGUA DE UM CORPO HÍDRICO.....	22
<b>CAPÍTULO 2 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>24</b>
2.1 PROCESSO DE DELIMITAÇÃO AUTOMÁTICA DE BACIA E SUB-BACIA HIDROGRÁFICA .....	24
2.2 PROCEDIMENTOS PARA A ELABORAÇÃO DOS MAPAS DE USO DA TERRA .....	26
2.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA PARA A VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	36
<b>CAPÍTULO 3 – QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS</b> .....	<b>43</b>
3.1 INDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA: AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS .....	43
3.2 RESULTADO DAS AMOSTRAS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	43
3.2.1 Ponto 1 .....	43
3.2.2 Ponto 2 .....	47
3.2.3 Ponto 3 .....	49
3.2.4 Ponto 4 .....	52
3.2.5 Ponto 5 .....	54
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>59</b>

## INTRODUÇÃO

A água é um bem de imprescindível valor para a vida na Terra.

Antes de 1988, com a Constituição da República Federativa do Brasil de 1967, o ditame brasileiro não designava a água com um bem público e de direito ao acesso de todos. Esta era restrita e pertencia àqueles que detinham terras por onde passava este precioso bem.

Ao longo do desenvolvimento urbano/espacial do Distrito Federal, várias áreas foram sendo ocupadas, muitas de forma irregular, comprometendo, assim, o abastecimento dos lençóis freáticos e dos corpos hídricos.

A cidade de Brasília foi planejada inicialmente por Lucio Costa para uma população total de 500mil habitantes. Em 2013, a capital do Brasil conta com uma população estimada de 2.789.761 (IBGE, 2013). Sua demanda por água cresceu significativamente. Neste sentido, o estudo de bacias urbanas no Distrito Federal se mostra cada vez mais importante, para atender a demanda por água e seus múltiplos usos.

Com a demanda crescente, o lago do Paranoá, com a Licença Prévia n. 026/2013, se tornou uma fonte para abastecimento, principalmente de residências e novas áreas residenciais em processo de consolidação (DISTRITO FEDERAL, 2013).

As linhas a seguir tratam especificamente da bacia hidrográfica do córrego do Guará, localizada no planalto central brasileiro, dentro do Distrito Federal. Tem uma área de 35,55Km<sup>2</sup>, com um curso d'água principal de 11,1Km. Dentro da bacia hidrográfica estão as Regiões Administrativas (RAs) do Guará I e II, Lucio Costa, Candangolândia, Cruzeiro Novo e Velho, Setor Militar Urbano (SMU), Setor de Indústria e Abastecimento (SIA), Setor de Inflamáveis (SIN), Setor de Oficinas Sul (SOF Sul) e Setor de Transportes Rodoviários e Cargas (STRG). Têm-se aí duas áreas destinadas à proteção e conservação da biodiversidade e recursos naturais, a saber: a Reserva Ecológica do Córrego do Guará e o Parque Ecológico Ezechias Heringer.

Diante do exposto, o estudo da bacia hidrográfica do córrego do Guará tem como objetivo obter o conhecimento sobre a existência de efluentes de metais pesados e/ou óleos & graxas sendo lançados no córrego, sofrendo pressão antrópica de vários tipos de setores econômicos e sociais, tendo as regiões do SIA e

do SOF Sul como principais potências de capacidade de poluição. Com base nos referidos setores, o foco das análises se deu em metais pesados e óleos & graxas: tipos de poluição que tem como característica seu acúmulo na cadeia trófica, afetando não somente aqueles que utilizam diretamente essa água.

Um dado de grande relevância para a escolha dos parâmetros de metais pesados e óleos & graxas é que o Distrito Federal tem a maior taxa de área contemplada de redes de esgoto do Brasil, sendo de 89,3% (IBGE, 2008).

Tal monitoramento tem que ser feito na esfera urbana, pois a bacia se encontra quase em sua totalidade urbanizada. Seu crescimento e a demanda por redes de água e esgoto e locais propícios para sua expansão são pontos válidos para o debate nos comitês de bacias hidrográficas, que pode delegar a consulta pública sobre as atividades, a utilização e a necessidade dos cidadãos que ocupam a sua área.

Devido à necessidade de diagnosticar em que situação são despejadas as águas direcionadas ao Lago do Paranoá, a região aqui analisada, *a priori*, apresenta uma situação de possível poluição de águas superficiais – quando se observa a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) – Resolução n. 357/2005, que trata dos metais pesados e óleos & graxas – na área da bacia do córrego do Guará.

## **CAPÍTULO 1 – ANÁLISE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS – BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO DO GUARÁ**

### **1.1 A BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ANÁLISE NOS ESTUDOS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS**

O Distrito Federal, apesar de deter uma área de 5.806Km<sup>2</sup>, que possa representar uma ação de gestão de águas mais avançada que outras regiões do país (pois tem em seus domínios a capital federal), não faz jus a uma gestão eficiente na temática aqui apresentada. Seu tamanho e sua vantagem de cidade planejada desde a sua criação não proporcionou uma gestão efetiva para seus recursos hídricos.

Neste sentido, o estudo de bacias hidrográficas em áreas urbanas se mostra de importante relevância, uma vez que a necessidade por água, em seus múltiplos usos, cresce a cada ano (UNESCO, 2002). Um exemplo é o fato do Lago do Paranoá se tornar uma área de abastecimento de água para uso em áreas residenciais, tendo sua licença prévia, para início dos projetos de construção da Estação de Tratamento de Água (ETA) e da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) assinado pelo presidente do Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal Brasília Ambiental (IBRAM) – um projeto de orçamento estimado de R\$463.461.721,45 (DISTRITO FEDERAL, 2013). A bacia hidrográfica já está inserida como área-chave para o planejamento e a gestão de áreas urbanas, necessitando ser categorizada e classificada a partir dos dados e das informações obtidas, para melhor destinação de recursos, cobrança pela água, necessidade de tratamento, tipo de uso, área que pode ser ocupada e que tipo de ocupação etc.

Para uma melhor gestão de bacias hidrográficas, tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais, foi criado o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que tem como um dos objetivos estabelecer um pacto nacional para a definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em quantidade e qualidade aceitáveis, gerenciando demandas e considerando a água como um elemento absoluto para a implementação das políticas setoriais sob a custódia do desenvolvimento sustentável e da inclusão social (EMBRAPA, 2008).

O ditame que institui o PNRH e criou o Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Distrito Federal é a Lei n. 2.725, de 13 de junho 2001. O órgão responsável pela gestão das águas do Distrito Federal é a Agência Reguladora de Águas do Distrito Federal (ADASA), criada recentemente pela Lei n. 3.365, de 16 de junho de 2004. Entre as atribuições estão: regular, fiscalizar, conceder outorgas e mediar conflitos relativos ao uso da água dos rios e do subsolo do Distrito Federal.

Os critérios de outorga são definidos pelos Decretos n. 22.358, para águas subterrâneas, e n. 22.359, para águas superficiais – ambos publicados em 31 de agosto de 2001. O capítulo 1, art. 2º, incs. I, II, III e IV, expressa claramente que, a partir da outorga, o responsável tem como garantir a disciplina do uso, assegurar o controle quantitativo e qualitativo, o acesso à água e sua disponibilidade para os usuários atuais e futuras gerações. A soma de todas as outorgas do mesmo corpo hídrico não pode ultrapassar 80% de sua vazão que foi referenciada. A outorga tem tempo determinado e, em caso de estiagem, sua autorização de uso pode ser alterada para um tempo menor do que foi antes estabelecido.

O Distrito Federal possui seu comitê de bacias, com uma atuação fraca no que diz respeito à inclusão dos usuários e promoção das reuniões do comitê para discussões a respeito das bacias em que as Regiões Administrativas (RAs) estão inseridas. O reflexo se mostra em ocupações irregulares de condomínios residenciais, prejudicando não somente o meio ambiente, mas nos âmbitos econômicos e sociais, forçando a criação de novas políticas para esgoto e abastecimento.

Uma das funções do comitê de bacias, que deve ter uma gestão descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (Lei n. 9433/1997), é o enquadramento da sua qualidade, tendo a partir de seus parâmetros, meio de gerir seu uso, com diagnósticos de sua qualidade e a partir disso destinar políticas públicas para seu melhoramento, caso necessite, gerenciando/fiscalizando todas as ocupações e uso dentro da bacia para manter sempre a melhor qualidade possível do recurso hídrico. "[...] o enquadramento dos corpos d'água segundo seus usos preponderantes, ou seja, deve-se fazer um estudo para saber se a água de determinado rio tem qualidade adequada ao uso que se destina, em consonância com a legislação ambiental" (EMBRAPA, 2008, p. 98).

Sendo constante a necessidade do aumento da capacidade de abastecimento de água para variados usos no Distrito Federal, rever as outorgas de uso da água é um processo válido, pois muitas áreas desta Unidade da Federação (UF) se

instalaram e se consolidaram antes do decreto de uso de águas. Tal levantamento pode trazer dados valiosos para o planejamento de novas redes de abastecimento, planejamento urbano e área com necessidades de proteção e preservação.

Seria interessante se pensar sobre a prestação de "serviço ambiental" que a bacia aqui em análise pode proporcionar tanto para os ocupantes da terra existente em seus domínios, quanto tendo uma visão mais abrangente e ver qual a sua influência em toda a dinâmica de águas que o Distrito Federal possui.

Sobre tal questão, Passos (2003, p. 19) destaca:

As intervenções do meio ocorre nos estágios mais iniciais das sociedades humanas. Com toda essa antropização se faz mister a reflexão da interação homem e natureza, nascendo uma nova consciência conservacionista dessa relação.

Analisar uma bacia hidrográfica para lograr um diagnóstico da qualidade ambiental de uma área é bem vantajoso. As respostas das intervenções na superfície e no interior do solo tem um reflexo rápido tanto na vegetação, vegetação ciliar, quanto no corpo hídrico. Neste sentido, Vivian Campos (2008, p. 17) assim se pronuncia:

Isso se dá pelo fato da bacia representar um "sistema", em que os elementos (geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos, climáticos, etc.) interagem, com seus *inputs* e *outputs*, e no qual a água assume papel primordial pois representa a entrada e saída de energia. Ela apresenta-se também como o sistema mais representativo para análise de alterações ocorridas, por expressar as consequências diretas da intervenção (natural ou antrópica) e as mudanças no ciclo, no qual a água assume novamente papel de destaque.

E Faustino (1996, p. 90) assevera:

Bacia Hidrográfica é um espaço de terreno limitado pelas partes mais altas das montanhas, morros ou ladeiras, onde existe um sistema de drenagem superficial que concentra suas águas em um rio principal o qual está ligado ao mar, lago ou a outro rio maior.

Tendo como parte da conceituação de Faustino (1996, p. 90), o "sistema de drenagem superficial que concentra suas águas em um rio principal" deve se fazer importante no estudo de bacias com um diagnóstico com representatividade substancial do nível de qualidade ambiental que a sociedade nela está inserida. Tal

drenagem "varre" toda essa superfície, trazendo com ela todos os "registros" das atividades aplicadas na bacia.

A definição de Faustino (1996) trás a potencialidade que se aplica para a análise, proteção, reabilitação, conservação e uso da terra, visando controlar e conservar o recurso água proveniente das mesmas.

A classificação brasileira é de sub-bacia, com base no art. 37 da Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. A sub-bacia abrange a área de drenagens de um tributário do rio principal. Sobre tal questão, Nascimento e Carvalho (2008, p. 63) atentam que:

Uma bacia hidrográfica, embora constituída de um sistema natural complexo, não um sistema único. Por isso, é necessário considerar as questões socioeconômicos regionais que, na maioria dos casos, não respeitam os limites dos divisores de água.

A extrapolação dos limites dos divisores de água deixa de ser somente um elemento, agregando à água um valor econômico, político e social, tornando-o um recurso, que é um bem comum necessário, tendo como imprescindível a consciência de sua esgotabilidade. Mesmo o Distrito Federal tendo uma quantidade relevante de tal recurso, sua má gestão pode fazer com que colapse em pouco tempo toda a região desta UF, bem como outras partes do Brasil, uma vez que a dinâmica da água na capital federal se agrega com outras três importantes bacias, a saber: Tocantins, Paraná e São Francisco.

## 1.2 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA COMO FERRAMENTA DE APOIO NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

A utilização da ferramenta Sistema de Informação Geográfica (SIG) vem a complementar os estudos e análises de espaços geográficos, proporcionando uma visão abrangente de uma mesma área de análise, ofertando um arcabouço de dados especializados muito mais eficiente.

Neste sentido, vale destacar cinco aplicações básicas do SIG nos estudos ambientais (ou socioambientais), quais sejam: o Mapeamento Temático, o Diagnóstico Ambiental, a Avaliação de Impacto Ambiental, o Ordenamento Territorial e os Prognósticos Ambientais. Segundo Câmara e Medeiros (2001 apud CAMPOS,

V. D., 2008), estas aplicações, viabilizadas através das técnicas do geoprocessamento, vêm crescendo largamente nos últimos anos e são de extrema importância para o processo de desenvolvimento sustentado.

Com o mapeamento de vários temas (hidrográfico, vegetacional, viário, geomorfológico, pluviométrico, urbano, socioeconômico e outros) associado a um banco de dados, é possível obter variadas informações, gerando uma real visão geográfica sobre a temática desenvolvida.

Tucci (1993) explica que a ferramenta Geoprocessamento auxilia na análise de um todo da bacia hidrográfica e suas características, tais como: cobertura vegetal, topografia, drenagem, tipos de solo etc., mapeando o uso da terra para salientar potencialidades e fragilidades.

Na temática “mapeamento em gestão de recurso hídrico”, é algo essencial, principalmente na análise do estado que se encontra os aglomerados urbanos ao seu redor, o diagnóstico da vegetação que a compõe, tendo acesso a uma análise multi-temporal de imagens ou *shapes*, possibilitando observar quais são as principais vertentes de expansão e poder orientar o avanço das áreas urbanas que impacte em menor grau a bacia hidrográfica.

No presente estudo, um ponto-chave para a interpretação das imagens com a ligação das análises de água é observar que os usos da terra mais próximos da Reserva Ecológica do Guará são os que mais oferecem risco à qualidade da água, pois são áreas que contém tanques de armazenamento de combustível, óleos, solventes e todo um complexo industrial setorizado do Distrito Federal.

Sobre a questão do geoprocessamento, Silva (2009, p. 23), em uma definição mais e pragmática, o conceitua como:

Um conjunto de conceitos, métodos e técnicas que, atuando sobre bases de dados georreferenciados, por computação eletrônica, propicia a geração de análises e sínteses que consideram, conjugadamente, as propriedades intrínsecas e geotopológicas dos eventos e entidades identificados, criando informação relevante para o apoio à decisão quanto aos recursos ambientais.

O poder de síntese que o geoprocessamento fornece torna a referida ferramenta um norte nos tempos atuais, trazendo objetividade nas ações, maior precisão de dados coletados (com o auxílio de outras ferramentas, tais como: Sensoriamento Remoto, *Global Positioning System* – GPS e Cartografia Digital),

gerando informações embasadas para políticas de gestão e proteção de recursos ambientais. No presente estudo, têm-se claramente as possíveis relações dos usos da terra que se tem dentro da bacia hidrográfica e como o córrego pode ser impactado, também auxiliando em possíveis soluções de problemas que podem ser encontrados.

Arnoff (1989, p. 47) destaca que os:

[...] sistemas de automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la.

Aquele autor atenta uma das principais funções do SIG: a espacialização do dado, melhor embasando e se tornando um facilitador das interpretações e análises espaciais evidentes na presente pesquisa. Na gestão de recursos hídricos, se faz necessária uma ampla gama de dados de vários seguimentos, tais como: clima, vegetação, infraestrutura urbana, socioeconomia, expansão urbana e outros. Neste sentido, o SIG consolida-se como uma ferramenta de ampla utilidade na gestão, conservação, recuperação e manutenção de bacias hidrográficas urbanas e seus recursos hídricos.

Em um trabalho de análise da aplicação primária do SIG, Nascimento, André e Silva (2010) aplicaram na função de apoiar suas análises de recursos hídricos do Rio de Janeiro, utilizando vetores, arquivos *raster* (imagens) e gerando um banco de dados, onde extraíram dados e informações que nortearam suas pesquisas e futuras metodologias de gestão.

Outra aplicação bem sucedida do SIG para gestão de recursos hídricos foi efetivada pelo estudo de Pinheiro et al. (2009), que teve como proposta embasar as discussões do Comitê de Bacias, a proposta de enquadramento e os vetores de expansão tanto urbana quanto rural. Aquele estudo teve por conclusão a análise da qualidade de água com suporte da ferramenta SIG.

De fato, na região aqui analisada, tem-se um elevado risco de contaminação quando do não tratamento e descarte correto dos rejeitos, em especial, nos setores de indústria e oficinas, que estão na região mais a montante da bacia e mais próximo das nascentes do córrego.

Pelas imagens de satélite do Google Earth® e com base nas saídas de campo para os locais dos pontos analisados, obteve-se a medição a partir das nascentes, à distância de 400 a 550 metros para os setores de inflamáveis e transportes rodoviários e cargas – atividades que não laboram diretamente com metais pesados e óleos & graxas, mas que se encontram envoltas indiretamente com os referidos elementos tóxicos.

### 1.3 USO DA TERRA E SUA INFLUÊNCIA NA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

A ocupação territorial transforma e altera as dinâmicas ambientais de modo muito mais negativo do que positivo. Em geral, as ocupações do território vêm acompanhadas da retirada de cobertura vegetal, impermeabilização do solo, geração de resíduos sólidos, esgoto, assoreamento de corpos d'água etc.

Cada forma de ocupação altera um tipo de impacto. Neste sentido, o estudo da água que passa pelas referidas ocupações consegue descrever por meio das respostas das análises que tipo de ocupação predomina na saúde do corpo d'água.

O processo de escoamento superficial e sub-superficial carrega todos os elementos deixados na superfície para a drenagem principal, com todas as “digitais” desta ocupação “impressa” na água.

Sobre tal questão, Vivian Campos (2008, p. 25) aponta:

O mesmo se aplica à poluição das águas causadas pelos diferentes usos da terra encontrados na bacia, pois os efluentes despejados à montante repercutirão em toda extensão dos canais ai serem transportados pelas águas, o que compromete a qualidade da água de toda bacia.

Ono, Barros e Conrado (2005) explicitam que os processos acelerados da urbanização nas bacias hidrográficas vêm conjugados de profundas transformações no uso e na ocupação do solo, acarretando em mudanças na dinâmica da paisagem e na qualidade do ambiente, causadas principalmente pela ocupação irregular e falta de planejamento na gestão territorial urbana.

A sub-bacia aqui analisada tem várias tipologias de ocupação e atividades, de depósitos de combustíveis à residências.

Observando as palavras de Ross (2008, p. 48):

Parece extremamente óbvio que qualquer interferência na natureza, pelo homem, necessita de estudos que levem ao diagnóstico, ou seja, a um conhecimento do quadro ambiental onde se vai atuar. No entanto, isso não é tão lógico aos leigos quanto possa parecer aos estudiosos e cientistas em geral.

As ocupações em regiões de área proteção ambiental após as ocupações consolidadas não são ações onde os culpados são aqueles que ali se encontram, mas sim se tem as próprias autoridades que permitiram e ainda permitem tais atividades como a vertente negativa da questão. Neste sentido, é preciso considerar que muitas das áreas que atualmente são áreas de proteção foram criadas após as ocupações, seja por domicílios ou por atividades agrícolas.

#### 1.4 A IMPORTÂNCIA DA VEGETAÇÃO PARA A PROTEÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

"A cobertura da bacia, principalmente a cobertura vegetal, tende retardar o escoamento superficial e aumentar as perdas por evapotranspiração" (MACHADO; TORRES, 2012, p. 109).

"Nas bacias urbanas, onde a cobertura vegetal é alterada, tornando-se mais impermeável, acrescida de uma rede de drenagem mais eficiente, o escoamento superficial e o pico aumentam" (TUCCI, 1993, p. 393).

A cobertura vegetal existente em uma bacia hidrográfica desempenha vários papéis imprescindíveis para a manutenção e conservação das águas existentes na área da bacia. Seu papel de agregador do solo, diminuição do escoamento superficial, facilitador da infiltração da água e outros, faz com que a saúde dos corpos hídricos possam se manter em qualidades elevadas.

Em bacias hidrográficas urbanas, a cobertura vegetal é algo muito difícil, pois além da preocupação sobre a vegetação e a qualidade da água, as demandas cada vez maiores por espaço para novas habitações e pressão da indústria da construção civil e imobiliária ameaçam a preservação da cobertura vegetal original ou mesmo recuperada. Neste sentido, a mínima existência de uma Área de Preservação Permanente (APP), de acordo com o Código Florestal – Lei n. 12.651, de 25 de maio

de 2012 – mostra-se como uma proteção válida, e garantida por lei, para um curso d'água.

"A cobertura vegetal atual como um elemento balanceador no sistema que garante o equilíbrio dos *inputs-outputs* de energia, além de ter influência no micro clima e na qualidade das águas superficiais" (CAMPOS, V. D., 2008, p. 25).

Para Drew (1994), o micro clima também é um dos fatores de importância para a proteção do recurso água. A constante retirada da cobertura vegetal altera a umidade, a evapotranspiração, as temperaturas médias, a diminuição da infiltração de água no solo e outros aspectos, alterando o regime de chuvas, dependendo da escala em que se analisa. E ainda, o micro clima tem a função de fixar os agregados do solo, protegendo-o também do assoreamento, mantendo a quantidade e o volume da água regulados.

## 1.5 VARIÁVEIS PARA ANÁLISE DE QUALIDADE DE ÁGUA DE UM CORPO HÍDRICO

Muito se pensa na quantidade de água que se tem disponível para os mais variados usos.

A fim de classificar a qualidade do corpo hídrico, foi criada a Resolução CONAMA n. 357/2005, que, de acordo com os tipos de uso verificados, podem ser enquadrados em cinco classes, quais sejam:

Classe especial - destinada ao abastecimento para consumo humano com desinfecção, preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, preservação do equilíbrio natural em unidades de conservação de proteção integral;

Classe 1 - podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento simplificado, proteção das comunidades aquáticas, à recreação, à irrigação de hortaliças consumidas cruas e à proteção de comunidades aquáticas em áreas indígenas;

Classe 2 - podem ser destinadas ao abastecimento humano após tratamento convencional, proteção das comunidades aquáticas, à recreação, à irrigação de hortaliças, frutíferas, parques e jardins e à aqüicultura ou atividade pesqueira;

Classe 3 - podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento avançado, à irrigação, culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário, à dessedentação de animais;

Classe 4 - pode ser destinada à navegação e à harmonia paisagística.

Machado e Torres (2012, p. 155) também asseveram:

A água que se destina ao consumo humano, ou seja, a água potável, deve seguir determinações de qualidade estabelecida pela Portaria nº 518/GM de 25 de março de 2004. Em seu Artigo 4º, essa portaria define água potável como "água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendem ao padrão de portabilidade e que não ofereça risco à saúde".

O Distrito Federal, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) possui a maior taxa de cobertura da rede geral coletora de esgoto (83%). Com base neste dado, o foco de contaminação sobre águas superficiais são os metais pesados, óleos & graxas – contaminações que não são evitadas somente com a rede de esgoto convencional; e a ocupação de maior impacto possível devido ao uso e à ocupação justificam tal prioridade de análise.

Neste sentido, Tundisi e Tundisi (2011, p. 68) destacam:

Os avanços no sistema de planejamento e gerenciamento de águas devem considerar processos conceituais (a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento e integração econômica e social), processos tecnológicos (uso adequado de tecnologias de proteção, conservação, recuperação e tratamento) e processos institucionais (a integração institucional em uma unidade de fisiográfica, a bacia hidrográfica é fundamental).

Considerando os três processos supramencionados, faz-se importante um padrão de manutenção de qualidade de água, sendo o processo institucional algo de grande relevância para a gestão da bacia hidrográfica urbana e da qualidade de água, seja superficial ou subsuperficial.

Um fator muito importante para se verificar e analisar a qualidade da água é a cobertura vegetal que acompanha o curso da água, ao se verificar se APP está de acordo com o novo Código Florestal, e mesmo estando de acordo com o referido Código, se a ocupação dos territórios dentro da bacia colabora ou não para a qualidade da água.

## CAPÍTULO 2 – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 2.1 PROCESSO DE DELIMITAÇÃO AUTOMÁTICA DE BACIA E SUB-BACIA HIDROGRÁFICA

Para o mapeamento das atividades exercidas na sub-bacia do córrego do Guará, fez-se necessário uma delimitação da área de contribuição do córrego.

Foi escolhida a metodologia de delimitação automática de bacia, logo após o processo de refinamento para a escala de sub-bacia, para uma melhor precisão do mapeamento e da real área de contribuição do córrego.

A metodologia de Watershed, bacia hidrógrafica em tradução livre, é uma ferramenta que utiliza imagens *raster* e *shape* para delimitar uma bacia ou sub-bacia. Adiante se tem a descrição do processo de delimitação e refinamento para a escala do presente estudo.

Para a delimitação, são necessários alguns processos dependentes entre si. São seis processos em escala geral, ou seja, de tratamento de imagens *raster* e outros cinco processos de refinamento dessas imagens para a obtenção do resultado final: a delimitação da sub-bacia do córrego do Guará.

A delimitação foi feita em ambiente Sistema de Informação Geográfica (SIG), no *software* ArcGis® 10, com a ferramenta *hydrology*, utilizando imagens *raster* SRTM de códigos S16W48, S16W49, S17W48 e S17W49.

A seguir, tem-se a descrição em forma de itens, mostrando a ordem sequencial dos processos:

- 1) O primeiro passo é a obtenção das imagens *raster* SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), que são produtos fornecidos de forma gratuita pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), que tem um projeto de mapeamento de todo o mundo com imagens de RADAR. Para tanto, fez-se uso do mapeamento mais recente, com as imagens SRTN com resolução espacial de 30 metros. As imagens SRTM são imagens com dados de altimetria.

O Distrito Federal se encontra entre quatro quadrantes UTM (Universal Transversa de Mercator). Assim, faz-se necessário a utilização de quatro imagens para a visualização da referida Unidade da Federação (UF). Conforme supramencionado, as imagens tem os códigos S16W48, S16W49, S17W48 e S17W49.

- 2) Após o *download* dessas imagens, foi necessário juntá-las e projetá-las para o SAD 69 (*South American Datum 1969*) – projeção que converteu em SIRGAS 2000 23S antes da iniciação da delimitação das bacias hidrográficas propriamente dita. Não foi projetada para SIRGAS 2000 23S, *a priori*, porque o programa utilizado para juntar as imagens (Global Mapper®) não contém essa projeção. Com as imagens já unidas, teve início o processo de extração de drenagens e a delimitação das bacias hidrográficas.
- 3) Adicionou-se as imagens unidas e projetadas no ArcGis®10 e fez-se uso da ferramenta *hydrology* – que está dentro da caixa de ferramentas do ArcToolbox, na partição *Spacial Analyst Tools*. Disto seguem os processos:
  - *Fill*: para remover pequenas imperfeições que possam ter na imagem;
  - *Flow Direction*: para gerar a direção de fluxos de drenagem;
  - *Flow Accumulation*: para gerar números de graduação de acumulação de fluxo;
  - *Flow Length*: para calcular o fluxo mais longo dentro de uma bacia, do *upstream* para o *downstream*; e
  - *Stream Order*: para gerar drenagens de acordo com a classificação de ordens de drenagem de Strahler.
- 4) Obteve-se a extração de drenagens utilizando o arquivo *raster* gerado e convertido para vetor, com a ferramenta *stream* do *feature*. A classificação do *stream order* dá norte a todas as drenagens de cada pixel. Assim, é possível encontrar drenagens de até décima ordem, tendo um arquivo muito pesado e de difícil processamento. Para refinar essa extração, a ferramenta condicionante é utilizada, gerando uma programação que só extrai drenagens até a segunda ordem, que é a ordem que se encontra dentro da bacia do córrego do Guará.

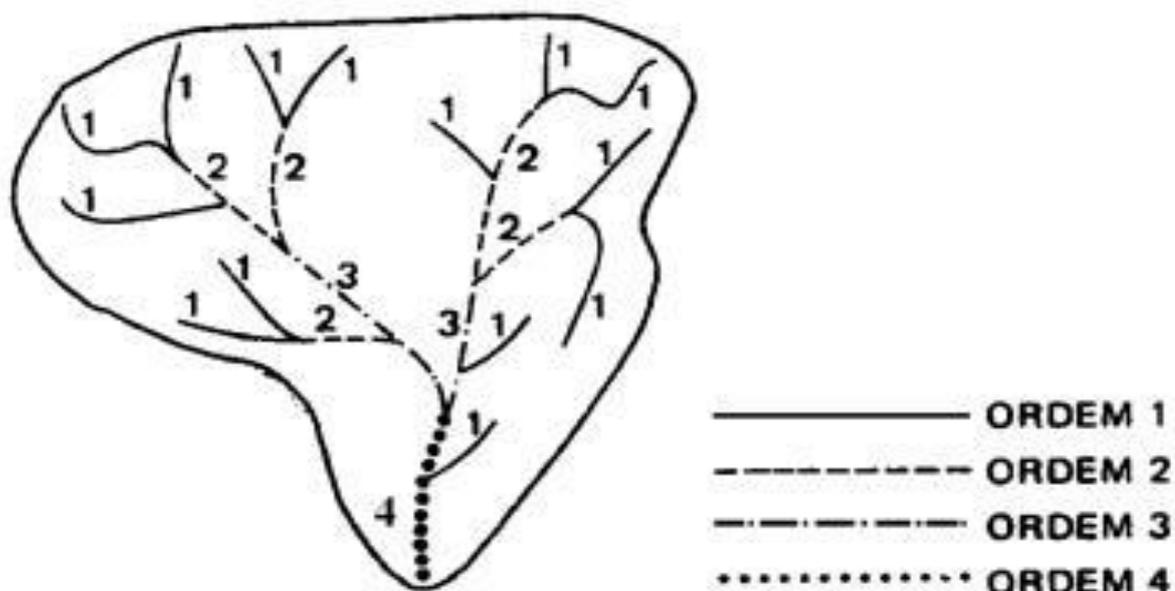


Imagem 1 – Ordenação de canais.

Fonte: Strahler (1945).

- 5) Com a drenagem extraída na ordem que se aplica à bacia hidrográfica em análise na presente pesquisa, fez-se uso da ferramenta *Basin*, que trata da direção dos fluxos para delimitar as bacias.

Para se ter um refinamento na delimitação da bacia hidrográfica para sub-bacia hidrográfica, escala onde se encontra o córrego do Guará, foram necessários mais dois processos, quais sejam: gerar um ponto onde se encontra o enxutório do córrego e, em seguida, fazer uso da ferramenta. Após esses dois processos se têm a sub-bacia delimitada.

## 2.2 PROCEDIMENTOS PARA A ELABORAÇÃO DOS MAPAS DE USO DA TERRA

Foi utilizada a base de dados do Laboratório de Sistemas de Informações Espaciais da Universidade de Brasília (LSIE/UnB) para o mapeamento feito com o software ENVI®, de sensor remoto, com imagens *Quickbird* de resolução espacial de 1x1 metro, do ano de 2010.

A classificação do uso da terra foi determinada pela predominância de fitofionomia dentro da área da bacia aqui em análise. Neste sentido, determinaram-se as seguintes áreas:

- Área Urbana: definição do poder público na existência de no mínimo quatro dos seguintes equipamentos públicos: malha viária com canalização de águas plúvias, rede de abastecimento de água, rede de esgoto, distribuição de energia elétrica e iluminação pública, recolhimento de resíduos sólidos urbanos e densidade demográfica superior a 5 mil habitantes por km<sup>2</sup>. (BRASIL, 2012). As áreas urbanas foram mapeadas fazendo uso deste referencial.

Para áreas verdes, foi utilizado o conceito de Cavalheiro (1999), que são áreas verdes que contemplam três funções (estética, ecológica e lazer), vegetação e solo permeável (sem laje) e que ocupe no mínimo 70% da área. Milano (1993, p. 77) explicita como "qualquer área verde independente do porte vegetacional". Com essas bases coincidentais, as áreas verdes foram conceituadas as áreas. A classificação de vegetação foi utilizado a conceituação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). As classes que foram encontradas tanto por imagens de satélite, quando nas idas à campo foram: cultura, campo limpo/sujo, cerrado típico e mata ciliar/galeria.

- Cultura: foi classificado como cultura, onde se encontravam atividades agrícolas. No caso das regiões encontradas, são plantações de hortaliças orgânicas.
- Campo Limpo/Sujo:

É uma fitofisionomia predominantemente herbácea, com raros arbustos e ausência completa de árvores. Pode ser encontrado em diversas posições topográficas, com variações de grau de umidade, profundidade e fertilidade do solo (EMBRAPA, 2008, p. 177).

Entende-se por campo sujo: "É um tipo fitosionômico exclusivamente abustivo-herbáceo, com arbustos e subarbustos esparsos, cujas plantas, muitas vezes, são constituídas por indivíduos menos desenvolvidos da espécie arbórea do Cerrado Sentido Restrito" (EMBRAPA, 2008, p. 178).

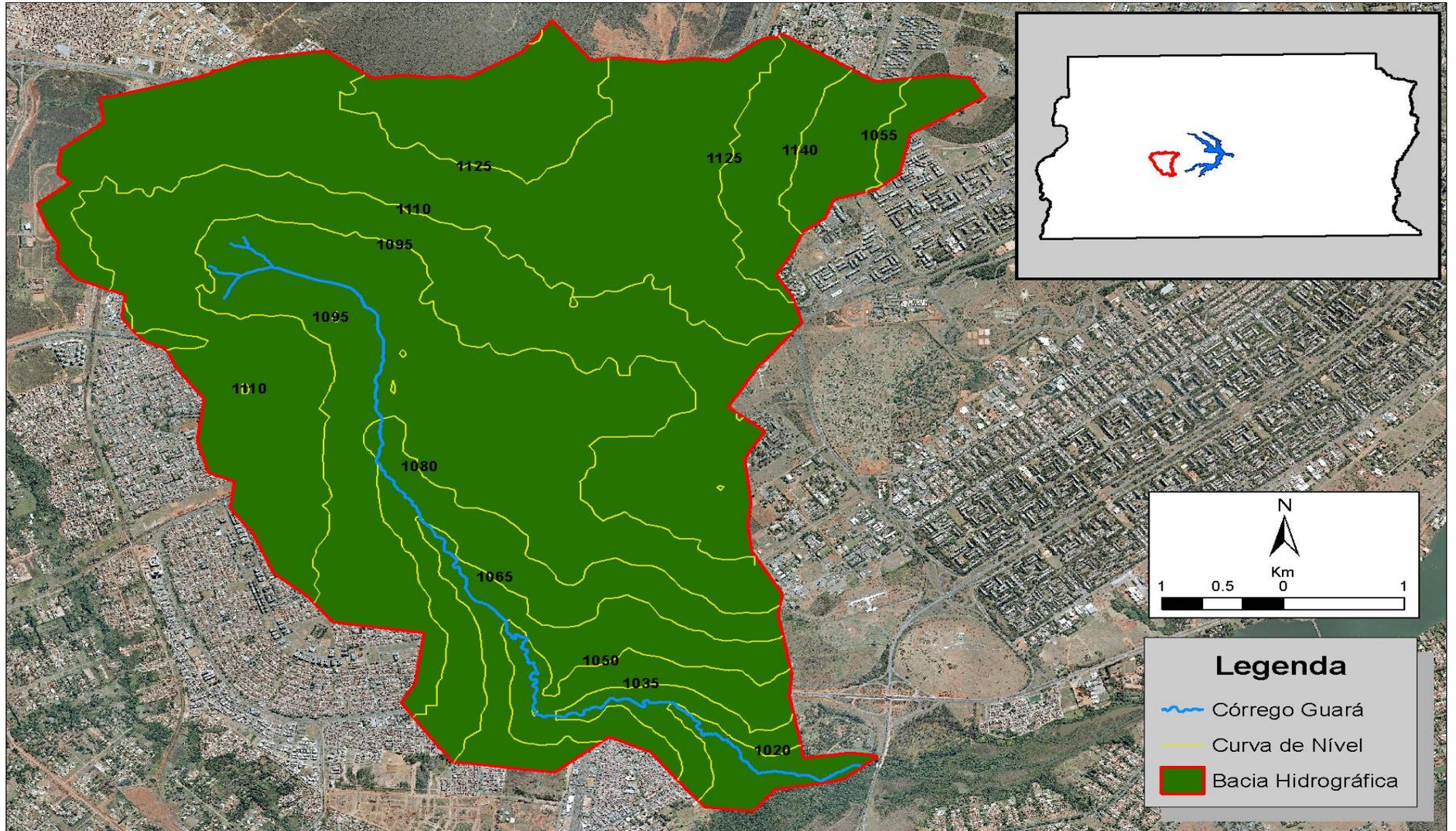
- Cerrado Típico: O cerrado típico são formações savânicas no sentido restrito. "caracteriza-se pela presença de árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, e geralmente com existência de queimadas" (EMBRAPA, 2008, p. 181).
- Mata Ciliar/Galeria:

Por mata ciliar entende-se vegetação florestal que acompanha os rios de médio e grande porte da Região do Cerrado, em que a vegetação não formam galerias. Em geral essa mata é relativamente estreita, dificilmente ultrapassando cem metros de largura em cada margem (EMBRAPA, 2008, p. 183).

"Por mata de galeria entende-se a vegetação florestal que acompanha os rios de pequeno porte e córregos do planalto do Brasil Central, formando corredores fechados (galerias) sobre o curso d'água" (EMBRAPA, 2008, p. 183).

Devido às atividades industriais, como refinarias de combustíveis e transporte dos mesmos, oficinas de manutenção e garagens de ônibus do transporte público do Distrito Federal, centros de estocagem de peças de ônibus e caminhões, fábricas de papelão, dentro e nos limites da bacia, os focos das análises foram de metais pesados, óleos & graxas.

As cores foram escolhidas arbitrariamente para melhor identificação das atividades sobrepostas às imagens de satélite. O Google Earth® utiliza os sensores GeoEye®, SPOT Image®, Digital Globe®, Maplink® e do *US Government* para fazer a cobertura de todo o mundo. No caso mais específico da Bacia do Córrego do Guará, o sensor utilizado foi DigitalGlobe®, de 28 de fevereiro de 2012 com resolução espacial de 0,5m x 0,5m por pixel.



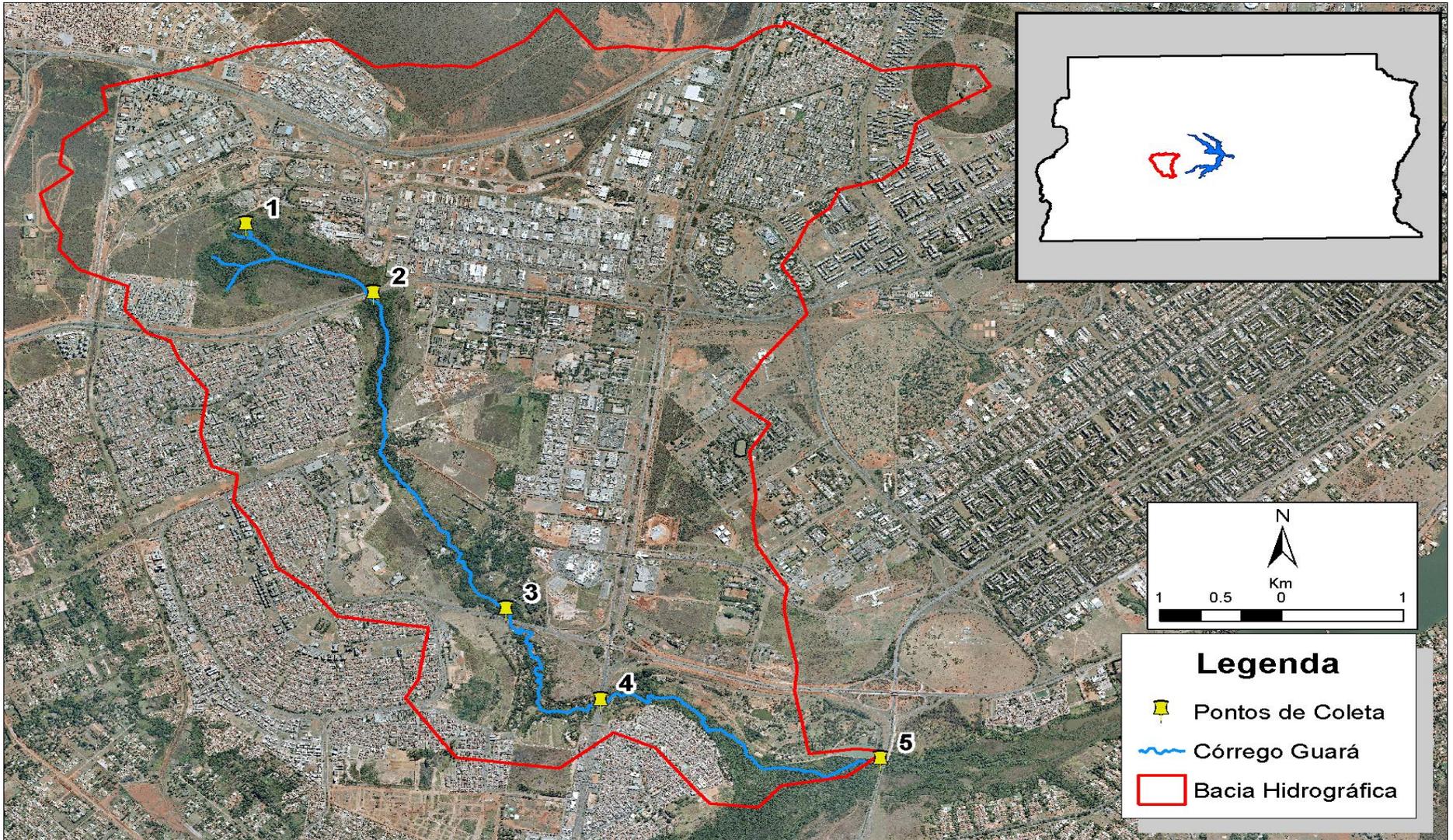
Mapa 1 – Curva de nível.

Fonte: Do autor.



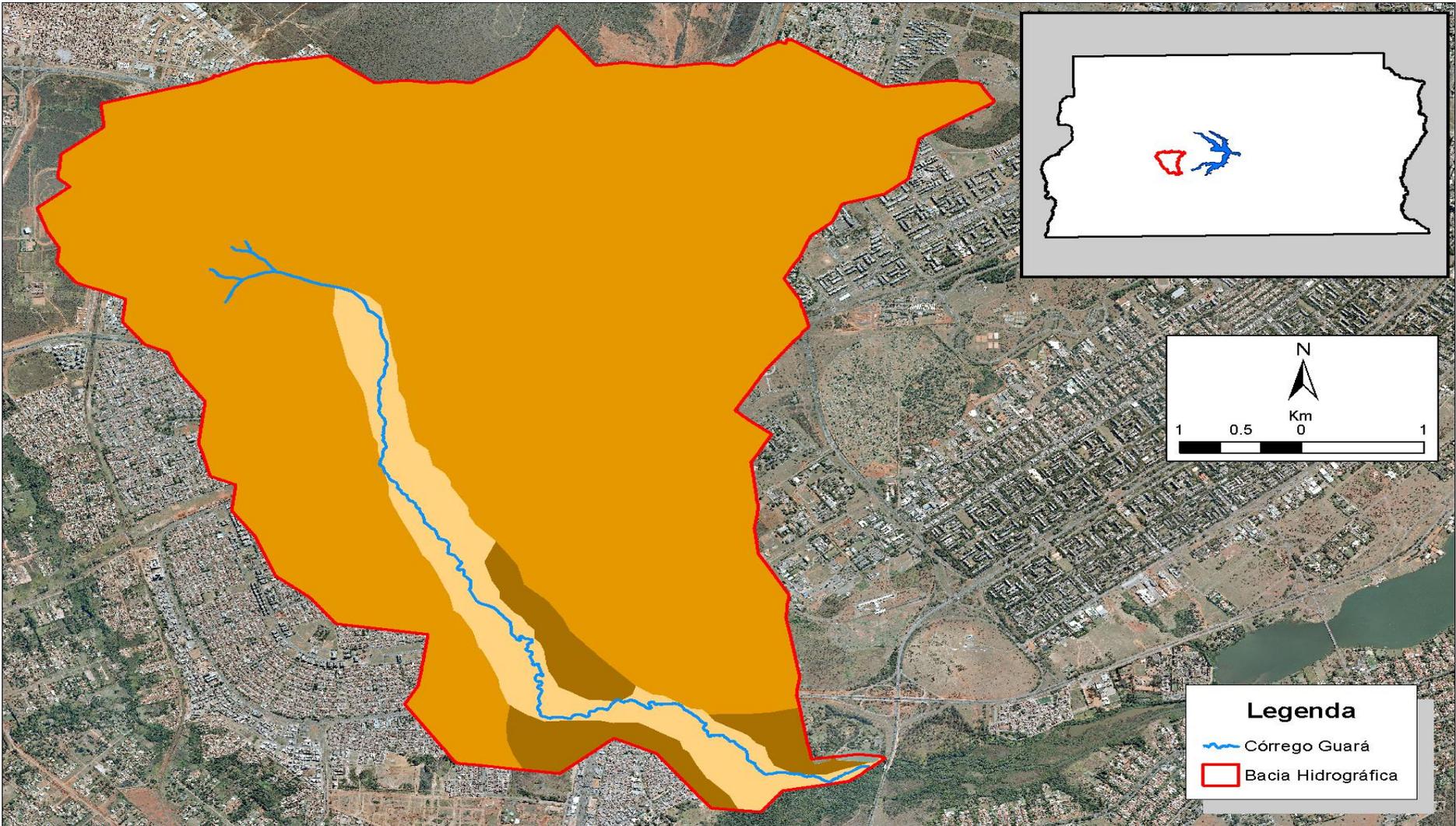
Mapa 2 – Pontos de coleta e fotos.

Fonte: Do autor.



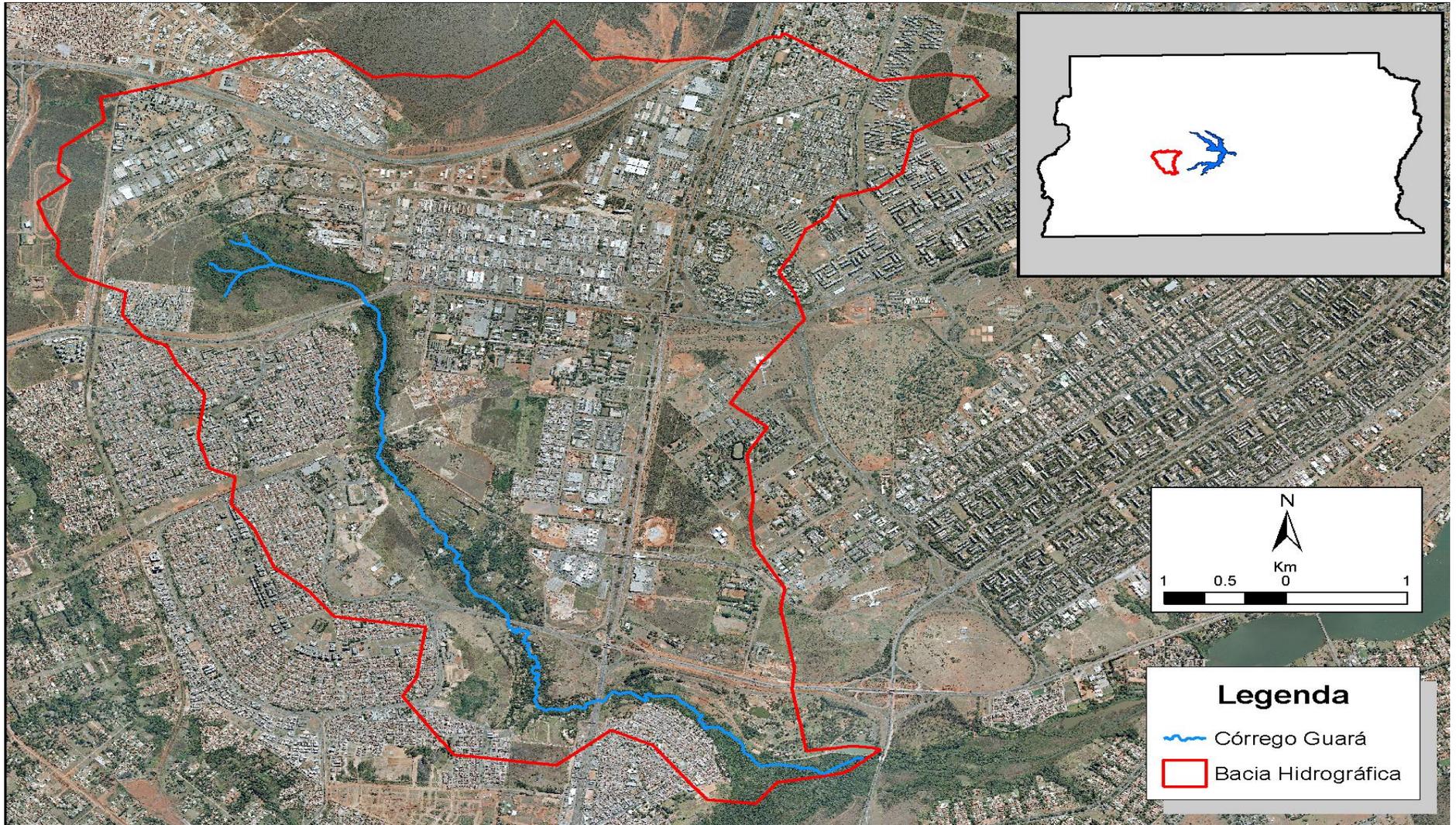
Mapa 3 – Pontos de coleta.

Fonte: Do autor.



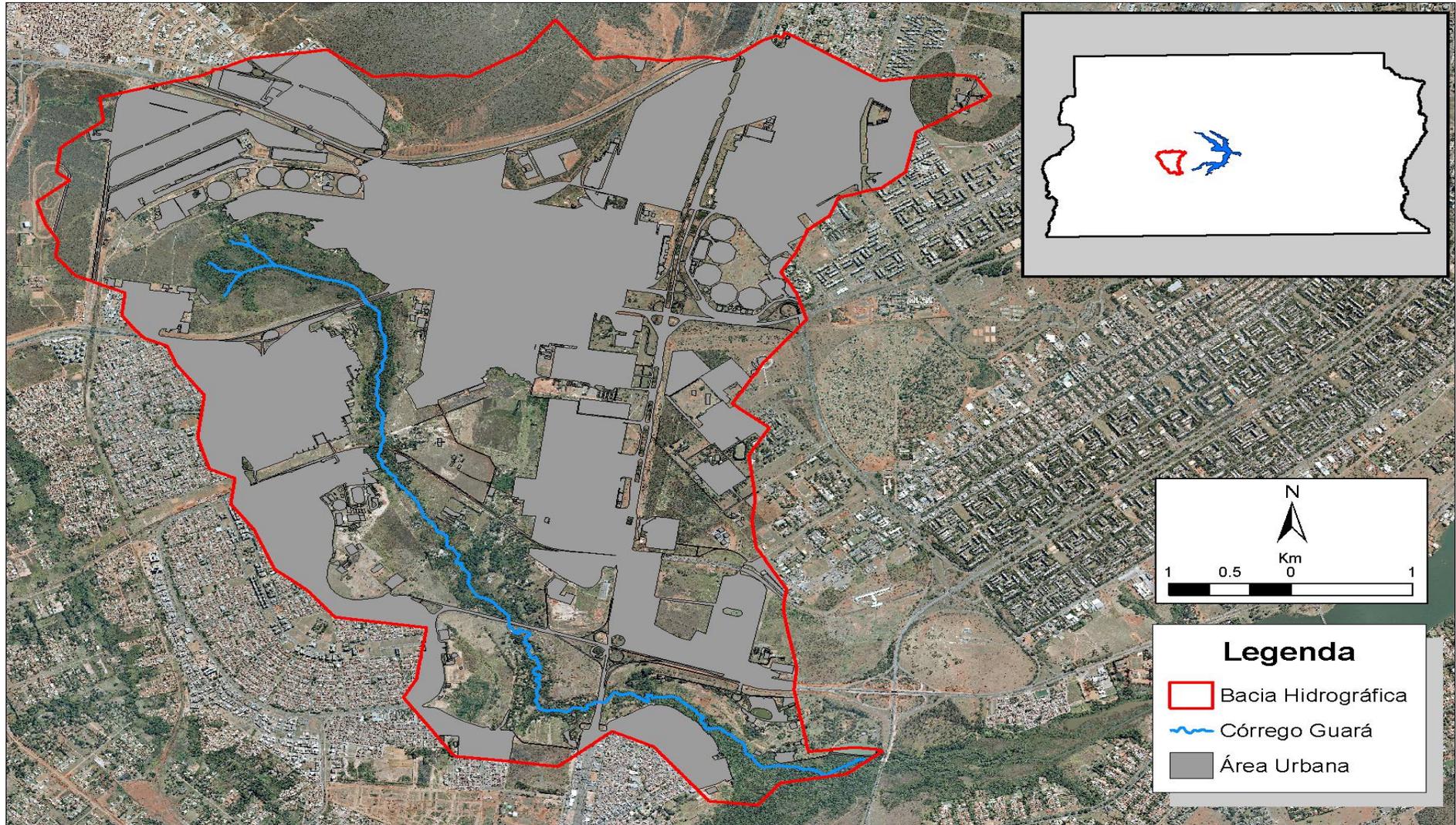
Mapa 4 – Geomorfologia.

Fonte: Do autor.



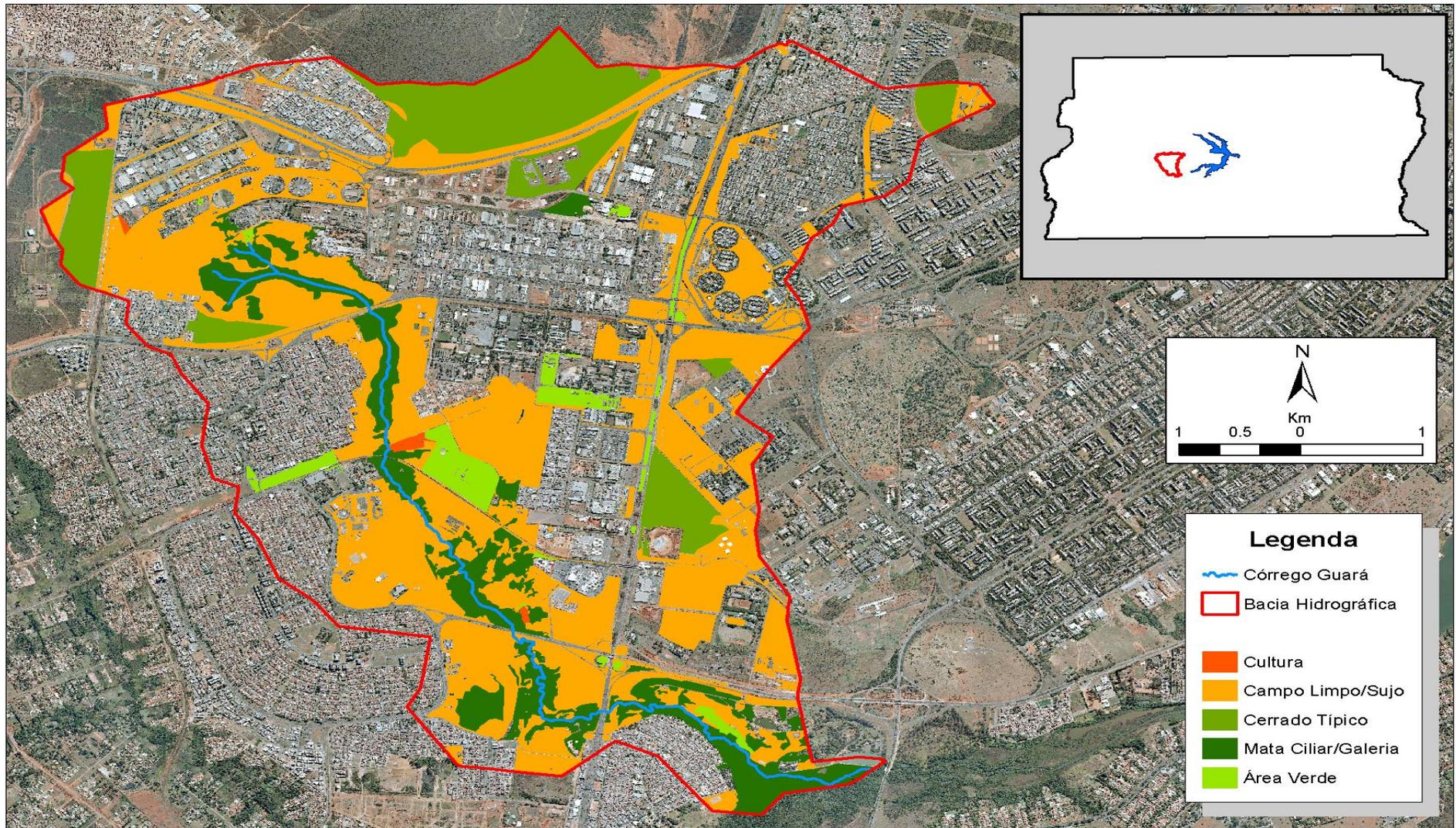
Mapa 5 – Localização geral.

Fonte: Do autor.



Mapa 6 – Amostragem urbana.

Fonte: Do autor.



Mapa 6 – Amostragem de vegetação.

Fonte: Do autor.



Imagem 2 – Amostras coletadas em isopor para conservação.

Fonte: Do autor.

### 2.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA PARA A VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

Para os procedimentos adotados para a coleta das análises de água da Bacia do Córrego do Guará foi considerado a Resolução CONAMA n. 357/2005, para o enquadramento da qualidade da água, com cinco pontos ao longo do córrego, com ordem de coleta do ponto mais a montante para a mais jusante da bacia.

Os pontos de análise foram escolhidos levando em consideração as atividades de elevado potencial poluidor, tendo como objetivo verificar a contaminação das águas superficiais por metais pesados, óleos & graxas. Foram escolhidos com auxílio de imagens de satélite do *software* Google Earth®, além das visitas aos referidos locais para averiguação da viabilidade de acesso. Como características dos locais pesquisados, privilegiou-se a média da vazão e a vegetação local alterada, com o intuito de enfatizar a importância da vegetação ciliar para a manutenção da qualidade da água superficial.

A seguir, têm-se os pontos de amostragem e tipos de uso da terra relacionados.



Imagem 3 – Área de localização do ponto 1 (23L 0180382 8250896) de coleta de água.

Fonte: Adaptado do Google (2015).

O primeiro ponto de coleta foi o ponto mais elevado do córrego, para se ter um parâmetro de qualidade inicial do corpo hídrico. As atividades que se encontram em um raio de 1km (um quilômetro) a partir do ponto de coleta são:

- Ao norte: Empresa Petrobrás, Setor de Inflamáveis (SIN), Setor de Transportes Rodoviários e Cargas (STRC);
- Ao sul: Cidade Lucio Costa, via Estrada Parque Taguatinga (EPTG), cidade Guará I;
- A leste: vegetação primária, vegetação secundária, via EPTG; e
- A oeste: vegetação primária, vegetação secundária, STRC e Jockey Club de Brasília.



Imagem 4 – Área de localização do ponto 2 (23L 0181906 820033) de coleta de água.

Fonte: Adaptado do Google (2015).

O segundo ponto de coleta se deu na jusante da via EPTG, que passou por obras em outubro de 2009, onde houve a contaminação por óleo, piche e rejeitos de construção. Pode ser considerado um ponto chave para se lograr o grau de resiliência do córrego. Como atividades e uso da terra em um raio de 1km (um quilômetro) tem-se:

- Ao norte: via EPTG, Setor de Indústria e Abastecimento (SIA) e SIN;
- Ao sul: vegetação primária, secundária e mata ciliar;
- A leste: SIA, cidade Guará I, via EPTG; e
- A oeste: cidade Guará I, via EPTG.



Imagem 5 – Área de localização do ponto 3 (23L 0182285 8246999) de coleta de água.

Fonte: Adaptado do Google (2015).

Como os outros pontos, constatou-se que o terceiro local de coleta sofreu pressões antrópicas fortes pelo tipo de ocupação e atividades nas proximidades do córrego. A variedade de atividades são de atividades agrícolas à construção de um novo condomínio residencial. Em um raio de 1km (um quilômetro) tem-se:

- Ao norte: mata ciliar, vegetação primária, vegetação secundária, linha de metrô, atividades agrícola, construção de um condomínio residencial;
- Ao sul: mata ciliar, vegetação primária, vegetação secundária, atividade agrícola, Estrada Parque Guará (EPGU – DF 051), Parque Ezequias Heringer;

- A leste: mata ciliar, vegetação primária, vegetação secundária, atividade agropecuária; e
- A oeste: vegetação primária, vegetação secundária, Serviço Social da Indústria (SESI), via EPGU.

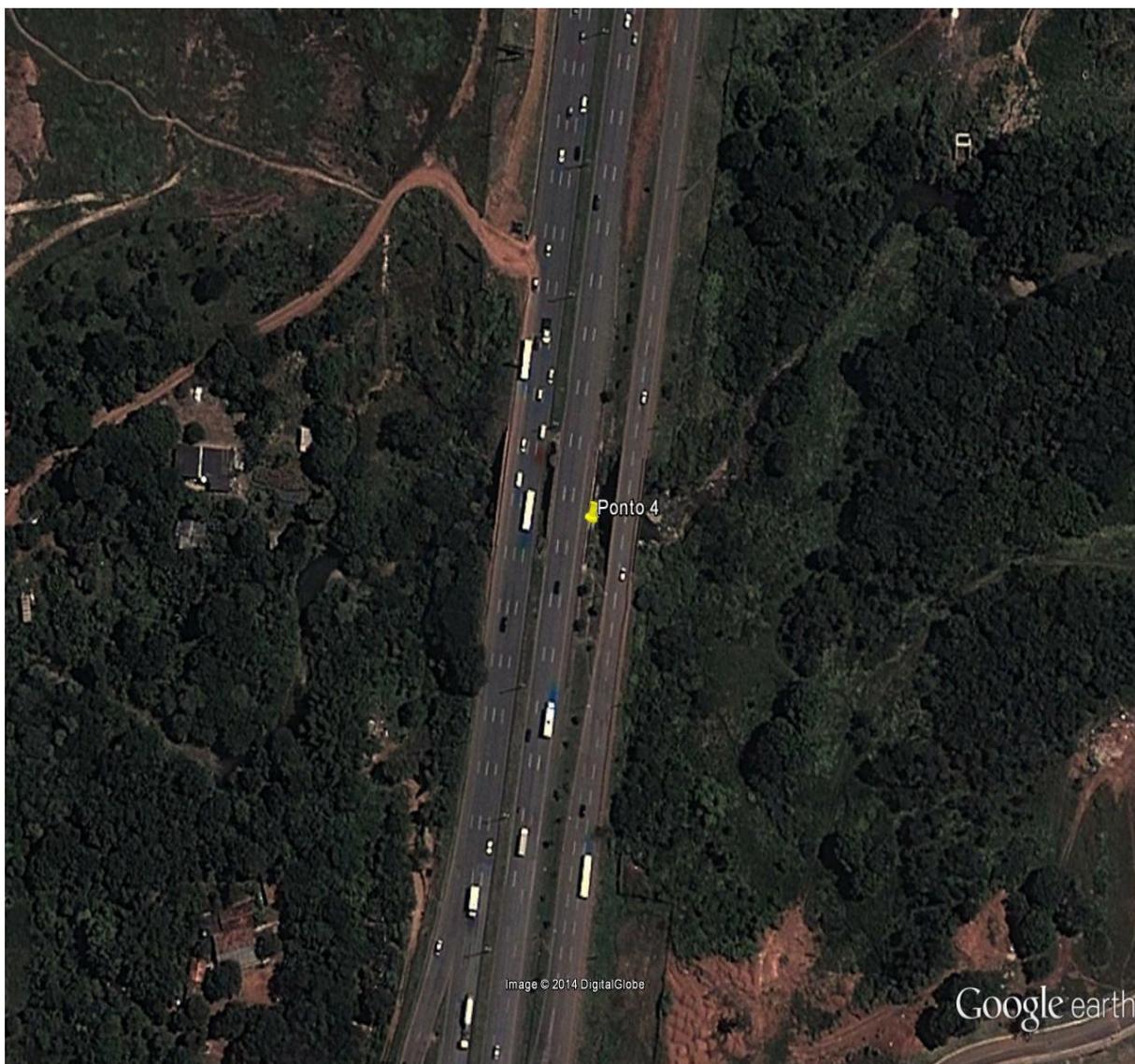


Imagem 6 – Área de localização do ponto 4 (23L 0183591 8245898) de coleta de água.

Fonte: Adaptado do Google (2015).

O quarto ponto de coleta se encontra logo abaixo da ponte na Estrada Parque Indústria e Abastecimento (EPIA), próximo ao setor de postos de combustíveis e motéis da cidade Candangolândia. O uso variado com alto potencial poluidor foi uma das características da escolha desse local para a coleta. Em um raio de 1km (um quilômetro) se destacaram as seguintes atividades:

- Ao norte: vegetação primária, vegetação secundária, via EPGU (DF-051), parte da área comercial do *shopping* ParkShopping e via EPIA;
- Ao sul: vegetação primária, vegetação secundária, áreas com restos de construção civil, cidade Candangolândia, via EPIA;
- A leste: vegetação primária, vegetação secundária, Zoológico de Brasília, cidade Candacolândia; e
- A oeste: vegetação primária, vegetação secundária, Parque Ezequias Heringer, atividades agropecuárias.

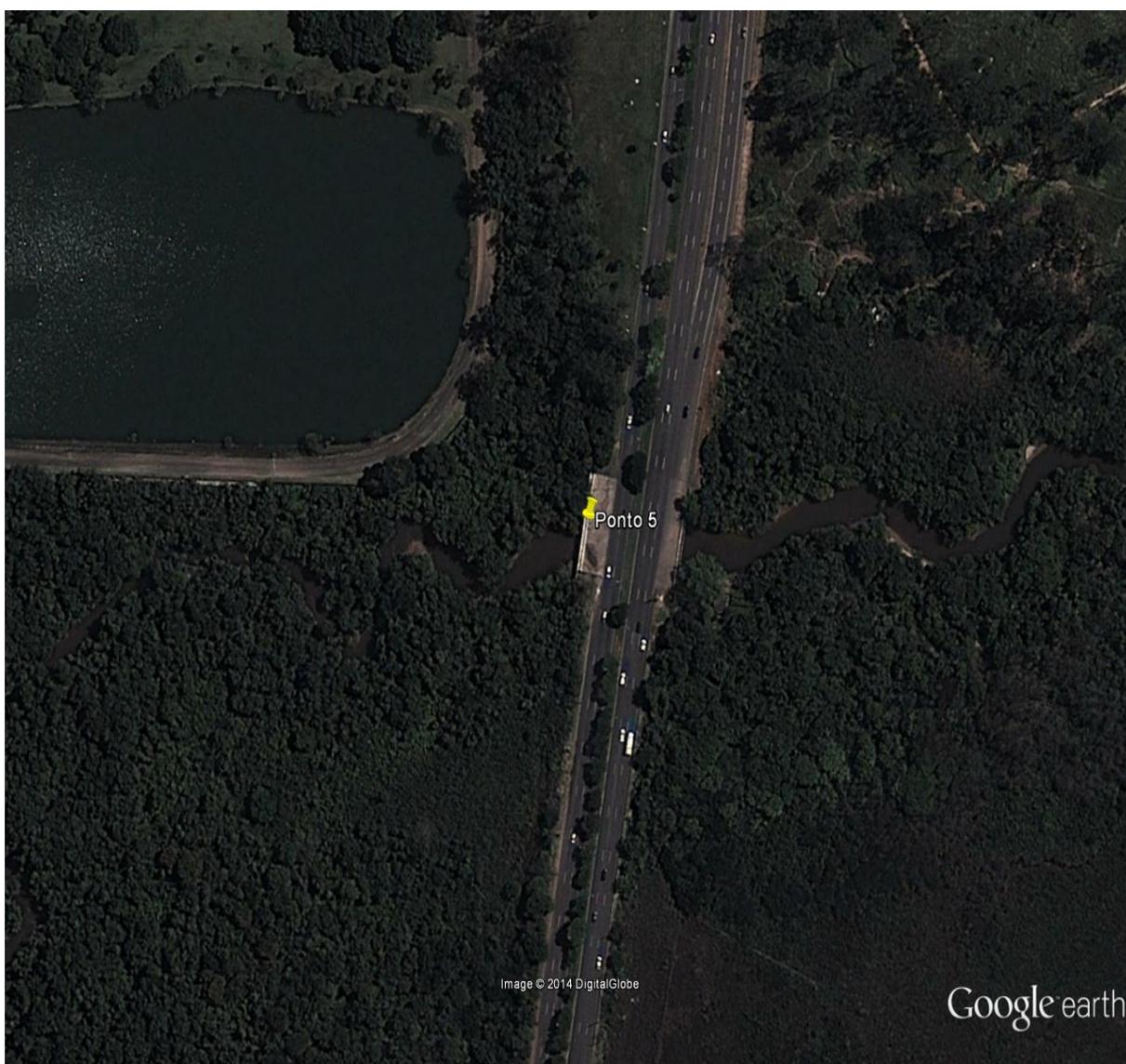


Imagem 7 – Área de localização do ponto 5 (23L 0185898 8245320) de coleta de água.

Fonte: Adaptado do Google (2015).

O último ponto de coleta se encontra fora do limite da bacia hidrográfica do córrego do Guará. Esse ponto teve como principal intuito a análise da presença dos metais pesados e óleos & graxas que possam ter sido lançados no corpo hídrico, mesmo com a confluência de outro corpo hídrico, o córrego Vicente Pires.

A via Estrada Parque Aeroporto (EPAR – DF-047) passou por obras de alargamento em prol das obras de mobilidade urbana do Governo do Distrito Federal (GDF) para a Copa do Mundo FIFA 2014.

Em um raio de km (um quilômetro) se encontram atividades:

- Ao norte: via EPAR, vegetação primária, vegetação secundária, área mais à leste do Zoológico de Brasília;
- Ao sul: via EPAR, vegetação primária, vegetação secundária, obras de mobilidade urbana da via EPAR, área mais ao norte do Aeroporto Internacional de Brasília Juscelino Kubitschek;
- A leste: vegetação primária, vegetação secundária, Vila Telebrasil, cidade Lago Sul; e
- A oeste: vegetação primária, vegetação secundária e Zoológico de Brasília.

## **CAPÍTULO 3 – QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS**

### **3.1 INDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA: AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS AMBIENTAIS**

Para a escolha dos pontos de análise de água, foram feitas interpretações de imagens de satélite para avaliar os usos mais significativos dentro da bacia.

Se destacaram as atividades industriais, mais a montante, e a agricultura, localizada próximo a segunda metade do curso principal do córrego. Ambas as atividades utilizam de vários materiais, quais sejam: combustíveis, solventes, óleos, lubrificantes, metais pesados, pesticidas, herbicidas e outros que, se descartados de forma incorreta, prejudicam a qualidade da água.

A partir dessas análises prévias, foram escolhidos cinco pontos de amostragem que abarcassem a maior parte possível das áreas que pudessem encontrar metais pesados e óleos & graxas.

### **3.2 RESULTADO DAS AMOSTRAS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

#### **3.2.1 Ponto 1**

O primeiro ponto de coleta, de coordenada 23L 0180382 E 8250896, temperatura ambiente de 26,5 °C, às 10hrs e 50min da manhã, foi o local mais elevado. O que se destacou ali não foi a boa qualidade da água, mas sim como o ponto mais poluído por metais pesados de todos os outros quatro pontos.

Na Foto 1, a seguir, tem-se o ponto 1, onde foi feita a coleta, tendo como principais características de uso e ocupação do solo, a norte o reservatório da Petrobrás, Shell, Ipiranga, e uma pequena atividade agrícola de invasores morando dentro da área da Reserva Ecológica do Guará.



Foto 1 – Local da coleta de água do ponto 1, em 06 de fevereiro de 2014.

Fonte: Do autor.



Foto 2 – Moradia localizada próxima ao ponto 1 de coleta, em 06 de fevereiro de 2014.

Fonte: Do autor.

Destacaram-se na análise dois parâmetros das análises, mais elevados que o índice exigido pela Resolução CONAMA n. 357/2005, para se obter uma qualidade de água de classe 1 ou 2.

No Quadro 1, a seguir, tem-se o resultado das análises de metais pesados e óleos & graxas no ponto 1, com destaque para os parâmetros acima do exigido pela referida Resolução.

Quadro 1 – Quadro comparativo de análise do ponto 1 com o Índice CONAMA n. 357/2005.

Parâmetro	Índice CONAMA n. 357/2005	Ponto 1
Benzeno	5 µg/L	<2 µg/L
Benzeno Pireno	0,05 µg/L	0,01 µg/L
Cádmio (Cd)	0,001 mg/L	<0,001 mg/L
Chumbo Total (Pb)	0,01 mg/L	0,026 mg/L
Cobre Dissolvido (Cu)	0,009 gm/L	0,012 mg/L
Cromo Total (Cr)	0,05 mg/L	0,009 mg/L
Mercúrio Total (Hg)	0,0002 mg/L	<0,0002 mg/L
Óleos e Graxas	Virtualmente Ausentes	-
pH	6,0 a 9,0	8,34
Zinco Total (Zn)	0,18 mg/L	0,158 mg/L

Fonte: Do autor.

Aqui vale destacar dois parâmetros: Chumbo (0,026 mg/L) e Cobre Dissolvido (0,0012 mg/L). Os números não são tão altos, mas por estarem na porção mais a montante do córrego, toda a água superficial se encontra em risco de contaminação.

O Chumbo tem como fontes mais comuns de atividades industriais como reservatórios de combustível, onde é utilizado na produção do mesmo. Apesar de não ser mais utilizado na criação de combustível, sendo substituído por álcool anidro (BAIRD, 2002), pode ter se acumulado e se mantido no ambiente por contaminações anteriores que não atuais.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (SÃO PAULO, 2012, p. 04) explica de forma clara os efeitos do chumbo no organismo humano:

As principais vias de exposição da população geral ao chumbo são oral e inalatória. Mais de 80% do chumbo ingressa diariamente no organismo é oriundo da ingestão de alimentos, sujeira e poeiras contendo o metal. O chumbo pode afetar quase todos os órgãos, sendo o sistema nervoso central o mais sensível, tanto em crianças quanto em adultos. Os principais efeitos da exposição ao chumbo inorgânico são: fraqueza, irritabilidade, astenia (enfraquecimento das funções de um órgão ou sistema), náusea, dor abdominal com constipação e anemia. Evidências sugerem que crianças são mais suscetíveis aos efeitos do chumbo que os adultos. Embora alguns sintomas clínicos da toxicidade são aparentes em concentrações de 70 µg/dL de Pb no sangue, muitos distúrbios importantes ocorrem em concentrações mais baixas. Desde a década de 1980 os estudos têm relacionado concentrações menores de 10 µg/dL de Pb no sangue de crianças entre 1 e 5 anos com diminuição cognitiva e no QI, com efeitos evidentes em concentrações ao redor de 2 µg/dL. Outros estudos associam a exposição de chumbo com agressão e delinquência.

O Cobre tem como fonte mais comum na agricultura; na excreção de animais e no lançamento de esgotos são menos relevantes (SÃO PAULO, 2012). Em produtos como herbicidas e pesticidas também se encontram o Cobre, tendo o transporte o escoamento superficial, subsuperficial ou descarte incorreto do produto na natureza.

Com relação aos efeitos do Cobre no corpo humano, a CETESB (SÃO PAULO, 2012, p. 03) explica:

O cobre é um elemento essencial aos organismos vivos em pequenas quantidades. A população geral pode ser exposta por inalação, ingestão de alimentos e água ou contato dérmico, porém a principal via de exposição não ocupacional é a oral. A ingestão de sais de cobre causou vômito, letargia, anemia hemolítica aguda, dano renal e hepático e, em alguns casos, morte. A ingestão de água contendo altas concentrações do metal pode produzir náusea, vômito, dor abdominal e diarreia. As crianças são mais sensíveis aos efeitos da exposição ao cobre. A exposição prolongada a concentrações elevadas do metal em alimentos ou água pode causar dano ao fígado de crianças.

Trabalhadores expostos a fumos e poeiras de cobre podem apresentar irritação no nariz, boca e olhos, cefaléia, náusea, vertigem e diarreia.

O Chumbo e o Cobre e suas fontes mais comuns em atividades humanas correspondem às atividades encontradas nas proximidades do ponto de coleta.

### **3.2.2 Ponto 2**

O segundo ponto de coleta, de coordenada 23L 0181906 E 8250033, temperatura ambiente de 23°C, 1090m, às 11hrs e 26min, situou-se logo após a via Estrada Parque Taguatinga (EPTG), onde houve uma obra de alargamento da via entre 2009 e 2011. Visualmente foram encontrados resíduos de óleo na superfície do córrego e muito lixo doméstico na mata ciliar.



Foto 3 – Local da coleta de água do ponto 2, em 06 de fevereiro de 2014.

Fonte: Do autor.



Foto 4 – Via EPTG que corta o córrego do Guará, em 06 de fevereiro de 2014.

Fonte: Do autor.

O Quadro 2, a seguir, apresenta o resultado das análises do ponto 2.

Quadro 2 – Quadro comparativo de análise do ponto 2 com o Índice CONAMA n. 357/2005.

Parâmetro	Índice CONAMA n. 357/2005	Ponto 2
Benzeno	5 µg/L	<2 µg/L
Benzeno Pireno	0,05 µg/L	<0,01 µg/L
Cádmio (Cd)	0,001 mg/L	<0,001mg/L
Chumbo Total (Pb)	0,01 mg/L	0,005 mg/L
Cobre Dissolvido (Cu)	0,009 gm/L	0,014 mg/L
Cromo Total (Cr)	0,05 mg/L	0,005 mg/L
Mercúrio Total (Hg)	0,0002 mg/L	0,0002 mg/L
Óleos e Graxas	Virtualmente Ausentes	-
pH	6,0 a 9,0	7,11
Zinco Total (Zn)	0,18 mg/L	0,123 mg/L

Fonte: Do autor.

Um único parâmetro se mostrou acima do especificado pela Resolução CONAMA n. 357/2005, que foi o Cobre Dissolvido (0,014 mg/L). É uma quantidade pouco elevada, mas que semelhante ao Mercúrio, tem a característica de se acumular nos sedimentos e ser de difícil depuração pela natureza.

Pode-se inferir que o Cobre encontrado no segundo ponto seja do transporte da água do primeiro ponto, pois se encontrou o mesmo também acima do índice. Outra fonte possível seria as águas pluviais que vem do Setor de Indústria e Abastecimento (SIA) e da própria via EPTG que corta o córrego.

### 3.2.3 Ponto 3

O terceiro ponto de coleta, de coordenada 23L 0182285 E 8250033, temperatura ambiente de 24,5°C, 1041m, às 11hrs e 55min, fez-se a montante da via Estrada Parque Guará (EPGU), onde se encontra uma plantação de alimentos orgânicos. Visualmente a água estava limpa e cristalina, rasa e com fundo cascalhoso.



Foto 5 – Local da coleta de água do ponto 3, em 06 de fevereiro de 2014.

Fonte: Do autor.



Foto 6 – Mata ciliar preservada na área de chácaras do Guará, em 06 de fevereiro de 2014.

Fonte: Do autor.

O Quadro 3, a seguir, apresenta o resultado das análises do ponto 3.

Quadro 3 – Quadro comparativo de análise do ponto 3 com o Índice CONAMA n. 357/2005.

<b>Parâmetro</b>	<b>Índice CONAMA n. 357/2005</b>	<b>Ponto 3</b>
Benzeno	5 µg/L	<2 µg/L
Benzeno Pireno	0,05 µg/L	<0,01 µg/L
Cádmio (Cd)	0,001 mg/L	<0,001 mg/L
Chumbo Total (Pb)	0,01 mg/L	<0,002 mg/L
Cobre Dissolvido (Cu)	0,009 gm/L	0,007 mg/L
Cromo Total (Cr)	0,05 mg/L	<0,005 mg/L
Mercúrio Total (Hg)	0,0002 mg/L	<0,0002 mg/L
Óleos e Graxas	Virtualmente Ausentes	-
pH	6,0 a 9,0	7,36
Zinco Total (Zn)	0,18 mg/L	0,121 mg/L

Fonte: Do autor.

Aqui não foi encontrado nenhum parâmetro acima do estabelecido pela Resolução CONAMA n. 357/2005.

### 3.2.4 Ponto 4

O quarto ponto de coleta, de coordenada 23L 0183591 E 8245898, temperatura ambiente 24,5°C, 1027m, às 12hrs e 27min, fez-se logo abaixo do viaduto da via Estrada Parque Indústria e Abastecimento (EPIA), e visualmente não apresentava óleos & graxas, como se refere a Resolução CONAMA n. 357/2005, com odor de material orgânico em decomposição. Mas como não foram feitas análises de parâmetros orgânicos, não se pode afirmar que a existência de poluição nessa localização do córrego.



Foto 7 – Local da coleta de água do ponto 4, em 06 de fevereiro de 2014.

Fonte: Do autor.



Foto 8 – Viaduto da via EPIA que passa sob o córrego do Guará, em 06 de fevereiro de 2014.

Fonte: Do autor.

O Quadro 4, a seguir, evidencia os resultados das análises do ponto 4.

Quadro 4 – Quadro comparativo de análise do ponto 4 com o Índice CONAMA n. 357/2005.

Parâmetro	Índice CONAMA n. 357/2005	Ponto 4
Benzeno	5 µg/L	<2 µg/L
Benzeno Pireno	0,05 µg/L	<0,01 µg/L
Cádmio (Cd)	0,001 mg/L	<0,001 mg/L
Chumbo Total (Pb)	0,01 mg/L	<0,002 mg/L
Cobre Dissolvido (Cu)	0,009 gm/L	0,007 mg/L
Cromo Total (Cr)	0,05 mg/L	<0,005 mg/L
Mercúrio Total (Hg)	0,0002 mg/L	<0,0002 mg/L
Óleos e Graxas	Virtualmente Ausentes	-
pH	6,0 a 9,0	7,39
Zinco Total (Zn)	0,18 mg/L	0,064 mg/L

Fonte: Do autor.

Neste ponto não foi encontrado nenhum parâmetro acima do estabelecido pela Resolução CONAMA n. 357/2005.

### 3.2.5 Ponto 5

O quinto ponto de coleta, de coordenada 23L 0185898 E 8545320, temperatura ambiente 25,5°C, 1006m, às 12hrs e 51min, situa-se fora dos limites da bacia hidrográfica do córrego do Guará. Este foi selecionado para se saber se tinha metais pesados e óleos & graxas, caso fosse encontrado no córrego. Este ponto está próximo do encontro entre o córrego do Guará e do Riacho Fundo, que deságua no Lago Paranoá.



Foto 9 – Local da coleta de água do ponto 5, em 06 de fevereiro de 2014.

Fonte: Do autor.



Foto 10 – Vista de cima do viaduto da via EPAR que corta o córrego do Guará, em 06 de fevereiro de 2014.

Fonte: Do autor.

O Quadro 5, a seguir, evidencia os resultados das análises do ponto 5.

Quadro 5 – Quadro comparativo de análise do ponto 5 com o Índice CONAMA n. 357/2005.

Parâmetro	Índice CONAMA n. 357/2005	Ponto 5
Benzeno	5 µg/L	<2 µg/L
Benzeno Pireno	0,05 µg/L	<0,01 µg/L
Cádmio (Cd)	0,001 mg/L	<0,001
Chumbo Total (Pb)	0,01 mg/L	0,004
Cobre Dissolvido (Cu)	0,009 gm/L	0,006
Cromo Total (Cr)	0,05 mg/L	<0,005
Mercúrio Total (Hg)	0,0002 mg/L	<0,0002
Óleos e Graxas	Virtualmente Ausentes	-
pH	6,0 a 9,0	7,25
Zinco Total (Zn)	0,18 mg/L	0,03 mg/L

Fonte: Do autor.

Neste ponto não foi encontrado nenhum parâmetro acima do estabelecido pela Resolução CONAMA n. 357/2005.

A seguir, tem-se um gráfico comparativo dos valores da referida Resolução com os encontrados nos cinco pontos para Chumbo (Pb) e Cobre (Cu).

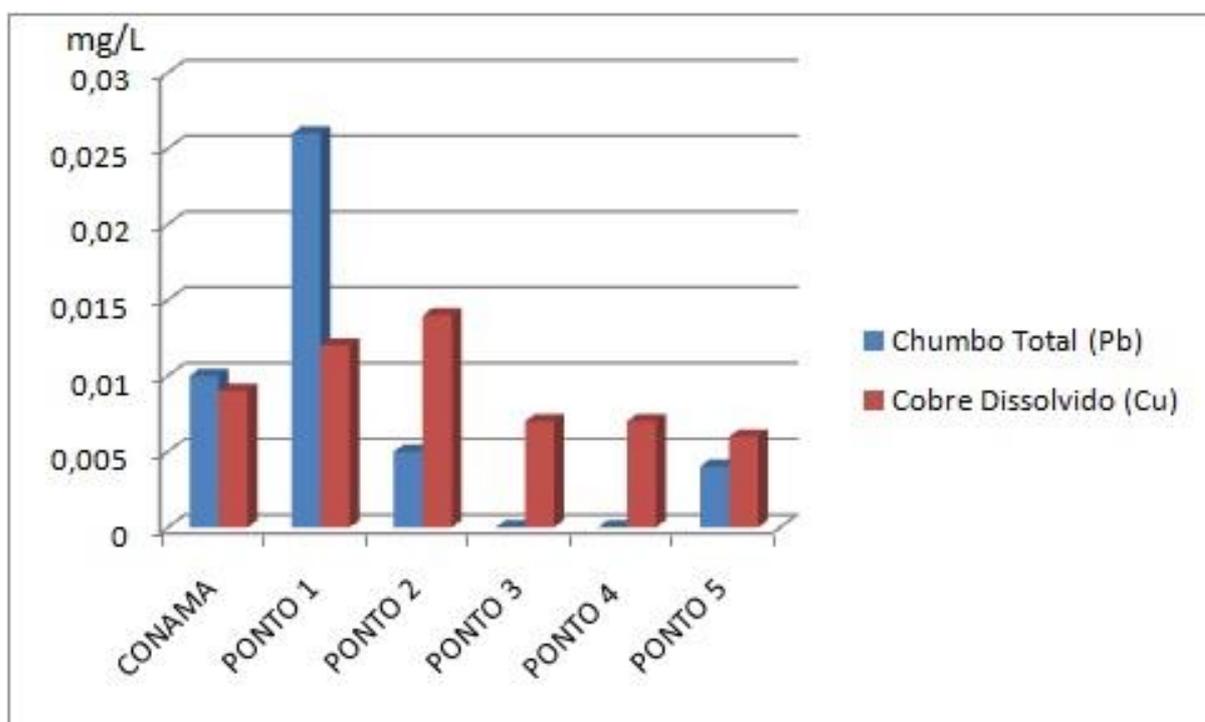


Gráfico 1 – Comparação dos valores CONAMA n. 357/2005 com os dos 5 pontos.

Fonte: Do autor.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os pontos de amostra se mostraram contaminados acima do permitido pela Resolução CONAMA n. 357/2005 somente nas duas primeiras amostras. Neste sentido, foi possível inferir que o córrego do Guará tem um aumento considerável de seu volume médio de vazão ao longo de seu curso, dissolvendo os poluentes e deixando em concentrações menores os contaminantes Chumbo (Pb) e Cobre (Cu), que foram encontrados nas análises. As amostras foram coletadas ainda no período chuvoso do Distrito Federal, deixando os corpos hídricos em níveis mais elevados e com mais escoamentos superficiais.

Os elementos encontrados nos dois primeiros pontos podem ter sua origem no uso da terra próxima ao Setor de Indústrias (SIA), Setor de Inflamáveis (SIN) e Setor de Transportes Rodoviários e Cargas (STRC).

Apesar de não poder se enquadrar a bacia hidrográfica do córrego do Guará, de acordo com a Resolução CONAMA n. 357/2005, com as análises aqui empreendidas, tem-se dados que auxiliam neste processo de enquadramento de qualidade de água e que usos e formas de tratamento deve se ter com este córrego.

Um ponto a ser ressaltado é que este córrego é um dos corpos hídricos que deságuam no Lago Paranoá, que teve a licença prévia para as construções do Sistema de Abastecimento de Água para Captação concedida recentemente. Apesar do local de construção do Sistema de Abastecimento não se encontrar próximo, os elementos encontrados nas análises leva a reflexão sobre em quais condições estão os córregos que abastecem o Lago Paranoá e como se encontram as políticas de preservação de áreas naturais e recursos naturais, neste caso, a água, no Distrito Federal.

## REFERÊNCIAS

ARNOFF, S. **Geographic Information System: a management perspective**. Ottawa: WDL Publications, 1989.

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BRASIL. **Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n. 7.990, de 28 de dezembro de 1989**. Brasília, 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acesso em: 17 out. 2015. Acesso em: 17 out. 2015.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis ns. 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis ns. 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória n. 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências**. Brasília, 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 17 out. 2015.

BRASIL. **Resolução CONAMA n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 17 out. 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções do CONAMA: 1984-2012**. Ed. esp. 2012.

CAMPOS, Vivian Dallagnol de. **Dinâmica de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Arroio dos Pereiras em Irati – PR e sua influência na qualidade das águas superficiais**. 2008. 110f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, 2008.

DISTRITO FEDERAL. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB. **EIA-RIMA - Sistema de Abastecimento com Captação no Lago Paranoá**. 2013. Disponível em: <<http://www.caesb.df.gov.br/balneabilidade-do-lago-paranoa/11-portal/caesb-ambiental.html>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

DISTRITO FEDERAL. **Decreto n. 22.358, de 31 de agosto de 2001. Dispõe sobre a outorga de direito de uso de água subterrânea no território do Distrito Federal de que trata o inciso II, do artigo 12, da Lei n.º 2.725 de 13 de junho de 2001, e dá outras providências.** Brasília, 2001a. Disponível em:

<<http://www.caesb.df.gov.br/legislacao1/decretos/215-decreto-22-358-01-dispoe-sobre-a-outorga-de-direito-de-uso-de-agua-subterranea-no-territorio-do-distrito-federal-de-que-trata-o-inciso-ii-do-artigo-12-da-lei-n-2-725-de-13-de-junho-de-2001-e-da-outras-providencias.html>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

DISTRITO FEDERAL. **Decreto n. 22.359, de 31 de agosto de 2001. Dispõe sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos no território do Distrito Federal e dá outras providências.** Brasília, 2001b. Disponível em:

<[http://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/cidadao/legislacao/decretodistrita\\_l\\_22359\\_2001.pdf](http://www.adasa.df.gov.br/images/stories/anexos/cidadao/legislacao/decretodistrita_l_22359_2001.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2014.

DISTRITO FEDERAL. **Lei n. 2.725, de 13 de junho de 2001. Institui a Política de Recursos Hídricos e cria o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Distrito Federal.** Brasília, 2001c. Disponível em:

<[http://www.cbhparanoa.df.gov.br/legislacao/Lei\\_DF\\_2725\\_2001.pdf](http://www.cbhparanoa.df.gov.br/legislacao/Lei_DF_2725_2001.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2014.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente.** Trad. de João Alves dos Santos. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Cerrado – Ecologia e flora.** Brasília: EMBRAPA, 2008.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas.** Tarrialba: CATIE, 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Distrito Federal, 2008. 2008. Disponível em:

<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=530010&idtema=20&se arch=distrito-federal|brasilia|pesquisa-nacional-de-saneamento-basico-2008>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

\_\_\_\_\_. Distrito Federal, 2013. 2013. Disponível em:

<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=530010>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

MACHADO, Pedro José de Oliveira; TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira. **Introdução a hidrogeografia.** São Paulo: Cengage Learning, 2012.

NASCIMENTO, G. S.; ANDRÉ, R. E. G. R.; SILVA, J. A. F. O sistema de informações geográficas como ferramenta de apoio à gestão dos recursos hídricos no Estado do Rio de Janeiro. In: III Encontro de Geografia: A Geografia e suas vertentes: reflexões; VI Semana de Ciências Humanas. Anais. Campos dos Goytacazes, RJ, 16 a 19 de novembro, 2010.

ONO, S.; BARROS, M. T. L. de; CONRADO, G. N. A utilização de SIG no Planejamento e Gestão de Bacias Urbanas. **AbrhSIG**, São Paulo, 2005. Disponível em:  
<[http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=a\\_utilizacao\\_de\\_sig\\_no\\_planejamento\\_e\\_gestao.pdf](http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=a_utilizacao_de_sig_no_planejamento_e_gestao.pdf)>. Acesso em: 17 out. 2015.

PINHEIRO, Mariana Rodrigues de Carvalhaes; Werneck, Brunna Rocha; OLIVEIRA, Andrea Franco de; Moté, Fabrício; MARÇAL, Mônica dos Santos; SILVA, José Augusto Ferreira; FERREIRA, Maria Inês Paes. Geoprocessamento aplicado à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Macaé-RJ. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Natal, p. 4247-254, 25 a 30 de abril de 2009. Disponível em:  
<<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.00.53.42/doc/4247-4254.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2015.

ROSS J. L. S. Geomorfologia e diagnósticos ambientais. In: \_\_\_\_\_. **Geomorfologia – Ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 2008.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. **Ficha de Informação Toxicológica, 2012**. 2012. Disponível em:  
<<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/cobre.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2013.

SILVA, Jorge Xavier da. O que é Geoprocessamento? **Revista do CREA-RJ**, Rio de Janeiro, out./nov. 2009.

STRAHLER, Arthur N. Hypotheses of stream development in to folded Appalachians of Pennsylvania: **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, p. 45-88, 1945.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Universidade/ABRH. 1993.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

UNITED NATION EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION – UNESCO. **Vegetação do Distrito Federal**: tempo e espaço. 2. ed. Brasília, 2002.

### **Bibliografia consultada:**

BARCELOS, Tânia Dalila de Jesus. **Cobre**: vital ou prejudicial para a saúde humana? 2008. 68f. Dissertação (Mestrado em Medicina) – Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2008.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acesso em: 17 out. 2015.

CAMPOS, Ana Paula Silva. **A presença de metais e compostos químicos nas águas superficiais e nos sedimentos do Rio Tietê**. 2012. 229f. Dissertação (Doutorado em Saúde Pública) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

D'AGOSTINI, L. R.; ALVES, J. M.; SOUZA, F. N. S. Parte III – Medida ambiental e custo ambiental. In: \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. **AQUA**: Avaliação da qualidade do uso da água. Rio de Janeiro: Garamond Universitária, 2013.

GUERRA, A. J. T.; COELHO, M. C. N. (Orgs.). **Unidades de Conservação – Abordagens e características geográficas**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 2009.

JARDIM, Glaucia Maria. **Estudos ecotoxicológicos da água e do sedimento do rio Corumbataí, SP**. 2004. 126f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

NIEWEGLOWSKI, Ana Márcia Altoé. **Indicadores de qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Toledo – PR**. 2006. 218f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

PASSOS, M. M. **Biogeografia e paisagem**. 2. ed. Maringá, PR: UEM, 2003.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, J. A. T. **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

SALGADO et al. Metais. In: LARINI, Lourival. **Ecotoxicologia**. São Paulo: Manole 1987.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. **A água tratada – Informação para pessoas da terceira idade e aqueles que delas cuidam, 2005.** 2005. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/fiea/agua\\_tratada\\_portugues.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/fiea/agua_tratada_portugues.pdf)>. Acesso em 16 nov. 2013.

TOLEDO, Luís Gonzaga de; NICOLELLA, Gilberto. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agricola**, v. 59, n.1, p.181-86, jan./mar. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v59n1/8092.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2015.