



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
Programa de Pós-Graduação em Geografia

SIMONE MARQUES FARIA LOPES

**INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA NA QUALIDADE DA ÁGUA EM BACIAS
HIDROGRÁFICAS COM USOS DISTINTOS, EM JATAÍ-GO E CANAPOLIS-MG.**

GOIÂNIA

2016

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Nome completo do autor: Simone Marques Faria Lopes

Título do trabalho: Influência do uso da terra na qualidade da água em bacias hidrográficas com usos distintos, em Jataí-GO e Canápolis-MG.

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do (s) arquivo (s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do (a) autor (a) ²

Data: 16 / 01 / 2017

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

²A assinatura deve ser escaneada.

SIMONE MARQUES FARIA LOPES

**INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA NA QUALIDADE DA ÁGUA EM BACIAS
HIDROGRÁFICAS COM USOS DISTINTOS, EM JATAÍ-GO E CANAPOLIS-MG**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia,
do Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade
Federal de Goiás, como requisito parcial para a obtenção do
título de Doutora em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral

GOIÂNIA
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Marques Faria Lopes, Simone

Influência do uso da terra na qualidade da água em bacias hidrográficas com usos distintos, em Jataí-GO e Canápolis-MG. [manuscrito] / Simone Marques Faria Lopes. - 2016.
225 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Estudos Socioambientais (Iesa), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Goiânia, 2016.

Bibliografia.

Inclui siglas, mapas, fotografias, abreviaturas, símbolos, gráfico, tabelas, algoritmos, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Atividades agropastoris. 2. Modificação do espaço. 3. impactos ambientais. I. Batista Pereira Cabral, João, orient. II. Título.

CDU 55



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIAIS E HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: NATUREZA E PRODUÇÃO DO ESPAÇO

**ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE JULGAMENTO DA DEFESA DE TESE DE DOUTORADO DE
Simone Marques de Faria Lopes**

Aos vinte dias do mês de dezembro do ano de dois mil e dezesseis (2016), a partir das 09h, no Instituto de Estudos Socioambientais da Universidade Federal de Goiás, teve lugar a sessão de julgamento da Tese de Doutorado de **Simone Marques de Faria Lopes**, intitulada "INFLUÊNCIA DO USO DA TERRA NA QUALIDADE DA ÁGUA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS COM USOS DISTINTOS, EM JATAÍ-GO E CANÁPOLIS-MG". A Banca Examinadora foi composta, conforme Portaria n.º 110/2016 da Diretoria do IESA, pelos seguintes Professores Doutores: Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral (Presidente), Prof. Dr. Marcio Henrique de Campos Zancopé (membro titular Externo), Profa. Dra. Zilda de Fátima Mariano (membro titular Externo), Prof. Dr. Júlio Cesar Rubin de Rubin (membro titular Externo) e Prof. Dr. Valtair Antônio Becegato (membro titular Externo). Os examinadores arguíram na ordem citada, tendo o candidato respondido satisfatoriamente. As 13 horas a Banca Examinadora passou a julgamento, em sessão secreta, tendo o candidato obtido os seguintes resultados:

Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral (Presidente) – Ass. João Cabral
Aprovada () Reprovada ()
Prof. Dr. Marcio Henrique de Campos Zancopé – Ass. Marcio Zancopé
Aprovada () Reprovada ()
Profa. Dra. Zilda de Fátima Mariano – Ass. Zilda F. Mariano
Aprovada () Reprovada ()
Prof. Dr. Júlio Cesar Rubin de Rubin – Ass. Júlio Cesar Rubin
Aprovada () Reprovada ()
Prof. Dr. Valtair Antônio Becegato – Ass. Valtair Becegato
Aprovada () Reprovada ()

Resultado final: Aprovada () Reprovada ()

Houve alteração no Título? Sim () Não ()

Em caso afirmativo, especifique o novo título: _____

Outras observações: _____

Reaberta a Sessão Pública, a Presidente da Banca Examinadora proclamou o resultado e encerrou a sessão, da qual foi lavrada a presente ata, que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora e pela Secretária do Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Secretária:

DEDICATÓRIA

A Deus, à minha família, em especial à minha querida mãe, Lucimar Marques de Assis, por ser meu maior exemplo de determinação. Ao meu esposo, Silvano Lopes. Aos queridos amigos que são o esteio de minha vida e a toda equipe do Laboratório de Geociências Aplicadas –UFG/REJ, em especial meu orientador João Batista Pereira Cabral, pois, sem eles nada disso seria possível.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar todos os instantes da minha vida e permitir que alcançasse a graça de mais uma vitória.

À minha família, em especial à minha amada mãe Lucimar Marques de Assis, que me deu o que há de mais importante na vida: amor e educação. Obrigada pelos inúmeros exemplos de fé, determinação, persistência e honestidade, pelo apoio mesmo quando me sentia desanimada e pela confiança nos valores a mim repassados.

Ao meu amado esposo, Silvano Lopes, por estar sempre ao meu lado. Obrigada pelo carinho, apoio e incentivo, pela força nos momentos de desânimo e, principalmente, pela paciência quando de minha ausência nos mais diversos momentos.

Aos meus irmãos, Wesley e Wéverson, pela confiança e incentivos.

Às minhas amigas Lázara Regina e Leide Cabral, pelo carinho, apoio, amizade e por sempre estarem presentes, incentivando as minhas escolhas.

À minha amiga Fernanda Rodrigues de Lima, que sempre esteve ao meu lado durante o período que passei em Goiânia, agradeço pelo apoio e pelos vários momentos de desabafo, pelo incentivo e carinho sempre depositados.

Ao Waisten Resende Carrijo, que também me apoiou e incentivou em vários momentos, contagiando-nos com sua alegria.

Ao meu amigo Francis Borges da Silva, que sempre foi um amigo presente e um dos maiores incentivadores da vida acadêmica. A você, o meu muito obrigada! Sem o seu incentivo e apoio, este sonho não seria possível.

Aos professores da coordenação de Geografia da Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, que foram a base desta caminhada, inspirando e incentivando o caminho acadêmico.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Socioambientais, em especial ao meu orientador João Batista Pereira Cabral, que aceitou o desafio de assumir a orientação deste trabalho, pela força e incentivo durante todo o processo e, ainda, pelo exemplo profissional.

Aos amigos e colegas do laboratório de Geociências aplicada (LGA), da Regional Jataí, que contribuíram com as amostragens e análises laboratoriais, em especial ao Dionys Fabrício Soares Franco, Celso de Carvalho Braga, Wanderlúbio Barbosa Gentil, Isabel Rodrigues da Rocha, Fernanda Luísa Ramalho, Daiane Ferreira Batista e Assunção Andrade de Barcelos, que foram meu braço direito durante todo este processo. Agradeço também aos

amigos Hudson Moraes Rocha, Dalila Brito de Jesus, Ana Karolina Ferreira dos Santos, Susy Ferreira Oliveira e Pollyanna Faria Nogueira, pois, sem o auxílio e colaboração de vocês, nada disso seria possível.

Aos professores Julio Cezar Rubin de Rubin e Marcio Zancopé, por participarem do processo de qualificação e por contribuírem com o desenvolvimento do trabalho. Ao professor Valter Antônio Becegato, que contribuiu com o desenvolvimento desta pesquisa. À professora Zilda de Fátima Mariano, que também me auxiliou em diversos momentos.

Ao departamento de transportes da Regional Jataí, pelo apoio e traslado de Jataí a Goiânia em vários momentos. Em especial, agradeço ao motorista Aureliano Gouveia de Moraes Neto, que foi mais que motorista, foi um companheiro durante as amostragens a campo realizadas em Jataí (GO) e Canápolis (MG). Obrigada pelo carinho e amizade demonstrados nos momentos de descontração.

À Universidade Federal de Goiás, à CAPES pela bolsa de estudos fornecida durante o processo de formação, ao LGA que forneceu apoio através do CNPq e FAPEG o financiamento da maior parte desta pesquisa.

Sem o auxílio de todos vocês, não seria possível a materialização desta pesquisa.

Muito obrigada!

“A água é o princípio de todas as coisas”.

Tales de Mileto

RESUMO

Partimos da hipótese de que o modelo de uso da terra, presente nas áreas das bacias hidrográficas ribeirão Paraíso-GO e córrego Cerrado/Cadunga-MG, vem proporcionando mudanças significativas na qualidade das águas das mesmas, as quais recebem sedimentos e nutrientes provenientes de fatores naturais e antrópicos. Neste sentido objetivo geral, diagnosticar a qualidade das águas em relação ao modelo de uso da terra e características físicas das bacias. Os métodos utilizados na pesquisa seguiram os procedimentos da American Public Health Association (APHA), legislação CONAMA nº 357/2005 (água superficial) e portaria do Ministério da Saúde 2914/2011 (água potável). Ao se comparar os aspectos geológicos das duas bacias, verificou-se que as mesmas se diferenciam pela presença das areias inconsolidadas na parte superior do ribeirão Paraíso. Em relação aos solos, ambas distinguem-se pela presença dos Cambissolos no ribeirão Paraíso e se assemelham em relação à presença de solos com características hidromórficas. Os estudos de uso da terra entre 2005 a 2015 demonstraram o desaparecimento gradativo do bioma Cerrado, principalmente na bacia do córrego Cerrado/Cadunga. A região da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso apresentou maior potencial erosivo nas áreas de formação Vale do Rio do Peixe, assim como córrego Cerrado/Cadunga. Os teores de metais pesados nos solos identificados nos diferentes pontos amostrais revelam contaminações pontuais, principalmente ligadas ao uso da terra. No geral, os resultados dos sedimentos do córrego Cerrado/Cadunga mostraram que a distribuição dos elementos tem como principal contribuição a área urbana e o lançamento efluentes domésticos e industriais na rede de drenagem, e para os solos, as atividades agropastoris. Para a bacia do ribeirão Paraíso, a maior influência esteve ligada às atividades agrícolas, com destaque para a cana-de-açúcar. Dos metais pesados encontrados em ambas as bacias analisadas, o que demanda uma maior atenção, tanto nos sedimentos quanto nos solos, é o cádmio. Em relação ao enquadramento dos corpos d'água, constatou-se que o ribeirão Paraíso e o córrego Cerrado/Cadunga se enquadraram em todas as campanhas amostrais nas classes III e IV da Resolução CONAMA nº 357/2005, pois as variáveis Fósforo, Cádmio e Cobre apresentaram valores superiores aos estabelecido pela referida Resolução. Conforme o enquadramento dos corpos hídricos de ambas as bacias, as mesmas podem ser utilizadas para abastecimento humano, após tratamento convencional ou avançado, à irrigação, pesca amadora, à recreação e, ainda, dessedentação de animais. Nesse sentido, concluiu-se que o uso da terra apresentado em ambas as bacias, em razão do uso de agroquímicos, oferecem riscos à qualidade da água, tanto quanto o lançamento de efluentes domésticos e industriais, uma vez que as bacias avaliadas apresentaram alterações nos mesmos parâmetros avaliados.

PALAVRAS CHAVES: Atividades agropastoris, Modificação do espaço, impactos ambientais.

ABSTRACT

We start from the hypothesis that the land use model existent in Paraíso-GO creek and Cerrado/Cadunga-MG stream river basins has been providing significant changes in the water quality of these streams, which receive sediments and nutrients from natural and anthropic factors. In this sense, the general aim of this research is to diagnose the water quality in relation to the model of land use and physical characteristics of the basins. The methods used followed the procedures of the American Public Health Association (APHA), CONAMA legislation nº 357/2005 (surface water) and ordinance of the Ministry of Health 2914/2011 (drinking water). When comparing the geological aspects of the two basins, it was verified that they are differentiated by the presence of the unconsolidated sands in the upper part of the Paraíso creek. Regarding the soils, both are distinguished by the presence of Cambisols in the Paraíso creek, and are similar in relation to the presence of soils with hydromorphic characteristics. Studies of land use between 2005 and 2015 demonstrated the gradual disappearance of the Cerrado biome, mainly in the Cerrado/Cadunga river basin. The watershed region of the Paraíso creek presented greater erosive potential in formation areas of the Vale do Rio do Peixe, as well as the Cerrado/Cadunga stream. Heavy metals contents in those soils identified at different sampling points reveal occasional contamination, mainly related to land use. In general, the sediment results of Cerrado/Cadunga stream showed that the distribution of elements has as main contribution the urban area and the discharge of urban and industrial effluents in the drainage network, and for the soils, agro-pastoral activities. For the Paraíso creek basin, the greatest influence was linked to agricultural activities, especially sugarcane. Out of the heavy metals found in both basins analyzed, what demands greater attention, both in sediments and in soils, is cadmium. Regarding the framing of water bodies, it was verified that the Paraíso creek and the Cerrado/Cadunga stream were included in all the sampling campaigns in classes III and IV of CONAMA Resolution nº 357/2005, since the variables Phosphorus, Cadmium and Cupper showed higher values than those established by the abovementioned Resolution. According to the classification of the water bodies of both basins, they can be used for human supply, after conventional or advanced treatment, to irrigation, amateur fishing, recreation and also animal watering. In this sense, it was concluded that the land use presented in both basins, due to the use of agrochemicals, poses significant risks to water quality, as well as the release of domestic and industrial effluents, since the basins evaluated presented changes in the same parameters evaluated.

KEYWORDS: Agro-pastoral activities, Modification of space, Environmental impacts.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Fluxograma de execução do mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal.....	73
Foto 1- Derrame de basalto bacia do ribeirão Paraíso (A) e córrego Cerrado/Cadunga (B)....	54
Foto 2- Cascalheira cimentada por oxi-hidróxidos de ferro	55
Foto 3- Arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe em ambas as bacias.....	55
Foto 4- Visão panorâmica das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga	57
Foto 5- Gleissolos (solos hidromórficos) em ribeirão Paraíso (A) e córrego Cerrado (B)	61
Foto 6- Falha geológica encontrada na bacia do córrego Cerrado/Cadunga	62
Foto 7- Amostragem de solos.....	76
Foto 8- Amostragem de sedimentos	78
Foto 9- Amostragem, preservação e análise das amostras.....	80
Foto 10- Análise Físico-química da água (T°C, pH, OD, TDS, CE, NaCl,).....	81
Foto 11- Fotocolorímetro AT100 PB da marca Alf kit	82
Foto 12- Turbidímetro de Bancada HI88703 da marca HANNA.....	82
Foto 13- Fotômetro de bancada- Análise de amônia, Nitrito e Nitrato.....	83
Foto 14- Fluorímetro de bancada	84
Foto 15- Fitofisionomia Mata.....	87
Foto 16- Culturas de ciclo curto	90
Foto 17 A e B- Fitofisionomia Mata.....	91
Foto 18- Solos ocupados no ribeirão Paraíso	93
Foto 19- Áreas de pastagens.....	93
Foto 20- Utilização do córrego para a dessedentação de animais.....	96
Foto 21- Principais culturas desenvolvidas na bacia do córrego Cerrado/Cadunga.....	97
Foto 22- A e B- Áreas degradadas na bacia córrego Cerrado/Cadunga.....	98
Foto 23- Açude próximo à rede de drenagem.....	98
Foto 24- Loteamento em construção Canápolis-MG.....	99
Foto 25- Arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe	113
Foto 26- Serapilheira encontrada no ponto 1- Ribeirão Paraíso-GO.....	131
Foto 27- Vegetação submersa - Represa Fazenda Agropecuária Rio Paraíso	131
Foto 28- Características físicas dos pontos amostrais 1, 2 e 3 do ribeirão Paraíso	133
Foto 29- Visão panorâmica dos pontos 3 e 4 do ribeirão Paraíso.....	139

Foto 30- Aspectos geológicos e pedológicos na bacia do córrego Cerrado/Cadunga.	144
Foto 31- Detalhe de efluentes urbanos e industriais sendo despejados a aproximadamente 2 km do Ponto 5.....	145
Foto 32- Desvio do curso d'água para irrigação.	150
Foto 33 - Características dos pontos P03 e P07.....	153
Foto 34- Área de turbulência apresentada no curso do ribeirão Paraíso à montante do P07.	155
Foto 35- Área de turbulência apresentada no curso do córrego Cerrado/Cadunga próximo ao P07.....	156
Foto 36- Características físicas da proximidade do ponto 03.....	161
Foto 37- Vestígio de precipitação e Palhada da cana-de-açúcar.....	165
Foto 38- Canal de ligação de indústria alimentícia à rede de drenagem no município de Canápolis-MG.	166
Foto 39- Adubação manual e Dessedentação animal.	167
Foto 40 - Uso e ocupação nas proximidades do ponto 4.....	174

Gráfico 1-Avaliação temporal do uso da terra da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso para os anos de 2005, 2010 e 2015.	92
Gráfico 2- Avaliação temporal do uso do solo da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso para os anos de 2005, 2010 e 2015.	100
Gráfico 3- Precipitação pluvial média mensal no período de 1985 a 2014 (30 anos), na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (Jataí-Go).	104
Gráfico 4- Precipitação média anual em mm na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso-GO entre os anos de 1985 a 2014.	105
Gráfico 5- Índices médios e classificação do grau de erosividade, segundo Carvalho (2008) para bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (Jataí – GO).	107
Gráfico 6- Precipitação média mensal entre os anos de 1985 a 2014, para a bacia do córrego Cerrado/Cadunga-MG	109
Gráfico 7- Precipitação média anual em mm na bacia hidrográfica do córrego Cerrado/Cadunga, no período total (1985 a 2014) e nos 3 decênios estudados.	110
Gráfico 8- Classes de erosividade da bacia hidrográfica do córrego Cerrado/Cadunga.	112
Gráfico 9- Concentração de Cádmio nos solos das duas bacias hidrográficas.	118
Gráfico 10- Concentração de chumbo nos solos das duas bacias hidrográficas.	120
Gráfico 11- Concentração de mercúrio nos solos das duas bacias hidrográficas.	122
Gráfico 12- Concentração de cobre nos solos das duas bacias hidrográficas.	124
Gráfico 13- Concentração de zinco nos solos das duas bacias hidrográficas.	126
Gráfico 14- Concentração de Cádmio nos sedimentos de fundo do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga	128
Gráfico 15- Concentração de chumbo nos sedimentos de fundo do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.	130
Gráfico 16- Concentração de cobre nos sedimentos de fundo do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.	132
Gráfico 17- Concentrações de zinco nos sedimentos de fundo do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.	134
Gráfico 18 - Temperatura da água do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.....	138
Gráfico 19-Potencial hidrogeniônico das águas do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga	142
Gráfico 20 - Condutividade elétrica da água no ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.	147

Gráfico 21- Totais de sólidos Dissolvidos na água do ribeirão Paraíso córrego Cerrado/Cadunga.....	151
Gráfico 22- Oxigênio Dissolvido nas águas das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.....	154
Gráfico 23- Salinidade (NaCl) na água do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.....	158
Gráfico 24- Turbidez na água do ribeirão Paraíso córrego Cerrado/Cadunga-MG.....	161
Gráfico 25- Fósforo Total na água do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.	164
Gráfico 26- Nitrogênio amoniacal na água do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga	169
Gráfico 27- Nitrato na água das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.....	172
Gráfico 28- Nitrito na água do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.	176
Gráfico 29- Cobre (Cu) na água do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.....	178
Gráfico 30- Chumbo na água do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.	180
Gráfico 31- Urânio na água ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.....	181
Gráfico 32- Cádmio na água do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.	183
Gráfico 33- Precipitação acumulada para os 7 dias antecedentes as amostragens, referente às estações climáticas no ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga	191
Gráfico 34 Diagrama de dispersão entre as variáveis pH e TDS; TDS e NaCl, para o mês de novembro de 2014 no ribeirão Paraíso.	192
Gráfico 35- Diagrama de dispersão entre as variáveis NO_2^- e Cd, no mês de outubro 2014 no córrego Cerrado/Cadunga.....	193
Gráfico 36- Diagrama de dispersão entre as variáveis T °C e Turbidez e T °C e Pt referente ao mês de fevereiro no ribeirão Paraíso	194
Gráfico 37- Diagrama de dispersão entre as variáveis NH_3N e Cd no ribeirão Paraíso no mês de fevereiro de 2015.	195
Gráfico 38- Diagrama de dispersão entre as variáveis pH e Cu no córrego Cerrado/Cadunga no mês de janeiro de 2015.	196
Gráfico 39- Diagrama de dispersão entre as variáveis Turbidez e CE e Turbidez e TDS no ribeirão Paraíso, mês de maio de 2015.	197
Gráfico 40- Diagrama de dispersão entre as variáveis pH e NO_2^- e pH e NO_3^- no mês de junho para o córrego Cerrado/Cadunga.....	198
Gráfico 41- Diagrama de dispersão entre as variáveis T°C e OD e T°C e NaCl, no mês de agosto de 2015 para o ribeirão Paraíso.....	200

Mapa 1- Localização das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso-GO e córrego Cerrado/Cadunga-MG.	51
Mapa 2- A- B Geologia das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso-GO e córrego Cerrado/Cadunga-MG.	53
Mapa 3- Pedologia das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso-GO e córrego Cerrado/Cadunga- MG.	59
Mapa 4- Declividade das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso-GO e do córrego Cerrado/Cadunga-MG.	63
Mapa 5- Hipsometria das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso-GO e córrego Cerrado/Cadunga-MG	65
Mapa 6- Localização dos pontos amostrais das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso-GO e córrego Cerrado/Cadunga-MG.	67
Mapa 7- Uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso-GO entre os anos de 2005 e 2015.	89
Mapa 8- Uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do córrego Cerrado/Cadunga-MG para os anos de 2005, 2010 e 2015.	95
Mapa 9- Localização dos postos pluviométricos da ANA, próximos às bacias do ribeirão Paraíso/GO e córrego Cerrado/Cadunga/MG.	103
Mapa 10- Localização dos pontos de amostragem de sedimentos e solos.	116

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Metais pesados e suas Fontes.....	45
Quadro 2- Nome e localização dos Postos Pluviométricos nas bacias hidrográficas.....	74
Quadro 3- Classes de erosividade da chuva, média anual: de MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹ para ton mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹ , nas bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso (Jataí-GO) e do córrego Cerrado/Cadunga (Canápolis-MG).....	76
Quadro 4- Valores orientadores de substâncias químicas presentes nos sedimentos CONAMA nº 454/2012:.....	79
Quadro 5- Valores orientadores de substâncias químicas presentes nos solos CONAMA n. 420/2009.....	79
Quadro 6- Padrões de qualidade para ambientes lóticos das Classes 1, 2, 3 e 4 de águas doces, segundo a Resolução CONAMA nº357/2005.	84
Quadro 7- Limite máximo permitido de qualidade de águas doces, potável, segundo Ministério da Saúde Portaria nº 2.914/2011.	85
Quadro 8- Avaliação qualitativa do grau de correlação entre as variáveis analisadas	86

LISTA TABELAS

Tabela 1- Principais tipos do uso da terra em % das bacias entre os anos de 2005 e 2015....	100
Tabela 2- Índices de erosividade entre os anos de 1985 a 2014 na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso-GO.....	106
Tabela 3- Índices de erosividade entre os anos de 1985 a 2014 para bacia do córrego Cerrado/Cadunga.....	111
Tabela 4- Estatística descritiva da concentração (mg/Kg) de metais pesados nos solos das duas bacias.....	126
Tabela 5- Estatística descritiva da concentração (mg/Kg) de metais pesados nos sedimentos para as bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.....	135
Tabela 6- Estatística descritiva da Temperatura da bacia do ribeirão Paraíso.....	140
Tabela 7- Estatística descritiva da Temperatura (T°C) da bacia do córrego Cerrado/Cadunga.....	140
Tabela 8 Estatística descritiva do pH da bacia do ribeirão Paraíso.....	143
Tabela 9- Estatística descritiva do pH da bacia do córrego Cerrado/Cadunga.....	145
Tabela 10- Estatística descritiva da condutividade elétrica $\mu\text{S}/\text{cm}$ da bacia do ribeirão Paraíso.....	148
Tabela 11- Estatística descritiva da condutividade elétrica da bacia do Córrego Cerrado/Cadunga.....	150
Tabela 12- Estatística descritiva dos TDS da bacia do córrego Cerrado/Cadunga.....	152
Tabela 13 - Estatística descritiva dos TDS da bacia do ribeirão Paraíso.....	153
Tabela 14- Estatística descritiva do Oxigênio Dissolvido (mg/L) da bacia do ribeirão Paraíso.....	155
Tabela 15- Estatística descritiva do Oxigênio Dissolvido (mg/L) da bacia do córrego Cerrado/Cadunga.....	157
Tabela 16- Estatística descritiva da Salinidade em (mg/L) da bacia do ribeirão Paraíso.....	159
Tabela 17- Estatística descritiva de Salinidade (mg/L) da bacia do córrego Cerrado/Cadunga.....	160
Tabela 18- Estatística descritiva da Turbidez (UNT) da bacia do córrego Cerrado/Cadunga.....	162
Tabela 19- Estatística descritiva da Turbidez (UNT) da bacia do Ribeirão Paraíso.....	163
Tabela 20- Estatística descritiva do Fósforo (mg/L) da bacia do ribeirão Paraíso.....	166
Tabela 21- Estatística descritiva do Fósforo (mg/L) da bacia do Córrego Cerrado/Cadunga.....	168

Tabela 22- Estatística descritiva do Nitrogênio Amoniacal (mg/L) da bacia do córrego Cerrado/Cadunga	170
Tabela 23- Estatística descritiva do Nitrogênio Amoniacal da Bacia do Ribeirão Paraíso	171
Tabela 24- Estatística descritiva do Nitrato (mg/L) da bacia do ribeirão Paraíso	173
Tabela 25- Estatística descritiva do Nitrato (mg/L) da bacia do córrego Cerrado/Cadunga..	174
Tabela 26- Estatística descritiva do Nitrito (mg/L) da bacia do Córrego Cerrado/Cadunga..	176
Tabela 27- Estatística descritiva de Nitrito (mg/L) da bacia do ribeirão Paraíso	177
Tabela 28- Estatística descritiva do Cádmio (mg/L) da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso.	183
Tabela 29- Estatística descritiva do Cádmio (mg/L) no córrego Cerrado/Cadunga.....	184
Tabela 30- Concentração de Mercúrio (mg/L) nas águas da bacia hidrográfica do córrego Cerrado/Cadunga-MG	185
Tabela 31- Concentração de Mercúrio (mg/L) nas águas da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso-GO.	186
Tabela 32- Enquadramento dos corpos d'água.	187
Tabela 33- Correlações entre as variáveis limnológicas das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso-GO e córrego Cerrado/Cadunga-MG.	188

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Al	Alumínio
ANA	Agência Nacional de Águas
APHA	American Public Health Association
APP	Área de preservação Permanente
Bi	Horizonte B Intemperado
BH	Bacia hidrográfica
BR	Brasil
Ca	Cálcio
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Cd	Cádmio
Cm	Centímetro
CNRH	Conselho Nacional dos Recursos Hídricos
CO ₂	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CV	Coefficiente de variação
Cór	Córrego
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
Cs	Césio
Cu	Cobre
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
Des Pad	Desvio-Padrão
EIA/RIMA	Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
Fe	Ferro
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
GO	Goiás
GPS	Sistema de Posicionamento Global
H ⁺	Hidrogênio Positivo
Hg	Mercúrio
HN ₃ N	Nitrogênio Amoniacal

HNO ₃	Ácido Nítrico
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
H ₂ CO ₃	Ácido Carbônico
Hr	Hora
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
in loco	No Local
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IQA	Índice de Qualidade das Águas
K	Potássio
Km	Quilômetro
Km ²	Quilômetro quadrado
L	Litro
LGA	Laboratório de Geociências Aplicadas
LMP	Limite Máximo Permitido
M	Metros
MS	Ministério da Saúde
m ³	Metro cúbico
MG	Minas Gerais
Mg	Miligrama
Mm	Milímetro
mg/kg	Miligrama por Quilo
Mg/L	Miligrama por Litro
mg l ⁻¹ – O ₂	Miligrama por Litro de Oxigênio
N	Número
NaCl	Cloreto de sódio (Salinidade)
NaOH	Hidróxido de Sódio
NO ₂	Nitrito
NO ₃	Nitrato
NSF	National Sanitation Foundation
NTU	Nephelometric Turbidity Units
OD	Oxigênio Dissolvido
P0	Ponto de amostragem

Pb	Chumbo
pH	Potencial Hidrogeniônico
Po	Polônio
Ra	Rádio
REJ	Regional Jataí
Rib	Ribeirão
S	Enxofre
SRA II B RT	Superfície Regional de Aplainamento II B RT
SRA III RT	Superfície Regional de Aplainamento III RT
SRA C	Superfície Regional de Aplainamento C
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SINGHEH	Sistema Nacional de Recursos Hídricos
SP	São Paulo
SIEG	Sistema Estadual de Estatística e Informações Geográficas de Goiás
TDS	Total de Sólidos Dissolvidos
Th	Tório
Tu	Turbidez
U	Urânio
UFG	Universidade Federal de Goiás
UO ₂	Íon Hidroxila
UTM	Universal Transversa de Mercator
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
VF	Volume do Frasco
WGS	World Geodetic System
>	Maior
<	Menor
°	Grau
”	Segundo
%	Porcentagem
µm	Micrômetro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA	25
2 REFERENCIAL TEÓRICO	30
2.1- Bacia hidrográfica	30
2.2- Qualidade da água.	31
2.2.1 Oxigênio Dissolvido (OD)	32
2.2.2 Turbidez (Turb).....	32
2.2.3 Temperatura (T)	33
2.2.4 Potencial Hidrogeniônico (pH).....	33
2.2.5 Condutividade elétrica – (CE)	34
2.2.6 Total de sólidos dissolvidos (TDS).....	34
2.2.7 Salinidade (NaCl - Cloreto de Sódio).....	35
2.2.8 Fósforo total (Pt).....	36
2.2.9 Nitrito (NO ₂).....	36
2.2.10 Nitrato (NO ₃)	37
2.2.11 Amônia.....	37
2.3- Enquadramento dos corpos de água	38
2.4- Metais Pesados	39
2.4.1 Cádmio (Cd)	41
2.4.2 Cobre (Cu)	42
2.4.3 Chumbo (Pb)	42
2.4.4 Mercúrio (Hg).....	43
1.4.5 Urânio (U)	44
2.5- Metais Pesados e Seus Impactos ao Meio Ambiente	44
2.6 Metais Pesados nos Solos	46
2.7 Geodisponibilidade de metais pesados no solo	46
2.8- Metais pesados em ambientes aquáticos	47

2.9 Efeitos dos Metais Pesados para os Seres Humanos	48
3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	50
3.1 Localização das áreas de estudos	50
3.2 Características Física das Bacias Hidrográficas.....	52
3.2.1 Aspectos Geológicos	52
3.2.2 Relevo.....	56
3.2.3 Solos	57
3.2.4 Declividade	61
3.2.5 Hipsometria	64
3.2.6 Clima	66
3.2.7 Caracterização dos Pontos de Amostragem.....	66
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	72
4.1 Delimitação das Bacias Hidrográficas	72
4.2 Distribuição espacial dos pontos de amostragem	72
4.3 Uso da terra.....	73
4.4 Erosividade	74
4.5 Amostragem e análise de metais pesados nos solos	76
4.6 Amostragens de sedimentos de fundo nos cursos d'água.....	78
4.7 Enquadramento dos sedimentos e solos conforme as resoluções CONAMA 454/2012 420/2009 respectivamente.	78
4.8 Análises físico-química das águas.....	79
4.8.1- Aquisição dos parâmetros físico-químicos e metais pesados na água.	81
4.8.2- Fósforo – (Pt)	82
4.8.3 Turbidez.....	82
4.8.4 Nitrogênio Amoniacal (NH ₃ -N), Nitrito (NO ₂ ⁻) e Nitrato (NO ₃ ⁻)	83
4.8.5 Metais Pesados	83
4.9- Classificação dos corpos d'água segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005	84

4.10- Classificação d'água segundo Ministério da Saúde (Portaria nº 2.914/2011)	85
4.11- Análise estatística	85
5- RESULTADOS E DISCUSSÃO	87
5.1- Avaliação Espaço-Temporal do Uso da Terra	87
5.2-Avaliação da distribuição espacial da precipitação pluvial e da erosividade	101
5.3- Avaliação dos metais pesados nos solos e sedimentos	114
5.3.1 Metais pesados nos solos.....	117
5.3.2 Metais pesados nos sedimentos do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.	127
5.4- Enquadramento dos corpos hídricos das bacias hidrográficas	136
5.4.1 Avaliação Sazonal.....	137
5.4.2 Temperatura.....	137
5.4.3 Potencial Hidrogeniônico.....	141
5.4.4 Condutividade Elétrica.....	146
5.4.5 Sólidos Totais Dissolvidos – TDS.....	150
5.4.6 Oxigênio Dissolvido.....	153
5.4.7 Salinidade.....	157
5.4.8 Turbidez.....	160
5.4.9 Fósforo.....	163
5.4.10 Nitrogênio Amoniacal.....	168
5.4.11Nitrato.....	171
5.4.12 Nitrito.....	174
5.4.13 Cobre.....	177
5.4.14 Chumbo.....	179
5.4.15 Urânio.....	180
5.4.16 Cádmiio.....	182
5.4.17 Mercúrio.....	185
5.5- Análise de Correlação das Variáveis Limnológicas	188

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	201
Caracterização Física	201
Uso da terra.....	201
Precipitação e Erosividade.....	202
Avaliação dos Metais Pesados nos Solos e Sedimentos.....	202
Enquadramento dos corpos d'água.	203
Análise de correlação.....	204
REFERÊNCIAS	206

1. INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA

A questão ambiental está inserida nos paradigmas da sociedade moderna, principalmente nas últimas décadas, ocupando importante espaço no cenário político, econômico, social, científico e até mesmo no cultural, entre todas as nações. Com o desenvolvimento tecnológico e o crescimento demográfico mundial intensificaram-se as atividades industriais, agrícolas, o extrativismo mineral e a urbanização, o que gerou e vem ocasionando considerável aumento dos níveis de contaminação no ambiente, especialmente no solo e na água.

Vivemos em uma sociedade em contínuo crescimento, acrescida do forte incentivo do sistema capitalista, com uma política econômica que incita os altos investimentos em produção sem o devido planejamento ambiental. A civilização moderna, tem percebido a natureza como algo separado do humano, com uma concepção de mundo em que fatos e fenômenos se apresentam de forma fragmentada, desconexa, considerando a natureza como fonte de recursos inesgotáveis. Neste contexto, vive-se em um ambiente em que a natureza se encontra degradada. Mas, devido à preocupação com a escassez dos recursos, bem como com a degradação gerada pelas formas de produção modernas, emerge a questão ambiental.

As atitudes e atividades humanas não respeitam critérios ou limites físicos, como geológicos, pedológicos ou de bacias hidrográficas. Há também o fato de dados censitários, de infraestrutura e estatísticos dar-se por município ou estados, o que pode dificultar ainda mais a definição de uma área para planejamento. Mesmo com tais limitações, a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento é de aceitação universal, uma vez que ela é um sistema natural, bem delimitado no espaço e de fácil caracterização, onde interações, no mínimo físicas, estão integradas (CARMO e SILVA, 2010).

De forma complementar, as bacias hidrográficas e os recursos hídricos podem ser subdivididos em unidades menores (sub-bacia e microbacia), o que facilita, por razões técnicas e estratégicas, o seu planejamento. As bacias hidrográficas possuem significativa importância nestas discussões ambientais, pois possuem diversos usos econômicos e sociais. Para garantir a qualidade ambiental das bacias, são necessárias diversas medidas para disciplinar o uso e ocupação (SANTOS, 2004).

Neste sentido, torna-se de suma importância o conhecimento do uso da terra em bacias hidrográficas como referencial nas tomadas de decisões para formulação de políticas públicas que visem à preservação dos recursos hídricos e gestão territorial.

A ocupação antrópica das terras através de usos múltiplos indica a complexidade e dificuldade na elaboração de propostas para a gestão territorial, tanto em nível local como regional. Especificamente, o uso da terra destaca-se por afetar diretamente a qualidade dos solos e, conseqüentemente, das águas, que têm sido objeto de interesse de instituições e órgãos governamentais voltados ao planejamento e à adoção de políticas agrícolas viáveis ao desenvolvimento e que não se traduzam em agressão ambiental (PINTO e GARCIA, 2005).

Sendo assim, pode-se afirmar que o modelo atual do uso da terra das bacias hidrográficas são os principais responsáveis pela degradação da qualidade da água. Partindo deste princípio, torna-se de suma importância estabelecer políticas para gestão das águas, priorizando a preservação, qualidade e quantidade, fazendo-se necessário o uso racional e consciente na utilização dos recursos hídricos para garantir a manutenção e interação do ciclo da água, solo e do clima. Neste sentido, é possível reconhecer que a água é um bem público e constitui um direito humano, sendo fundamental à vida (SANTOS, 2004).

O presente estudo propôs analisar duas bacias hidrográficas: a bacia do ribeirão Paraíso, em Jataí-GO, e a do córrego do Cerrado, também conhecido como Cadunga, em Canápolis-MG. As referidas são contribuintes da bacia hidrográfica do rio Paranaíba, ambos pertencentes a bacia hidrográfica do rio Paraná.

A escolha das bacias deu-se em virtude dos usos múltiplos apresentados por ambas, em que se objetivou analisar a qualidade das águas, levando em consideração as características físicas e os diferentes modelos de usos e ocupação e os possíveis impactos antrópicos existentes em ambas as bacias.

O município de Jataí-GO é considerado a capital estadual na produção de grãos, um dos maiores produtores de milho e sorgo do Brasil, o quinto em nível nacional, na produção de soja com 1.164,913 toneladas colhidas em 2007. A partir do ano de 2008, a cana-de-açúcar passou a ter grande representatividade na produção agrícola do município, superando a produção de soja (FRANCO E ASSUNÇÃO 2011).

O município de Canápolis-MG é considerado um dos maiores produtores de abacaxi do Estado de Minas Gerais, cuja economia do município engloba também a produção de soja, cana-de-açúcar e pecuária, possui ainda dentro dos limites da bacia hidrográfica, área urbana, indústrias, cemitério e Usina de Triagem e Compostagem (UTC), a qual encontrava-se desativada, operando apenas como lixão.

Além dos passivos ambientais presentes nestes municípios como, por exemplo, cemitérios e lixões, as práticas agrícolas são o principal problema, face a utilização indiscriminada de agrotóxicos e fertilizantes na atividade agropecuária. Nesta perspectiva, o

Brasil destaca-se desde a década de 1970, como um dos maiores consumidores mundiais de agrotóxicos, fertilizantes e, principalmente de herbicidas (MATA e FERREIRA, 2013).

A maioria dos fertilizantes de acordo com sua origem pode conter diversos tipos de metais que podem ser considerados como micronutrientes ou metais tóxicos. Esses elementos, quando aplicados no solo, podem persistir por vários anos, e rapidamente estar disponíveis para as plantas, com alto potencial de acumulação nos solos e de fácil mobilidade para a água através do processo de lixiviação (LIMA e SANTOS, 2012).

A água tem sido o foco das atenções mundiais nos últimos anos, provocando diversas discussões sobre a utilização dos recursos hídricos. Tal preocupação é devida ao fato destes recursos estarem ligados a impactos ambientais, como ocupação indevida do solo, uso indiscriminado da água, desmatamento de matas ciliares, sedimentação, assoreamento, construção de barragens, desvios de cursos d'água, erosão, salinização, contaminação, impermeabilização, compactação, diminuição da matéria orgânica e etc., as quais têm contribuído para o desaparecimento de rios e lagos (ARAÚJO et al., 2009).

A água é essencial para a garantia da qualidade de vida, para a produção agropecuária e industrial, prestação de serviços e para todas as atividades humanas, nos mais diferentes ambientes, sendo, por isso, identificadora da qualidade ambiental de um ecossistema, pois é a principal ligação entre os componentes de uma região ou bacia hidrográfica. Apesar da legislação ambiental e os órgãos de proteção ambiental se esforçarem, a poluição dos rios e do lençol freático é constante e, em alguns casos, decorrentes do passado e muitas vezes irreversíveis.

Devido ao caráter solvente e a capacidade de transportar partículas, a água incorpora a si diversas impurezas, definindo assim sua qualidade. Dessa forma, a qualidade da água é determinada em função do uso e da ocupação do solo nas bacias hidrográficas. O monitoramento da qualidade das águas no Brasil é baseado na Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005, que dispõe sobre padrões específicos, enquadrando os corpos de água em níveis de qualidade a fim de atender às necessidades da comunidade, bem como à saúde e ao bem-estar, ao equilíbrio ecológico e aquático.

A bacia hidrográfica do Ribeirão Paraíso, em Jataí-GO possuía em seus limites geográficos a presença de um aterro controlado, atividades agrícolas (plantações de soja, milho, sorgo, silvicultura e cana-de-açúcar) e pecuária. A bacia hidrográfica do Córrego Cerrado/Cadunga, em Canápolis-MG possuía em seus limites, além de área urbana e cemitério usina de triagem e de compostagem (UTC), zona urbana, indústrias de

processamento de abacaxi, atividades agrícolas (plantações de abacaxi, cana-de-açúcar e soja) e pecuária.

Partindo-se da hipótese de que a qualidade da água de uma bacia hidrográfica está diretamente relacionada com o grau de equilíbrio entre fatores naturais e antrópicos (VON SPERLING 2005). O objetivo geral desta pesquisa foi investigar qual modelo de uso da terra proporciona maior impacto e alteração na qualidade das águas.

A fim de se obter resposta ao objetivo proposto, foram usados os métodos da *American Public Health Association* (APHA) para análise das amostras coletadas nos cursos d'água e solos das bacias. Ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) foram utilizadas para delimitação da área de influência e para geração de mapas de uso da terra. Parâmetros limnológicos importantes, que influenciam a qualidade da água para consumo humano e irrigação, foram avaliados e comparados com os limites permitidos pela legislação CONAMA e do Ministério da Saúde. A técnica de estatística de correlação linear foi utilizada para verificar a influência dos parâmetros sobre a qualidade das águas.

A tese foi dividida em partes para que se tenha uma visão do tema abordado e o que foi feito para se atingir o objetivo proposto. Na primeira parte apresenta-se a introdução e justificativa do trabalho, na segunda a revisão de literatura que embasaram o desenvolvimento da pesquisa, os quais priorizam os temas considerados de interesses indispensáveis.

A terceira parte traz a localização e caracterização física das áreas de estudo, apresentando as bacias hidrográficas, pois os fenômenos ocorridos dentro de uma bacia hidrográfica, sejam eles de origem natural ou antrópica, interferem na dinâmica do sistema, principalmente na quantidade e qualidade dos cursos de água (VON SPERLING 2005). Neste sentido, torna-se de suma importância o conhecimento das variáveis tais como: geologia, geomorfologia, solo, hipsometria, declividade, clima, entre outros, as quais permitem compreender a dinâmica e interação entre tais variáveis.

A quarta parte apresenta as metodologias utilizadas para a coleta de dados e os procedimentos empregados nas análises dos dados para geração dos resultados. A quinta aborda os resultados e discussão, dividida em 5 subitens: 5.1 a avaliação espaço-temporal com relação ao uso da terra, com intuito de compreender as transformações ocorridas ao longo dos anos entre 2005 a 2015, cuja pesquisa para cada bacia foi realizada separadamente.

No subitem 5.2 Avaliação, distribuição e a influência das chuvas sobre os processos erosivos em ambas as bacias. Analisou-se a intensidade pluviométrica e a erosividade pela relevância que estas proporcionam em termos de perda de solos, através do escoamento

superficial, especialmente por se tratarem de áreas de alta produção agrícola, com regimes pluviométricos altos, como é o caso do bioma Cerrado.

No 5.3 buscou-se abordar a concentração e a distribuição dos metais pesados nos solos de ambas as bacias. Foram analisadas a distribuição e a concentração dos elementos químicos nos solos e nos sedimentos de fundo dos cursos d'água, tendo como parâmetro referencial os valores máximos permitidos na Resolução CONAMA nº 454/2012 para solos e a resolução CONAMA nº 420/2009 para sedimentos.

Na 5.4, o enquadramento dos corpos hídricos, onde são apresentados os resultados das análises físico-químicas das águas das bacias. Realizaram-se medidas sazonais (em quatro períodos distintos) dos parâmetros físico-químicos da água, objetivando verificar possíveis padrões ou alterações, com ênfase nas interações e intervenções antrópicas presentes, analisadas estatisticamente.

O 5.5, apresenta as análises de correlações das variáveis limnológicas, validando-as a partir do teste *t-student*, com intuito de verificar o grau de associação linear entre as variáveis, as quais permitiram identificar entre os parâmetros avaliados as relações existentes ao nível de 95% de significância. E por fim a sexta e última parte, em que se trata das conclusões apresentadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste item, foram selecionados conteúdos de suma importância que embasaram e nortearam o desenvolvimento da pesquisa, os quais, considerados de interesse imprescindível para o desenvolvimento das discussões apresentadas.

2.1- Bacia hidrográfica

A bacia hidrográfica é um sistema que integra as conformações de relevo e drenagem, constituindo-se em um sistema de transporte de água e sedimentos. A área da bacia hidrográfica é delimitada topograficamente pelos divisores de água. Essa unidade de área foi adotada pela Política Nacional de Recursos Hídricos como a unidade de gestão dos recursos hídricos, por apresentar os múltiplos usos da água e do solo (BRASIL, 2002).

As bacias hidrográficas são compostas por microbacias e diferentes ecossistemas (CUNHA e GUERRA, 2003). Microbacia é definida como a área geográfica de captação de água composta por pequenos canais de confluência e delimitada por divisores naturais (BIGON e FERNANDES, 2010).

A maioria dos sistemas de gestão dos recursos hídricos considera que o conceito de bacia hidrográfica tem sido amplamente defendido como uma unidade de gestão ideal de gerenciamento da água. Os argumentos que fundamentam a adoção de bacia hidrográfica como unidade de gestão é a apropriação do conceito de sistema, em que qualquer mudança provocada em uma das áreas da bacia pode afetar as demais, devido à interconexão dos fluxos de água. Essa nova unidade territorial, portanto, passa a ser objeto de políticas e ações que não se limitam, envolvendo o conjunto das populações e as atividades exercidas nessa região.

Para Cardoso (2003, p.23) “adotar a bacia hidrográfica como unidade de gestão significa estar lidando com um território sobre o qual não existe qualquer tipo de identidade social”. Isso porque existe uma grande diversidade de atores atuando sobre a mesma, os quais possuem percepções espaciais embasadas em outras referências territoriais. Sendo assim, a referência de bacia hidrográfica terá necessariamente que ser “construída e disputada com as unidades e percepções já existentes”.

Existe uma série de fragilidades na incorporação da bacia como unidade de gestão. “Primeiro, pelo fato de se tratar de uma redefinição territorial que se sobrepõe às divisões político-administrativas tradicionais entre municípios, estados e países” (CARDOSO, 2003, p.24). Ainda segundo Cardoso (2003, p. 25), “a criação dessa nova unidade territorial de

gestão já se aponta como um potencial gerador de conflitos, particularmente em um país como o Brasil, onde os municípios são unidades fortes em termos administrativos e políticos”. Não obstante, as alianças políticas em volta da água não se estruturam, necessariamente, a partir dessa organização geográfica. Problemas como escassez de água, seca, contaminação dos rios, construção de barragens, uso abusivo da água para fins de irrigação ou industrial, entre outros, espontaneamente, excedem os limites da bacia. Por outro lado, as identidades sociais e as áreas de atuação das instituições seguem lógicas próprias de recorte territorial que, embora muitas vezes englobem vários municípios, dificilmente correspondem aos limites de uma bacia hidrográfica (PINTO e GARCIA, 2005).

A questão crucial a ser resolvida nas próximas décadas para a sobrevivência humana será o desenvolvimento de posturas políticas que afirmem o acesso à água de boa qualidade, que já se encontra cada vez mais escassa, devido ao rápido aumento dos níveis de consumo, gerados por processos e técnicas agroindustriais.

2.2- Qualidade da água.

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água se dá em função das condições naturais e do uso da terra na bacia hidrográfica. As condições naturais como o ar, que ao incorporar na água o material que está suspenso como partículas de areia, polens de plantas, gases, afetam a qualidade da água, inicialmente. Mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, a qualidade da água pode ser afetada pelo escoamento superficial, no qual podem ser incorporadas partículas de solo (sólidos em suspensão) ou íons provenientes da dissolução de rochas (sólidos dissolvidos). Neste caso, a influência do uso da terra e cobertura vegetal do solo tem grande relevância (CORADI et al, 2009).

A interferência antrópica está associada às ações do homem sobre o meio, através da geração de resíduos domésticos e industriais, de forma dispersa, como a aplicação de defensivos e fertilizantes no solo, contribuindo na introdução de compostos na água, ou pontual (lançamento de esgoto), afetando diretamente a qualidade das águas. Portanto, a forma como o homem usa e ocupa o solo tem uma implicação direta sobre a qualidade da água (SANTOS, 2001).

A poluição causada aos corpos d'água conduz à necessidade de planos de prevenção e recuperação ambiental, a fim de garantir condições de usos atuais e futuros, para diversos fins. A água possui uma ampla variedade de constituintes, relacionados aos aspectos químicos,

físicos e biológicos, que podem ser medidos por programas de monitoramento da qualidade da água (ANA, CETESB etc.). A qualidade da água pode ser representada por intermédio de diversos parâmetros que traduzem suas características (SANTOS, 2001).

2.2.1 Oxigênio Dissolvido (OD)

A presença regular do oxigênio dissolvido na água é de fundamental importância para o adequado desenvolvimento de organismos aeróbicos, caracterizando-se como o mais importante para a dinâmica aquática. A atmosfera e a fotossíntese são as principais fontes desse gás. Sua ausência fornece mau odor na água, caracterizando a presença de poluições (SPERLING, 1996; ESTEVES, 1998). Os autores relatam ainda que a solubilidade do oxigênio dissolvido na água depende da temperatura e da pressão atmosférica, pois a elevação da temperatura da água e a diminuição da pressão resultam em redução e dissolubilidade do oxigênio.

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB 2010), os estudos voltados à medição do oxigênio dissolvido na água são importantes para a avaliação do nível de poluição e atividades fotossintéticas, por estarem presentes em todos os processos químicos e biológicos. Se o corpo hídrico apresenta grande quantidade de matéria orgânica, conseqüentemente, terá uma presença maior de microrganismos decompositores que consomem oxigênio para respiração, havendo, desta forma, um déficit deste gás (SPERLING, 1996).

2.2.2 Turbidez (Turb)

A Turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz por meio da água, conferindo uma aparência turva à mesma. A fonte dela são os sólidos em suspensão, que podem ser de origem natural (partículas de rocha, areia e silte, além de algas e outros minerais), ou antropogênica (despejos domésticos, industriais, microrganismos e erosão).

A turbidez de origem natural não representa riscos, porém é esteticamente desagradável e pode servir de abrigo para microrganismos patogênicos reduzindo a eficiência da desinfecção. Quanto à origem antropogênica, ela pode estar associada a compostos tóxicos e microrganismos patogênicos. Nos corpos d'água, reduz a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese. A unidade mais utilizada é a UNT (ou NTU em inglês), que é Unidade Nefelométrica de Turbidez.

Valores elevados de turbidez influenciam na fotossíntese de vegetação enraizada submersa e de algas aquáticas, interferindo na reprodução dos peixes e nas comunidades aquáticas, como também no uso doméstico, industrial e recreativo do uso da água (CETESB, 2010).

2.2.3 Temperatura (T)

A temperatura é a medição da intensidade de calor, sendo originada de forma natural pela transferência de calor do solo e ar (convecção e condução) ou diretamente pela radiação solar. Sua importância consiste no fato de que ela afeta a taxa das reações químicas e biológicas, assim como a solubilidade dos gases (O_2 e H_2S). Este parâmetro é utilizado na caracterização de corpos d'água e na água bruta, e deve ser analisado em conjunto com outros parâmetros, como, por exemplo, com oxigênio dissolvido (HERMES e SILVA, 2004).

A temperatura da água sofre influência direta da sazonalidade entre os períodos seco e úmido, flutuação diária de energia solar, relevo, altitude, latitude, profundidade do rio e presença de vegetação em seu entorno. A temperatura é determinante no direcionamento das reações que afetam os processos químicos, físicos e biológicos dos corpos d'água. Com o aumento da temperatura d'água, eleva-se a atividade biológica dos organismos aquáticos, inferindo no grau de preferência da temperatura d'água (EMBRAPA, 2004).

2.2.4 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Esse parâmetro representa a concentração de íons de Hidrogênio H^+ , sendo indicativo da condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água, cuja fonte de variação deste parâmetro são os sólidos e gases dissolvidos. A origem natural dá-se por intermédio da dissolução das rochas, da composição do solo, adsorção de gases da atmosfera (gás carbônico), oxidação da matéria orgânica e da fotossíntese (CONTE e LEOPOLDO, 2001; EMBRAPA, 2004; PAULA et al., 2010). Já como origem antropogênica, têm-se os despejos domésticos (oxidação de matéria orgânica) e industriais (lavagem ácida de tanques).

Tal parâmetro é de fundamental importância para diversas etapas do tratamento de água, quer seja potável ou residual (coagulação, desinfecção, remoção de dureza, controle da corrosividade). Além disso, a concentração de íons de Hidrogênio H^+ pode provocar corrosão (pH baixo) ou incrustação (pH alto) nas tubulações e, também, afetar a vida aquática e o tratamento biológico de esgoto. Para sua medição, utiliza-se um condutivímetro, que é dotado

de eletrodo de vidro em associação com soluções indicadoras ou papel indicador (restrito à água clara) (CONTE e LEOPOLDO, 2001).

2.2.5 Condutividade elétrica – (CE)

Os íons diretamente responsáveis pelos valores de CE são os chamados macronutrientes, como: cálcio, magnésio, potássio, carbonato, sulfato, cloreto. Os nutrientes nitrato e nitrito têm pouca influência; porém o íon amônio pode ter influência somente em altas concentrações. A composição iônica das águas varia em função das características do terreno, da presença de vegetação em áreas inundadas, o tempo de retenção d'água e o uso do solo que se faz na bacia hidrográfica (ZILLMER et al., 2007; TUNDISI e MATSUMURA TUNDISI, 2008).

É caracterizada ainda como a capacidade d'água de transmitir a corrente elétrica pela presença de íons (cátions e ânions). Para a sua medida, é utilizado um condutivímetro, que fornece o resultado expresso em micro Siemens $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (a 25°C), mili Siemens $1\text{ mS}\cdot\text{m}^{-1} = 1000\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ou micromho cm^{-1} ($1\text{ micromho cm}^{-1} = 1\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). No Sistema Internacional de Unidades adotado pelo Brasil, a unidade de condutância elétrica é Siemens, abreviando-se S (maiúsculo) (TUNDISI e MATSUMURA TUNDISI, 2008; PAULA, 2011).

A CE está relacionada à presença de íons dissolvidos em um sistema aquático. Quanto maior a quantidade de íons dissolvidos, maior será a CE. Esse parâmetro não permite identificar a espécie química responsável pela alteração, no entanto, fornece um indicativo real da poluição ou possível fonte de poluição. Zillmer et al., (2007) destaca que os valores da CE variam de acordo com o ciclo hidrológico, sendo que, no período seco, os valores da CE serão elevados, enquanto que, no período de maior precipitação, os valores de CE serão menores, devido à diluição de íons, decorrente do aumento do volume d'água.

2.2.6 Total de sólidos dissolvidos (TDS)

Para Tundisi e Matsumura Tundisi (2008), o total de sólidos dissolvido (TDS) inclui todos os sais presentes na água, bem como os elementos não iônicos, medidos pelo conteúdo total de carbono dissolvido, sendo que os íons dissolvidos e as substâncias orgânicas auxiliam na regulação dos processos fisiológicos dos organismos biológicos. Já os gases dissolvidos na água - o oxigênio e o dióxido de carbono, são fundamentais para os processos de produção de matéria orgânica pelos produtores primários (fotossíntese) e a respiração de todos os organismos.

Em água natural, o grande número de substâncias dissolvidas na água origina-se das características geoquímicas do solo e das rochas, que constituem o substrato das bacias hidrográficas, que é drenado para os mananciais. A matéria orgânica dissolvida na água é classificada em substâncias húmicas, que não são solúveis em água com o pH ácido (abaixo de 2), mas podem ser solúveis em pH mais elevado, e soluções não húmicas, tais como aminoácidos, carboidratos e resinas (TUNDISI e MATSUMURA TUNDISI, 2008).

Ainda para os mesmos autores, a capacidade de ação da água na dissolução desses íons aumenta com a temperatura, acidez, com o fluxo de água e com a concentração de oxigênio dissolvido na água. Os elevados valores de TDS podem alterar a turbidez e trazer implicações para o ecossistema aquático, dificultando a penetração dos raios solares, desfavorecendo a fotossíntese e diminuindo a concentração de oxigênio dissolvido nas águas. Estes autores afirmam ainda que a matéria orgânica dissolvida tem papel fundamental na complexação, adsorção e imobilização de muitas substâncias orgânicas contaminantes e metais pesados. Essa adsorção pode também disponibilizar esses contaminantes para organismos e aumentar a sua biodisponibilidade nas águas (TUNDISI e MATSUMURA TUNDISI, 2008).

2.2.7 Salinidade (NaCl - Cloreto de Sódio)

A formação geológica influencia diretamente nas concentrações de íons nos ambientes aquáticos, devido, principalmente, ao intemperismo das rochas e ao escoamento superficial, que permitem identificar alterações na composição geoquímica de um corpo d'água, principalmente na concentração de minerais. Paula (2011), afirma ainda que o parâmetro de salinidade é expresso em unidade de peso por volume (mg/L), em que a formação de sais em águas interiores tem como principais íons responsáveis os cátions (Cálcio, magnésio, sódio e potássio) e os ânions (bicarbonato, cloreto e sulfato).

Zillmer et al., (2007), em estudos realizados no Ribeirão Salgadinho (MT), verificaram que os dados da quantidade de íons disponíveis na água demonstraram nítido padrão de variação decorrente do ciclo hidrológico. E expõem ainda que são três os principais elementos controladores da quantidade de sais nas águas superficiais: a predominância rochosa, a precipitação atmosférica e os processos de evaporação da água, que alteram as concentrações dos cátions e ânions.

Segundo Esteves (1998), a temperatura da água também exerce influência na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade

dos gases dissolvidos. Nesse sentido, verifica-se a existência de uma significativa relação entre o aumento da temperatura da água e dos sólidos suspensos com a CE na água, que pode ocorrer a partir de reações desencadeadas na fauna aquática frente ao aumento da temperatura.

2.2.8 Fósforo total (Pt)

Segundo Tundisi, Takakon e Matsumura (2008), a presença do fósforo nas águas continentais depende dos processos geoquímicos nas bacias hidrográficas. As formas mais comuns de fósforo orgânico são de origem biológica. Os fosfatos dissolvidos são derivados do processo de lixiviação de minerais, como a apatita, presente em rochas. O fósforo também pode ser encontrado em partículas de várias dimensões, até a forma coloidal.

Os referidos autores afirmam ainda que parte do fósforo sofre um processo de complexação durante período de intensa oxigenação dos sedimentos e, desta forma, torna-se não disponível periodicamente. Portanto, o ciclo do fósforo, do ferro e o potencial de oxirredução na água e no sedimento estão estreitamente correlacionados. Como o fósforo não tem um componente gasoso, sua disponibilidade depende de rochas fosfatadas.

O fósforo é considerado por vários autores como um excelente traçador das contribuições antropogênicas para os corpos aquáticos, além de ser apontado como fator chave no processo de eutrofização das águas doces. O fósforo aparece em ambientes lóticos, principalmente, através de descargas de esgotos sanitários. A matéria orgânica fecal e os detergentes em pó empregados em larga escala doméstica constituem a principal fonte (TUNDISI, TAKAKON E MATSUMURA, 2008).

Alguns efluentes industriais, como os de indústrias de fertilizantes, de pesticidas, químicas em geral, de conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios apresentam fósforo em quantidades excessivas. As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas também podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais (PIVELI, 2011).

Assim como o nitrogênio, o fósforo constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, ou seja, é um dos chamados macronutrientes, por ser exigido também em grandes quantidades pelas células. Nesta qualidade, torna-se parâmetro imprescindível em programas de caracterização de efluentes industriais que se pretendem tratar por processo biológico (PIVELI, 2011).

2.2.9 Nitrito (NO₂)

O nitrito é um parâmetro simples, porém de fundamental importância na verificação da qualidade da água para consumo, pois sua presença é um indicativo de contaminação recente, procedente de material orgânico vegetal ou animal. O nitrito pode ser encontrado na água como produto da decomposição biológica, devido à ação de bactérias ou outros microrganismos sobre o nitrogênio amoniacal, ou ser proveniente de ativos inibidores de corrosão em instalações industriais (CAMPOS. et al., 2012).

Nitrito é um estado intermediário do nitrogênio, tanto pela oxidação da amônia a nitrato como pela redução do nitrato. Estes processos de oxidação e redução podem ocorrer em estações de tratamento de água, sistemas de distribuição de águas e em águas naturais. Pode vir a ser bastante tóxico, de acordo com a sua concentração no meio e do estágio de desenvolvimento em que se encontram os organismos aquáticos, causando mortalidade (CAMPOS. et al., 2012).

2.2.10 Nitrato (NO_3)

Os íons nitrato (NO_3) podem ocorrer comumente em águas naturais, originando-se de rochas ígneas, de áreas de drenagens e da decomposição da matéria orgânica, e ainda podem ser encontrados devido à antropização dos mananciais, principalmente, aqueles ligados ao uso intensivo de fertilizantes na agricultura, à coleta e disponibilização inadequada dos esgotos domésticos e aos resíduos de plantas. Esses materiais, encontrados na superfície do solo e ou no próprio solo, em zonas pouco profundas do subsolo, são as principais fontes diretas do nitrato presente nos corpos d'água (CAMPOS. et al., 2012).

O nitrato é o composto nitrogenado considerado de mais baixo poder tóxico para os organismos aquáticos e, sendo muito móvel, pode ser removido das camadas superiores do solo para a água. As águas subterrâneas apresentam, geralmente, teores de nitrato no intervalo de 0,1 a 10 mg/L, porém, em águas poluídas, esses valores podem chegar a 1.000 mg/L (CAMPOS et al., 2012).

2.2.11 Nitrogênio Amoniacal (NH_3N)

Nas soluções aquosas, a amônia pode apresentar-se sob as formas ionizada (NH_4^+) ou não-ionizada (NH_3). Essas espécies de amônia são intercambiáveis e a soma de suas concentrações constitui a amônia total ou nitrogênio amoniacal total. Segundo Reis e Mendonça (2009), embora alguma toxicidade possa ser atribuída à amônia ionizada, a forma

não-ionizada é reconhecidamente a espécie mais tóxica de amônia (REIS e MENDONÇA, 2009).

Amoníaco, gás amoníaco ou amônia (NH_3) é um gás incolor, alcalino e irritante em condições normais de temperatura e pressão, bastante solúvel em água em baixos valores de pH (ácidos). Um odor pungente é detectável em concentrações acima de 30 mg/L. Ocorre em vários efluentes domésticos e industriais e também resulta da decomposição natural da matéria orgânica, $\text{NH}_3\text{-N}$ é o nitrogênio amoniacal. (REIS e MENDONÇA, 2009).

O amoníaco e seus derivados (ureia, nitrato de amônio e outros) são usados na agricultura como fertilizantes e componentes de vários produtos de limpeza. A amônia é facilmente biodegradável. As plantas absorvem-na com muita facilidade, sendo um nutriente muito importante como fornecedor de Nitrogênio para a produção de compostos orgânicos azotados. Em concentrações muito altas, por exemplo, na água de consumo, pode causar danos graves, já que interfere no transporte do oxigênio pela hemoglobina, entre outros efeitos tóxicos (REIS e MENDONÇA, 2009).

2.3- Enquadramento dos corpos de água

O enquadramento é um zoneamento dos rios e demais corpos de água, que são divididos em trechos segundo suas peculiaridades físicas e os usos a que melhor se destinam. Existe uma classificação pré-determinada pelo CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) que define as “classes” segundo o uso das águas, dando parâmetros de qualidade da água para cada uma das classes.

A classificação dos corpos de água, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade, levando em consideração que a saúde e o bem-estar humano não devem ser afetados, bem como o equilíbrio ecológico aquático pela deterioração da qualidade das águas. Sendo assim, o CONAMA criou instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas, em relação às classes estabelecidas no enquadramento, de forma a facilitar a fixação e controle de metas, visando atingir gradativamente os objetivos propostos.

A normatização segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, classifica a qualidade da água em 13 classes, sendo 05 classes para água doce, 04 classes para água salina e 04 classes para água salobra, englobando ainda as classes especiais. Cada classe tem sua subdivisão, em que as águas doces dividem-se em classe especial, classe um, classe dois, classe três e classe

quatro. A classe especial é destinada a manter o equilíbrio aquático em unidade de conservação e proteção integral, livre de fontes poluentes, como resíduos domésticos, lançamento de efluentes, agropecuários, aquicultura ou industriais, mesmo se forem tratados, devendo manter os padrões naturais dos corpos d'água.

Para as demais classes, os lançamentos de efluentes devem obedecer aos padrões contidos na Resolução CONAMA nº 357/2005, pois são águas destinadas ao abastecimento e consumo humano após o tratamento adequado. As classes de um a quatro enquadram-se nas análises de parâmetros limnológicos correspondentes a águas de corpos receptores, como lagos e rios. Ainda na referida Resolução, os padrões para observação destes parâmetros devem corresponder a valores máximos e mínimos individuais ao serem avaliados.

2.4- Metais Pesados

Conceito popularmente utilizado associado como substância tóxica, geralmente proveniente de descarte inadequado. Diversos pesquisadores reportaram definições para metal pesado. Duffus (2002, p.34) relatou os resultados de uma extensa revisão bibliográfica sobre as definições de metal pesado. Em relação às propriedades químicas, afirma ainda que:

Massa específica: metais pesados apresentam massa específica elevada, sendo maior ou igual a um determinado valor de referência que, em função de cada publicação, varia entre 3,5 e 7,0 g/cm³; Massa atômica: metais pesados apresentam elevada massa atômica, sendo o sódio (massa atômica igual a 23) usado como referência; Número atômico: metais pesados apresentam elevado número atômico, sendo o cálcio (número atômico igual a 20) usado como referência.

Além das propriedades químicas utilizadas nessa definição, outros autores destacam aspectos relevantes a serem analisados na conceituação de metal pesado. Hawkes (1997, p.18), observasse que, além da elevada massa específica existia propriedades importantes para a sua definição: “A formação de sulfetos e hidróxidos insolúveis, a formação de sais que geram soluções aquosas coloridas e a formação de complexos coloridos”. Duffus (2002), ao analisar os elementos listados como metais pesados, constatou que existem diferenças em relação aos textos, o que representa uma incerteza em torno do uso desse conceito.

Essa incerteza é reflexo da evolução do entendimento e do refinamento desse conceito, tendo em vista que, ao longo do tempo, novos critérios foram sendo incorporados. Os metais

pesados diferem de outros agentes tóxicos porque não são sintetizados nem destruídos pelo homem. A atividade industrial diminui significativamente a permanência desses metais nos minérios, bem como a produção de novos compostos, além de alterar a distribuição desses elementos no planeta.

Para Lima e Merçon (2011, p.56), a presença de metais, muitas vezes, está associada à localização geográfica, seja na água ou no solo, e pode ser controlada, limitando o uso de produtos agrícolas, proibindo a produção de alimentos em solos contaminados com metais pesados. Todas as formas de vida são afetadas pela presença de metais, dependendo da dose e da forma química. Os metais podem ainda ser classificados em:

Elementos essenciais - sódio, potássio, cálcio, ferro, zinco, cobre, níquel e magnésio; Microcontaminantes ambientais - arsênico, chumbo, cádmio, mercúrio, alumínio, titânio, estanho e tungstênio;

Elementos essenciais e simultaneamente microcontaminantes - cromo, zinco, ferro, cobalto, manganês e níquel.

Os metais pesados caracterizados como essenciais são aqueles úteis para o homem, em pequenas quantidades, como o ferro, zinco, magnésio e cobalto, que constituem a hemoglobina. Mas, se a quantidade limite for ultrapassada, eles tornam-se tóxicos, ocasionando problemas de saúde. Do ponto de vista químico, a grave consequência parece não ter solução, já que esses metais não podem ser destruídos e são altamente reativos (DUFFUS, 2002).

Existem elementos químicos estáveis, isto é, que apresentam um átomo de núcleo estável eletricamente. Ocorre que, por apresentarem carga elétrica igual (carga positiva), os prótons tendem a tornar o núcleo atômico cada vez mais instável na medida em que vai se chegando a elementos químicos mais pesados, isto é, com uma quantidade maior de prótons aglomerados no núcleo do átomo. Nesta configuração, elementos químicos de alto peso molecular tendem a emitir partículas nucleares ou energia para adquirirem estabilidade. Este estudo é conhecido como radioatividade, e dentre os elementos químicos radioativos, destacam-se o Urânio (U), Polônio (Po), Rádium (Ra), Césio (Cs) e o Tório (Th) (LIMA E MERÇON, 2011).

2.4.1 Cádmio (Cd)

O cádmio é encontrado na natureza quase sempre junto com o zinco, em proporções que variam de 1:100 a 1:1000, na maioria dos minérios e solos. É um metal que pode ser dissolvido por soluções ácidas e pelo nitrato de amônio. Quando queimado ou aquecido, produz o óxido de cádmio, pó branco e amorfo ou na forma de cristais de cor vermelha ou marrom. É obtido como subproduto da refinação do zinco e de outros minérios, como chumbo-zinco e cobre-chumbo-zinco (ALBERTINI, CARMO, PRADO FILHO, 2007).

A galvanoplastia (processo eletrolítico que consiste em recobrir um metal com outro) é um dos processos industriais que mais utiliza o cádmio entre 45 a 60% da quantidade produzida por ano, na fabricação de ligas, varetas para soldagens, baterias Ni-Cd, varetas de reatores, fabricação de tubos para TV, pigmentos, esmaltes e tinturas têxteis, fotografia, litografia e pirotecnia, estabilizador plástico, fabricação de semicondutores, células solares, contadores de cintilação, retificadores e lasers (ALBERTINI, CARMO, PRADO FILHO, 2007).

O cádmio existente na atmosfera é precipitado e depositado no solo agrícola na relação aproximada de 3 g/hectare/ano. Rejeitos não-ferrosos e artigos que contêm cádmio contribuem significativamente para a poluição ambiental. Outras formas de contaminação do solo são por meio dos resíduos da fabricação de cimento, da queima de combustíveis fósseis e lixo urbano e de sedimentos de esgotos (ALBERTINI, CARMO, PRADO FILHO 2007).

Na agricultura, uma fonte direta de contaminação pelo cádmio é a utilização de fertilizantes fosfatados. Sabe-se que a captação de cádmio pelas plantas é maior quanto menor o pH do solo. Nesse aspecto, as chuvas ácidas representam um fator determinante no aumento da concentração do metal nos produtos agrícolas. Em estudos realizados em áreas contaminadas com cádmio e outros metais, verificaram que eles inibem a mineralização do nitrogênio e fósforo e diminuem a diversidade de fungos.

A água é outra fonte de contaminação e deve ser considerada não somente pelo seu consumo como água potável, mas também pelo seu uso na fabricação de bebidas e no preparo de alimentos. Sabe-se que a água potável possui baixos teores de cádmio (cerca de 1 mg/L), o que é representativo para cada localidade. O cádmio é um elemento de vida biológica longa (10 a 30 anos) e de lenta excreção pelo organismo humano (ALBERTINI, CARMO, PRADO FILHO 2007).

2.4.2 Cobre (Cu)

O uso preponderante do cobre é na indústria elétrica e de automóveis, e no revestimento de chapas metálicas. Frequentemente este metal é utilizado em ligas com outros metais, resultando o latão e o bronze (MAHAN, 1995). A principal fonte de ingestão de cobre, pelos seres humanos, são os alimentos. A toxicidade do cobre para a vida aquática depende de fatores como componentes orgânicos e alcalinidade, sendo o metal tanto mais tóxicos quanto menor a alcalinidade (SILVA, 2002).

Resulta da corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida no tratamento de solos e efluentes. As principais fontes industriais são as indústrias de mineração, fundição, metalúrgicas, têxteis e refinarias de petróleo (TÓTH et al., 2002).

2.4.3 Chumbo (Pb)

Há mais de 4.000 anos, o chumbo é utilizado sob várias formas, principalmente por ser uma fonte de prata. Antigamente, as minas de prata eram de galena (minério de chumbo), um metal dúctil, maleável, de cor prateada ou cinza-azulada, resistente à corrosão. As fontes antropogênicas de chumbo provêm do consumo na forma de metal puro ou ligado com outros metais, ou como compostos químicos, principalmente na forma de óxidos. Os principais usos estão relacionados às indústrias extrativista, petrolífera, de baterias, tintas e corantes, cerâmica, cabos, tubulações e munições (LOBO, 2011).

Os sais de chumbo formam a base de muitas tintas e pigmentos: carbonato de chumbo e sulfatos são usados como pigmento branco e cromatos fornecem pigmentos amarelo, laranja, vermelho e verde. O arseniato de chumbo pode ser usado como inseticida, o acetato de chumbo tem importante uso na indústria química, o naftenato de chumbo é um secante extensivamente usado e chumbo tetraetila é adicional antidetonante para gasolina (CASTILHO-JR, 1989; SALGADO, 1996 e ATSDR, 2004).

O chumbo pode ser incorporado ao cristal na fabricação de copos, jarras e outros utensílios, favorecendo o seu brilho e durabilidade. Assim, pode ser incorporado aos

alimentos durante o processo de industrialização ou no preparo doméstico. Compostos de chumbo são absorvidos por via respiratória e cutânea. Os chumbos tetraetila e tetrametila também são absorvidos através da pele intacta, por serem lipossolúveis (SALGADO, 1996).

Uma vez lançado no ambiente, o chumbo pode ser transformado de uma espécie inorgânica para outra, ou de um tamanho de partícula para outro. A transformação do chumbo inorgânico para o chumbo tetrametilado tem sido observada em sistema aquático, particularmente nos sedimentos. Ainda não está claro se o chumbo tetrametilado formado é produzido abioticamente ou pela biota (WHO, 1995).

Um dos fatores mais importantes que influencia a toxicidade aquática do metal é a concentração iônica livre, a qual interfere na disponibilidade do chumbo para os organismos. A toxicidade é dependente das condições ambientais, como a dureza da água, pH e salinidade. Em sistemas aquáticos contaminados, uma pequena fração do chumbo está dissolvida na água, pois a maior parte do chumbo encontra-se fortemente ligada ao sedimento (WHO, 1995).

A captação de chumbo pelos peixes somente alcança um equilíbrio após algumas semanas de exposição. O metal acumula-se, principalmente, nas brânquias, fígado, rins e ossos. Os ovos dos peixes mostram um aumento dos níveis de chumbo com o aumento de exposição (WHO, 1989).

2.4.4 Mercúrio (Hg)

A progressiva utilização do mercúrio para fins industriais e o emprego de compostos mercuriais durante décadas na agricultura, resultaram no aumento significativo da contaminação ambiental, especialmente da água e dos alimentos. Uma das razões que contribuem para o agravamento dessa contaminação é a característica singular do Ciclo do Mercúrio no meio ambiente. A biotransformação por bactérias do mercúrio inorgânico a metilmercúrio é o processo responsável pelos elevados níveis do metal no ambiente (LOBO, 2011).

O mercúrio é um líquido inodoro e de coloração prateada. Os compostos mercúricos apresentam uma ampla variedade de cores. Nos processos de extração, o mercúrio é liberado no ambiente, principalmente, a partir do sulfeto de mercúrio. O mercúrio e seus compostos são encontrados na produção de cloro e soda cáustica (eletrolise), em equipamentos elétricos e eletrônicos (baterias, retificadores, relés, interruptores etc.), aparelhos de controle

(termômetros, barômetros, esfigmomanômetro), tintas (pigmentos), amálgamas dentárias, fungicidas (preservação de madeira, papel, plásticos etc.), lâmpadas de mercúrio, laboratórios químicos, preparações farmacêuticas, detonadores, óleos lubrificantes, catalisadores e na extração de ouro (LOBO, 2011).

1.4.5 Urânio (U)

Dickson e Scott (1997), afirmam que o urânio ocorre em baixa concentração na crosta terrestre (aproximadamente 3 ppm), quimicamente dominado por seus estados de valência U^{+4} e U^{+6} . “O primeiro estado geralmente está contido em minerais não solúveis, enquanto o segundo associa-se com ânions como os carbonatos, os sulfatos e os fosfatos para formarem espécies solúveis” (DICKSON e SCOTT, 1997, p. 32). Afirmam ainda que a mobilidade do U^{+6} é modificada pela adsorção a óxidos hidratados de ferro, minerais de argila e coloides, como também pela redução a minerais de U^{+4} em ambientes redutores. A sua presença nas rochas ocorre como óxidos e silicatos, uraninita e uranotorita, principalmente em minerais como a monazita, o xenotímio e o zircão.

Weidjen e Weidjen (1995), afirmam que o clima quente e úmido reúne as condições necessárias para a lixiviação do urânio das rochas. Nestas características climáticas, a grande circulação de águas, em geral ácidas, com oxigênio e dióxido de carbono dissolvidos, é primordial para que os minerais contendo U e Th, exceto os refratários, sejam hidrolisados, oxidados e lixiviados na forma do íon hidroxila $(UO_2)^{2+}$ que, em ambiente oxidante, tem alta mobilidade e, assim, o urânio passa para a solução do solo.

2.5- Metais Pesados e Seus Impactos ao Meio Ambiente

Com a variedade e quantidade de produtos utilizados pela sociedade, os metais pesados estão presentes na maioria deles, que, posteriormente, são descartados em depósitos de lixo, muitas vezes sem os cuidados necessários (Quadro 1). A deposição incorreta e o manuseio indevido destes resíduos aumentam o acúmulo de metais pesados nos compartimentos ambientais, os quais podem gerar sérios problemas para o meio ambiente, sendo este um dos motivos da crescente preocupação mundial (PEREIRA, 2004).

Quadro 1- Metais pesados e suas Fontes.

Metais	Origem
Cd	Indústrias de tratamento de superfícies metálicas, plásticos, fabricação de radiadores, borracha, pigmentos etc;
Pb	Fabricação de baterias, tintas, constituinte de esmaltes, vidros, inseticidas e antidetonantes para gasolina;
Cu	Fabricação de fios elétricos, radiadores e automóveis, utilizando em ligas com outros metais, resultando o latão e bronze;
Cr	Curtumes, fabricação de ligas especiais de aço, tratamento de superfícies metálicas, fabricação e uso de cimento, lâmpadas, indústria têxtil, fotográfica e de vidros;
Zn	Produtos farmacêuticos e alguns cosméticos, fábrica de tintas, borrachas, pilhas elétricas e galvanização, baterias, fertilizantes, televisores e aros de rodas;
Mn	Fábrica de ligas de aço, cerâmicas, porcelanas, baterias de vidro, aditivo de combustível, fungicidas e pesticidas.
Co	É amplamente usado em ligas com ferro, níquel, alumínio e outros metais, produção de pigmentos, vidros, fertilizantes e indústria de petróleo;
Fe	Latarias de alimentos, indústria metalúrgica, fabricação de ligas, fabricação de imãs, tintas, pigmentos, abrasivos e compostos para polimento e soldagem de metais e fertilizantes na agricultura.

Adaptado de: ATSDR, 2004.

Organização: Lopes. S.M.F (2016).

Diariamente, de forma involuntária, entramos em contato com os metais pesados, como por exemplo: no ar (poluição, fumaça de tabacos, inseticidas spray ou de tomada, tintas de parede, etc.); na água (metais pesados são utilizados para tratamento da água e esta água é utilizada para produção de alimentos); produtos (cosméticos, maquiagens, remédios, desodorantes, tinturas usadas nas tatuagens, etc.); alimentos (fertilizantes, água, embalagens, agrotóxicos, utensílios de cozinha, etc.). Muitos destes contatos são impossíveis de serem evitados, no entanto, algumas medidas podem ser tomadas de forma a minimizar o contato com alimentos (PEREIRA, 2004).

A presença de um metal em um corpo d'água, por exemplo, pode afetar os seres que ali habitam de duas formas básicas: pode ser tóxico ao organismo ou pode ser bioacumulado, tendo seu efeito potencializado ao longo da cadeia alimentar. A biomagnificação ou amplificação biológica consiste no aumento progressivo da concentração do metal na medida em que se avança na cadeia alimentar (BRAGA et al., 2002).

A biomagnificação decorre dos seguintes fatores: a necessidade de um grande número de seres do nível trófico anterior para alimentar um ser do nível trófico posterior e o contaminante não é metabolizável, mas é lipossolúvel, acumulando-se nos tecidos gordurosos dos seres vivos. Em função desse processo, mesmo o descarte de um metal em concentração reduzida pode trazer dano a um ecossistema (BRAGA et al., 2002).

2.6 Metais Pesados nos Solos

Desde a formação do planeta, todos os elementos metálicos estão presentes no ambiente e sua distribuição nos solos sob condições naturais é bastante generalizada. O solo atua frequentemente como um “filtro”, tendo a capacidade de depuração e imobilizando grande parte das impurezas nele depositadas. Porém, essa capacidade é limitada, podendo ocorrer alteração da qualidade do solo, devido, principalmente, ao efeito cumulativo da deposição de resíduos sólidos. Alguns exemplos de deposição cumulativa são as práticas agrícolas, incluindo defensivos e fertilizantes, resíduos sólidos industriais e urbanos, materiais tóxicos, “metais pesados” e radioativos (MOREIRA e NODERMANN, 1987).

Os metais pesados presentes no solo podem ser classificados como litogênicos e antropogênicos. Segundo Kabata-Pendias e Pendias (1992), o processo litogênico caracteriza-se como parte dos ciclos biogeoquímicos naturais, em que a fração litogênica destes elementos é liberada das rochas por meio do processo de intemperismo, o qual é ciclado através dos vários compartimentos, por processos bióticos e abióticos, até que encontre seu destino final nos oceanos ou nos sedimentos (MOREIRA e NODERMANN, 1987).

Os metais de origem antropogênica são aqueles advindos dos processos industriais e práticas de agricultura, os quais podem ter sua toxicidade acrescida nos solos. Esta acumulação ao longo do perfil vertical do solo constitui um problema grave, já que a persistência desses elementos no solo é mais longa que em qualquer outro compartimento ambiental da biosfera, e ainda podem ser absorvidos pelas plantas, passando para a cadeia trófica, podendo ocorrer, também, a lixiviação desses elementos para as águas superficiais ou subterrâneas (PEREIRA, 2004).

2.7 Geodisponibilidade de metais pesados no solo

A fase sólida do solo pode ser composta por diferentes minerais, em quantidades variáveis, e por componentes orgânicos, cuja reatividade dependerá da natureza e do grau de decomposição da matéria orgânica. As reações entre os elementos contaminantes e as partículas do solo envolvem fenômenos de adsorção, dessorção, precipitação, oxirredução e dissolução e são críticas ao determinar seu destino e mobilidade (SPARKS, 1999).

Embora todas estas reações possam estar ocorrendo simultaneamente, os mecanismos de adsorção, complexação e pH do solo são reconhecidamente determinantes no controle da disponibilidade e solubilidade dos metais no solo (FORD et al., 2001). Assim, o

conhecimento dessas propriedades pode ser um bom indicador da biodisponibilidade e da mobilidade dos elementos.

Para Kabata-Pendias e Pendias (1992) e Alloway (1995), os metais tóxicos têm afinidade química em relação à matéria orgânica. A capacidade do solo em disponibilizar metais para o meio ambiente é inversamente proporcional ao aumento do pH. Com isso, quando o solo apresenta um pH baixo (<6,5), os metais deixam de estar na sua forma precipitada e complexa (apresentando mobilidade no solo, conseqüentemente, podem tornar-se tóxicos), para forma livre, na qual se tornam disponíveis aos compartimentos ambientais, podendo ser absorvidos por animais e plantas.

2.8- Metais pesados em ambientes aquáticos

O descarte de resíduos industriais é uma das principais fontes de contaminação dos rios com metais pesados, lançados, principalmente, nos esgotos, além das atividades industriais e a incineração de lixo urbano, que também produzem fumaças ricas em metais, principalmente mercúrio, chumbo e cádmio. Todos os metais resultantes destes processos podem ser solubilizados pela água, causando danos à saúde do homem e de animais, dado o potencial tóxico destes elementos (PEREIRA, 2004).

No meio aquático, os metais são oriundos de fontes naturais, como lavagem geológica de solos e rochas diretamente expostos à água, e por meio de fontes antrópicas, como efluentes domésticos e industriais, pelo processo de mineração, pela aplicação de pesticidas na agricultura e através de precipitação em áreas com poluição atmosférica (PEREIRA et al., 2006; EBRAHIMPOUR e MUSHRIFAH, 2008).

A poluição causada pelos resíduos sólidos nos corpos d'água pode ter efeito no aumento da Turbidez (com impactos nos processos de fotossíntese), quebra da estabilidade dos ecossistemas por variações de temperatura, causando morte de organismos e redução do teor de oxigênio dissolvido e, ainda, redução do oxigênio dissolvido pela decomposição da matéria orgânica presente nos resíduos, podendo causar o aumento de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, o que potencializa a eutrofização (MACHADO, FERREIRA e RITTER, 2004).

De maneira geral, os níveis de metais pesados dissolvidos na água são extremamente variáveis, sendo que avaliação deste parâmetro isolado fornece pouca informação sobre a contaminação do ambiente (TOMAZELLI, 2003). Na coluna d'água, os teores de metais pesados dissolvidos tendem a oscilar por várias ordens de magnitude ao longo do tempo e dos

diferentes pontos de amostragem, o que se deve ao grande número de variáveis envolvidas na sua dinâmica, tais como pH, condição redox, salinidade, temperatura e variações diárias ou sazonais do fluxo d'água (BERTOLETTI, 2001; LIMA, 2001). Apesar disso, a avaliação dos teores de metais pesados dissolvidos na água constitui uma ferramenta útil na avaliação do grau de contaminação de um determinado ecossistema e tem sido utilizada por diferentes pesquisas e pesquisadores de todo o mundo (TOMAZELLI, 2003).

Em rios, as concentrações de metais nos sedimentos em suspensão são, em geral, maiores que as concentrações dissolvidas na coluna d'água, embora a transferência de metais entre tais compartimentos esteja relacionada às características do íon metálico, ao tamanho das partículas, ao conteúdo orgânico e à concentração do sedimento.

Em ambientes altamente contaminados por metais pesados, os níveis detectáveis nos sedimentos em suspensão podem ser relativamente altos. No entanto, em ambientes pouco contaminados, as concentrações são baixas, sendo que os metais encontram-se associados, preferencialmente, ao sedimento de fundo (DAMATO, 2001; KLUMPP, 2001; LIMA, 2001), sendo este um indicador particularmente útil no monitoramento.

No entanto, no sedimento de fundo, os metais permanecem ligados à fase trocável do sedimento ou ligados de maneira a permanecerem indisponíveis ao ambiente. Desta maneira, é preciso ter cautela com os resultados gerados, visto que, segundo Tomazelli (2003), a quantificação dos metais nestes tipos de amostras não irá corresponder à quantidade incorporada pela biota.

A mobilidade de um elemento nos sedimentos e suas biodisponibilidades e ecotoxicidade para plantas e animais dependem fortemente de sua forma química e da maneira como este se encontra ligado às partículas do sedimento. Barrela (2001), afirma que, apesar de serem indispensáveis para a avaliação da contaminação ambiental por metais pesados, as análises de água e de sedimento ainda não podem oferecer dados reais da disponibilidade dos elementos aos organismos. Assim sendo, a análise da biota constitui uma importante ferramenta para o monitoramento ambiental.

2.9 Efeitos dos Metais Pesados para os Seres Humanos

Estudos sobre o comportamento dos metais pesados no ambiente, concluíram que muitos destes elementos trazem sérios problemas devido à sua toxicidade, aliada aos fenômenos de bioacumulação (ROBARDS e WOURSFOLD, 1991). Dentre os metais pesados, destacam-se por sua toxicidade o cobalto, cádmio, chumbo, cromo, cobre, manganês, ferro e zinco. Os

efeitos tóxicos dos metais pesados encontram-se amplamente descritos na literatura, sendo que a gravidade depende do grau de exposição aos mesmos. Dentre os efeitos adversos, apontam-se danos nos sistemas central, hepático, renal, hematopoiético e esquelético (ROMAN et al., 2002).

A maioria desses elementos em níveis traço é essencial ao bom funcionamento dos organismos vivos, mas são potencialmente tóxicos, a todo tipo de vida, quando em concentrações elevadas ou em determinadas combinações químicas. Por suas características de toxicidade e bioacumulação, os metais pesados merecem atenção especial, pois os danos acarretados ao ambiente e aos seres vivos são graves e, muitas vezes, irreversíveis.

Quando um elemento potencialmente tóxico é absorvido pelo organismo humano em concentrações elevadas, em alguns casos, os sintomas da intoxicação só serão observados em longo prazo, pois vários serão os fatores interferentes nos efeitos negativos causados por esses elementos (FIRJAN, 2000). O efeito tóxico do metal envolve, geralmente, uma interação entre o íon metálico livre e o alvo toxicológico. Fatores exógenos, como interação e exposição concorrente com outros metais tóxicos, idade, hábitos alimentares e estilo de vida, entre outros, podem influenciar, direta ou indiretamente, a toxicidade dos metais para o indivíduo.

3 CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

3.1 Localização das áreas de estudos

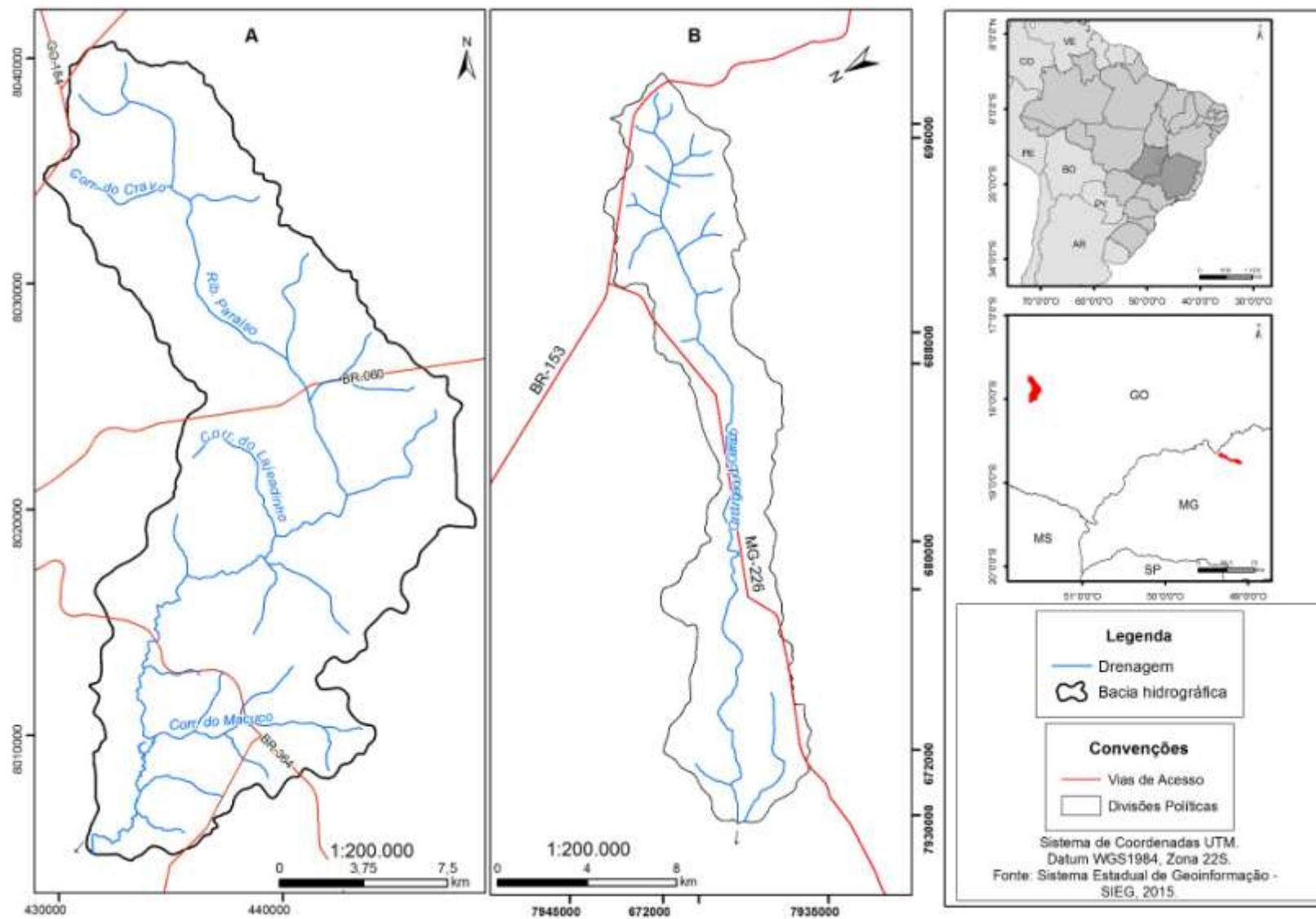
As pesquisas foram realizadas em duas bacias hidrográficas: A do ribeirão Paraíso município de Jataí-GO e do córrego Cerrado, também conhecido como Cadunga, em Canápolis-MG. As bacias são contribuintes da bacia hidrográfica do rio Paranaíba, ambas pertencentes à bacia hidrográfica do rio Paraná.

A escolha das referidas bacias ocorreu em virtude dos usos múltiplos de ambas e ainda por ser área de projeto já desenvolvido pelo Laboratório de Geociências da Universidade Federal de Goiás-Regional Jataí. A bacia do Ribeirão Paraíso contava com presença de agricultura, pecuária, silvicultura, e ainda aterro controlado do Município de Jataí-GO, o qual funcionava como lixão. A bacia do Córrego Cerrado/Cadunga possuía em seus limites agricultura, pecuária, área urbana e ainda Usina de Triagem e Compostagem (UTC). Observou-se durante as campanhas de campo, o funcionamento parcial da UTC, ou seja, apenas metade do ano ativada, o tempo em que se encontrava desativada o local era utilizado como lixão.

A bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso localiza-se entre as coordenadas 17°43'3" S a 18°3'41" S e 51°28'26" W a 51°41'17" W, mapeadas pelas folhas SE-22-V-D e SE-22-Y-B (IBGE, 1978), com área de 361,7 km², localizada no município de Jataí, no Sudoeste do Estado de Goiás (Mapa 1, bacia A). Dista 327 quilômetros da capital estadual, Goiânia, limitando-se com os municípios de Caiapônia e Perolândia ao norte; Itarumã, Caçu e Aparecida do Rio Doce ao sul; Rio Verde a leste, Mineiros e Serranópolis a oeste, o município possui população de 88.048 habitantes (IBGE, 2016).

A bacia do córrego Cerrado/Cadunga situa-se na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, microrregião de Uberlândia, no município de Canápolis, Estado de Minas Gerais (Mapa 1, bacia B). O município possui uma população de 11.476 habitantes (IBGE, 2014). Sua “área urbana está situada a 640 metros de altitude acima do nível do mar, nas coordenadas geográficas 18° 43' 29" de latitude Sul e 44° 12' 16" de longitude Oeste (IBGE, 2010). Esta bacia tem aproximadamente 137,7 km² de extensão, com um perímetro de 83,59 km, com parte do curso situada no perímetro urbano, com a qual é realizado a abastecimento e o descarte dos dejetos urbanos.

Mapa 1- Localização das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso-GO e córrego Cerrado/Cadunga-MG.



3.2 Características Física das Bacias Hidrográficas

3.2.1 Aspectos Geológicos

Ambas as bacias hidrográficas são constituídas por basaltos da Formação Serra Geral, Grupo São Bento e por arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe, Grupo Bauru e, ainda, por Cobertura Arenosa Indiferenciada (Rib. Paraíso), resultante do retrabalhamento de sedimentos arenosos do Pleistoceno (Mapa 2A) (SIEG 2015).

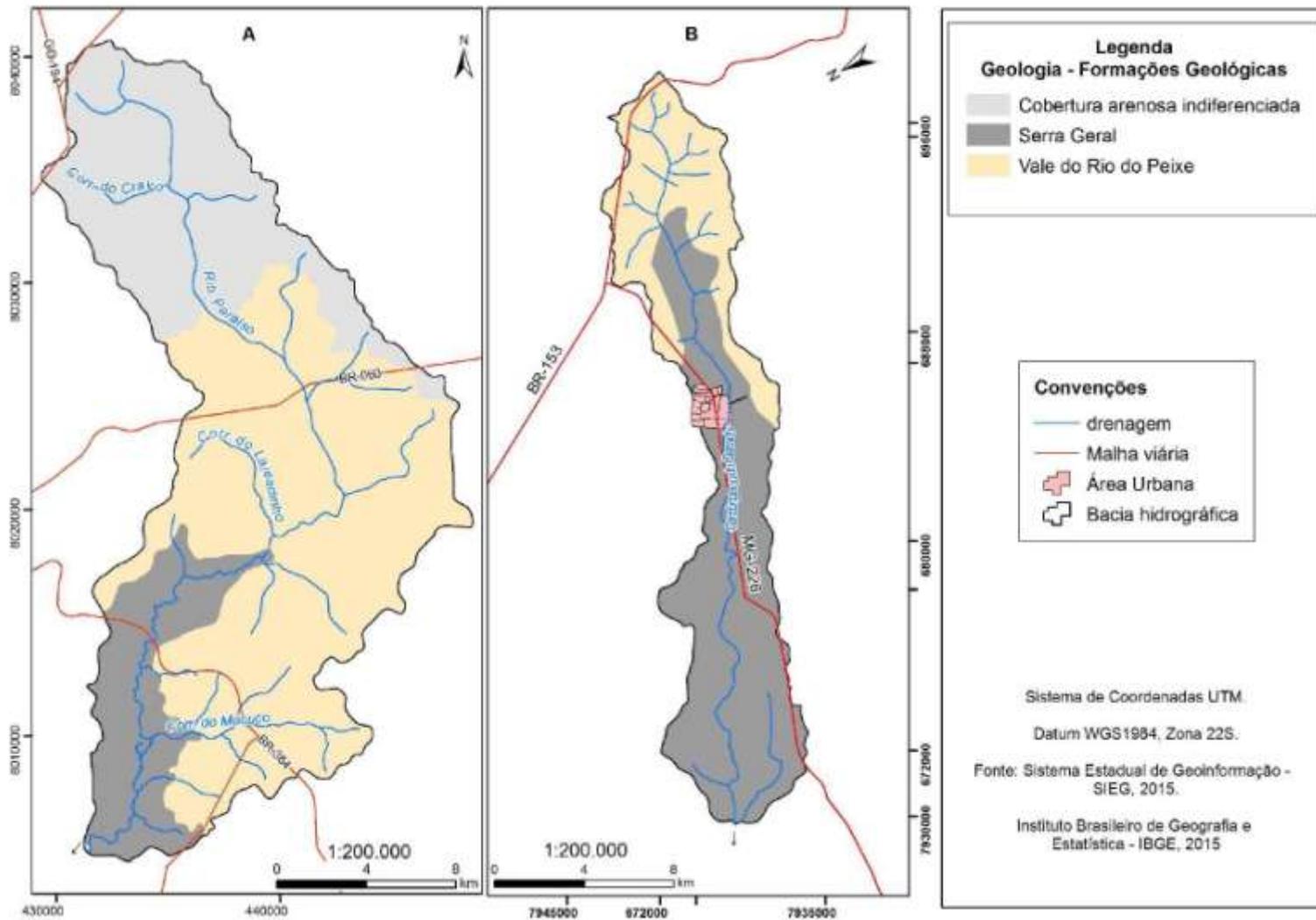
A estrutura geológica marcada pela presença da Formação Serra Geral integra parte da bacia do Paraná, a qual se estende desde o estado de Goiás até a porção sul do Brasil, incluindo as fronteiras do Paraguai, Uruguai e Argentina. White (1906), afirma que a Formação Serra Geral refere-se à província magmática relacionada aos derrames e intrusivas que recobrem $1,2 \times 10^6 \text{ km}^2$ da bacia do Paraná. Assegura ainda que, em Goiás, a sua principal área de exposição é uma faixa com cerca de 200 km de comprimento e 100 km de largura, que se estende de Itumbiara até próximo de Paraúna. Aflora de forma mais restrita e ocorre em faixas lineares nos leitos dos rios Claro, Corrente, Aporé e Verde.

De acordo com Souza Junior et al. (1983), esta formação sobrepõe em não conformidade sobre rochas do Complexo Goiano, Grupo Araxá e discordância sobre o Grupo Aquidauana e as formações Palermo, Irati e Corumbataí. Seu contato com a Formação Botucatu indica a coexistência de ambas na fase inicial do vulcanismo, evidenciada pela presença de intercalações de porções arenosas na base do pacote. No topo está em contato com arenitos do Grupo Bauru por discordância erosiva.

Moreira et al. (2008), relatam que a Formação Serra Geral consiste em derrames de basalto tholeíticos, com vulcânicas de riolíticas e riodacíticas subordinadas. Os basaltos sustentam relevos planos, são maciços, cinza-escuros, finos homogêneos, por sua vez amigdaloides e com disjunções colunares.

Dados radiométricos indicam que a idade principal do vulcanismo situa-se em torno de 120 a 130 Ma, isto é, no Cretáceo Inferior. Milani e Tomaz Filho (2000) revelam que os derrames devem ter ocorrido entre 137 e 126 Ma. Para Cordani e Tassinari (1979), os derrames precursores teriam ocorrido no Jurássico Superior (Fotos 1 A e B).

Mapa 2- A- B Geologia das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso-GO e córrego Cerrado/Cadunga-MG.



Fotos 1- Derrame de basalto na bacia do ribeirão Paraíso (A) e córrego Cerrado/Cadunga (B)

A-



B-



Fonte: Própria autora (2015)

Segundo Moreira et al. (2008), o termo Bauru é atribuído a Gonzaga Campos (1905), que o empregou para designar uma seção cretácea do oeste de São Paulo, nos arredores da cidade de Homônima. A unidade tem expressiva ocorrência em Goiás, estendendo-se para Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Em Goiás, a unidade está representada pelas formações Vale do Rio do Peixe.

Após a redefinição do Grupo Bauru, Fernandes (1998 e 2004) propôs a Formação Vale do Rio do Peixe em substituição à Formação Adamantina como porção basal do Grupo Bauru. A Formação Vale do Rio do Peixe repousa diretamente sobre basaltos da Formação Serra Geral. É composta por estratos de espessura submétrica, de arenitos intercalados com siltitos ou lamitos arenosos.

Os arenitos são muito finos a fino, de cores que variam do marrom claro, rosados a alaranjados, de seleção moderada a boa. Têm aspecto maciço ou estratificação cruzada tabular e acanalada de médio a pequeno porte. Tem espessura máxima preservada da ordem de 100m.

A cobertura arenosa indiferenciada, segundo Moreira (2008), reúne todas as coberturas residuais ou transportadas que sustentam terraços. Resultam do retrabalhamento de sedimentos arenosos durante o Pleistoceno e estão relacionados às superfícies de aplainamento velhas.

Moreira (2008) afirma, ainda, que a cobertura arenosa indiferenciada ocorre no sudoeste de Goiás e na região do entorno de Brasília. Sua espessura máxima é inferior a 3m e consiste de areias, siltes, argilas e eventuais cascalheiras cimentadas por oxi-hidróxidos de ferro, mas sem desenvolver lateritas. Fato semelhante ao encontrado no ribeirão Paraíso, evidenciada em campo a presença de cascalheira, conforme descrita por Moreira (2008), conforme Foto 2.

Foto 2- Cascalheira cimentada por oxi-hidróxidos de ferro



Fonte: Própria Autora (2015)

Em termos gerais, ao se comparar os aspectos geológicos das duas bacias, verifica-se que na bacia do córrego Cerrado/Cadunga, na cabeceira, predominam arenitos da Formação Vale do Rio Peixe, enquanto na bacia do Paraíso predominam areais inconsolidadas na parte superior e arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe na parte intermediária, conforme constatado em visitas a campo (Fotos 3 A e B).

Foto 3- Arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe em ambas as bacias.

A- Ribeirão Paraíso

B- Córrego Cerrado/Cadunga.



Fonte: Própria autora (2015)

Para melhor apresentação dos aspectos geológicos, seria necessária a apresentação do mapa de litologia das bacias, o qual não pôde ser implementado devido à falta de dados nas agências ambientais de Goiás e Minas Gerais, em escala 1:100.000, a base de dados disponibilizada pelo SIEG, apresentam as mesmas características da base geológica, o qual

muda apenas as cores apresentadas na mesma, a qual não mostrou-se confiável para utilização.

3.2.2 Relevo

O relevo da bacia do ribeirão Paraíso é caracterizado pela presença de duas unidades geomorfológicas básicas (Superfície Regional de Aplainamento (SRA II B e SRA III B)). De acordo com a proposta de Latrubesse e Carvalho (2006), as unidades SRAII e SRAIII constituem unidades de aplainamento regionais que ocorrem entre as cotas 900-1250 m e 550-750 m.

A Superfície Regional de Aplainamento SRA II B RT (subunidade) situa-se principalmente no setor sudoeste do Estado de Goiás, ocupando área de 22.760 km². Desenvolve-se sobre rochas da bacia do Paraná. A mesma é representada por chapadões tabuliformes gerados sobre rochas sedimentares, com acamamento sub-horizontal e derrames de basalto. Entretanto, esta superfície secciona (erode) mais de uma unidade litoestratigráfica. Os relevos estruturais dos estratos sub-horizontais ressaltam um caráter tabuliforme dos residuais erosivos. Em Jataí, o padrão de dissecação é considerado fraco (LATRUBESSE e CARVALHO, 2006).

A Superfície Regional de Aplainamento SRA III B RT está inserida apenas na parte sul da bacia do ribeirão Paraíso. Esta unidade tem como padrão de drenagem geral o subparalelo, na forma de amplos vales. Apresenta coberturas detrito-lateríticas na forma de mantos, estendendo-se ao longo dos interflúvios, com afloramentos de crostas lateríticas no terço inferior das vertentes. Os padrões de dissecação são moderados, com mais da metade de sua área apresentando relevo com ondulação suave e dissecação fraca, alternando para o padrão médio e, raramente, forte (LATRUBESSE e CARVALHO, 2006).

Quanto ao relevo da região da bacia hidrográfica do córrego Cerrado/Cadunga, Baccaro (1990), defende que a área possui relevos tabulares arenosos com camadas de basaltos “intertrap”, compartimentada com relevo mediamente dissecado, apresentando topos nivelados, com formas convexas e vertentes entre 3 e 15 graus de declividade. Já Ferreira et al., (2000), classificam esta área como parte do planalto dissecado do Tijuco, limitando-a por planaltos residuais ao sul e a leste por planaltos tabulares.

Ainda segundo Ferreira et al., (2000), o modelo predominante é o de topos planos e convexas, de formas de acumulação por planícies onde aparecem soleiras localizadas à montante de algumas poucas rupturas estruturais formadas por basaltos, presentes em alguns

locais da bacia hidrográfica estudada, formando corredeiras e uma grande cachoeira. Baccaro (1994), aponta ainda índice de dissecação relativamente baixo nesta região, sendo que o local vem sendo erodido por drenagens das bacias principais que cortam/delimitam o Triângulo Mineiro, quais sejam: bacia do rio Paranaíba e bacia do Rio Grande.

Observou-se que a bacia do ribeirão Paraíso apresenta maior detalhamento das condições geomorfológicas devido ao trabalho realizado por Latrubesse e Carvalho (2006), que efetuaram um levantamento detalhado da geomorfologia do Estado de Goiás. Em termos gerais, em ambas bacias predominam relevos tabulares arenosos com dissecação franca (Fotos 04 A e B).

Foto 4- Visão panorâmica das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga

A- Ribeirão Paraíso



B- Córrego Cerrado/Cadunga



Fonte: Própria autora (2015)

3.2.3 Solos

Os solos das bacias são classificados pelo SIEG e EMBRAPA como Latossolos Vermelhos Distroféricos, Latossolos Vermelhos Eutróficos, Latossolos Vermelhos Eutroféricos e, ainda, Cambissolos (ribeirão Paraíso) (Mapa, 3 A, B). Os solos da bacia do ribeirão Paraíso são muito intemperizados, devido à agressividade dos fatores ativos de formação dos solos e à intensidade dos processos pedogenéticos.

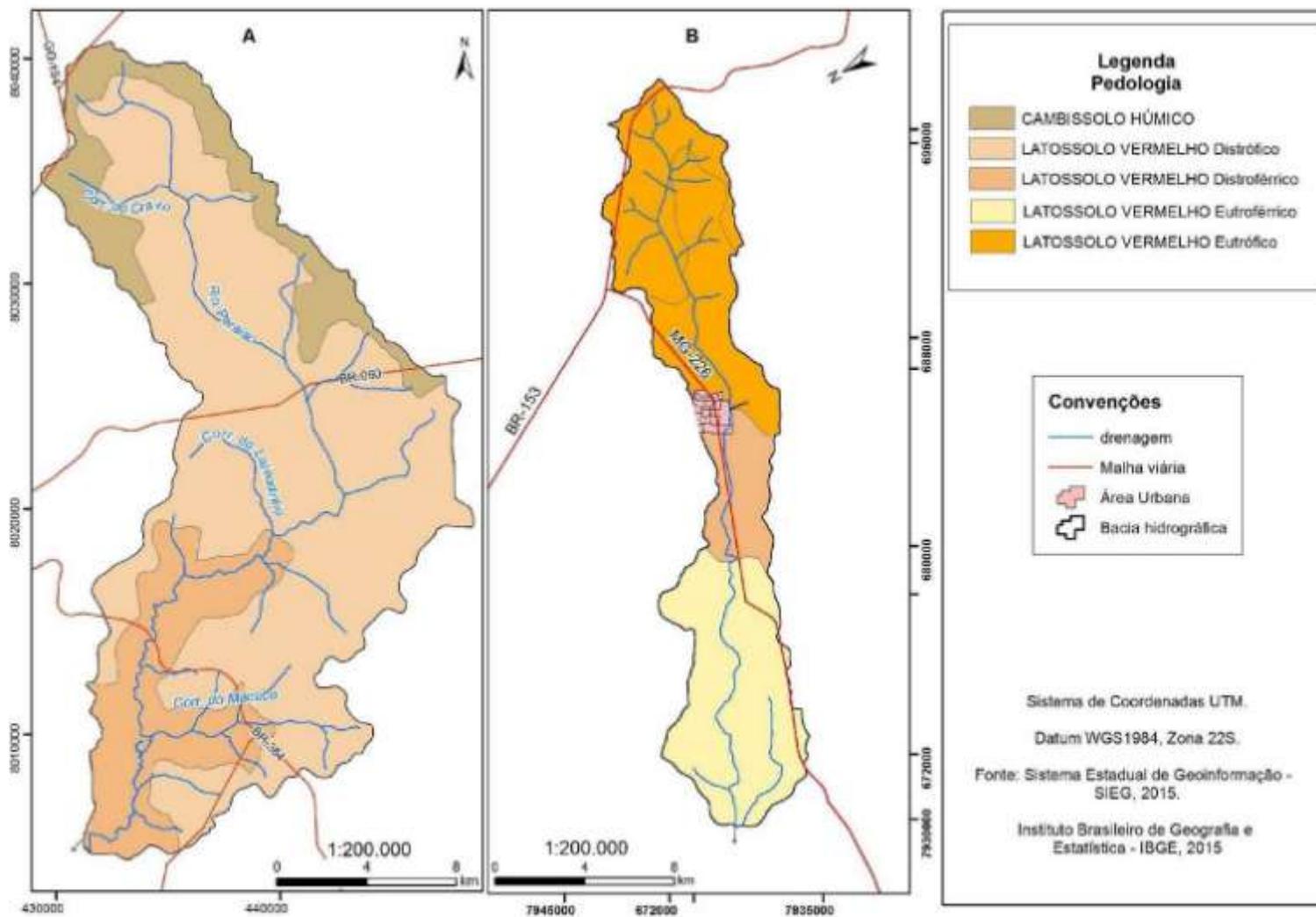
Segundo a base de dados do SIEG, a bacia possui apenas duas ordens de solos, Cambissolos e Latossolos, com predominância dos Latossolos Vermelhos Distróficos, ocupando aproximadamente 80% de toda a área, seguido dos Cambissolos (Mapa 3A).

Na bacia do córrego Cerrado, há três tipos de solos visíveis dentro do perímetro da bacia (Mapa 3B). O primeiro trecho, que vai da nascente até a área urbana do município, é

constituído de Latossolos Vermelhos Eutróficos, solos com saturação de base alta na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) (EMBRAPA, 2006).

Após a área urbana, existe uma parte formada de Latossolos Vermelhos Distroféricos. A EMBRAPA (2006) classifica este tipo de solo como argiloso, constituído de caulinita, gibsitais e altos teores de óxido de ferro, predominando, principalmente, minerais opacos, como a magnetita. Possuem saturação por base baixa ($V < 50\%$) e teores de Fe_2O_3 (pelo H_2SO_4) de 180g/kg a 360 g/kg na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive no BA).

Mapa 3- Pedologia das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso-GO e córrego Cerrado/Cadunga- MG.



Em termos gerais, os Latossolos são predominantes em ambas as bacias e compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizontes diagnóstico superficial, exceto o hístico. São normalmente muito profundos, sendo a espessura raramente inferior a um metro. Têm sequência de horizontes A, B, C (EMBRAPA, 2006).

No trecho médio inferior até a jusante na calha do Rio Paranaíba no Lago da Hidrelétrica de Cachoeira Dourada, predominam Latossolos Vermelhos Eutroféricos, caracterizados por alto teor de ferro e saturação de base alta ($V \geq 50\%$), na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) (EMBRAPA, 2006).

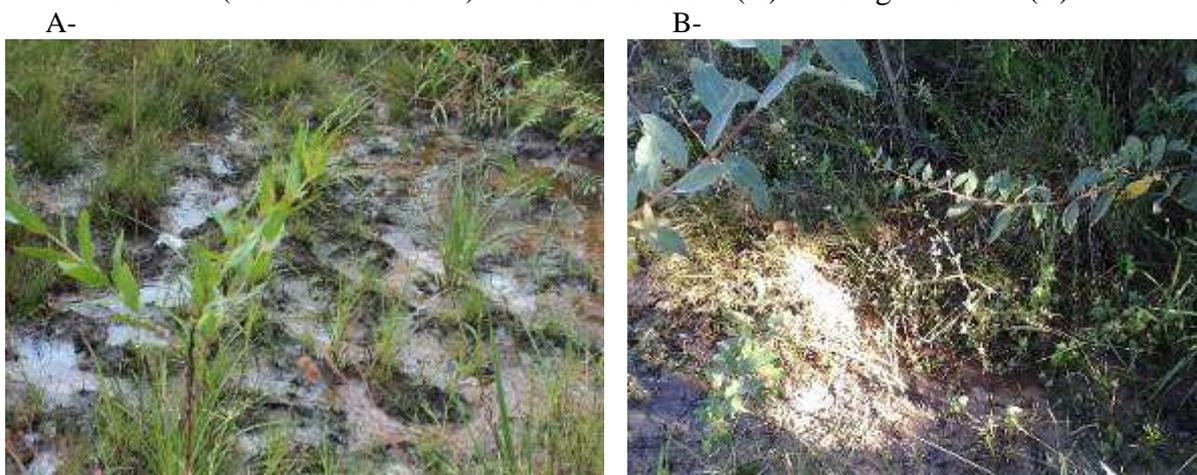
Na porção norte da bacia do ribeirão Paraíso existe a presença dos Cambissolos, os quais são constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro (EMBRAPA, 2006).

Os Cambissolos são solos “jovens”, que possuem minerais primários e altos teores de silte, até mesmo nos horizontes superficiais, sendo considerados de fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, cascalhentos de alta a baixa saturação por base e atividade química da argila. O horizonte B incipiente (Bi) tem textura franco arenosa ou mais argilosa e apresenta, geralmente, teores uniformes de argila, podendo ocorrer ligeiro decréscimo ou um pequeno incremento de argila do horizonte A para o Bi. A estrutura do horizonte B pode ser em blocos, granular ou prismática, havendo casos, também, de solos com ausência de agregados, com grãos simples ou maciços (EMBRAPA, 2006).

O alto teor de silte e a pouca profundidade fazem com que estes solos tenham permeabilidade muito baixa. O maior problema, no entanto, é o risco de erosão. Devido à baixa permeabilidade, sulcos são facilmente formados nestes solos pela enxurrada, mesmo quando eles sejam utilizados com pastagens. Contudo, existem Cambissolos muito férteis no Brasil; exceto no Cerrado (EMBRAPA, 2006).

Em alguns pontos de ambas as bacias, observou-se solos com características hidromórficas que não foram mapeados, em função das fontes de dados não apresentarem tais informações, devido à escala. A EMBRAPA (2006), afirma que os solos que compreendem a classe dos solos hidromórficos (Fotos 3 A e B) são classificados de Gleissolos, constituídos por material mineral, apresentam horizonte Glei dentro de 150 cm da superfície do solo.

Foto 5- Gleissolos (solos hidromórficos) no ribeirão Paraíso (A) e córrego Cerrado (B)



Fonte: Própria autora (2015)

EMBRAPA (2006, p 4), afirma ainda, que os solos desta classe, “encontram-se permanente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados. A água permanece estagnada internamente, ou a saturação é por fluxo lateral no solo”. “[...] São solos formados principalmente a partir de sedimentos, estratificados ou não, e sujeitos à constante ou periódico excesso d’água, o que pode ocorrer em diversas situações”.

3.2.4 Declividade

A declividade da bacia é considerada um importante fator, pois influencia na velocidade do escoamento superficial, determina o tempo de concentração da bacia e define a magnitude dos picos de enchente. Além disso, os diferentes graus de inclinação dos terrenos em relação a um eixo horizontal condicionam e determinam as formas de relevo, o potencial de erosão, as potencialidades de uso agrícola, entre outros fatores, auxiliando na tomada de decisão de uso da terra e cobertura vegetal.

A bacia do ribeirão Paraíso (Mapa 4A) apresenta declividade que varia de 3 a 45%, classificada entre plano a forte ondulado, cuja predominância está entre 3 a 8% representando 68% da área, seguido pelo relevo plano entre 0 a 3% com 23%. A parte sul da bacia conta com 8% do relevo ondulado e 1 % do relevo forte ondulado. Mesmo não tendo expressividade na área, é possível observar que as declividades de 8 a 45% encontram-se nas proximidades do exutório.

A bacia do córrego Cerrado/Cadunga (Mapa 4B) apresenta declividade que varia de 0 a 20%, classificada de plano a ondulado. A faixa de declive entre 3 a 8% caracterizada como

relevo suave ondulado representa 80% da área, seguido pelo relevo plano entre 0 a 3% relativo a 10% do total. O relevo ondulado próximo ao vale do rio totaliza 10%.

Observa-se no mapa 4, distinção entre as duas bacias, em que o ribeirão Paraíso apresenta as maiores declividades, principalmente no trecho inferior, enquanto que no Córrego Cerrado/Cadunga as maiores declividades encontram no trecho médio, com falha geológica (Foto 6).

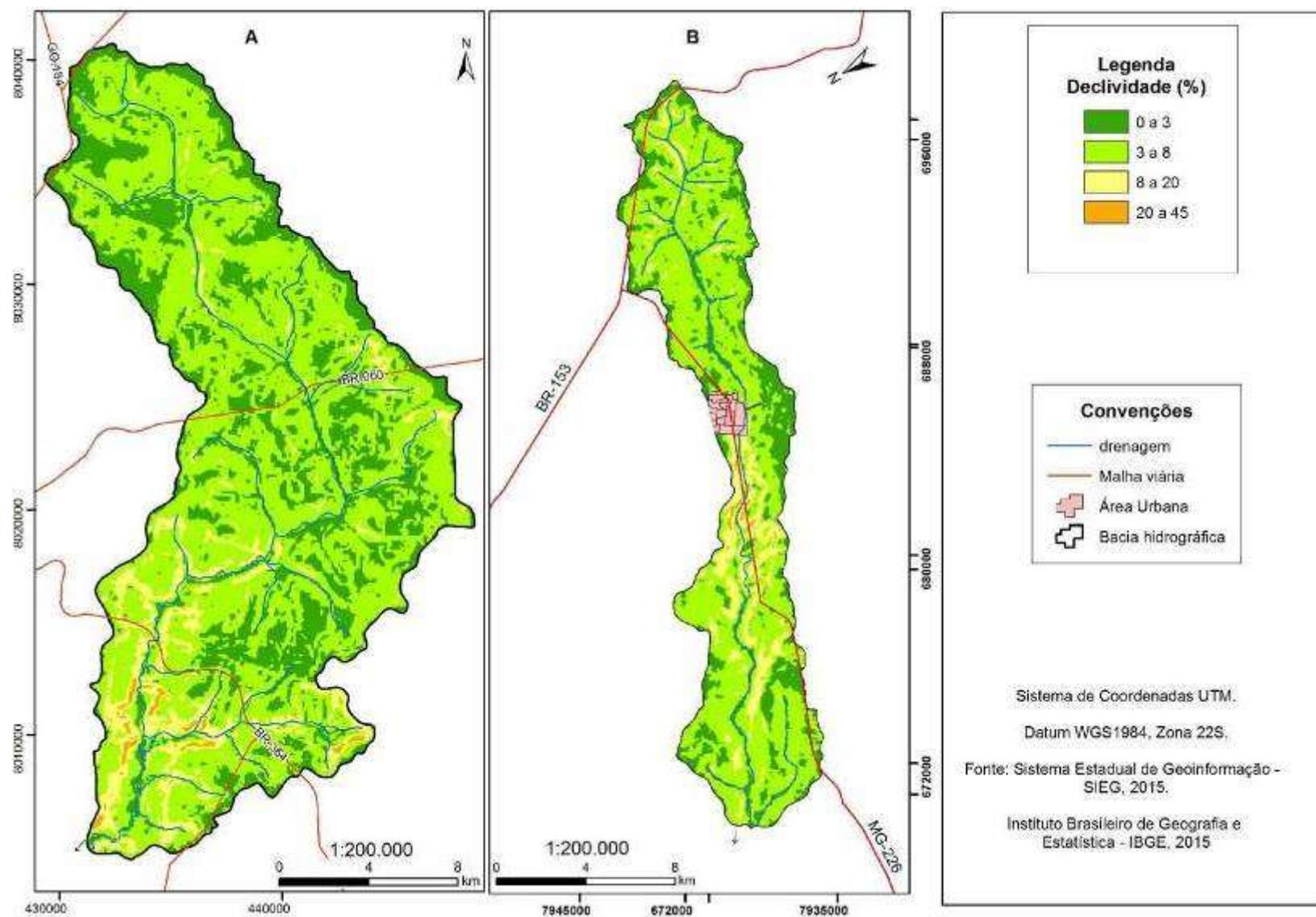
Foto 6- Falha geológica encontrada na bacia do córrego Cerrado/Cadunga-MG.



Fonte: Própria autora (2015)

Neste contexto, observa-se que em função da baixa declividade do terreno, notadamente o relevo suave ondulado com faixas de declive entre 3 a 8%, possibilita que seja implantada uma agricultura mecanizada, altamente tecnificada, resultando em altas produtividades.

Mapa 4- Declividade das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso-GO e do córrego Cerrado/Cadunga-MG.



3.2.5 Hipsometria

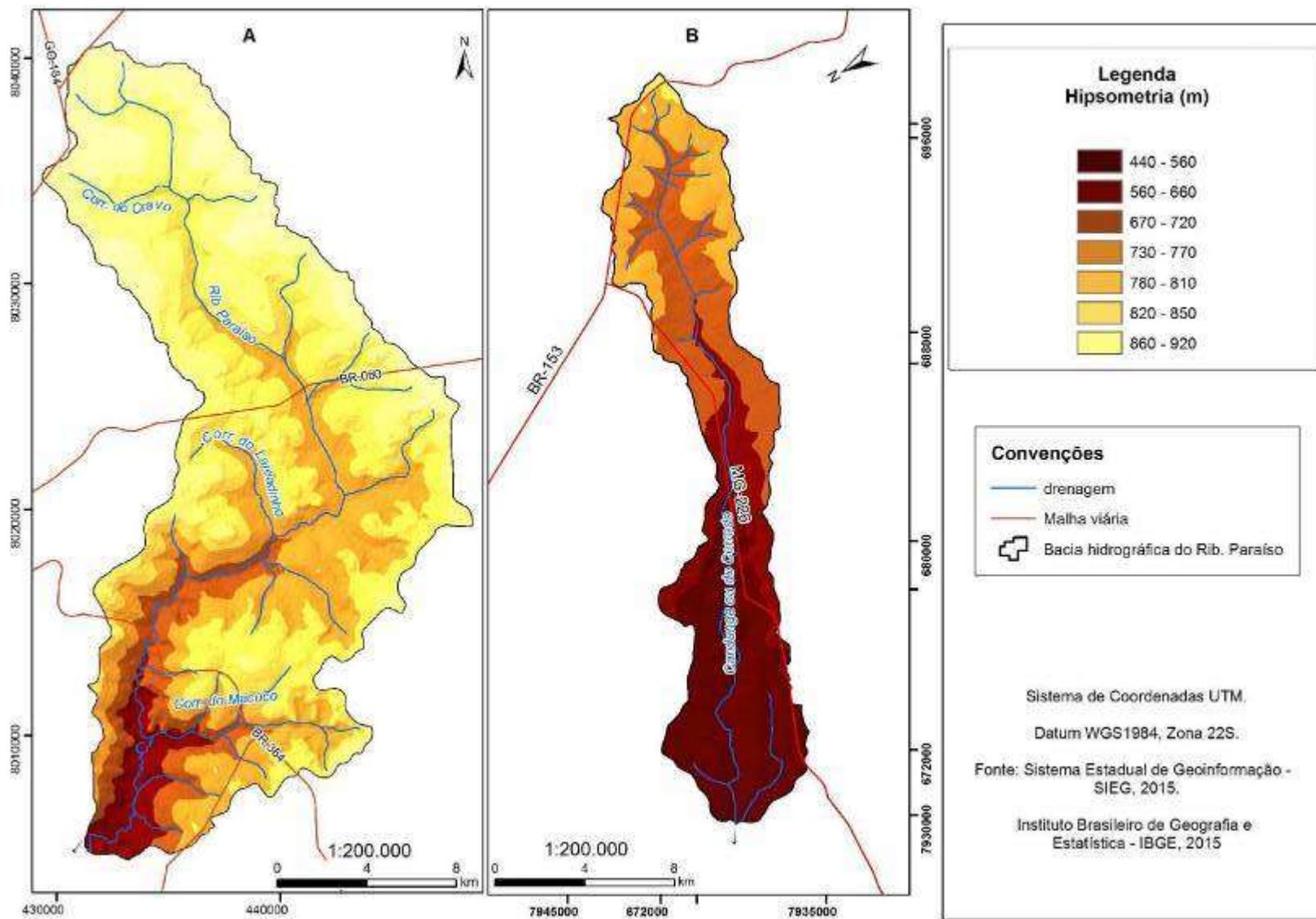
Os parâmetros hipsométricos demonstram via de regra, a tridimensionalidade da bacia. Correlacionam a variação altimétrica, a área e a rede de drenagem de uma mesma bacia, sendo representados pela curva hipsométrica, índice de rugosidade e declividade.

Quanto à hipsometria da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (Mapa 5A), os dados revelam as variações altimétricas. Os intervalos altimétricos possuem amplitude entre 550 m a 580 m presentes na área do exutório, entre 590 m a 700 m referente a parte sul; 710 m a 820 m correspondendo a maior parte da bacia com aproximadamente 75% e 830 m a 1000 m relativo a parte norte, sendo notório que a mesma encontra-se em uma área com terreno relativamente plano e pouco acidentado, favorecendo o desenvolvimento da agricultura.

Com relação à hipsometria da bacia hidrográfica do córrego Cerrado/Cadunga (Mapa 5B), os intervalos altimétricos estão entre 400 m a 550 m na área do exutório, totalizando aproximadamente 40% de toda a área da bacia, em torno de 50% de toda a área, os níveis altimétricos encontram-se entre 710 m a 780 m, referente a parte leste e ainda as cotas máximas, alcançando altitudes de 790 m a 860 m próximas à nascente principal, representando cerca de 4% da área.

Uma das características mais importantes procedentes da variação hipsométrica de uma bacia hidrográfica é a declividade. A declividade média da bacia e do curso d'água principal também são características que afetam diretamente o tempo de viagem da água ao longo do sistema. O tempo de concentração de uma bacia diminui com o aumento da declividade (VEIGA et al., 2011).

Mapa 5- Hipsometria das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso-GO e córrego Cerrado/Cadunga-MG



3.2.6 Clima

Como característica predominante da região centro-oeste do estado de Goiás, Mariano (2005) afirma que os verões são chuvosos e os invernos secos, cuja variação das temperaturas médias anuais ocorre entre 16,9 °C a 30,0 °C. Ainda segundo a mesma autora a média pluviométrica do município de Jataí, é de 1651 mm, sendo 1.361 mm na estação chuvosa e 290 mm na estação seca. A umidade relativa do ar foi descrita por Ab'Saber (2003) para a região dos Cerrados com níveis entre 38 a 40% durante o inverno seco e no verão chuvoso entre 95 a 97%.

Segundo Lima e Mariano (2014), o clima da região dos cerrados, caracteriza-se por duas estações bem definidas, sendo uma chuvosa, no verão e outono, e outra seca no inverno e primavera, com precipitação pluvial anual entre 1400 e 1500 mm, influenciando diretamente na vegetação. Estudo realizado por Mariano (2005), na microrregião sudoeste de Goiás, onde se situa a bacia, a variabilidade das chuvas mostrou uma concentração no sul e norte, diminuição no nordeste para leste na microrregião no período de 1978/2003.

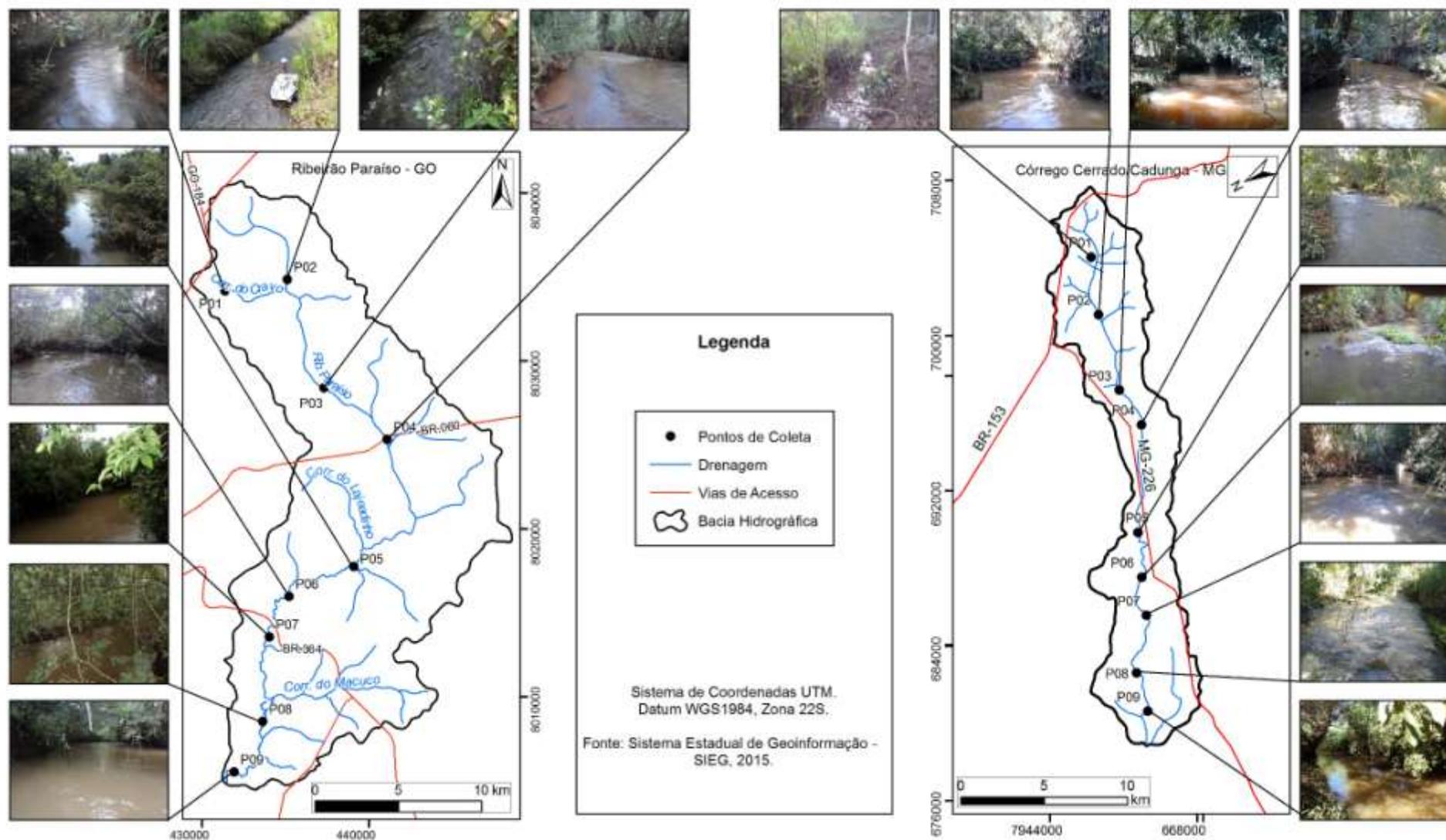
A região da bacia hidrográfica do córrego do Cerrado/Cadunga está inserida no clima do tipo Cwa, segundo a classificação de Koppen (1982), ou seja, quente e úmido, com estação chuvosa de outubro a abril, no verão, e seca no inverno, tendo as temperaturas no período anual oscilando entre 22° C e 24° C, cuja temperatura máxima ultrapassa os 38° C. A precipitação anual está entre 1200 e 1600 mm (ANA, 2014).

As características climáticas de ambas as bacias permitem o desenvolvimento agrícola durante a estação chuvosa da maior parte das culturas, que não são sensíveis ao fotoperíodo, favorecendo até duas safras anuais, conhecidas como safra e safrinha. Contudo, podem ocorrer problemas ligados à irregularidade das chuvas, no período máximo de desenvolvimento das culturas, fenômeno regionalmente denominado de “veranico”. Esse fato é muito comum em ambas as bacias.

3.2.7 Caracterização dos Pontos de Amostragem

A escolha dos pontos de amostragem deu-se em virtude do uso e ocupação nas margens do curso d'água, da extensão da bacia e ainda ao acesso. A diferenciação dos pontos amostrais influencia diretamente nas características da amostra, os quais se tornam importante face haver interferência na composição química, física e biológica do solo da água e dos sedimentos (Mapa 6A e B).

Mapa 6- Localização dos pontos amostrais das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso-GO e córrego Cerrado/Cadunga-MG.



3.2.7.1 Descrição das principais características dos pontos de amostragem do ribeirão Paraíso-GO:

Ponto 1 – Nascente - Córrego Cravo – Localizado a 17° 46' 44" S e 51° 38' 51" O. É uma das áreas com maior remanescente do bioma Cerrado, nas adjacências do aterro controlado, afluente do ribeirão Paraíso, apresentando mata fechada de ambos os lados, com forte presença de matéria orgânica no leito do córrego. O trecho do córrego em que foram realizadas as amostragens tem uma largura média de 1,85m e profundidade aproximada 0,20 m.

Ponto 2 – Desvio - Fazenda Agropecuária Rio Paraíso – Localizado a 17° 46' 23" S e 51° 36' 43" O. Apresenta características de leito desviado do curso normal. Na margem direita a montante, a vegetação é composta Cerrado e a esquerda a jusante, ocorre a presença de cana-de-açúcar. Local de fácil acesso, com presença de estrada vicinal para acesso a área da lavoura em boa parte de sua extensão. O trecho do ribeirão em que se realizaram as amostragens tem uma largura média de 1,96m e profundidade média de aproximadamente 0,59 m.

Ponto 3 – Ponte desativada - Fazenda Agropecuária Rio Paraíso – Localizado a 17° 46' 27" S e 51° 36' 30" O. As amostragens neste ponto foram realizadas à jusante de uma ponte abandonada. O rio Paraíso apresenta largura média 2,58m; profundidade aproximada de 0,95m e suas margens são ocupadas por Cerrado. No trajeto da antiga ponte, o Cerrado apresenta-se em fase de recuperação, com estrato rasteiro, composto por gramíneas e arbustos.

Ponto 4 – Ponte BR 364 – Localizado a 17° 49' 52" S e 51° 35' 36" O. Este ponto de refere-se à ponte na BR-060, sentido Jataí-GO ao município de Rio Verde-GO. À montante da ponte, notou-se um represamento, com forte presença de vegetação afogada. A coleta foi realizada à jusante da ponte, caracterizado pela presença de mata ciliar em ambos os lados. O trecho referente a este ponto de amostragem possui uma largura média de 5,64m e profundidade média de 0,66m.

Ponto 5 – Ponte de madeira – Localizado a 17° 51' 32" S e 51° 33' 22" O. Neste ponto existe uma ponte à montante, tendo de ambos os lados ocorre a presença de Cerrado degradado e pastagem plantada. Evidencia-se a formação de bancos de areia em sua borda, provocado principalmente pelo pisoteio do gado. Observou-se a presença de fezes de animais

silvestres. O local apresenta largura média de 5,92m e profundidade média de aproximadamente 0,94m.

Ponto 6 - Rancho – Localizado a 17° 54' 50" S e 51° 33' 12" O. Caracterizado por pequeno fragmento de mata ciliar, circundada pela forte presença de cana-de-açúcar de ambos os lados. À jusante do mesmo existe um pequeno rancho. Observou-se ainda grande quantidade de matéria orgânica dentro do ribeirão. Este trecho possui uma largura média de 9,10m e aproximadamente 0,50m de profundidade.

Ponto 7 – Abaixo ponte BR-364 – Localizado a 17° 55' 38" S e 51° 34' 29" O. Localizado a aproximadamente a 3 km abaixo da BR-364, com mata ciliar degradada. Em ambos os lados do ribeirão, verifica-se a presença de plantação de soja e milho. O local é de fácil acesso com a presença de estradas para as lavouras, a aproximadamente 15m do ribeirão. Apresenta largura aproximada de 9,95m e profundidade média de 1,32 m.

Ponto 8 – Fazenda do Alan Kardec – Localizado a 17° 56' 35" S e 51° 36' 40" O. Apresenta mata ciliar em ambos os lados. O lado esquerdo possui pastagem plantada, protegido por cerca para restringir o acesso do gado. Encontrou-se vestígios de muitos animais silvestres. Ponto de fácil acesso. O mesmo apresenta uma largura de 9,26m e profundidade média de aproximadamente 1,49m.

Ponto 9 – Ponto final – Localizado a 18° 02' 16" S e 51° 38' 35" O. Mata ciliar degradada em ambas as margens, seguida de pastagem plantada em ambos os lados. Ao longo do ribeirão, encontra-se grande presença de matéria orgânica. Ponto de fácil acesso, próximo à foz do Rio Claro. Com largura média de 8,03m, e profundidade média de aproximadamente 1,52m.

2.2.7.2 Descrição das principais características dos pontos de amostragem do Córrego Cerrado/Cadunga-MG.

P01 - Fazenda Santa Isabel – Localizado a 18° 45' 31" S e 49° 06' 45" O. Atividades composta por lavoura de abacaxi, presença de gado no lado esquerdo e pastagem à montante. No lado direito ocorre pastagem, e lavouras de milheto. Esse ponto localiza-se aproximadamente a 2 km da rodovia. O solo tem características de hidromorfismo com

alagamento a cerca de 10 m do leito e a vegetação encontra-se bem degradada. O córrego possui largura e profundidade médias respectivamente de 1,83m e 0,44m.

P02 – Fazenda São João – Localizado a 18° 44' 35" S e 49° 08' 44" O. A mata ciliar apresenta-se degradada, com presença de lavouras de abacaxi na margem esquerda à montante do córrego, e pastagem plantada na margem direita. O córrego possui largura média de 4,93m e profundidade de 0,52m.

P03 – Fazenda Skalada - Localizado a 18° 44' 45" S e 49° 10' 38" O. A amostragem foi efetuada próximo à UTC e possui pastagem nos dois lados do córrego. Não há acesso do gado neste trecho. A mata ciliar degradada em ambas as margens, sempre levando em consideração à montante do córrego. O córrego apresenta largura e profundidade médias respectivamente de 6,92m e 0,55m.

P04 – Perímetro Urbano. Sitio Romilda – Localizado a 18° 44' 25" S e 49° 12' 48" O, abaixo da área urbana, à aproximadamente 1 km. Ocorre a presença da criação de suínos nas proximidades. A amostragem foi realizada à cerca de 700m acima da fábrica de doces, em razão principalmente do acesso local. Não foi possível efetuar a amostragem abaixo da fábrica devido à presença de queda natural (cachoeira), a qual poderia influenciar em algumas das variáveis pesquisadas. O lado direito do córrego é marcado pela presença de pastagem, sem acesso do gado no leito do córrego. A largura e profundidade média é de respectivamente 4,76m e 0,99m.

P05 – Fazenda Recanto dos Bois - Localizado a 18° 42' 16" S e 49° 15' 08" O. A partir deste ponto, apresenta-se um novo cenário. Revela-se um relevo bem encaixado, com presença de mata ciliar visível durante o percurso; porém, em um ponto específico, a mesma apresenta-se bastante degradada. Neste trecho, percebe-se forte mau cheiro, decorrente do lançamento de efluentes (esgoto), à aproximadamente 2 km acima do ponto de referência. Observou-se plantações diversificadas e de pastagens, cerca de 900m do ponto de amostragem. Na margem esquerda ocorre plantação de banana e pastagem com presença de animais. A largura média do córrego neste trecho é de 8,70m e a profundidade média é de aproximadamente 0,45m, ocorrendo afloramento de basalto no leito do córrego.

P06 – Fazenda Minas Goiás - Localizado a $18^{\circ} 41' 39''$ S e $49^{\circ} 16' 19''$ O. Possui residência próxima ao ponto de amostragem, pastagem em ambos os lados do córrego a presença de Cerrado aproximadamente à 600m à esquerda. Acima do Cerrado, observou-se lavouras de sorgo e de cana-de-açúcar, com mata ciliar degradada e nas proximidades apresenta gramíneas e bananeiras plantadas bem próximas a margem. Logo acima, verifica-se presença de árvores frutíferas. Neste trecho a largura média é de 5,61m e profundidade de 0,44m.

P07 – Fazenda JHF - Localizado a $18^{\circ} 41' 20''$ S e $49^{\circ} 17' 17''$ O. Presença de cana-de-açúcar do lado esquerdo e nas proximidades do ponto de amostragem, encontra-se pastagem. Aproximadamente 1km abaixo, existe desvio do leito do córrego para irrigação de soja, especificamente no lado esquerdo. No que se refere ao lado direito do córrego, há a presença de pastagem e cana-de-açúcar. Neste trecho a largura e profundidade médias são respectivamente de 7,86m e 0,69m.

P08 – Fazenda Cadunga – Localizado a $18^{\circ} 39' 59''$ S e $49^{\circ} 19' 25''$ O. Do lado esquerdo existe plantio de cana-de-açúcar; do lado direito, culturas anuais tais como sorgo (safrinha) e soja (safra). Confinamento de bovinos em propriedade vizinha à bacia, cerca de 3km do local e presença de mata ciliar degradada. A largura média deste ponto é de 6,70m e profundidade de 0,24m. É possível que esta profundidade esteja sofrendo influência do desvio do leito.

P09 – Fazenda Lagoinha – Localizado a $18^{\circ} 39' 41''$ S e $49^{\circ} 20' 35''$ O. A amostragem ocorreu nas proximidades da jusante do córrego. Do lado esquerdo encontram-se pastagem e culturas anuais como sorgo (safrinha) e soja (safra). Presença de Cerrado a aproximadamente 300 m com mata ciliar bem preservada. À direita confinamento de bovinos. Neste trecho do córrego Cerrado/Cadunga a largura média é de 5,26m e profundidade de 0,50m.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A seleção das duas bacias para este estudo, deu-se em virtude da diversificação das atividades agrícolas e a presença de aterro controlado na bacia do ribeirão Paraíso, bem como pela diversidade das atividades agrícolas, usina de triagem e compostagem de lixo urbano e ainda área urbana, presentes na bacia do Córrego Cerrado/Cadunga.

4.1 Delimitação das Bacias Hidrográficas

Para a delimitação das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso e córrego do Cerrado/Cadunga, utilizou-se imagens de satélite do *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM, com resolução espacial de 90 m, empregada para a construção do Modelo de Elevação do Terreno – MDE, adquirida do sistema Brasil em Relevo, Monitoramento por Satélite da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 1:250.000.

As bases cartográficas foram adquiridas do SIEG (2014), no site www.sieg.go.gov.br e junto ao sistema Brasil em Relevo, Monitoramento por Satélite da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, disponível em www.relevobr.cnpm.embrapa.br.

O processamento cartográfico para delimitação e confecção dos mapas de localização, caracterização fisiográfica do uso da terra de ambas as bacias foi realizado utilizando-se o software ArcGis 10.1, com chave de acesso EFL959692894, vinculado ao laboratório de Geoinformação da Universidade Federal de Goiás - Regional Jataí.

4.2 Distribuição espacial dos pontos de amostragem

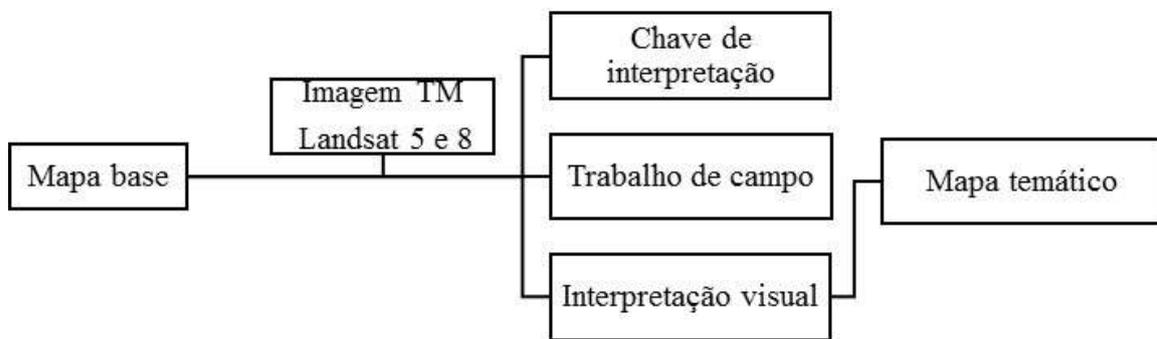
Para a definição dos pontos de amostragem, realizou-se primeiramente o trabalho de gabinete, com a utilização de mapas, imagens e cartas topográficas das bacias em questão.

No que se refere a distribuição espacial dos pontos de amostragem, foi realizado procedimento de cálculo de área e comprimento dos cursos d'água. A partir dos dados apresentados, chegou-se à definição de nove pontos para cada bacia. Para compreender esta distribuição, foram considerados os compartimentos aquáticos do rio (trecho superior, intermediário e inferior), acessibilidade aos pontos de amostragem, procurando manter um padrão de distância bem como a influência dos diferentes usos da terra.

4.3 Uso da terra

Para a elaboração dos mapas de uso da terra, foram utilizadas imagens do sensor TM do satélite Landsat 5 que estão disponíveis no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Para o ano de 2015, devido à inoperância do Landsat5 a partir de 2011, utilizou-se imagens do Landsat 8 obtidas no U.S. GeologicalSurvey - USGS, Earth Explorer. Os procedimentos metodológicos podem ser observados na Figura 1.

Figura 1- Fluxograma de execução do mapeamento do uso e ocupação.



Org.: Própria autora (2015).

O processamento cartográfico de delimitação e caracterização do uso da terra foi realizado utilizando-se Software ArcGis 10.1. Para a interpretação da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso, foram utilizadas as imagens dos dias 03 de junho de 2005, 17 junho de 2010 e 23 de fevereiro de 2015 (órbita 223 e cenas 072), utilizando as bandas 5R, 4G, 3B para imagens do Landsat 5, e as bandas 6R, 5G, 4B, para Imagens do Landsat 8. Para córrego Cerrado/Cadunga, utilizou-se as imagens dos dias 05 de junho de 2005, a de 19 de junho de 2010 e 25 de fevereiro de 2015 (órbita 221e cenas 073), utilizando, respectivamente, as mesmas bandas.

Após o georreferenciamento, foi realizada a classificação não supervisionada no ArcGis 10.1, módulo “Multivariate/Isoclauster”, que executa a agregação dos pixels semelhantes, formando as classes de uso em um arquivo matricial que, posteriormente, foi convertido em vetorial.

A correção dos polígonos ambíguos, foi executada através do módulo “Field Calculator” para alteração dos atributos e reclassificação respectiva à sua classe correta,

gerando o mapa temático final de uso da terra, contendo com base na Chave de Interpretação de Rosa (2009), as seguintes classes de uso: Água, Vegetação, Cultura, Pastagem e Solo descoberto. Essas classes foram validadas com trabalho de campo, *in loco*.

4.4 Erosividade

Com a finalidade de compreender a distribuição espacial e temporal dos níveis de erosividade, foram levantados dados pluviométricos disponibilizados pelo sistema HIDROWEB (2015) - da Agência Nacional das Águas (ANA) e do Instituto Nacional Meteorologia (INMET). Os postos pluviométricos foram selecionados levando em consideração a escala regional, ou seja, os mais próximos da região das bacias hidrográficas. Para a bacia do ribeirão Paraíso, selecionou-se oito (8) postos pluviométricos; para o córrego Cerrado nove (9) postos, conforme o Quadro 2:

Quadro 2- Nome e localização dos Postos Pluviométricos nas bacias hidrográficas

Ribeirão Paraíso					
Localidade	Código ANA	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	Altitude (M)	*Distância (km)
Benjamim Barros	1751002	8044597	404989	752	27 km
Bom jardim	1752006	8040796	381588	705	55 km
Caiapônia	1651000	7323175	636057	713	90 km
Jataí**	183464	423748	8022555	780	12 km
Montividiu	1751004	3682194	439214	744	58 km
Pombal	1851004	7998655	446977	645	12 km
Ponte do Rio Doce	1751001	8042940	459440	755	11 km
Serranópolis	1851005	7954197	397477	690	44 km
Córrego Cerrado					
Localidade	Código ANA	Latitude (UTM)	Longitude (UTM)	Altitude (M)	*Distância (km)
Avantinguara	1849006	7923302	703467	791	01km
Brilhante	1848008	7954069	721433	800	34 km
Corumbazul	1848007	7981721	726453	500	60 km
Fazenda Cachoeira	1848004	7931098	733914	793	32 km
Ipiacu	1849002	7932881	610816	698	65 km
Ituiutaba	1849000	7900250	660500	563	30 km
Monte Alegre de Minas	1848000	7911960	724452	730	27 km
Ponte do Prata	1949006	7894710	637107	450	53 km

*Distância aproximada da estação pluviométrica em relação ao limite da bacia.

** Estação do INMET. Org.: Própria autora (2015).

Para fins de análise do comportamento das chuvas nas referidas bacias, foi selecionada uma série histórica de 30 anos (1985 a 2014) para cotejamento das precipitações, com análise

em três decênios - 1985 a 1994; 1995 a 2004 e 2005 a 2014, objetivando verificar a variabilidade no espaço da quantidade de chuvas e/ou erosividade.

As falhas dos registros pluviométricos mensais existentes foram preenchidas pelo método da ponderação regional, conforme a equação 1:

$$Y = \frac{1}{3} \left[\frac{X1}{Xm1} + \frac{X2}{Xm2} + \frac{X3}{Xm3} \right] \cdot Ym \quad \dots(1)$$

Em que:

Y= Precipitação do posto a ser estimado;

X1, X2, X3= São as precipitações correspondentes aos meses (ou anos) que se deseja preencher, observada em três estações vizinhas;

Ym= Precipitação média do posto Y;

Xm1, Xm2, Xm3= São as precipitações médias mensais nas três estações.

Para determinação dos níveis da erosividade da chuva (R) nas bacias, foi utilizado o método proposto por Wischmeier e Smith (1978), adaptado para as condições brasileiras por Lombardi Neto e Moldenhauer 1977, (apud BERTONI E LOMBARDI NETO, 1999), conforme equação 2:

$$EI_{30} = 67,355 (r^2/P)^{0,85} \quad \dots(2)$$

Em que:

EI_{30} = Média mensal do índice de erosividade, medidos em MJ.mm/(ha.h);

R^2 = Média dos totais mensais de precipitação, medidos em mm;

P = Média dos totais anuais de precipitação, medidos em mm;

Para classificar qualitativamente as bacias hidrográficas quanto à potencialidade de liberação de material particulado, transformaram-se os valores quantitativos de erosividade, de MJ mm ha⁻¹ h¹ ano⁻¹, para ton mm ha⁻¹ ano⁻¹, convertendo-se do sistema métrico internacional para o sistema métrico decimal, em que os valores em Megajoules são divididos por 9,81 e enquadrados dentro das 5 classes definidas por Carvalho (2008) e descritas em Cabral et al. (2005), como é destacado no Quadro 3.

Quadro 3- Classes de erosividade da chuva, média anual: de MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ para Ton mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, nas bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso (Jataí-GO) e do córrego Cerrado/Cadunga (Canápolis-MG)

Classes de Erosividade	Valores de R (ton.mm/ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ¹)	Código/Atributo
1- Muito Baixa	R < 250	1
2- Baixa	250 < R < 500	2
3- Média	500 < R < 750	3
4- Alta	750 < R < 1000	4
5- Muito Alta	R > 1000	5

Fonte: Adaptado de Carvalho (2008).

4.5 Amostragem e análise de metais pesados nos solos

Para a análise química do solo, coletaram-se amostras nas profundidades 0-20cm, utilizando trado Holandês (Fotos 7 A, B, C, D, E, F, G e H). As amostras foram retiradas em ambos os lados das bacias, levando-se em consideração a diversidade de uso da terra nas duas bacias analisadas, percorrendo áreas preservadas, pastagens, soja, abacaxi, Cerrado em recuperação e silvicultura.

Foto 7- Amostragem de solos, utilizando Trado Holandês.

A- Área preservada.



B- Trado Holandês, Pastagem



C- Cultura de soja.



D- Cultura de Abacaxi



Continuação das fotos 7, utilização do trado holandês.

E- Cerrado em recuperação



F- Silvicultura



G- Cana-de-açúcar



H- Palhada da Cana-de-Açúcar



Fonte: Própria autora (2015).

Para a quantificação dos metais pesados nos solos utilizou-se o método da Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Individualmente acoplado – ICP OES, realizado pelo Laboratório Exata, no Município de Jataí-GO (Fotos 8 A e B).

Foto 8- Aparelhos utilizados para a análise dos metais pesados.

A- Digestor por microondas CEM/MARS 5 B- Espectrômetro (ICP-OES)



Fonte: Própria autora (2015).

4.6 Amostragens de sedimentos de fundo nos cursos d'água

As coletas de sedimentos foram realizadas utilizando-se draga de Petersen (Fotos 9 A, B e C). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos (Foto 9D) e encaminhadas ao laboratório de Geociências e laboratório Exatas, para as análises.

Foto 9- Amostragem de sedimentos

A- Draga de Petersen



B- Processo de coleta da amostra



C- Draga com sedimentos



D- Armazenamento



Fonte: Própria autora (2015).

4.7 Enquadramento dos sedimentos e solos conforme as resoluções CONAMA 454/2012 420/2009 respectivamente.

O enquadramento dos sedimentos foi realizado de acordo com o que estabelece a Resolução CONAMA nº 454/2012, que normatiza as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas (sedimentos) sob jurisdição nacional. Os resultados da caracterização química devem ser comparados com os valores orientadores previstos na Tabela III do anexo desta Resolução e classificados em dois níveis, conforme apresentado no Quadro 4:

Quadro 4- Valores orientadores de substâncias químicas presentes nos sedimentos CONAMA n° 454/2012:

ELEMENTO	NÍVEL I (mg/kg)	NÍVEL II (mg/kg)
Cádmio	0,6	3,5
Chumbo	35	91,3
Mercúrio	0,17	0,486
Cobre	35,7	197
Zinco	123	315

Nível 1- limiar, abaixo do qual há menor probabilidade de efeitos adversos à biota;

Nível 2 – limiar, acima do qual há maior probabilidade de efeitos adversos à biota.

Fonte: Adaptado do CONAMA n. 454/2012.

Org. própria autora (2015)

O enquadramento dos solos foi realizado de acordo com a Resolução CONAMA 420/2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas, e constitui diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Neste sentido, foram utilizados os Valores de Prevenção (VP) e Valores de Investigação (VI), na classe Agrícola APM_{ax}, uma vez que não temos solos de caráter Residencial e Industrial, conforme descrito na Quadro 5:

Quadro 5- Valores orientadores de substâncias químicas presentes nos solos CONAMA n. 420/2009

Elemento	Prevenção (VP) (mg/kg ⁻¹)	(VI) Agrícola APM _{ax} (mg/kg ⁻¹)
Cádmio	1,3	3
Chumbo	72	180
Mercúrio	0,5	12
Cobre	60	200
Zinco	300	450

VP- Valor de prevenção; VI- Valor de investigação; APM_{ax}- Aporte máximo.

Fonte: Adaptado de CONAMA n.420/2009.

Org. Própria autora (2015)

4.8 Análises físico-química das águas

Para avaliar a qualidade das águas, foram realizadas 4 campanhas de amostragens de H₂O, em 09 pontos distintos em ambas as bacias, em diferentes períodos com intervalo de 3 meses correspondendo às quatro estações climáticas (ribeirão Paraíso: 11 e 12 de novembro de 2014 – Primavera; 10 e 11 de fevereiro de 2015 – Verão; 18 e 19 de maio de 2015 - Outono e 28 e 29 de agosto de 2015 - Inverno), (córrego Cerrado/Cadunga: 15 e 16 de outubro de 2014 – Primavera; 20 e 21 de janeiro de 2015 – Verão; 07 e 08 de junho de 2015 – Outono e 25 e 26 de agosto de 2015 – Inverno).

Em cada ponto de amostragem foram coletados 2500 ml de água, seguindo a metodologia descrita em APHA (2005). Utilizou-se garrafas de polietileno (Foto 10A), devidamente esterilizadas (Foto 10B). As amostras foram efetuadas nos primeiros 20 cm de profundidade na camada superficial do corpo d'água (Epilímnio foto 10C), preservadas em ácido sulfúrico (H_2SO_4), para as variáveis físico-químicas, e em ácido Nítrico (HNO_3) para metais pesados (Foto 10D).

As amostras foram conservadas em gelo, caixa de isopor (Foto 10E). As análises foram realizadas no Laboratório de Geociências Aplicadas (LGA) (Foto 10F), do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Goiás - Regional de Jataí, seguindo metodologia descrita por APHA (2005).

Foto 10- Amostragem, preservação e análise das amostras.

A- Garrafa de polietileno



B- Ambientalização da garrafa



C- Amostragem no epilímnio



D- Preservação da amostra



Continua na próxima página

Continuação das Fotos 10 Amostragem, preservação e análise das amostras.

E- Conservação e acomodamento

F- Análise laboratorial



Fonte: Própria autora (2015).

4.8.1 Aquisição dos parâmetros físico-químicos e metais pesados na água.

Para as determinações efetuadas *in loco* referentes aos parâmetros Temperatura da água (°C), Potencial Hidrogeniônico (pH), Oxigênio Dissolvido (OD), Total de Sólidos Dissolvido (TDS), Condutividade Elétrica (CE) e Salinidade (NaCl), utilizou-se o equipamento multiparâmetro marca Oakton, modelo PCD 650, (Foto 11A). O processo de leitura (Foto 11B) constituiu-se em inserir a sonda na água, cujos sensores apresentam os resultados diretos em % e mg/L. Este método de leitura é realizado igualmente para todos os pontos definidos ao longo do corpo da água, em todas as quatro campanhas (APHA, 1995).

Foto 11- Análise físico-química da água (T°C, pH, OD, TDS, CE, NaCl).

A-Sonda multiparâmetro

B- Processo de Leitura.



Fonte: Própria autora (2015).

As variáveis, Fósforo Total (Pt), Turbidez, Nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$), Nitrito (NO_2^-) e Nitrato (NO_3^-), foram realizadas no Laboratório de Geociências Aplicadas (LGA) do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Goiás - Regional de Jataí.

4.8.2 Fósforo – (Pt)

A determinação de fósforo total foi realizada de acordo com o Método Vanadomolibdico Fotocolorímetro (Standard Methods for the Examination of Water and Waste water, 18th edition), utilizando o equipamento multiparâmetro de bancada fotocolorímetro AT100PB Alfakit (Foto 12)

Foto 12- Fotocolorímetro AT100 PB da marca Alf kit



Fonte: Própria autora (2015)

4.8.3 Turbidez

O procedimento da análise para turbidez foi realizado no aparelho Turbidímetro de Bancada HI88703, marca HANNA (Foto 13). O método utilizado é o nefelométrico (90°), comparando-se o espelhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra com o espelhamento de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão de referência.

Foto 13- Turbidímetro de Bancada HI88703 da marca HANNA



Foto: Própria autora (2015).

4.8.4 Nitrogênio Amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$), Nitrito (NO_2^-) e Nitrato (NO_3^-)

Para as análises de nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito, utilizou-se o fotômetro de bancada multiparâmetro HI 83099. A análise química fotométrica baseia-se na possibilidade de desenvolver um composto absorvente a partir de uma reação química específica entre amostra e reagentes (Fotos 14 A e B). Após preparadas, as amostras foram colocadas em cubeta de vidro e inserida no fotômetro com absorbância específica para cada parâmetro.

Na análise de nitrito, utilizaram-se amostras de água pura sem conservante, seguindo os mesmos parâmetros de amostragem descritos anteriormente. O método utilizado na análise foi o EPA diazotação 354.1.

Foto 14-Fotômetro de bancada- Análise de nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato.

A- Fotômetro de bancada multiparâmetro



B- Fotômetro com amostrador.



Fonte: Própria autora (2015).

4.8.5 Metais Pesados

Para a detecção dos metais pesados na água, utilizou-se o fluorímetro portátil da ANDalyze (Foto 15A), baseada na técnica de DNA, utilizado como um biosensor, reagindo diretamente com o metal a ser determinado. O mesmo conta com uma técnica de medição extremamente sensível para determinar os níveis de toxicidade de contaminação com metais pesados. Conta ainda com detector fotomultiplicador (PMT) – 1.000.000 de vezes mais sensível que um fotodiodo para detecção.

Seguiu-se todos os procedimentos de preservação descritos anteriormente por APHA (2005), e, posteriormente, obedeceram-se às instruções estabelecidas pelo manual com a adição do NaOH, para estabilizar o pH da amostra para a realização do teste, necessitando-se

de 5 ml de água pura do local para calibração do aparelho, referente a cada metal específico (Fotos 15B).

Foto 15- Fluorímetro de bancada

A- Fluorímetro ANDalyze



B- Tampão.



Fonte: Própria autora (2015).

Foram realizadas análises para Urânio (U), Mercúrio (Hg), Chumbo (Pb), Cobre (Cu) e Cádmiio (Cd).

4.9 Classificação dos corpos d'água segundo a Resolução CONAMA n° 357/2005

Os padrões de qualidade e enquadramento dos corpos d'água foram definidos de acordo com a Resolução CONAMA n° 357/2005, conforme descrito no Quadro 6.

Quadro 6- Padrões de qualidade para ambientes lóticos das Classes 1, 2, 3 e 4 de águas doces, segundo a Resolução CONAMA n°357/2005.

Parâmetros	Classe I	Classe II	Classe III	Classe IV
T° C	Sem padrão	Sem padrão	Sem padrão	Sem padrão
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
OD (O ₂)	Não Inf. 6mg/L	Não Inf. 5mg/L	Não Inf. 4mg/L	Sup. 2,0mg/L
TDS (mg/L)	Até 500 mg/L	Até 500 mg/L	Até 500 mg/L	Até 500 mg/L
Turbidez UNT	< = 40 UNT	< = 100 UNT	> 100 UNT	> 100 UNT
Fósforo (P)	0,1 mg/L	0,1 mg/L	0,15 mg/L	0,15 mg/L
Nitrogênio Amoniacal	3,7 mg/L	3,7 mg/L	13,3 mg/L	13,3 mg/L
Nitrito (NO ₂ ⁻)	1,0 mg/L	1,0 mg/L	1,0 mg/L	1,0 mg/L
Nitrato (NO ₃ ⁻)	10,0 mg/L	10,0 mg/L	10,0 mg/L	10,0 mg/L
Salinidade NaCl- (mg/L)	500 mg/L	500 mg/L	500 mg/L	500 mg/L
Urânio (U)	0,02 mg/L	0,02 mg/L	0,02mg/L	0,02mg/L
Mercúrio (Hg)	0,0002 mg/L	0,0002 mg/L	0,002mg/L	0,002mg/L
Chumbo (Pb)	0,01 mg/L	0,01 mg/L	0,033mg/L	0,033mg/L
Cobre (Cu)	0,009 mg/L	0,009 mg/L	0,013mg/L	0,013mg/L
Cádmiio (Cd)	0,001 mg/L	0,001 mg/L	0,01mg/L	0,01mg/L

Não Inf. Não inferior; Sup. Superior

Fonte: Adaptado de CONAMA 357/2005.

Org. Própria autora (2015)

4.10 Classificação d'água segundo Ministério da Saúde (Portaria nº 2.914/2011)

A Portaria nº 2.914/2011 dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, adotando as seguintes definições: água para consumo humano - água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem; água potável - água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde.

Os padrões de qualidade e enquadramento d'água foram definidos de acordo com a Portaria nº 2.914/2011, conforme descrito no Quadro 7:

Quadro 7- Limite máximo permitido de qualidade de águas doces, potável, segundo Ministério da Saúde Portaria nº 2.914/2011.

Parâmetros	Limite máximo permitido
T° C	30° C
pH	6,0 a 9,0
OD (O ₂)	Não possui limite
TDS	Até 1000 mg/L
Turbidez (UNT)	Até 5 UNT
Fósforo total (Pt)	Não possui limite
Nitrogênio Amoniacal	Não possui limite
Nitrito (NO ₂ ⁻)	1,0 mg/L
Nitrato (NO ₃ ⁻)	10,0 mg/L
Salinidade (NaCl)	200 mg/L
Urânio (U)	0,03 mg/L
Mercúrio (Hg)	0,001 mg/L
Chumbo (Pb)	0,01 mg/L
Cobre (Cu)	2,0 mg/L
Cádmio (Cd)	0,005 mg/L

Fonte: Adaptado de MS. 2914/2011.
Org. Próprio autora (2016)

4.11 Análise estatística

Os resultados foram inseridos e tratados estatisticamente em planilhas eletrônicas, utilizando o software Excel 2013. Os dados foram agrupados originando uma única base, os quais resultaram em tabelas e gráficos para a descrição dos mesmos. As medidas estatísticas utilizadas foram: mínimo, máximo, média aritmética, desvio padrão e coeficiente de variação.

Para avaliar o grau de relacionamento entre duas variáveis, foram gerados diagramas de dispersão de Pearson, conforme descrito em Callegari-Jacques (2008). Para testar a significância do coeficiente de correlação, utilizou-se o teste de hipótese de Student (*t*). O valor crítico da distribuição do teste *t* das 9 amostras adotado para o nível de significância de

95%. Uma vez determinada a existência de correlação (r), as mesmas foram classificadas qualitativamente (Quadro 8).

Quadro 8- Avaliação qualitativa do grau de correlação entre as variáveis analisadas

Índice (R)	Grau de correlação
0	Nula
0 - 0,3	Fraca
0,3 - 0,6	Regular
0,6 - 0,9	Forte
0,9 - 1	Muito Forte
1	Plena ou Perfeita

Fonte: Callegari-Jacques (2008);
Org. Própria autora (2016)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.

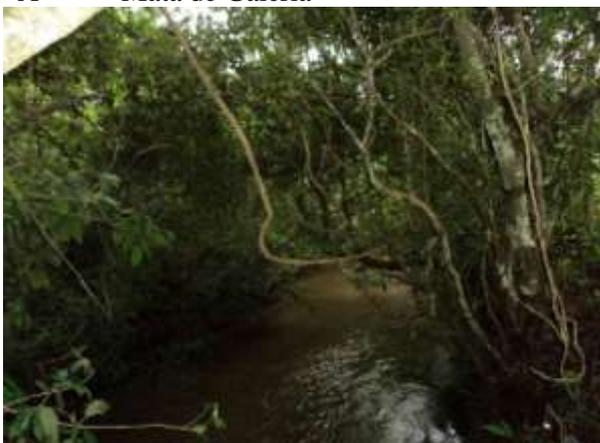
5.1 Avaliação Espaço-Temporal do Uso da Terra

A bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (Mapa 7A, B e C) sofreu alterações nos seus modelos de uso entre os anos de 2005 a 2015. No ano de 2005 (Mapa 7A), apresentava 5 classes de uso, sendo 56,27% de sua área destinadas as culturas como soja; milho e cana-de-açúcar, contando ainda com 7,33% de solos expostos para este período, os quais são destinados à agricultura, sendo que 63,60% de toda a área da bacia do ribeirão Paraíso são destinadas à agricultura.

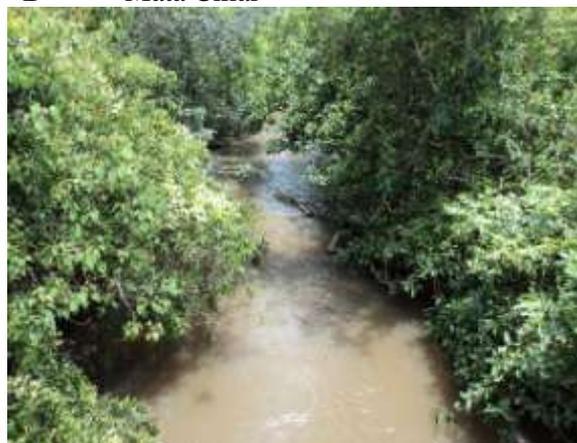
O ano de 2005 apresentou ainda 28,48% da área ocupada com a classe de vegetação, supostamente remanescentes do Bioma Cerrado, incluindo, nesta classificação, a fitofisionomia Mata. Segundo Borges et al., (2008) constitui-se como uma categoria de cobertura vegetal natural, arbórea, representada por vários tipos fitofisionômicos encontrados no Cerrado, tais como a mata mesofítica (de galeria e de encosta) e a xeromórfica (cerradão). A mata de galeria ou ciliar ocupa os vales dos canais de drenagem ou as cabeceiras de nascentes, semelhante ao encontrado em praticamente toda a bacia (Fotos 16 A e B).

Foto 16- Fitofisionomias.

A- Mata de Galeria



B- Mata Ciliar



Fonte: Própria autora (2015).

A classe água ocupava 0,14%, representada por açudes e um pequeno barramento na Fazenda Agropecuária Rio Paraíso, destinados atender às necessidades da fazenda. A pastagem ocupava 7,35%, considerada pequena porcentagem em relação à agricultura. Isso deve-se às características fisiográficas apresentadas na bacia, o que favorece a agricultura.

O uso do solo no ano de 2010 não apresentou muitas discrepâncias em relação ao uso de 2005, como pode ser visualizado no Mapa 7. A classe água em 2010 manteve o mesmo percentual em relação ao ano de 2005, representando 0,14% da área.

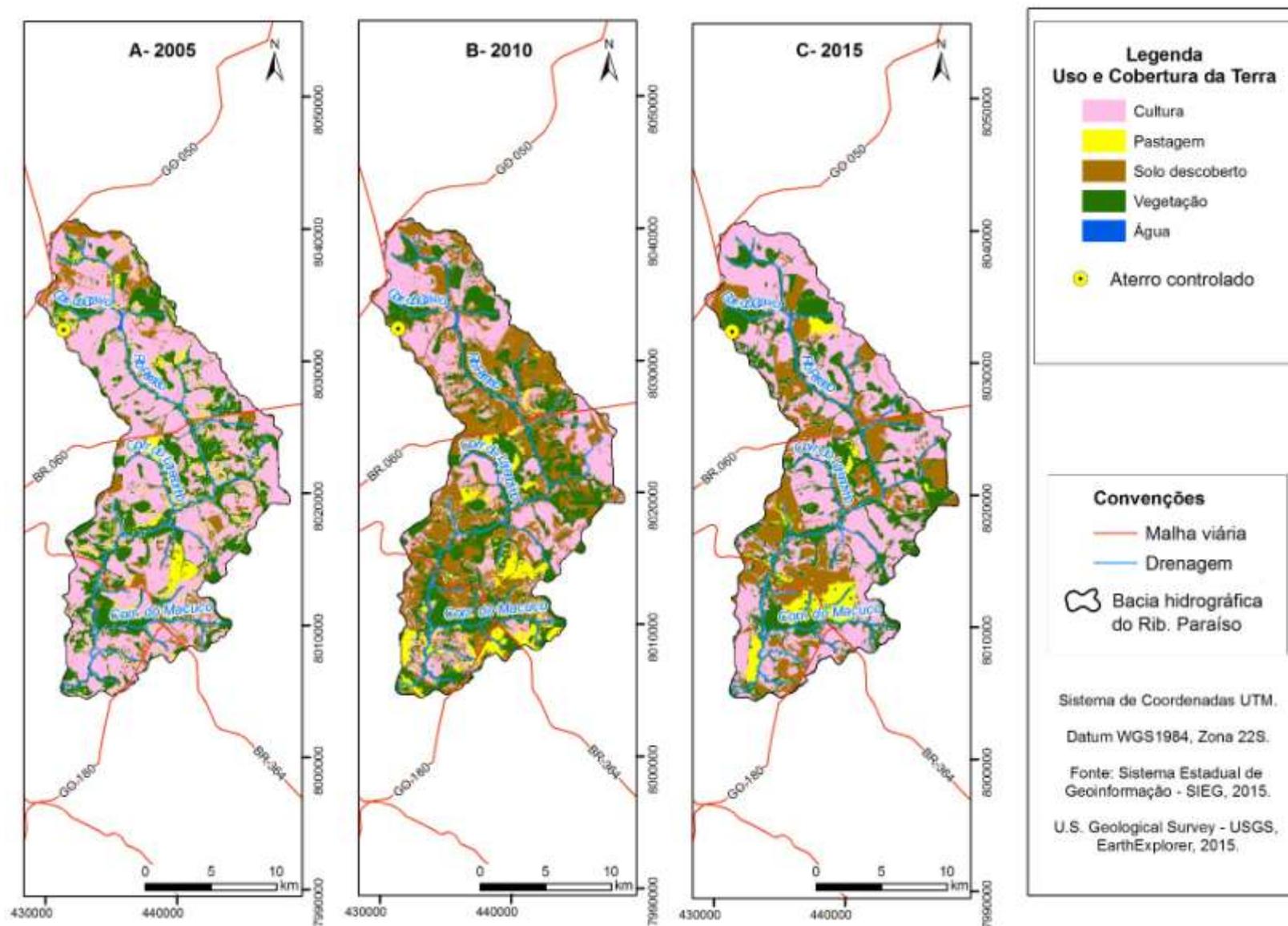
A classe cultura apresentou um decréscimo de 31,15%, podendo ser justificado pelo solo exposto, face corresponder ao início da colheita da safrinha na região, que apresentou 31,44% de toda a área, ou seja um aumento de 24,11% em relação ao ano de 2005. Somando-se as áreas de cultura e solo exposto, que são destinados à agricultura, tem-se uma área de 62,59%. Mesmo sendo a maior classe apresentada na bacia, pode-se perceber que houve uma redução de 1,44%, que pode ser justificada pelo aumento da área de vegetação.

A cobertura vegetal, representada pelos remanescentes de Cerrado, apresentaram uma área correspondente à 31,57%, havendo um acréscimo a 10% a mais do que no ano de 2005, cuja justificativa pode ser a adoção de políticas de estímulo ao reflorestamento, editada pelo Governo Federal neste mesmo ano.

A classe pastagem ocupava 5,70% no ano de 2010, na bacia do ribeirão Paraíso, cerca de 2,07% menor que no ano de 2005. Tal característica pode ser justificada pela inserção da cana-de-açúcar neste mesmo ano, a qual ocupou áreas de pastagem. Franco e Assunção (2011), afirmam que a falta de uma política de organização de atividade agrícola impôs à cana-de-açúcar a ocupação de muitas terras de pastagens inapropriadas para outras culturas, mas também a ocupação de solos férteis em regiões de topografia plana, próximos de centros urbanizados, muito aptos para o cultivo de alimentícias, como é o caso dos municípios de Jataí, Mineiros e Rio Verde, fato este constatado na bacia do Ribeirão Paraíso.

No ano de 2015, o uso e ocupação do ribeirão Paraíso (Mapa 7C) apresentou algumas alterações em relação ao ano de 2010. A classe cultura passou a ocupar 47,17% de toda a área destinadas a culturas de ciclo curto (Figura 5 A, B, C), o que representa um aumento de 51% em relação ao período de 2010. Ocorreu uma redução na classe de solos descobertos, cerca de 38% a menos do que no ano de 2010 (Figura 5 D), ocupando 19,34% da área, o que pode ser justificado pelo mês das imagens, visto que, para o ano de 2005, utilizaram-se imagens referentes ao mês de junho (período seco) e em 2015, devido à presença de nuvens, utilizaram-se imagens referentes ao mês de fevereiro (período chuvoso), fase inicial de colheita na região.

Mapa 7 Uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso-GO entre os anos de 2005 e 2015.



Contudo, observa-se que a área destinada à agricultura na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso alcançou em 2015 66,51%, ou seja, um aumento de 3,92% a mais que no ano de 2010, justificado pela inserção da cana-de-açúcar, a partir do ano de 2010.

De acordo com Bernado e Queiroz (2011), em levantamento realizado entre 2004 e 2010, em todo o país, foi possível verificar que, em se tratando de *commodities* agrícolas (Soja e Milho), a economia clássica não possui aplicabilidade no seu todo, sendo notória nos períodos em que ocorreram aumentos de preços e de quantidade demandada nas duas culturas analisadas, assim como diminuições de preços e diminuições de quantidades ofertadas, também nas duas culturas, situações que nesta análise são exceção e não a regra da Lei Geral da Demanda e da Lei Geral da Oferta, o que pode justificar o aumento e/ou redução das áreas plantadas na bacia em questão.

De acordo com Teixeira e Garcia (2013 p.11) os produtos agroindustriais são essencialmente de primeira necessidade e, para o autor, “esse fato faz com que uma variação do preço dos produtos agroindustriais não afete intensamente sua quantidade consumida, porém pode atingir a quantidade produzida”.

Foto 17- Culturas de ciclo curto

A- Soja



B- Milho



C- Cana-de-açúcar



D- Solo Exposto



Fonte: Própria autora (2015).

A segunda maior classe encontrada na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso, relativo ao ano de 2015, vegetação, fitofisionomia Mata (Fotos 18A e B), a qual ocupava 28,37 %. Observa-se que no ano de 2005. Todavia, em relação ao ano de 2010, sofreu um decréscimo em torno de 11 %, justificado pela inserção da cana-de-açúcar, com a ampliação de novas áreas de cultivo.

Foto 18 A e B- Fitofisionomia Mata.

A- Árvore típica do Cerrado



B- Fitofisionomia Mata



Fonte: Própria autora (2015)

A classe água que ocupava no ano de 2015 0,29%, cerca de 0,76% a mais que os demais anos, justifica-se pelo volume de água na rede de drenagem, uma vez que o mês de fevereiro encontra-se dentro da estação chuvosa.

A classe pastagem em 2015 ocupava 4,83% da área da bacia, 15 % a menos que no ano de 2010 e 34 % a menos que em 2005. As alterações da porcentagem justificam-se pelo aumento da área de agricultura, uma vez que a produção sucroenergética mostra-se menos restritiva quanto às características de solo a ser usado para a produção, ocupando, principalmente áreas antes destinadas às pastagens, as quais nem sempre se caracterizam como uma regra.

Outro fato importante, a partir da análise dos mapas 7, é a presença de área destinada ao depósito de lixo urbano (lixão). Nos anos de 2005 e 2010, o município contava apenas com um lixão, com aproximadamente 2500 m², onde ocorria a deposição inadequada dos resíduos sólidos, em que não havia nenhuma classificação de periculosidade, ignorando, desta forma seus riscos, o que pode ter causado contaminação do solo e da água (EIA/RIMA, 2010).

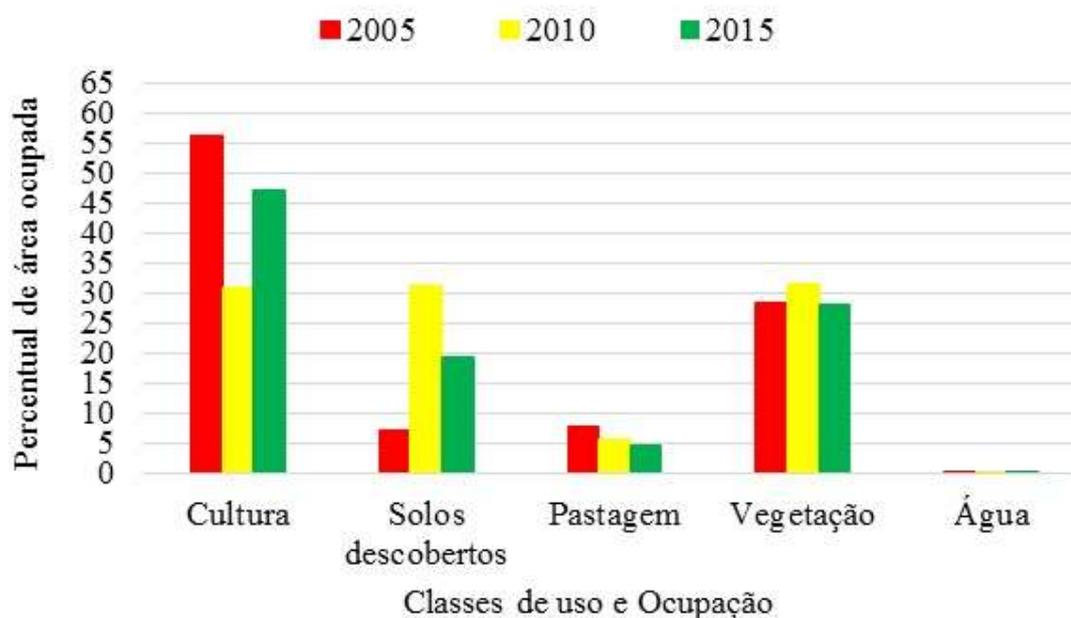
A Prefeitura Municipal de Jataí, a partir da divisão de Gestão de Resíduos Sólidos, no sentido de amenizar os depósitos a céu aberto, implantou no ano de 2011, valas para

recebimento de resíduos domiciliares e de serviço de saúde, com membranas impermeabilizantes, bem como drenos de gases, transformando o antigo lixão em aterro controlado. Mesmo com essas características, o local não se enquadra na situação de aterro sanitário, pois a deposição ainda não é adequada (JATAÍ, 2015).

Amaral (2014) afirma que, diferente do lixão, o aterro controlado é utilizado em pequenos municípios, com o objetivo de suprir a necessidade de destinação do lixo urbano, até que uma unidade adequada seja implantada (Aterro Sanitário). Ao contrário do lixão, o aterro controlado é desenvolvido com o objetivo de não causar danos ou riscos à saúde humana e ambiental. Para tanto, é essencial que o aterro controlado não receba resíduos perigosos.

Diante do exposto, o Gráfico 1 apresenta, de forma resumida, o comportamento temporal do uso da terra da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso.

Gráfico 1-Avaliação temporal do uso da terra na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso-GO para os anos de 2005, 2010 e 2015.



Fonte: SIEG (2015).

Org. Própria autora (2016)

As áreas destinadas à agricultura ocupam principalmente as áreas compostas pelos Latossolos Distróficos, Distroféricos e os Cambissolos. A cultura de cana-de-açúcar e pastagem ocupam áreas que se originaram da Formação Vale do Rio do Peixe, composto principalmente pelos arenitos, os quais, devido à escala, não aparecem no mapeamento de

solos, conforme exposto nas fotos 19A e B. De acordo com os estudos realizados por Cabral et al., 2009, os solos originados sobre a Formação Vale do Rio Peixe são suscetíveis à erosão.

Foto 19- Solos ocupados no ribeirão Paraíso

A-Latosolos, plantio de cana-de-açúcar



B-Neossolos ocupados pela cana-de-açúcar



Fonte: Própria autora (2015).

Observou-se durante visitas à campo e constatada pelos mapas de uso da terra, que as áreas destinadas à pastagem estão próximas ao exutório, terreno com declividade próxima de 20%, próximo ao vale do ribeirão e ainda em alguns casos específicos, sobre a formação Vale do Rio do Peixe, conforme as Fotos 20A e B.

Foto 20- Áreas de pastagens

A- Áreas de pastagem próximas ao exutório



B- Áreas de pastagem sobre Neossolos



Fonte: Própria autora (2015).

A segunda bacia hidrográfica analisada foi a do Córrego Cerrado/Cadunga, localizada em Canápolis-MG, inserida na região do Cerrado Mineiro, um dos principais ecossistemas tropicais, e, segundo estimativas do Ministério do Meio Ambiente (2015), possui menos de 20% de sua área original preservada.

Franco et al., (2011, p.4) asseguram que a história econômica e produtiva do município de Canápolis-MG sempre esteve interligada à expansão da cana-de-açúcar no Estado de Minas Gerais. “Para se ter uma ideia, o município de Canápolis teve um amplo crescimento desta monocultura na década de 90, chegando a ter mais de 25% de seu território ocupado por cana-de-açúcar”. Os autores afirmam, ainda, que após 10 anos, houve a consolidação da cultura e a inserção da cultura do abacaxi, também com forte expressão.

A referida bacia possui uma área de 137,70 km². O uso das terras (Mapas 8A, B e C), no ano de 2005, apresentaram 6 classes de uso (Mapa 8A). A área de culturas a maior delas ocupando 28,41%; 17,98% de solos descobertos, também destinados à agricultura, o que significa que de áreas agrícolas totalizam 46,39%

A segunda maior classe encontrada no ano de 2005 foi a de vegetação (remanescentes de Cerrado), com 27,21% da área, seguida de 24,7% de pastagem; 1,47% de área urbana e 0,16% de água.

No ano de 2010 (Mapa 8B), a área de cultura ocupava para 17,52%, diminuindo cerca de 38 % comparada ao ano de 2005. Mesmo somando as áreas com solos descobertos que ocuparam cerca de 20,71%, cerca de 15 % a mais que no ano 2005, a área que poderia ser destinada as atividades agrícolas da bacia (38,69%), reduziu 16% em relação ao ano de 2005. Tal redução justifica-se pelo aumento das áreas de pastagens, que chegou a ocupar 35,38% da área total da bacia, cerca de 42% a mais que no ano de 2005 para pastagem.

A área de vegetação sofre uma redução de 9 % de sua área em relação ao ano de 2005, ocupando 24,69% da bacia. A redução é justificado pela abertura de novas áreas como o aumento das áreas de pastagens, para a utilização do curso d'água para a dessedentação dos animais, conforme (Foto 21).

Mapa 8- Uso da terra e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do córrego Cerrado/Cadunga-MG para os anos de 2005, 2010 e 2015.

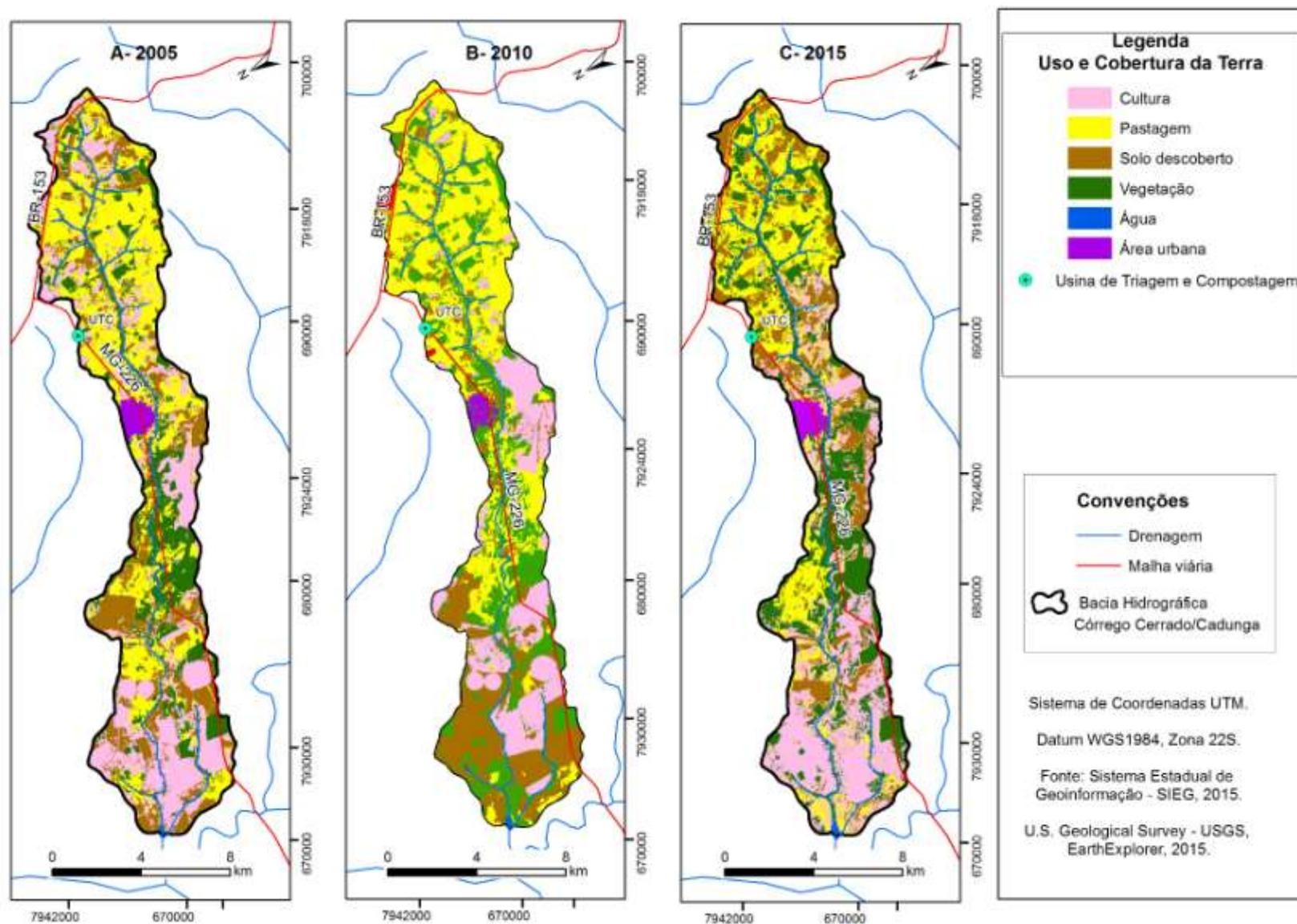


Foto 21- Utilização do córrego para a dessedentação de animais.

A- Animal próximo ao curso d'água



B-Evidência pisoteio de animais



Fonte: Própria autora (2015).

Tal fato também constatado por Franco et al. (2014) em estudos realizados na bacia do Córrego Cerrado/Cadunga, em visitas à campo, observaram nas áreas de nascentes, a presença de animais dessedentando-se, cujo pisoteio agrava o processo de sulcos e erosões. Conforme observa-se na foto 21A, vários trechos nas margens dos cursos d'água, denominados Áreas de Preservação Permanente (APP), estão totalmente desprovidos de vegetação nativa.

Brito e Prudente (2005) detectaram também em 2002, no município de Uberlândia-MG, uma diminuição do Cerrado, certamente em consequência dessa expansão agrícola, fato semelhante ocorrido na Bacia do Córrego Cerrado/Cadunga, o qual cedeu espaço a novas áreas de pastagens.

De acordo com a classificação realizada no ano de 2010, pode-se constatar que a área urbana não apresentou crescimento significativo, passando de 1,47% em 2005 para 1,48% em 2010. A classe água aumentou cerca de 37 % em relação ao período de 2005, ocupando 0,22% da área. O aumento pode ser justificado pelas condições climáticas do ano em questão, principalmente em relação ao nível do reservatório de Serra Dourada, à jusante da bacia.

O uso da terra referente ao ano de 2015, apresentou um aumento nas áreas de culturas, de 23,90% em relação ao ano de 2010 ocupando 21,71% da área, e, sofreu um decréscimo de 23,60% em relação ao ano de 2005. Somando as áreas de cultura e solos descobertos (26,34%), o ano de 2015 possui 48,05% de sua área aptas as atividades agrícolas, com 25,60% a mais que o ano de 2010, e 3,60% a mais que o ano de 2005.

Para o Jornal Cana (2015), o endividamento financeiro acumulado e o excesso de produção subsidiada de açúcar no mundo estão entre os principais fatores, juntamente com a crise financeira do país, que resultaram no fechamento de quatro usinas no Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, fato observado no município de Canápolis-MG e visível nos dados

apresentados. Segundo Franco et al. (2011), observa-se a mudança de cultivos, devido à uma crise no setor sucroenergético, fazendo com que a soja, o milho e abacaxi passem a ser as principais culturas (Fotos 22 A a F).

Foto 22- Principais culturas desenvolvidas na bacia do córrego Cerrado/Cadunga

A- Abacaxi



B- Soja



C- Milho



D- Sorgo



E- Cana-de-açúcar



F- Bananeiras



Fonte: Própria autora (2015)

A segunda maior classe de uso do solo do ano de 2015 foi a pastagem, ocupando cerca de 31,80%, ou seja, 10% a menos que o ano de 2010, cuja diminuição justifica-se pelo aumento de outras culturas, como milho e soja. Outro fato relevante observado foi à redução da área de vegetação, que ocupava 18,51% da área da bacia, ou seja, uma redução de 25% em relação a 2010 e cerca de 31% em relação a 2005 (Fotos 23A e B).

Foto 23- A e B- Áreas degradadas na bacia córrego Cerrado/Cadunga.

A- Mata Ciliar degradada



B- Cerrado em Recuperação



Fonte: Própria autora (2015)

A classe água apresentou redução de 0,13%, cerca de 40 % a menos que no ano de 2010. Esta redução pode estar interligada ao volume de água no curso d'água, devido às características sazonais da região conforme observado em um açude dentro do perímetro da bacia, evidenciando ressecamento do solo (foto 24).

Foto 24- Açude próximo à rede de drenagem.



Fonte: Própria autora

A área urbana também apresentou aumento no ano de 2015, ocupando cerca de 1,51%, com crescimento de 2,71% considerado modesto para um período de 10 anos (foto 25) sendo justificado pela construção de novos bairros.

Foto 25- Loteamento em construção Canápolis-MG.

A- Loteamento em construção Canápolis-MG



B- Abertura de rua e instalações elétricas.



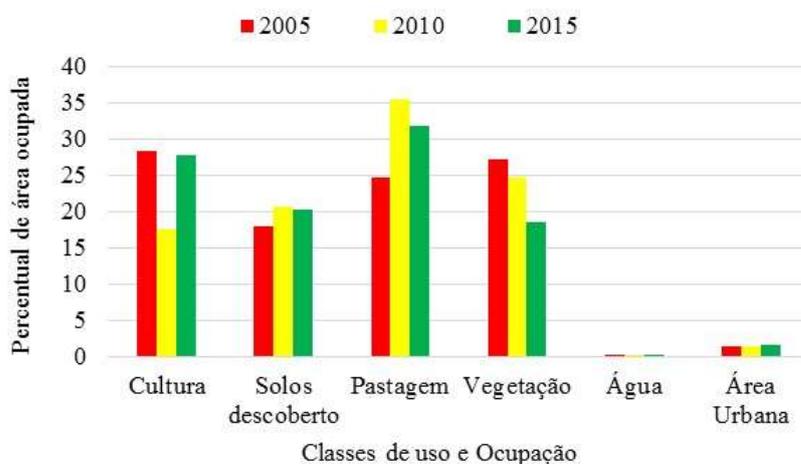
Fonte: Própria autora (2015).

Canápolis é um dos municípios de Minas Gerais que conta com uma usina de reciclagem de triagem e compostagem (UTC), inserida na referida bacia hidrográfica. A UTC está licenciada pelo COPAM/FEAM (Fundação Estadual de Meio Ambiente) desde o ano de 2000, servindo de modelo para várias outras cidades. Os materiais não recicláveis são depositados em valas e cobertos por terra, sem manta de proteção, e a compostagem é encaminhada para propriedades rurais para fins de adubação.

Constatou-se em visitas à campo o funcionamento parcial da usina. No ano de 2014 estava em funcionamento; porém em 2015, observou-se que a mesma estava fechada; funcionando de forma parcial como a área de depósito de resíduos urbanos e industriais, sem qualquer prevenção, igual a um “lixão”. O Gráfico 2 apresenta as formas de uso da terra da bacia hidrográfica do córrego Cerrado/Cadunga.

As áreas de pastagens desde 2005 até 2015, ocupam a parte inicial da bacia, inserida sobre à Formação Vale do Rio do Peixe composta principalmente de arenitos. Verificou-se, também que em 2015, algumas áreas antes ocupadas por pastagens deram lugar à cultura do abacaxi; as demais áreas de agricultura ocorrem sobre a Formação Serra Geral, composta principalmente pelos Latossolos.

Gráfico 2- Avaliação temporal do uso do solo da bacia hidrográfica córrego Cerrado/Cadunga entre os anos de 2005, 2010 e 2015.



Fonte: SIEG (2015).

Org. Própria autora (2016)

A bacia do córrego Cerrado/Cadunga em função da ocupação antrópica, pode ser considerada agrícola considerando-se as áreas de cultura e solos descobertos. Outro fator relevante é o desmatamento das áreas de remanescentes de Cerrado, vegetação de extrema importância para a manutenção da biodiversidade e proteção dos solos, pois, além de realizar a fotossíntese, servindo como produtor primário produz oxigênio e celulose. Atua paralelamente na proteção do solo, pela capacidade de interceptar as chuvas, atenuando a incidência direta sobre os solos e interrompendo o carreamento de sedimentos, minimizando, assim, o efeito da erosão (GOMES, 2011).

A Tabela 1 apresenta a síntese das principais características do uso da terra referente as duas bacias, procurando estabelecer as similaridades e diferenças entre os dois ambientes.

Tabela 1- Principais tipos do uso da terra em % das bacias entre os anos de 2005 e 2015.

Ribeirão Paraíso – GO				Córrego Cerrado/Cadunga – MG			
Classe	2005	2010	2015	Classe	2005	2010	2015
Culturas	56,27	31,15	47,17	Cultura	28,41	17,52	27,71
Solos descobertos	7,33	31,44	19,34	Solos descoberto	17,98	20,71	20,34
Pastagem	7,78	5,71	4,83	Pastagem	24,77	35,38	31,8
Vegetação	28,48	31,56	28,37	Vegetação	27,21	24,69	18,51
Água	0,14	0,14	0,29	Água	0,16	0,22	0,13
				Área Urbana	1,47	1,48	1,51
TOTAL	100%	100%	100%		100%	100%	100%

Fonte: SIEG (2015).

Org. Própria autora (2016)

Mesmo as duas bacias apresentando áreas distintas, observa-se que o córrego Cerrado/Cadunga apresenta maior concentração de pastagem do que o ribeirão Paraíso. A antropização do córrego Cerrado/Cadunga é maior do que na bacia do ribeirão Paraíso, o que pode ser constatado pela degradação dos remanescentes de Cerrado.

Um aspecto relevante também a ser considerado é a presença do aterro controlado na bacia do ribeirão Paraíso e Usina de Triagem e Compostagem (inoperante em 2015), lixão e área urbana na bacia do córrego Cerrado/Cadunga, que gera preocupação no que tange à operação dos mesmos, pois, geralmente, as chuvas sobre as vertentes e consequente deflúvio superficial poderá carrear sedimentos e poluentes para a rede de drenagem.

5.2 Avaliação da distribuição espacial da precipitação pluvial e da erosividade

Devido à relevância da erosividade estar ligada à perdas de solos principalmente por processos erosivos, especialmente em áreas de alta produção agrícola e com regimes pluviométricos altos, como é o caso do bioma Cerrado, e os estudos realizados nas referidas bacias, a quantificação de tal variável pertencente a equação de perdas de solos, torna-se necessário.

Marcuzzo, Cardoso e Faria (2012) em estudos realizados em áreas do bioma Cerrado, afirmam que, em geral as precipitações médias anuais variam entre 1200 e 1800 mm, apresentando uma grande estacionalidade, concentrando-se nas estações de primavera, verão e outono (de setembro a maio), que é o período mais chuvoso.

Lima e Mariano (2014) relatam que na bacia do rio Claro, bioma Cerrado, também afluente da bacia hidrográfica do rio Paranaíba, no período de maio a setembro, os índices pluviométricos mensais reduzem bastante, podendo chegar a zero, o que caracteriza a estação seca, podendo alcançar de três a cinco meses de duração.

Diante de tal contexto, procurou-se compreender a variabilidade espaço-temporal da precipitação pluvial e erosividade, através do Fator R da equação universal de perdas de solos, no período compreendido entre 1984 a 2014, das bacias hidrográficas em destaque, utilizando-se dados dos postos pluviométricos mais próximos das bacias (Mapa 9).

A distribuição espacial de variáveis climáticas como precipitação pluvial, e/ou derivadas destas, como o potencial erosivo da chuva, constituem-se em ferramentas indispensáveis ao planejamento de atividades associadas, principalmente, à agricultura e planejamento urbano.

Para Ayoade (2010), o clima e as variações climáticas exercem grande influência sobre a sociedade e que o impacto do clima e das variações climáticas sobre a sociedade pode ter funções de aspecto positivo ou mesmo negativo, conforme será apresentado neste estudo.

Conforme dados dos postos pluviométricos da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso, no período de 30 anos, a precipitação média anual foi de 1.486mm. O maior índice médio mensal ocorreu no mês de janeiro com 240,96mm, e o menor em julho com 9,39mm (Gráfico 3).

Mapa 9- Localização dos postos pluviométricos da ANA, próximos às bacias do ribeirão Paraíso/GO e córrego Cerrado/Cadunga/MG.

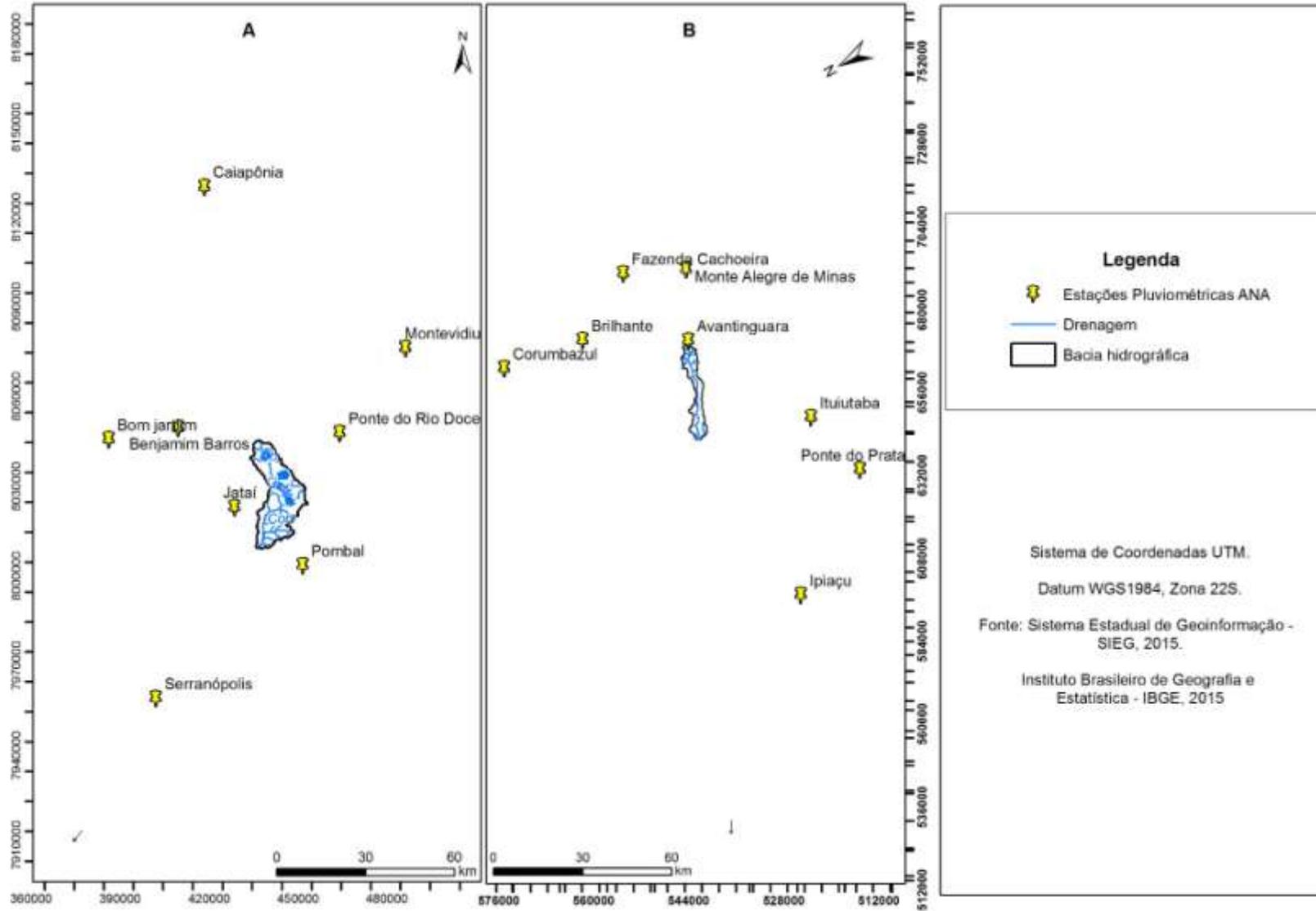
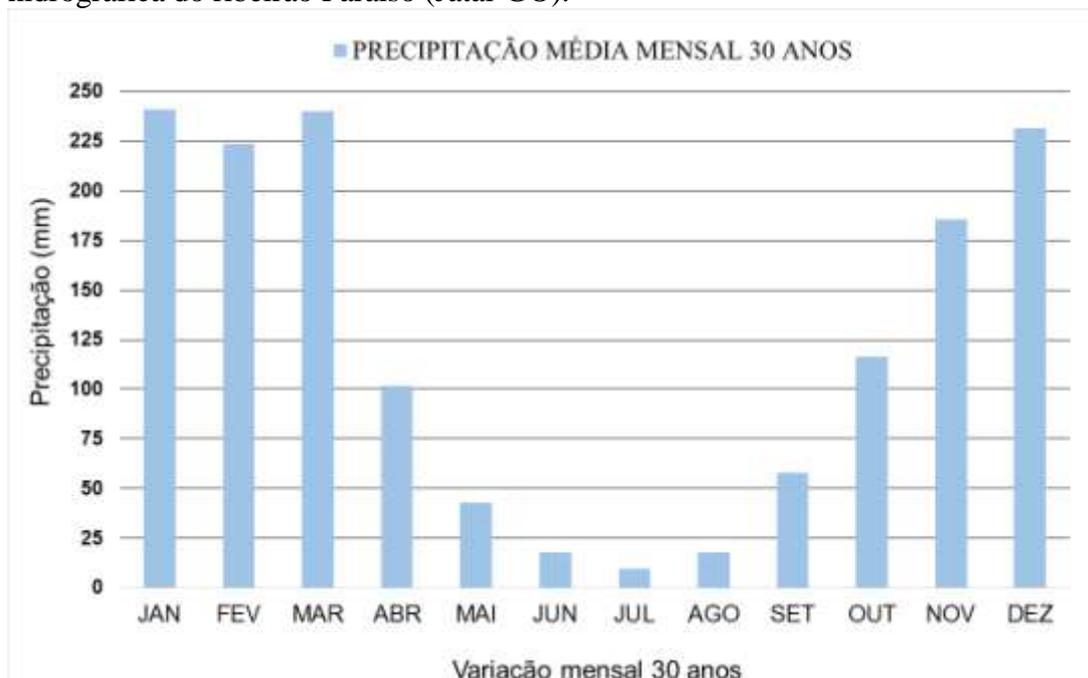


Gráfico 3- Precipitação pluvial média mensal no período de 1985 a 2014 (30 anos), na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (Jataí-GO).

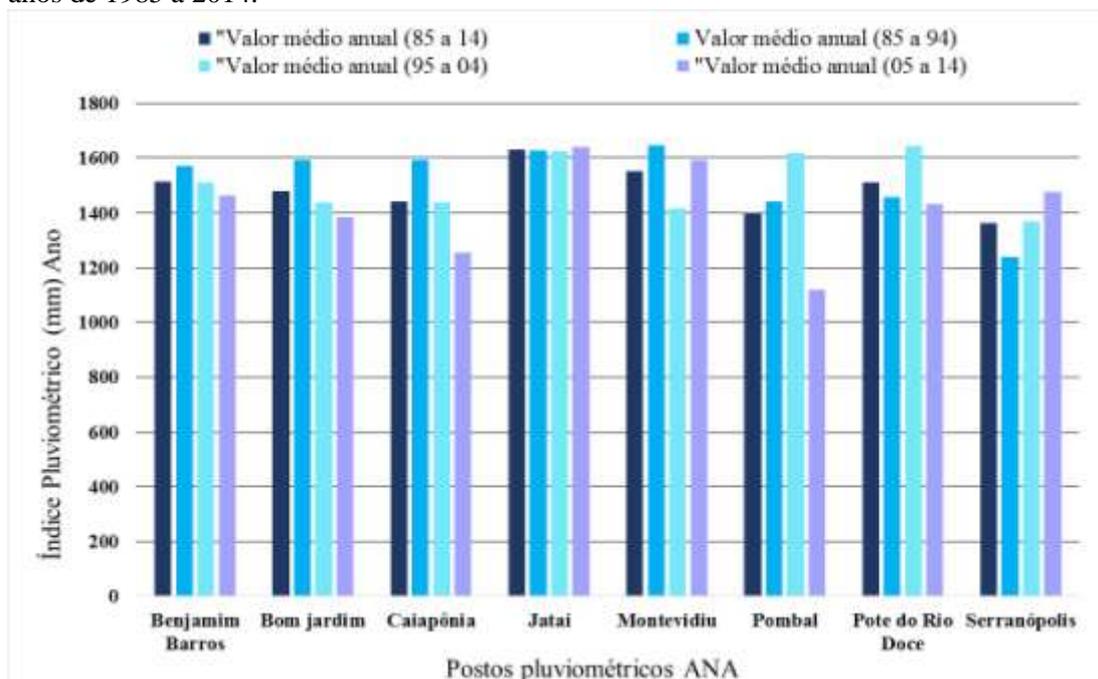


Fonte: ANA e INMET (2015).
Org. Própria autora (2016)

Na bacia do ribeirão Paraíso, a precipitação total dos 30 anos contribuiu para o período chuvoso, de outubro a março, com 83 % da precipitação, com médias anuais variando entre 115,7 a 195,86 mm e com 17% no período seco, os quais variaram de 1,53 mm a 49,26 mm ano para o período observado. A partir desta análise, foi possível verificar a existência de duas estações bem definidas para esta região, conforme proposto por Vilela (1975) e confirmado por Marcuzzo, Cardoso e Faria (2012) e Lima e Mariano (2014), de que as variações estacionais definem o ano hidrológico, cujo estudo corrobora a afirmação dos resultados encontrados na bacia do ribeirão Paraíso.

Os dados pluviométricos referentes à série histórica de 30 anos (1985 a 2014), mostram que a média anual (barra azul escuro no gráfico 4) apresentou decréscimo do primeiro para o terceiro decênio em quatro das estações pluviométricas: Benjamim Barros, Bom Jardim, Caiapônia e Pombal (Gráfico 4). A estação de Serranópolis mostrou-se contrária, com tendência de aumento do primeiro para o terceiro decênio. Montividiu também apresentou acréscimo em relação ao segundo decênio, mantendo para o terceiro decênio a média bem próxima do primeiro. A estação pluviométrica de Jataí mostrou linearidade, ou seja, valores semelhantes entre os 3 decênios.

Gráfico 4- Precipitação média anual em mm na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso-GO entre os anos de 1985 a 2014.



Fonte: ANA, INMET (2015). Org. Própria autora (2016).

Tal tendência de diminuição pode ser justificada pelo processo de “expansão das fronteiras agrícolas, retirando a cobertura vegetal original, compactando o solo, reduzindo taxa de infiltração e armazenamento de água no solo”, fato descrito por Mariano (2005) em pesquisa realizada na região Sudoeste de Goiás, que constatou decréscimo das médias anuais das precipitações em torno dos 16% em mais de 30 estações pluviométricas estudadas, região esta que também sofreu fortes transformações da expansão agrícola e pecuária nos últimos 50 anos.

Fato constatado pelo uso da terra e cobertura vegetal da bacia do ribeirão Paraíso, que apresentou uma redução na cobertura vegetal de 3,2% em 2015 em relação ao ano de 2010, redução nas áreas de pastagens de 2,95% de 2005 para 2015; expansão de 6,92% nas áreas destinadas à agricultura de 2010 para 2015, de maneira semelhante à descrita por Mariano (2005).

Os valores médios de erosividade das chuvas (R), dados em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹, foram calculados por intermédio da metodologia sugerida por Bertoni e Lombardi Neto (1999), cujo parâmetro que melhor se correlaciona com o potencial erosivo da chuva, segundo Wischmeier e Smith (1978).

Na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso, a erosividade média anual calculada para os 30 anos observados na Tabela 2 é de 884,39 ton ha⁻¹ ano⁻¹. Ao observar o período úmido,

estação em que ocorre a maior contribuição pluviométrica, com médias anuais de 206,36 mm, o mesmo contribuiu com 843,35 ton ha⁻¹ ano⁻¹, ou seja, 95% da erosividade. Já no período seco estação em que ocorrem as menores taxas pluviométricas, com médias de 29,17mm, contribuiu com 41,04 ton ha⁻¹ ano⁻¹, ou seja, 5% da erosividade na região da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso.

Os índices máximos observados na bacia estão destacados na tabela 2 com a cor vermelha, o posto pluviométrico de Jataí, apresentou 938,00 ton ha⁻¹ ano⁻¹, seguido de Serranópolis, com 903,18 ton ha⁻¹ ano⁻¹ e Caiapônia, com 900,96 ton ha⁻¹ ano⁻¹, que são os que mais contribuíram com a erosividade, porém não são significativos devido a distância em km até a bacia do ribeirão Paraíso. No período seco, observou-se que Bom Jardim contribuiu com 47,29 ton ha⁻¹ ano⁻¹ e Pombal com 47,60 ton ha⁻¹ ano⁻¹, apresentando os maiores valores de erosividade para o período em relação às demais estações pluviométricas, porém com valores muito abaixo da classificação proposta por Carvalho (2008), lembrando que Pombal destaca-se devido à proximidade com a referida bacia.

Tabela 2- Índices de erosividade entre os anos de 1985 a 2014 na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso-GO.

Posto Meteorológicos	Erosividade (ton ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Erosividade período Seco (ton ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Erosividade período chuvoso (ton ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Grau de erosividade
Benjamim Barros	877,38	45,04	832,34	4
Bom Jardim	876,46	47,29	829,17	4
Caiapônia	900,96	27,01	873,96	4
Jataí	938,00	41,69	896,31	4
Montevidiu	857,69	29,00	828,68	4
Pombal	863,08	47,60	815,48	4
Ponte do Rio Doce	858,42	45,46	812,96	4
Serranópolis	903,18	45,23	857,95	4
Média Geral	884,39	41,04	843,35	4

Obs. Grifo em vermelho- valores máximos de erosividade nas proximidades da bacia.

Fonte: ANA e INMET (2015).

Org. Própria autora (2016)

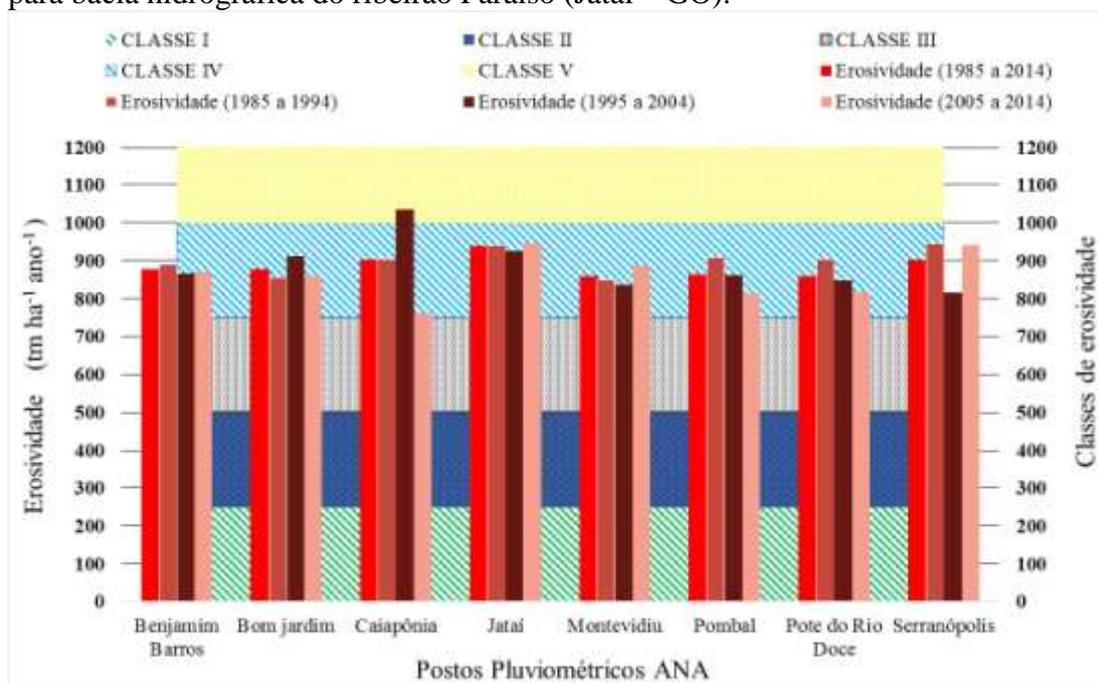
Conforme a Tabela 2 no período chuvoso a estação pluviométrica Jataí foi a que mais contribuiu para a erosividade com valor de 896,31 ton ha⁻¹ ano⁻¹, seguido de Caiapônia com 873,96 ton ha⁻¹ ano⁻¹ e Serranópolis com 857,95 ton ha⁻¹ ano⁻¹. Todas as estações enquadraram-se na classe 4, ou seja, alto grau de erosividade, conforme proposto por Carvalho (2008).

Nota-se que o período de maior erosividade coincide com o calendário agrícola, quando ocorre o preparo do solo, semeadura e estabelecimento das culturas anuais. Conforme

Cabral (2006), em situações onde o preparo do solo é feito do modo convencional, pode haver risco de perda de solo por erosão, constatado por Bertoni e Lombardi Neto (1993), que afirmam que o solo descoberto fica mais suscetível aos impactos das gotas.

De acordo com o Gráfico 5, a erosividade apresentou pequenas oscilações, enquadrando-se na classe 4 considerada nível alto grau de erosividade conforme proposta de Carvalho (2008).

Gráfico 5- Índices médios e classificação do grau de erosividade, segundo Carvalho (2008) para bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso (Jataí – GO).



Fonte: ANA e INMET (2015).

Org. Própria autora (2016)

Estratificando-se a análise por decênio, observou-se oscilações (valores maiores e menores) da erosividade em todos os postos meteorológicos com destaque para Caiapônia, que apresentou no segundo decênio o maior índice, ultrapassando $1000 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, considerado por Carvalho (2008) como de muito alto o grau de erosividade e médio no terceiro decênio.

De modo geral os valores de erosividade tendem a crescer com o aumento da precipitação (Gráfico 5), fato constatado por CAMPOS FILHO et al., (1992) e BERTOL (1994), e ainda no gráfico 4, em que apresentou se o comportamento das precipitações para o mesmo período.

Os postos de maior interesse nas análises são os localizados mais próximos da bacia do Ribeirão Paraíso: Jataí e Pombal localizados a 12 km; Ponte do Rio Doce a 11 km.

Conforme o Mapa 09, o posto de Jataí é o que tem maior perímetro de influência sobre a bacia e o que apresentou maior índice de erosividade, com uniformidade na linearidade durante os 3 decênios. Neste sentido vale destacar as características geológicas e pedológicas apresentadas na bacia, fatores que são de grande relevância nessa discussão.

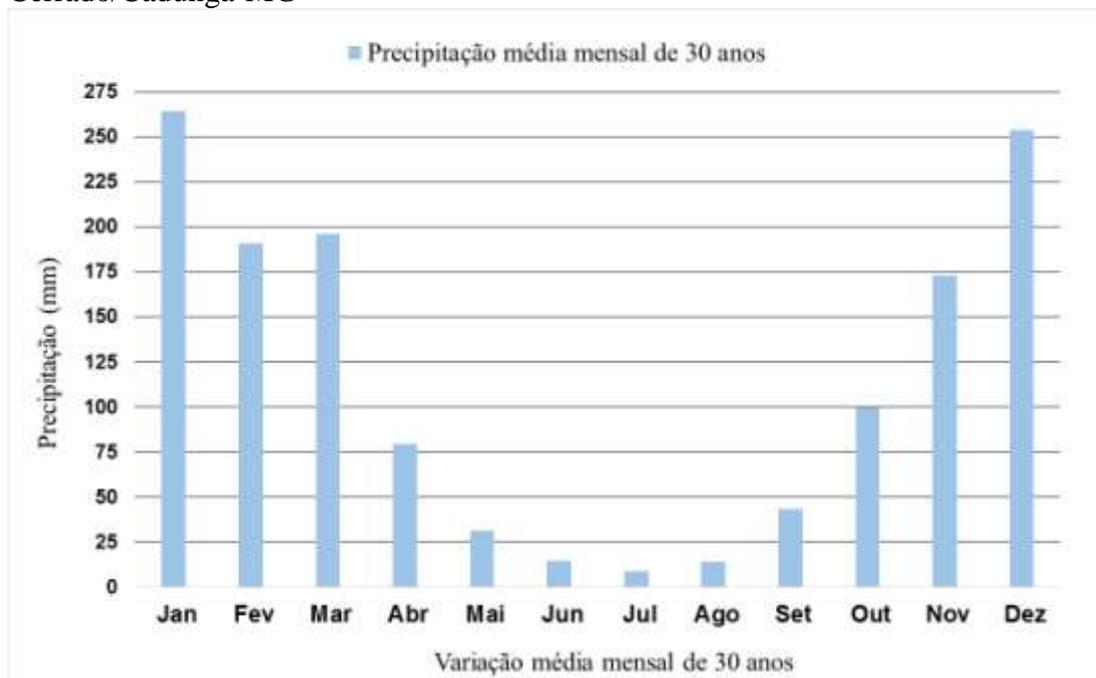
Conforme o Mapa 2A, de geologia, verifica-se que a bacia do ribeirão Paraíso possui em média 70% de sua área representada pela Formação Vale do Rio do Peixe, caracterizada principalmente pela presença de solos arenosos, e em média 20% de cobertura arenosa indiferenciada, composta por solos de textura arenosa. Tal fato chama atenção devido à fragilidade apresentada por estes solos. Segundo a EMBRAPA (2005), tais solos são caracterizados por baixos teores de argila e de matéria orgânica, e ao alto nível de desagregação, sendo estes muito suscetíveis ao impacto da chuva e propensos à erosão.

Contradizendo a informação acima, o (Mapa 3A) de solos apresenta 3 classes de solos: Cambissolos Húmicos, Latossolos Vermelhos Distróficos e Latossolos Vermelhos Distroférricos, não apresentando solos arenosos, cuja justificativa pode ser escala de representação.

A EMBRAPA (2005) esclarece que os Latossolos Distroférricos de modo geral, são bem providos de micronutrientes, o que não acontece com a maioria dos Latossolos. São bastante resistentes à erosão laminar, devido às suas características físicas de boa permeabilidade e porosidade. Características semelhantes dos Latossolos Distróficos, que são muito profundos, bem drenados, de textura argilosa ou muito argilosa e também bastante resistentes à erosão laminar. Estes são os solos predominantes da bacia do ribeirão Paraíso.

Para reforçar como a precipitação também interfere nos níveis de erosividade do solo no córrego do Cerrado/Cadunga-MG, foram selecionados oito postos pluviométricos da ANA (Gráfico 6) com dados de 30anos, cuja precipitação média anual foi de 1370,23 mm.

Gráfico 6- Precipitação média mensal entre os anos de 1985 a 2014, para a bacia do córrego Cerrado/Cadunga-MG



Fonte: ANA, INMET (2015).
Org. Própria autora (2016).

Observando-se o Gráfico 6, a região do córrego Cerrado/Cadunga apresentou para o período chuvoso entre outubro a março médias entre 100,07 e 185,85 mm e para o período seco entre os meses de abril a setembro médias entre 1,34 e 49,43 mm. Na precipitação total dos 30 anos, o período chuvoso contribuiu com 1.178,00 mm, ou seja, com 84% das chuvas e com 191,6 mm no período seco, representando 16% do total anual.

Oliveira et al. (2009) afirmam que no estado de Minas Gerais, as chuvas de novembro a fevereiro representam cerca de 70% da precipitação pluvial anual histórica. Já Souza et al., (2006) encontraram para a mesma região deste estudo, valores mais elevados de precipitação nos meses de outubro a março, representando 87% do total precipitado nos dois primeiros meses e 84% no último.

Na região do ribeirão Paraíso, o Córrego Cerrado/Cadunga também apresenta duas estações bem definidas. Em trabalhos realizados por Roldão e Assunção (2012) no triângulo mineiro, os referidos autores encontraram situação idêntica para a região, o que corroborando que a região do Córrego Cerrado/Cadunga também apresenta a mesma característica, ou seja, verão chuvoso e inverno seco, típico do bioma do Cerrado.

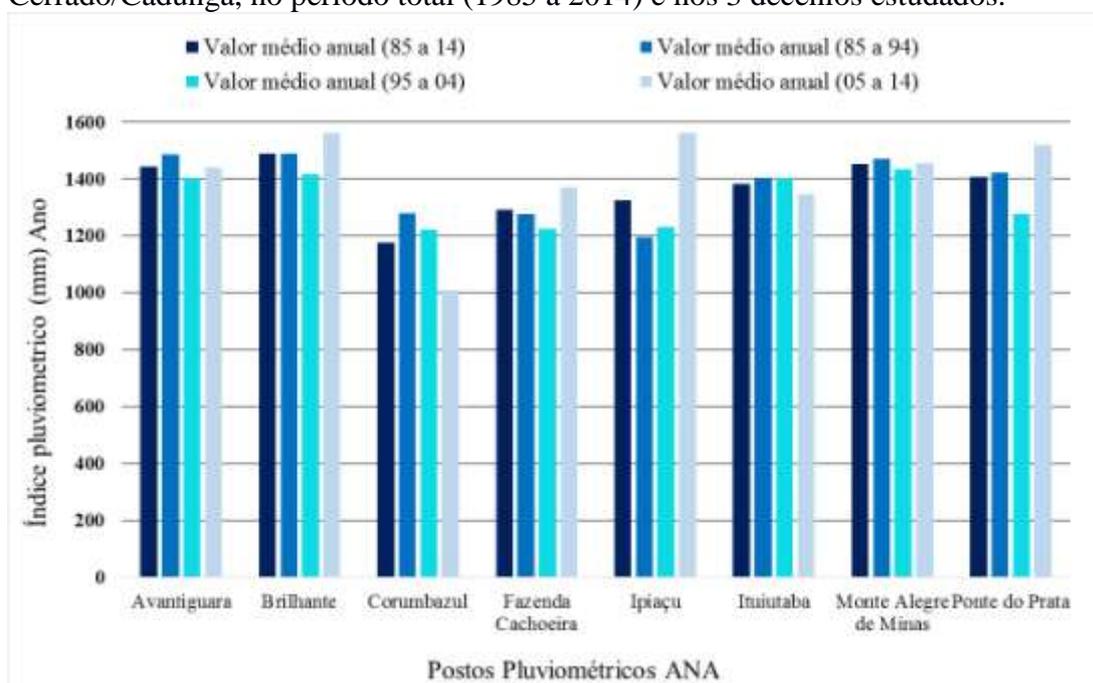
De acordo com a série histórica de 30 anos para a região do Córrego Cerrado/Cadunga entre 1985 a 2014, (Gráfico 7) observou-se que a média anual apresentou tendência de diminuição durante os 30 anos observados. Fato análogo constatado por Cabral (2006) no

reservatório de Cachoeira Dourada, de 1973 a 2002, justificando que tal fato pode estar associado às mudanças climáticas, à expansão das fronteiras agrícolas e à retirada da cobertura vegetal original.

Esta pequena redução de precipitação de uma estação para outra pode ser também justificada pelo fenômeno El Niño. Sobre esse fenômeno, Minuzzi et al., (2005) constataram que o Estado de Minas Gerais sofreu com irregularidades na distribuição de chuvas, principalmente nos anos de 1982/83 e 1997/98, o que proporcionou valores de precipitação abaixo da média na metade nordeste e o oposto na metade sudeste do estado; fato contado na série histórica desta análise.

Analisando-se os decênios, observou-se um comportamento semelhante dos 30 anos com pequenas variações. Houve uma leve redução em 6 dos 8 postos do primeiro para o segundo decênio. O posto Ipiacu apresentou elevação no segundo decênio em relação ao primeiro decênio; Ituiutaba, por sua vez, não mostrou diferença entre o primeiro e o segundo decênios.

Gráfico 7- Precipitação média anual em mm na bacia hidrográfica do córrego Cerrado/Cadunga, no período total (1985 a 2014) e nos 3 decênios estudados.



Fonte: ANA, INMET (2015).
Org. Própria autora (2016).

Pode-se observar no terceiro decênio, que os postos (Brilhante, Fazenda Cachoeira, Ipiacu, Ponte do Prata) apresentaram acréscimo em relação ao primeiro decênio. Ainda em relação ao terceiro decênio, os postos de Avantiguara, Corumbazul, Ituiutaba e Monte Alegre

de Minas, mantiveram-se abaixo do encontrado no primeiro. Em comparação com o segundo decênio, 6 postos também apresentaram este acréscimo no terceiro decênio; sendo assim, apenas os postos de Corumbazul e Ituiutaba apresentaram valores abaixo dos observados em relação ao primeiro e ao segundo decênios.

Na região da bacia hidrográfica do córrego Cerrado/Cadunga, a erosividade média anual calculada para os 30 anos foi de 847,25 ton ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 3). Com relação ao período úmido, estação de maior contribuição pluviométrica, com médias mensais anuais variando entre 100,07 e 185,85mm, cuja erosividade foi de 819,83 ton ha⁻¹ ano⁻¹, ou seja, 97% do total. O período seco estação em que ocorrem as menores taxas pluviométricas, com médias inferiores a 80 mm, contribuindo com 3% da erosividade, ou seja 27,42 ton ha⁻¹ ano⁻¹. Tais valores podem ser observados no gráfico 8.

Silva et al., (2010) realizaram trabalhos em nove municípios no Vale do Rio Doce no Centro Leste de Minas Gerais entre os anos de 2005 e 2008, cuja média mensal do índice de erosividade encontrada foi maior no período de maior precipitação, que compreende o calendário agrícola (outubro a março), contribuindo em média com 83% do valor total da erosividade para o referido período; fato semelhante ao encontrado na região do Córrego Cerrado/Cadunga.

O índice máximo observado na região da bacia da presente pesquisa é o do posto pluviométrico Brilhante, com 996, 83 ton ha⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 3), seguido do posto pluviométrico de Monte Alegre de Minas, com 896,42 ton ha⁻¹ ano⁻¹ e do Avantiguara com 888, 99 ton ha⁻¹ ano⁻¹, mais próximo da bacia hidrográfica do córrego Cerrado/Cadunga. Ressalta-se que estes postos são os que mais contribuíram com a erosividade.

Tabela 3- Índices de erosividade entre os anos de 1985 a 2014 para bacia do córrego Cerrado/Cadunga-MG

Postos Pluviométricos	Erosividade (ton ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Erosividade período Seco (ton ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Erosividade período chuvoso (ton ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Grau de erosividade
Avantiguara	888,99	29,06	859,93	4
Brilhante	996,83	27,34	969,48	4
Corumbazul	705,52	19,82	685,71	4
Fazenda Cachoeira	744,52	28,46	716,05	4
Ipiaçu	808,17	26,28	781,89	4
Ituiutaba	866,84	31,58	835,26	4
Monte Alegre de Minas	896,42	29,32	867,10	4
Ponte do Prata	870,73	27,50	843,24	4
Média Geral	847,25	27,42	819,83	4

Obs. Grifo em vermelho- valores máximos de erosividade.

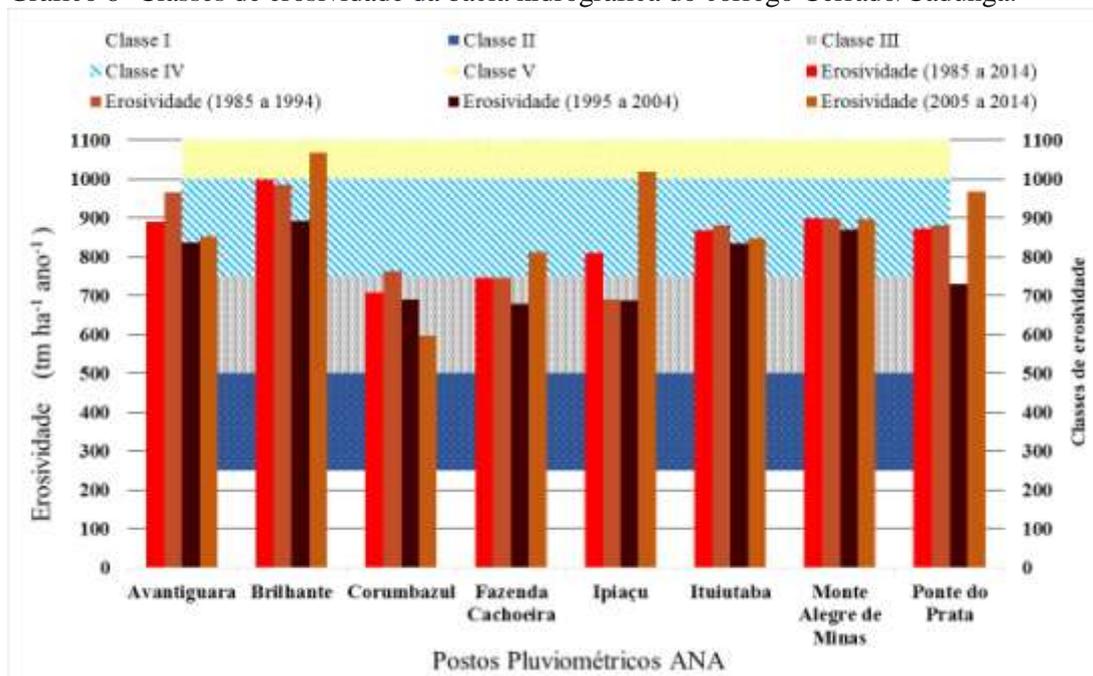
Fonte: ANA, INMET (2015). Org. Própria autora (2016).

Se os períodos forem analisados separadamente, pode-se afirmar que, no período seco, a estação de Ituiutaba foi a que mais contribuiu com a erosividade, com cerca de $31,58 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, seguida de Monte Alegre de Minas, com $29,32 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e de Avantiguara, com $29,06 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Mesmo apresentando os maiores valores de erosividade para o período em relação às demais estações pluviométricas, os valores estão muito abaixo da classificação proposta por Carvalho (2008), como pode ser visualizado na Tabela 3.

No período chuvoso, a estação de destaque foi a de Brilhante, com $969,48 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, a segunda foi a de Monte Alegre de Minas, com $867,10 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e, por fim, a de Avantiguara, com $859,93 \text{ ton ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Sendo assim, pode-se afirmar que todos os postos pluviométricos, no período chuvoso, no decorrer dos 30 anos observados, estiveram dentro da classe 4, ou seja, “alto” grau de erosividade, conforme proposto por Carvalho (2008).

É possível destacar ainda que, confrontando os dados de 30 anos e dos três decênios para a região do córrego Cerrado/Cadunga, o Gráfico 8 apresenta, de forma clara, as oscilações das classes de erosividade, em que nos 30 anos observados, 6 das estações se enquadram na classe 4, de alto grau de erosividade, conforme proposto por Carvalho (2008), seguida de duas estações - Corumbazul e Faz. Cachoeira - que se enquadram na Classe 3, de média erosividade.

Gráfico 8- Classes de erosividade da bacia hidrográfica do córrego Cerrado/Cadunga.



Fonte: Própria autora (2016)

De acordo com o Gráfico 8, observa-se que no primeiro decênio, 6 das estações foram classificadas na Classe 4 de alto grau de erosividade outras duas como de médio grau. No segundo decênio, apenas 4 das estações enquadram-se na classe 4, as demais na classe 3, conforme proposto por Carvalho (2008).

No terceiro decênio duas estações Brilhante e Ipiaçu alcançaram o grau máximo de erosividade-Classe 5, “muito alto” na classificação de Carvalho (2008). Cinco postos foram enquadrados na classe 4, de alto grau de erosividade e a estação de Corumbazul classificada como médio grau (Gráfico 8).

Cabe salientar que o posto pluviométrico Avantiguara é o mais próximo da bacia do Córrego Cerrado/Cadunga, com distância de aproximadamente 1 km do Córrego do perímetro da bacia, sendo este o mais importante nesta análise. Segundo Cabral et al., (2009) em estudos realizados na bacia hidrográfica do Reservatório de Cachoeira Dourada, no Rio Paranaíba, “o posto pluviométrico Avantiguara encontra-se localizado sobre os arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe [...]”.

Observando-se o (Mapa 3 B) de solos, o posto Avantiguara está inserido em áreas de Latossolos Eutróficos, contradizendo o constatado em nível de campo, conforme mapa geológico (mapa 2 B) e o descrito por Cabral et al. (2009), o posto pluviométrico está sobre a Formação Vale do Rio do Peixe, região predominantemente composta por solos arenosos, cuja explicação deve-se ao fator escala do mapa (Foto 26), e ainda próximo a lavouras de abacaxi e áreas de pastagem.

Foto 26- Arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe

A- Vista panorâmica do Arenito



B- Detalhe do arenito



Fonte: Franco et al., (2014)

Diante de tal contexto, o referido posto pluviométrico encontra-se em área de suma importância dentro da bacia do Córrego Cerrado/Cadunga. Ressalte-se que o curso deságua diretamente no reservatório de Cachoeira Dourada, no Rio Paranaíba, podendo apresentar grande influência nos sedimentos encontrados no reservatório, uma vez que os solos arenosos são facilmente desagregados e carreados até o curso d'água pelo escoamento superficial.

Franco et al., (2014 pág. 4), em estudos realizados na bacia do córrego Cerrado/Cadunga, afirmam que as “facilidades oferecidas pelo relevo das áreas próximas a esta bacia ocasionaram uma rápida retirada da mata nativa para a produção de monoculturas e pastagens”, causando sérios problemas, desde o entupimento da calha principal, assoreamento e processos de voçorocamentos, os quais, adicionados à conjuntura de um solo arenoso e inconsolidado, como o encontrado na nascente do Córrego Cerrado/Cadunga, acarreta influência em todo o curso, até o seu deságue no reservatório da hidrelétrica de Cachoeira Dourada, no rio Paranaíba.

Isso foi evidenciado e confirmado através de visita à campo realizada em todo o curso hídrico. Cabral et al., (2009) corroboram a referida análise, quando supõe que o material oriundo da alteração de arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe, na área de abrangência do posto Avantiguara, é carreado e depositado na porção média do reservatório, por intermédio do córrego “Candango”, quer dizer, córrego Cadunga como é conhecido.

Constatou-se que as principais culturas anuais encontra-se sobre a área da Formação Serra Geral, originando solos argilosos, representados pelo Latossolos profundos e mais resistentes ao escoamento superficial (EMBRAPA, 2005).

Ao se analisar e comparar as duas bacias, verifica-se que o processo de maior intensidade da erosividade ocorre na bacia do córrego Cerrado/Cadunga no período chuvoso, contribuindo com 84% da precipitação anual, responsável por 97% de erosividade. Nesse sentido as áreas sobre influência da Formação Vale do Rio do Peixe, devem ser monitoradas com maior cuidado, a fim de se prevenir os processos erosivos, em ambas as bacias. O período chuvoso no ribeirão Paraíso contribui com 83% da precipitação anual, correspondendo a 95% da erosividade. Densidade $> 4,0 \text{ g/cm}^3$.

5.3 Avaliação dos metais pesados nos solos e sedimentos.

A distribuição dos metais pesados nos solos ocorre sob condições naturais. Entretanto, as atividades antrópicas podem acrescentar materiais que contêm esses elementos, os quais

podem intensificar a concentração, comprometendo a qualidade dos ecossistemas (DAVIES; WIXSON, 1987; CHEN et al., 1991; HOLMGREN et al., 1993).

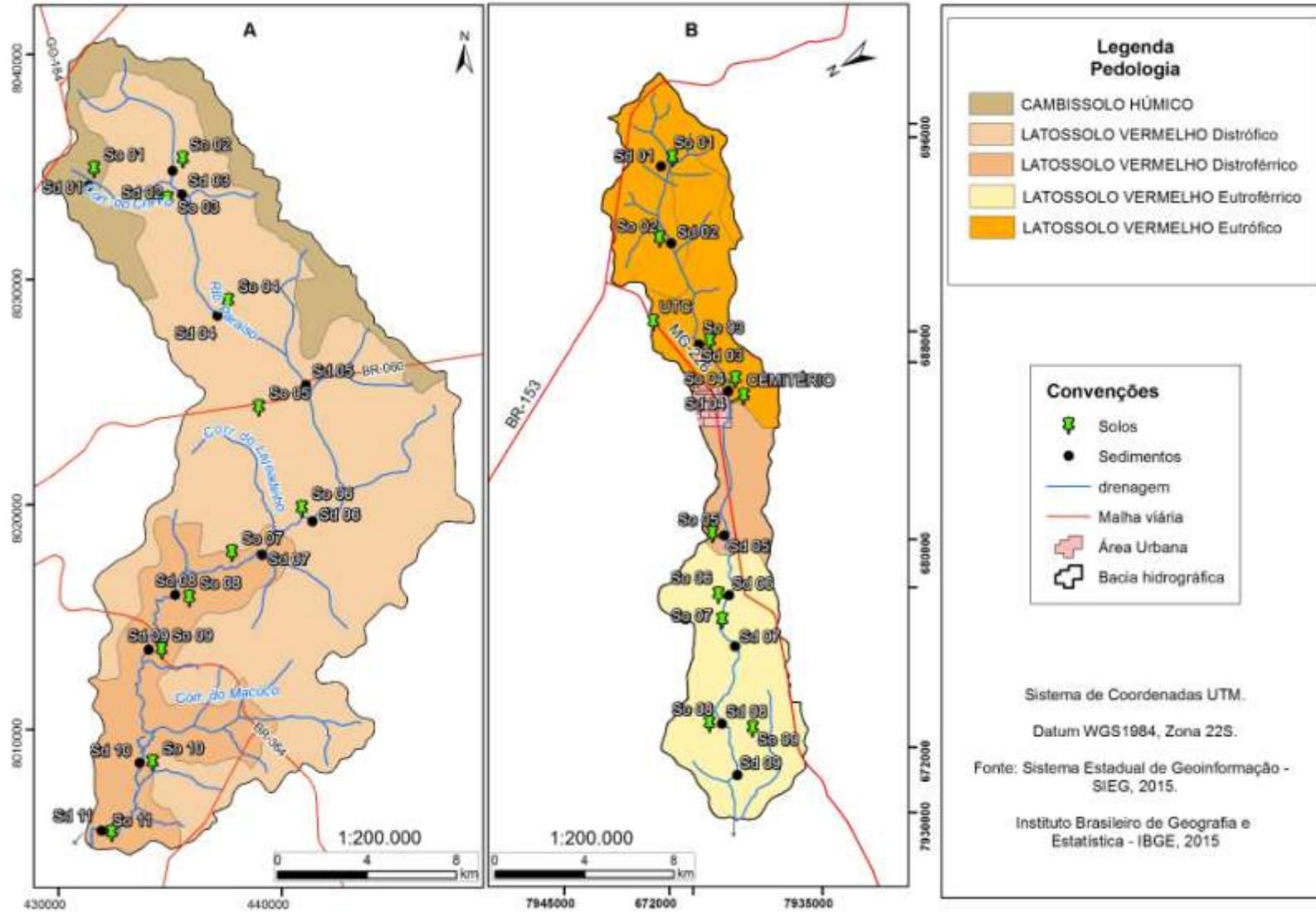
No Brasil, cada Estado deve gerar suas listas de valores orientadores, uma vez que existem diferenças climáticas, pedológicas e geomorfológicas, justificando, assim, o incremento de valores norteadores compatíveis com as características de cada um deles. Porém, são poucos os estados brasileiros que possuem estas listas de valores orientadores de metais pesados nos solos e nos sedimentos estruturadas e definidas. Sendo assim, o ordenamento jurídico utilizado no Brasil está consubstanciado nas Resoluções CONAMA nº 420/2009, para solos, e a nº 454/2012 para sedimentos. Ambas dispõem sobre critérios e valores orientadores de qualidade dos solos e dos sedimentos quanto à presença de substâncias químicas, estabelecendo diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Neste contexto, o Estado de Goiás não foge à regra, pois também não possui regramento com valores orientadores para solos e sedimentos, utilizando as referidas Resoluções como balizadoras.

Partindo deste cenário, o conhecimento da dinâmica dos contaminantes nos sistemas solo e sedimentos, torna-se de suma importância na mitigação de impactos ambientais, fazendo-se necessário o conhecimento dos teores dos metais pesados (Cádmio-Cd; Chumbo-Pb; Mercúrio-Hg; Cobre-Cu e Zinco-Zn) presentes nos solos e sedimentos nos diferentes usos e ocupações das bacias hidrográficas do Ribeirão Paraíso (GO) e córrego Cerrado/Cadunga (MG), principalmente pelas características agrícolas apresentadas e técnicas de manejo das referidas bacias.

Neste sentido, objetivou-se analisar a distribuição e concentração dos elementos químicos retromencionados nos solos e nos sedimentos dos cursos d'água, tendo como parâmetro referencial os valores máximos permitidos pelas Resoluções retro mencionadas. O mapa 10 mostra os pontos das coletas das amostras de solos e sedimentos para análise dos referidos metais.

Mapa 10- Localização dos pontos de amostragem de sedimentos e solos.



5.3.1 Metais pesados nos solos

No Brasil há poucas pesquisas sobre a contaminação de solos agrícolas por metais pesados, bem como a concentração nos insumos agrícolas. De modo geral, os produtos mais estudados e discutidos, do ponto de vista de adição de metais pesados tóxicos ao solo, têm sido o lodo de esgoto. Os dados disponíveis referem-se aos fertilizantes utilizados nos Estados Unidos, Europa e Rússia, cujos materiais são intensamente utilizados na agricultura brasileira, principalmente o calcário e o adubo fosfatado (SHARPLEY e MENZEL, 1987).

5.3.1.1 Cádmio

Segundo WHO (1992), o “cádmio é extremamente distribuído pela crosta terrestre e apresenta concentração média em torno de 0,1 mg/kg”. Afirma ainda que podem ser encontradas altas concentrações em rochas sedimentares e fosfatos marinhos, principalmente junto às “áreas de depósitos de minérios de zinco, chumbo e cobre”. O cádmio não aparece entre as principais reservas de minerais brasileiros (BIZARRO, 2008).

O gráfico 9 mostra a variação do cádmio nos solos das duas bacias, cujos valores estão fora dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009, muito acima do máximo permitido, tanto para valores de prevenção, bem como para investigação, exceto os pontos 3 e 11 do ribeirão Paraíso.

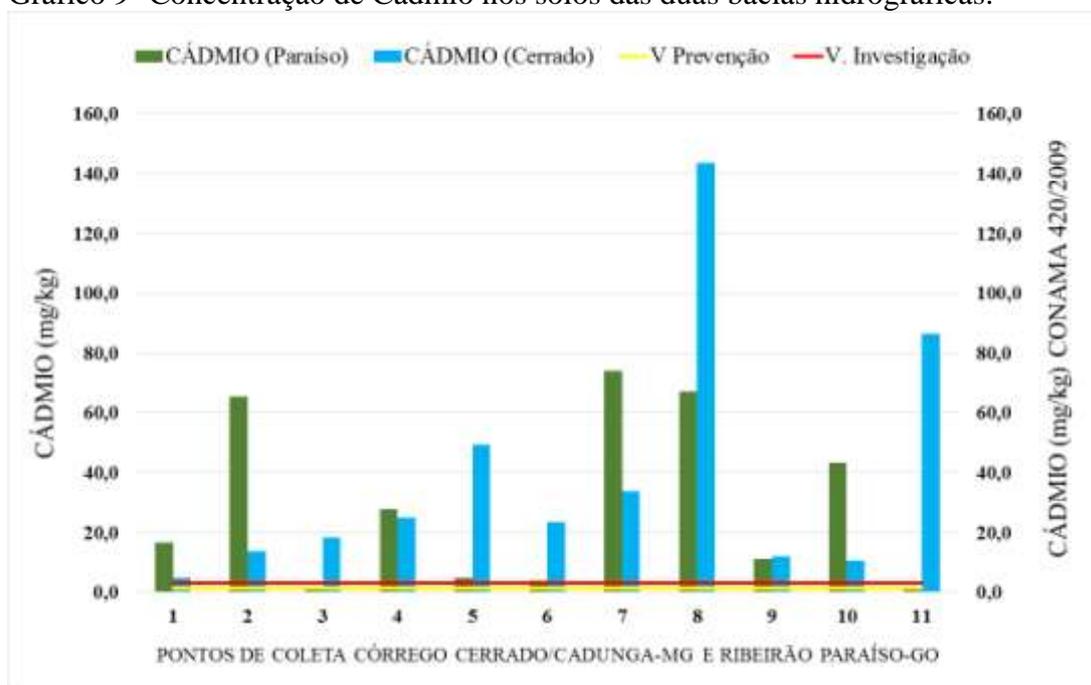
O ponto 1 da bacia do ribeirão Paraíso apresenta baixa concentração de cádmio comparado aos demais. Isto possivelmente ocorre em função do local da amostra ser próximo à nascente do córrego Cravo, área de preservação permanente-APP.

Os pontos 2, 5, 6 e 7 sofrem influência da lavoura de cana-de-açúcar. Durante os trabalhos de campo observou-se no ponto 4 a mudança quanto ao tipo de cultura, ou seja, onde havia soja/milho foi implantada cana-de-açúcar. No ponto 8 havia soja/milho e no P10 pastagem. Ressalta-se que a bacia do ribeirão Paraíso sofre influência direta e indireta do aterro sanitário controlado do município de Jataí-GO.

Todas as amostras do córrego Cerrado/Cadunga encontram-se fora dos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA nº 420/2009. As amostras dos pontos 1 e 2 foram coletadas em áreas de cultura do abacaxi e apresentaram as menores concentrações de cádmio no solo. Os pontos 3, 4 e 5 encontram-se localizados em áreas de pastagem de ambos os lados da bacia; além disso, o ponto 4 sofre influência da área urbana do município de Canápolis-MG. Os pontos 6, 7, 8 e 9, localizam-se em áreas cultivadas com lavouras de sorgo, cana-de-

açúcar e soja/milheto. O ponto 10 refere-se à Usina de triagem e compostagem (lixão) e o ponto 11 ao cemitério.

Gráfico 9- Concentração de Cádmio nos solos das duas bacias hidrográficas.



V. prevenção -Valor de prevenção; V. investigação- Valor de investigação

As diferentes concentrações de cádmio nas amostras dos pontos cotejados podem ser atribuídas às diferentes atividades antrópicas, seja pela presença do aterro controlado (antigo lixão), pela agricultura ou pela pastagem. Ressalta-se que a ocupação do solo entre os anos de 2005 a 2015 foi pela agropecuária (Mapas 7 e 8).

Pesquisa realizada por Albertino, Carmo e Prado Filho (2007), corroboram tais argumentações, principalmente com relação à agricultura, considerada uma das principais fontes de introdução de cádmio no solo, através da utilização de fertilizantes fosfatados, resultando em impactos no ambiente. Gimeno e Garcia et al. (1996) e Marchiori Jr. (2003), observam que adubações fosfatadas consecutivas podem aumentar significativamente as concentrações de cádmio, tanto nos solos quanto nas plantas, reforçando o que ocorre na bacia hidrográfica em tela.

Na adubação da cultura da cana-de-açúcar, são necessários macronutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes, entre eles o boro, cobre, manganês, molibdênio e zinco. As formulações especificando as quantidades destes elementos variam de acordo com o tipo de solo, manejo utilizado, a fase da cultura e a

distribuição pluviométrica (VITTI et al., 20--). Neste contexto, é plausível que pode haver vinculação da presença do cádmio na bacia do ribeirão Paraíso, oriundo das adubações.

Com relação aos valores de cádmio da bacia do córrego Cerrado/Cadunga, a maior concentração está no ponto 8, ocupado com cana-de-açúcar, semelhante ao que ocorre na bacia do ribeirão Paraíso. Gimeno e Garcia et al. (1996) e Marchiori Jr. (2003) relataram que em muitos solos agrícolas, o cádmio pode acumular-se em concentrações superiores ao dobro das áreas com vegetação nativa, devido principalmente ao uso repetitivo de fertilizantes fosfatados, que contêm cádmio como impureza na sua composição.

O ponto 11 localiza-se no cemitério. São poucas as literaturas que relatam sobre a presença de metais pesados nos solos de cemitérios. Segundo Kemerich et al., (2012), os óxidos metálicos, como titânio, cromo, cádmio, chumbo, ferro, manganês, mercúrio e níquel, são lixiviados dos adereços das urnas mortuárias. Portanto, a presença do cádmio naquele ponto pode ser atribuída à presença dos adereços, bem como ao cultivo da pastagem que ocorre no entorno do cemitério. Kabata e Pendias e Pendias (2001), esclarecem que o cádmio pode ser oriundo de rochas ígneas, cuja concentração está entre 0,1 e 0,3 mg kg⁻¹, das rochas metamórficas, com concentração entre 0,1 e 1,0 mg kg⁻¹ e ainda de rochas sedimentares, com concentração de até a 10,0 mg kg⁻¹ de Cd.

No contexto geológico, a bacia do córrego Cerrado/Cadunga é oriunda de aproximadamente 80% da Formação Serra Geral, cujos solos predominantes são os Latossolos. Tal fato restringe muito a ligação do cádmio à referida formação. Porém, pode haver vinculação dos pontos 1, 2 e 3 com a Formação Vale do Rio do Peixe, que ocorre à montante da bacia.

5.3.1.2 Chumbo

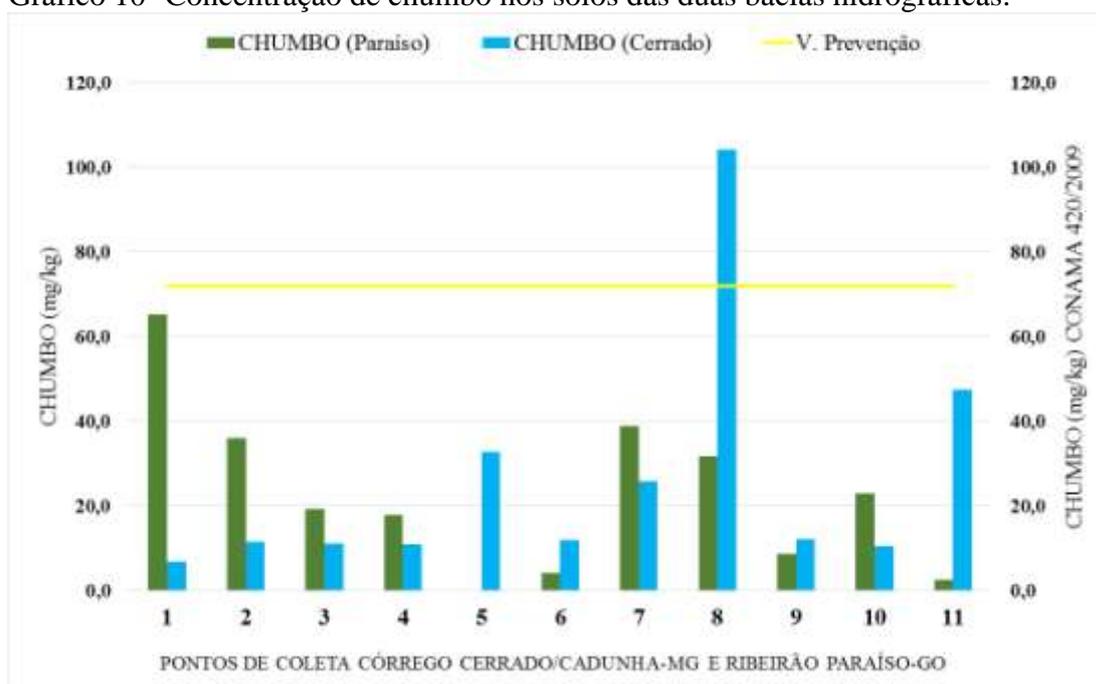
Mavropolus (1999) afirma que na natureza o chumbo pode ser encontrado em seu estado livre sob quatro formas isotópicas e, ocasionalmente, na forma metálica podendo ainda estar associado a outros elementos, os quais podem dar origem a vários compostos, tais como:

O carbonato de chumbo, cerusita (PbCO₃). O sulfato de chumbo (PbSO₄) constitui a anglesita; o cromato de chumbo (PbCrO₄), a crocoisita; o molibdatode chumbo (PbMoO₄), a wulfenita; o fosfato de chumbo. a piromorfita; o litargírio (PbO), o zarcão (Pb₃O₄). Combinado com o enxofre, o chumbo ocorre sob a forma de sulfeto, PbS (galena), que é um dos mais abundantes minérios de chumbo (MAVROPOLUS, 1991, p. 10-11).

O solo pode ser contaminado de forma natural, geológica ou através de atividades exercidas pelo homem (SCHIFER, BOGUS e ZMONTANO, 2005).

O gráfico 10 mostra que as concentrações em ambas as bacias ficaram dentro das normas estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 420/2009, ou seja, abaixo dos limites de prevenção, com exceção do ponto 8 do córrego Cerrado/Cadunga-MG, que apresentou valor superior ao limite de prevenção, mas não o de investigação.

Gráfico 10- Concentração de chumbo nos solos das duas bacias hidrográficas.



V. prevenção -Valor de prevenção.

Fonte: Própria autora (2016).

Embora a concentração de chumbo no ponto 1 da bacia do ribeirão Paraíso esteja dentro dos limites estabelecidos pela Referida resolução, chama atenção por ser o ponto mais representativo de todos, além do local ser a maior área de APP. Kabata e Pendias (2004), afirmaram em trabalho investigativo de metais pesados, que o chumbo presente no solo está quase sempre ligado ao material orgânico na forma coloidal ou de precipitados. Fato constatado pela presença de serapilheira no local da amostra.

O ponto 8 da bacia do córrego Cerrado/Cadunga, localiza-se em área de cana-de-açúcar, que utiliza fertilizantes químicos. Conforme relatado por Bizarro (2008), o chumbo pode ser ligado ao cádmio e ao zinco, presentes nas rochas sedimentares, principalmente ao calcário, utilizado para correção da acidez dos solos. O Cerrado brasileiro caracteriza-se pela

presença dos Latossolos, pobres em nutrientes devido à lixiviação pela água das chuvas e que, necessariamente, recebem o aporte de grandes quantidades calcário.

Não se deve descartar que a presença de tal metal pode ser oriunda da formação geológica e da antropização, conforme esclarece Larini (1993), em trabalhos realizados com metais pesados nos solos que o chumbo também pode ser oriundo de diversas fontes, tais como mineração, indústria e transporte. Silva (2001) afirma que o chumbo está presente em grandes variedades de minérios, sendo a galena (PbS), anglesita (PbSO₄) e a cerussita (PbCO₃) os mais importantes, contendo respectivamente 86%, 68% e 77%.

5.3.1.3 Mercúrio

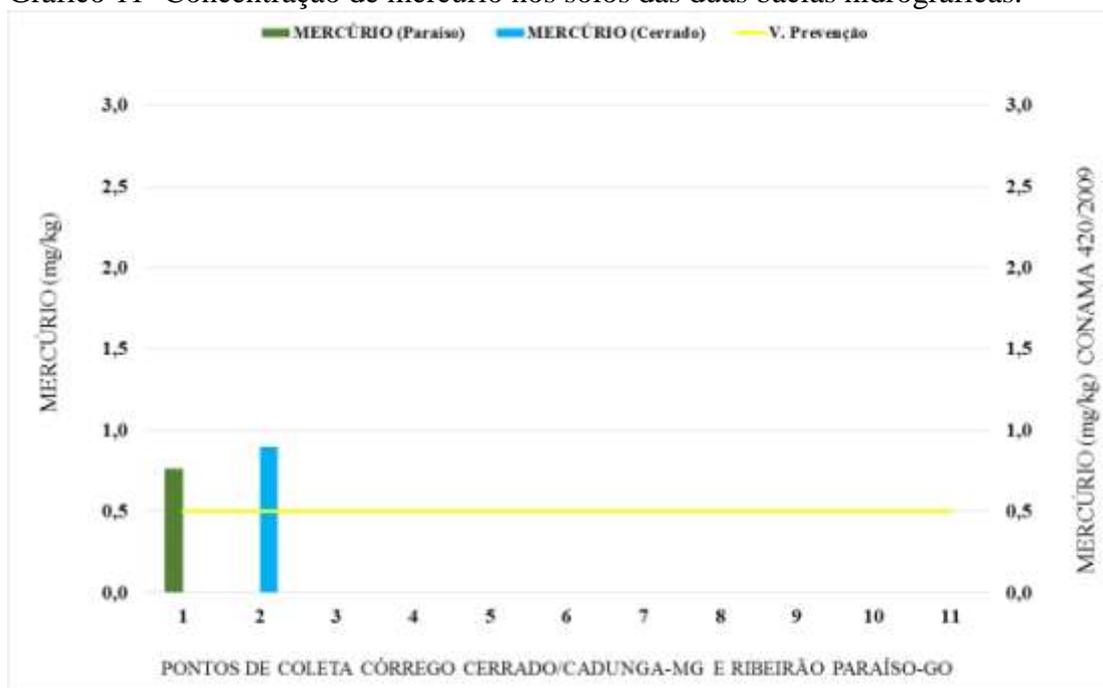
Azevedo (1993) relata que o mercúrio ocorre geralmente em pequenas concentrações, nos vários compartimentos da natureza, tais como hidrosfera, litosfera, atmosfera e biosfera. O mercúrio está presente em pequenas quantidades, “na forma natural, em toda a crosta terrestre, na faixa de 50 a 80 ppb” (AZEVEDO, 1993, p. 12).

O gráfico 11 mostra a presença do mercúrio em ambas as bacias, cuja ocorrência deu-se apenas em um ponto específico de cada uma delas. Chama a atenção o local da presença de tal elemento (Ponto 1), que teoricamente, seria o mais preservado da bacia Paraíso. A concentração ficou acima do valor de prevenção permitido pela Resolução CONAMA nº 420/2009, porém abaixo do limite para investigação. Vale ressaltar ainda que este ponto é o mais próximo ao aterro controlado do município de Jataí, o qual funcionada como lixão.

Conforme Edilson Brabo Simões, em entrevista concedida à FAPESP - Fundação de Ampara a Pesquisa do Estado de São Paulo (2007), o “enriquecimento relativo do mercúrio ocorre de forma natural no solo, devido ao sobe-e-desce do lençol freático. Quando sobe, a água lava o solo, lixiviando sais de sódio e potássio e deixando os metais”. Para Simões, essa movimentação é apontada pela literatura, porém não havia sido analisado como ela intervém na concentração do mercúrio. Segundo ele, “a concentração cresce de forma relativa. Não porque aumenta o teor de mercúrio, mas porque é reduzido o teor dos outros minerais”.

Fato que pode estar ligado ao ponto amostral, localizado em área de APP, influenciada por inundações sazonais, cujos solos apresentam características hidromórficas. Tal literatura corrobora com a análise, pois a área trata-se de um solo com características de hidromorfismo e ainda apresenta

Gráfico 11- Concentração de mercúrio nos solos das duas bacias hidrográficas.



V. prevenção -Valor de prevenção

Fonte: Própria autora (2016).

Mello e Abrahão (2013) e Soares et al., (2015), relataram que poucos são os estudos sobre teores de mercúrio em solos não contaminados, especialmente em solos de regiões tropicais. No Brasil, isso é particularmente importante, porque ainda existe a dificuldade de se definirem os valores de referência para solos contaminados, justamente em razão da variabilidade dos teores naturais existentes, influenciados pela composição geoquímica heterogênea dos solos.

O córrego Cerrado/Cadunga apresentou a presença deste elemento apenas no ponto 2, área cultivada com abacaxi, cuja concentração do mesmo está fora dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009, porém, dentro dos valores de investigação estabelecidos para área de agricultura.

Para Micaroni, Bueno e Jardim (2000), a presença de mercúrio no meio ambiente pode ocorrer associado a outros elementos, sendo que o mais comum é o enxofre, com quem forma o minério zinabre (HgS), composto de cor vermelha ou preta. Pode-se inferir que a presença do mercúrio no ponto 2 esteja ligada à presença do enxofre, que segundo Pereira e Melo (2015) é um constituinte da nutrição do abacaxizeiro, uma vez que é responsável pelo equilíbrio entre acidez e açúcares dos frutos, atribuindo-lhes sabor.

Souza e Reinhardt (2001) esclarecem que o suprimento de enxofre é feito, normalmente por fertilizantes, fontes de alguns dos nutrientes principais para a cultura do

abacaxi, como sulfato de amônio, sulfato de potássio e o superfosfato simples. Os autores afirmam ainda que é necessária uma seleção eficiente dos fertilizantes, para que se possa assegurar o suprimento de enxofre, principalmente em solos intensamente cultivados e pobres em matéria orgânica, corroborando a presença do mercúrio no ponto 2.

Segundo Azevedo (1993), deve-se levar em conta que, embora o mercúrio se recicle no ambiente por repetidas vezes, o mesmo não se destrói. Ele mantém-se permanentemente no ambiente, mesmo que mude suas formas químicas por mecanismos físicos, químicos ou biológicos.

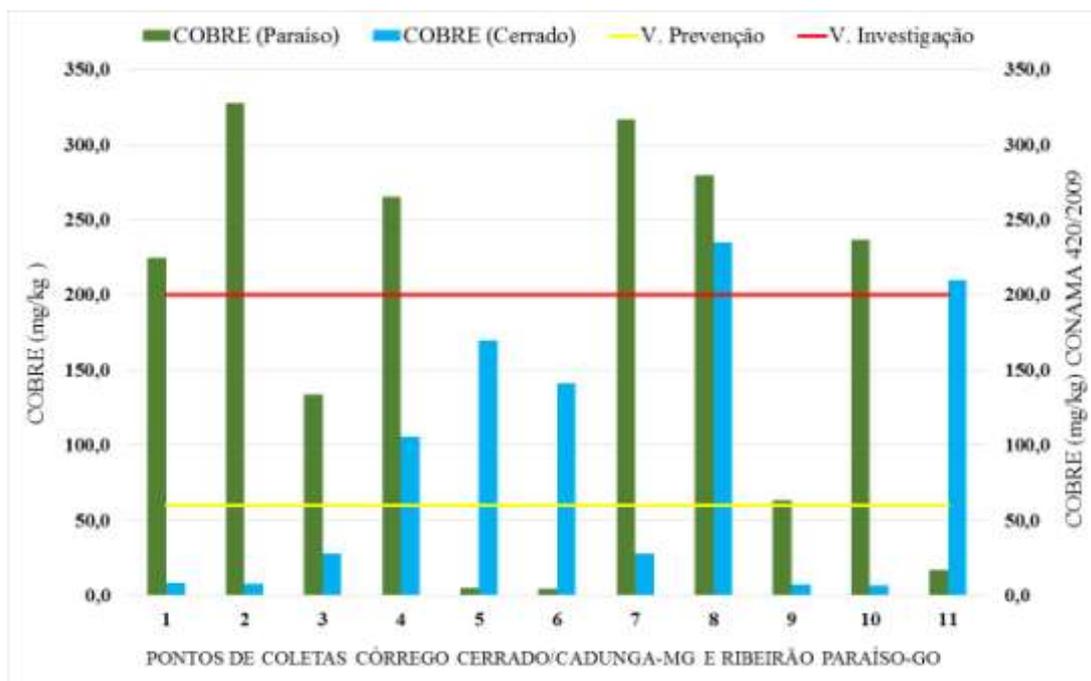
5.3.1.4 Cobre

Alloway (1995), Martins (2005) e Teixeira (2010), descrevem que as principais formas do cobre no solo são os íons livres ou complexados na solução do solo, íons trocáveis no material orgânico ou inorgânico de troca ativa íons mais fortemente retidos aos complexos de troca, íons quelatos em complexos orgânicos ou organominerais e íons retidos nas estruturas cristalinas dos minerais primários e secundários.

Com relação ao ribeirão Paraíso (Gráfico 12), o cobre apresenta diferentes concentrações para ambas as bacias, com alguns valores de prevenção acima dos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009. Observa-se que mais da metade dos pontos ficaram fora dos valores de investigação da respectiva Resolução, destacando-se que apenas os pontos 3 e 9 estão abaixo dos limites de investigação, oriundos de área agrícola. Chama atenção o ponto 1, localizado em área de APP, cuja concentração de cobre pode ser explicada pelo tipo de solo ou devido à proximidade com o aterro controlado.

Na perspectiva da geologia e dos solos apresentados pela bacia, devemos considerar as afirmações propostas por Motoki et al. (2010), os quais afirmam que os solos podem ser derivados de rochas básicas, pois apresentaram os teores mais elevados do cobre total.

Gráfico 12- Concentração de cobre nos solos das duas bacias hidrográficas.



V. prevenção -Valor de prevenção; V. investigação- Valor de investigação.

Fonte: Própria autora (2016).

Destacam-se os valores de cobre dos pontos 2, 4, 7 e 8 localizados em área agrícola e do ponto 10 em área de pastagem, todos fora do limite de investigação. Ramalho et al. (2000) afirmam que a aplicação de agroquímicos aos solos e em culturas podem causar degradação química a partir do acúmulo de elementos e/ou compostos tóxicos em níveis indesejáveis. Segundo os autores, os metais fazem parte dos componentes ativos de vários agroquímicos, destacando sais de zinco, cobre e de chumbo, além de compostos organometálicos.

Segundo Nascentes (2006), o cobre é um micronutriente indispensável às plantas e seres humanos, quando em baixas concentrações; entretanto é considerado elemento muito tóxico quando em concentrações elevadas. Pode ocorrer nas formas Cu^{+2} ou Cu^{+3} . Este elemento forma complexos com a matéria orgânica, podendo, assim, tornar-se mais móvel.

Malavolta (1996, p.8) esclarece que “as plantas possuem 2.500 vezes menos cobre do que nitrogênio, porém, o cobre é tão essencial para o crescimento da planta quanto o nitrogênio”. As culturas necessitam de cobre para completar o seu ciclo vital, isto é, para realizarem a fotossíntese.

Cotejando os dados da bacia do córrego Cerrado/Cadunga-MG (Gráfico 12), observa-se que as concentrações dos pontos 4, 5, 6, 8 e 11 estão acima do limite de prevenção. O ponto 8 localizado em área de agricultura, ultrapassou os valores de investigação e o ponto 11

cuja amostra é oriunda de um cemitério, e fim o teor pode ser explicado pelo processo de lixiviação do referido elemento, presente em adereços das urnas mortuárias, conforme descrito por (KEMERICH et al., 2012).

Os pontos 4 e 5 estão localizados em áreas de pastagens. Nesse sentido Oliver (1997), Mcgechan & Topp (2004) e Byers et al. (2005) observam que devido à atividade pecuária sob pastejo, ao longo dos anos proporcionaria um crescente volume de dejetos, contaminando o solo e a água por metais, como o cobre, ferro, manganês, zinco, cádmio, chumbo e cromo, entre outros, corroborando a presença de tal elemento em áreas de pastagens da bacia hidrográfica em questão.

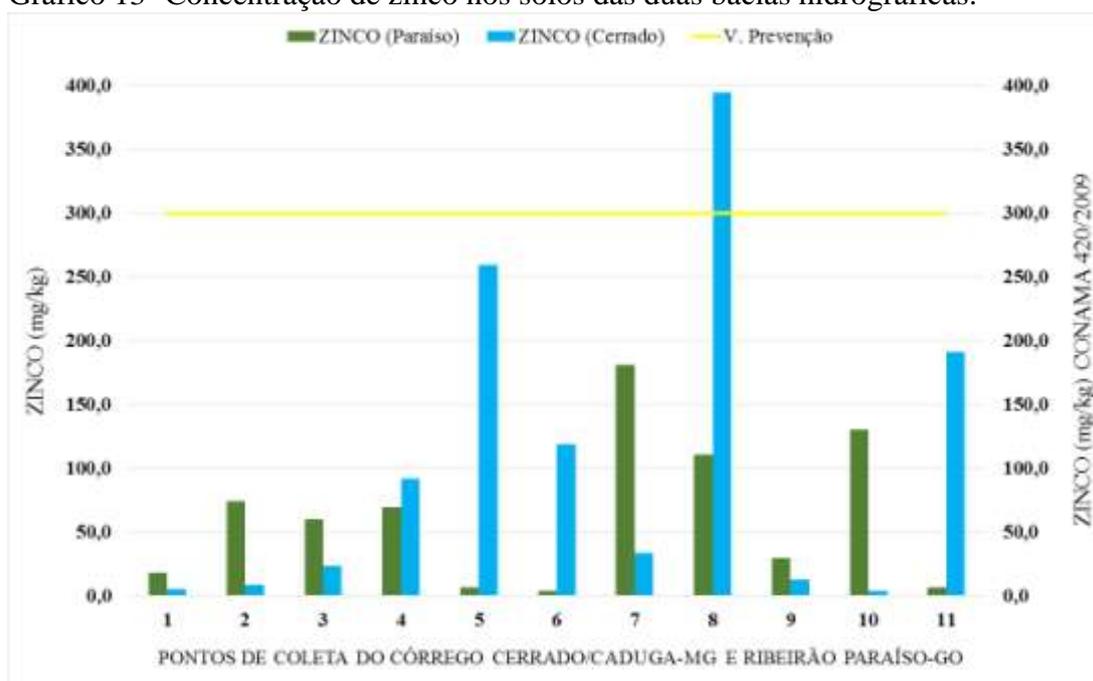
Com relação aos pontos 6 e 8 inseridos em área de agricultura, Malavolta (1996), Ramalho et al., (2000) e Nascentes (2006), esclarecem que a aplicação de substâncias à base de cobre é essencial para o desenvolvimento de plantas como soja, milho e trigo.

5.3.1.5 Zinco

Dechen e Nachtigall (2006) observam que a presença do zinco no solo ou nas rochas é encontrada na forma divalente; já na fração mineral são encontrados, principalmente, os minerais ferromagnéticos, como a biotita, magnetita e sulfeto de zinco. Com os processos de intemperização, os minerais liberam zinco, que na forma divalente (Zn^{2+}) pode ser adsorvido aos coloides do solo ou formar complexos com a matéria orgânica.

De acordo com o gráfico 13, os teores de zinco em ambas as bacias hidrográficas encontram-se dentro dos limites de valores de prevenção estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009, exceto o ponto 8 do Córrego Cerrado/Cadunga-MG. A elevação do Zinco neste ponto pode ser em razão da aplicação dos agroquímicos utilizados na cana-de-açúcar. Dechen e Nachtigall (2006) observam que no solo o zinco é encontrado nos horizontes superficiais, principalmente, à decomposição da matéria orgânica, liberando o respectivo elemento e que o mesmo apresenta baixa mobilidade no perfil do solo, face sua característica de fixar-se aos coloides e à matéria orgânica. Ressalta-se que as amostras de solos foram efetuadas na profundidade de 0-20 cm.

Gráfico 13- Concentração de zinco nos solos das duas bacias hidrográficas.



V. prevenção -Valor de prevenção;
 Fonte: Própria autora (2016).

Malavolta (1996) esclarece que o zinco é um dos 20 elementos que as plantas mais necessitam para crescer e produzir. Caracterizado como micronutriente, geralmente é exigido em quantidades menores que outros elementos, porém, é essencial, uma vez que sua deficiência pode oferecer riscos às produções, atingindo, certamente, o lucro dos produtores.

Observa-se na tabela 4 que as médias dos elementos cádmio, chumbo e zinco nos solos da bacia do ribeirão Paraíso são menores do que nos solos do córrego Cerrado/Cadunga, exceto o cobre. Os dados em ambas as bacias apresentaram altos desvios padrões, resultando em elevados índices dos coeficientes de variações, evidenciando oscilações nas concentrações de cada ponto analisado.

Tabela 4- Estatística descritiva da concentração (mg/Kg) de metais pesados nos solos das duas bacias.

Paraíso					
Medidas	Cádmio	Chumbo	Mercúrio	Cobre	Zinco
Média	28,721	24,714	ND	170,318	62,755
Mínimo	1,07	2,50	ND	4,50	4,00
Máximo	74,05	65,22	ND	327,50	181,20
DP	28,71	19,07	ND	128,67	58,19
CV (%)	99,99	77,17	ND	75,55	92,74

DP= Desvio padrão; CV= Coeficiente de variação; ND= Não determinado

Fonte: Própria autora (2016).

Continuação da tabela 4, estatística descritiva da concentração (mg/Kg) de metais pesados nos solos das duas bacias.

Cerrado/Cadunga					
Medidas	Cádmio	Chumbo	Mercúrio	Cobre	Zinco
Média	38,260	25,887	ND	86,045	103,818
Mínimo	4,790	6,710	ND	6,900	3,900
Máximo	143,47	104,34	ND	234,60	394,50
DP	41,82	28,84	ND	88,93	128,46
CV (%)	109,31	111,41	ND	103,35	123,74
Prevenção	1,30	72,00	0,50	60,00	300,00
Investigação	3,00	180,00	12,00	200,00	450,00

DP= Desvio padrão; CV= Coeficiente de variação; ND= Não determinado

Fonte: Própria autora (2016).

Analisou-se os valores das concentrações dos referidos elementos comparativamente àqueles constantes na Resolução CONAMA n° 420/2009. Observou-se que os quantitativos para ambas as bacias comportaram-se de forma semelhante para os elementos cádmio e chumbo.

Estudos realizados por Baggio e Horn (2011) na bacia do rio Formoso em Minas Gerais, mostraram que os teores de metais pesados nos solos de uma área próxima às atividades agrossilvopastoris, ultrapassaram os limites de prevenção estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 420/2009, por estarem, segundo os autores, correlacionados ao uso de agroquímicos e fertilizantes.

Licht (2002) já descrevia que as atividades agrícolas, visando atender às exigências crescentes de maior produtividade, são responsáveis por intensos e extensos impactos geoquímicos ambientais, gerados pela adição de fertilizante para suprimento de carências específicas em micro e macronutrientes, pelo uso de calcário visando à neutralização do pH e imobilização do Al^{3+} , e pelo uso de agrotóxicos clorados, fosforados, mercuriais e bromados, entre outros, visando sempre ao controle e eliminação de pragas, até mesmo à aceleração da colheita pela secagem das plantas e para a preservação dos produtos armazenados.

5.3.2 Metais pesados nos sedimentos do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga

O sedimento é considerado produto resultante da interação de todas as características ambientais da área fonte, envolvendo geologia, pedologia, topografia, hidrografia, clima, cobertura vegetal, entre outros. As amostras de sedimentos também denominadas de sedimento de corrente ou sedimento de fundo, são amostras do fundo de um canal de

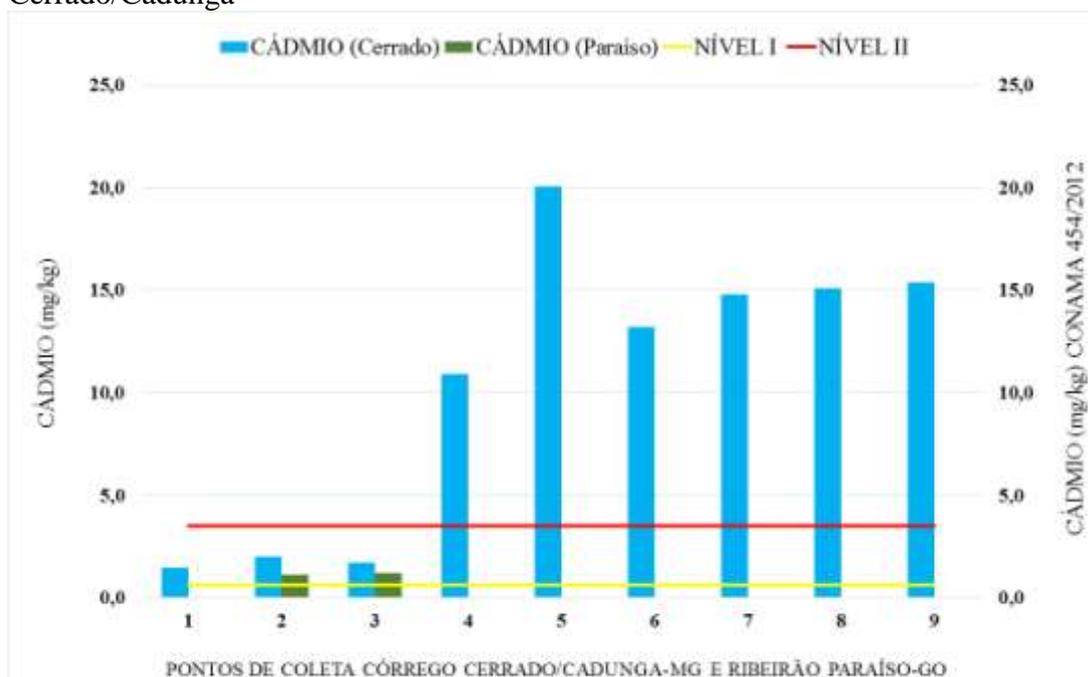
drenagem, que refletem todo conjunto de reações química de uma bacia hidrográfica, sendo estas muito utilizadas em levantamentos físico-químicos regionais (LICHT, 2002).

5.3.2.1 Cádmio

Segundo ATSDR (1997), o modo como o cádmio se encontra no sedimento é muito importante. Ele pode ser mobilizado do sedimento em várias condições ambientais, como modificação de pH, salinidade e potencial redox. As formas solúveis do cádmio apresentam significativa mobilidade na água; já as formas insolúveis ou adsorvidas ao sedimento são relativamente imóveis.

O Gráfico 14 apresenta a variação do cádmio nos sedimentos do córrego Cerrado/Cadunga e no ribeirão Paraíso. Observou-se no ribeirão Paraíso que os pontos 2 e 3 estão fora do nível I estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454/2012, cuja consequência de tais concentrações é o risco à biota. Especificamente com relação ao ponto 3, localizado em área de represamento do curso d'água, é possível que a explicação para tal valor esteja nas contribuições do material carreado dos pontos 1 e 2, que apresentaram presença de cádmio acima do limite de investigação para o solo.

Gráfico 14- Concentração de Cádmio nos sedimentos de fundo do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga



Nível I, II- Resolução CONAMA nº 454/2012

Fonte: Própria autora (2016).

Os demais pontos ficaram fora dos limites de detecção do aparelho, diferentemente dos valores encontrados nas amostras de solos para a mesma bacia, cujas concentrações estão acima do limite de investigação estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009. A ausência deste elemento nos sedimentos pode estar sendo influenciada por alguns fatores, como o período em que foram realizadas as amostragens de solo e sedimento no mês de agosto, época de baixa ou nenhuma precipitação pluviométrica, cujo aporte de sedimentos para dentro da bacia não é representativo, ou também pelas características físicas da bacia, como por exemplo, a declividade do terreno.

As concentrações de cádmio em todos os pontos do córrego Cerrado/Cadunga (Gráfico 14) chamam atenção por estarem acima do nível I estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454/2012. Os dados são ainda mais evidentes com relação ao ponto 4, localizado no perímetro urbano e o ponto 5 pela proximidade com local em que ocorre o lançamento de efluentes domésticos e industriais. Benetti e Bidone (1995), relataram que os efluentes domésticos são constituídos primeiramente por matéria orgânica biodegradável, microrganismos (bactérias, vírus etc.), nutrientes (nitrogênio e fósforo), óleos e graxas, detergentes e metais pesados, tais como cádmio, cobre e zinco. Bunce (1994), esclarece que os efluentes domésticos podem conter metais anteriormente presentes na água potável e nos produtos usados nas atividades domésticas, bem como nos alimentos ingeridos que, posteriormente, serão eliminados através das fezes e urina.

Estudos realizados por Adachi e Tainosho (2004), esclarecem que as partículas de metais pesados podem ser emitidas para superfícies de ruas e estradas, através do desgaste de pneus, pintura das estradas, partículas da exaustão do diesel, material asfáltico, entre outros, podendo ser carregadas para cursos d'água através do escoamento superficial.

Novotny (1991) e Gonçalves (2000) afirmaram que comumente a descarga de elementos poluidores nos cursos d'água pode estar relacionada à precipitação, principalmente por fontes difusas, caracterizadas por lançamentos não concentrados, podendo ser de diversas origens, tais como áreas urbanas ou agrícolas, durante o período chuvoso.

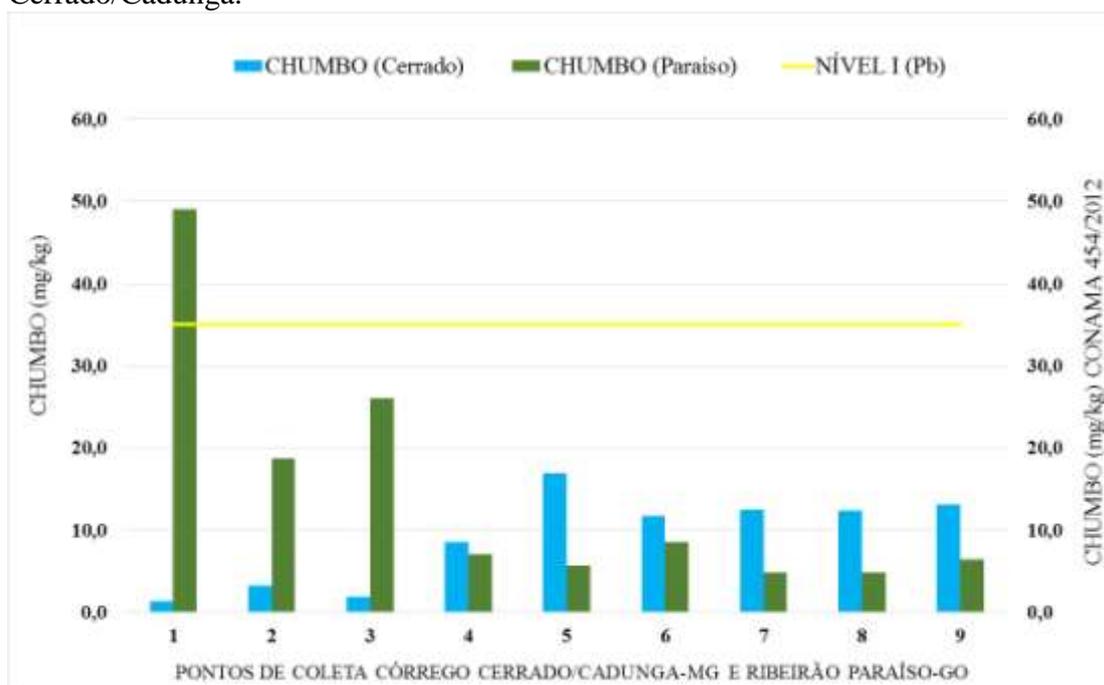
5.3.2.2 *Chumbo*

Para Paoliello e Chasin (2001), a contaminação ambiental pelo chumbo ocorre principalmente em função do seu caráter industrial, usado na fabricação de tintas. Esse metal é utilizado por proporcionar uma secagem rápida das pinturas, além de conferir maior resistência ao desgaste e às intempéries (FUNASA, 2001).

O gráfico 15 mostra a variação da concentração do chumbo nos sedimentos do córrego Cerrado/Cadunga e ribeirão Paraíso. Os dados de ambas as bacias ficaram abaixo no nível II da Resolução CONAMA nº 454/2012, ou seja, inferior aos valores que podem oferecer riscos à biota. Destaca-se o ponto 1 do ribeirão Paraíso, cujo valor ficou acima do nível I da respectiva Resolução.

Ressalta-se que o referido elemento também apresentou alta concentração no solo (Gráfico 15), em função, possivelmente, da presença de matéria orgânica (Foto 27A), cujo local é em área preservada, como é o caso da nascente do córrego Cravo, afluente do ribeirão Paraíso. Nos períodos chuvosos, o transporte de sedimentos contendo matéria orgânica para dentro dos cursos d'água pode explicar o acúmulo de chumbo nos sedimentos (Foto 27B).

Gráfico 15- Concentração de chumbo nos sedimentos de fundo do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.



Nível I, II- Resolução CONAMA nº 454/2012

Fonte: Própria autora (2016).

A presença de serapilheira formada pela deposição da vegetação morta em diferentes estágios de decomposição, revestindo superficialmente o solo ou o sedimento aquático, é considerada uma das principais fontes de aporte de nutrientes ao solo e sedimento (BRUN et al., 2001; FIGUEIREDO FILHO et al., 2003; FERNANDES et al., 2006; COSTA et al., 2010).

Foto 27- Serapilheira encontrada no ponto 1- Ribeirão Paraíso-GO.

A- Serapilheira



B- Restos vegetais junto ao sedimento



Fonte: Própria autora (2016)

Uma contribuição para aumento da matéria orgânica na área pode ser explicada pela vegetação submersa (Foto 28).

Foto 28- Vegetação submersa - represa fazenda agropecuária rio Paraíso



Fonte: Própria autora (2015)

O córrego Cerrado/Cadunga seguiu o mesmo padrão apresentado pelo cádmio, mostrando elevação nos teores a partir do ponto 4, mesmo que as concentrações não tenham ultrapassado o nível I estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454/2012. Fica evidente a influência direta da área urbana; dos efluentes domésticos e industriais lançados no curso d'água, além da atividade agropecuária desenvolvida na bacia hidrográfica.

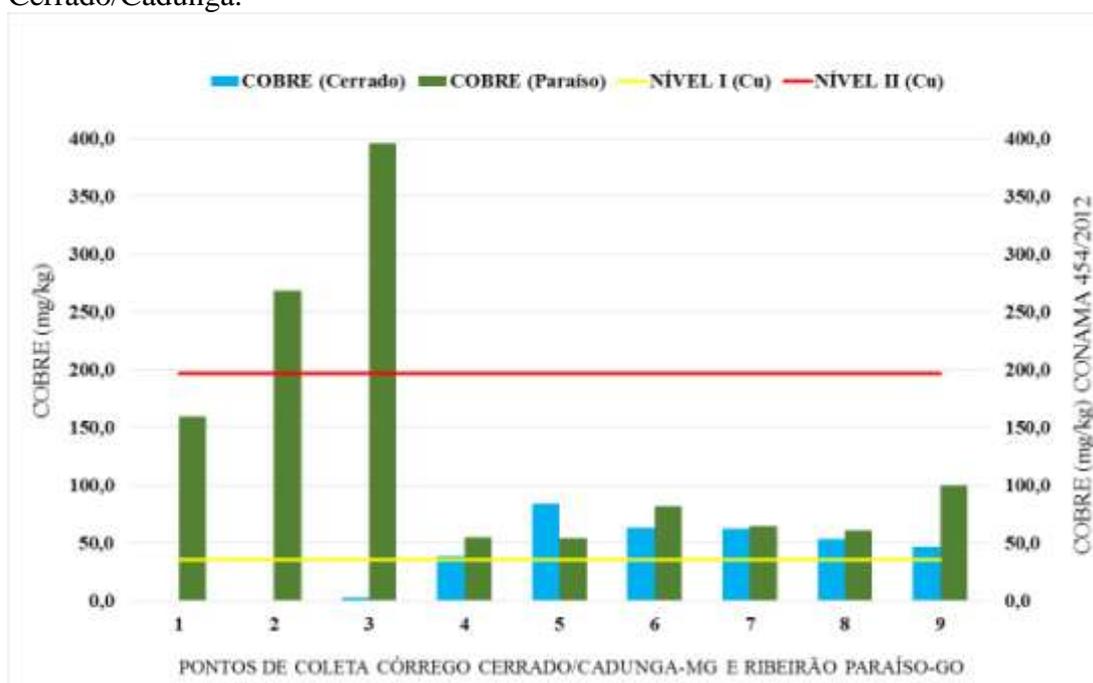
Estabelecendo-se um comparativo entre as duas bacias, verifica-se que o aporte de chumbo apresentado na bacia do córrego Cerrado/Cadunga é sempre maior a partir do ponto 4 do que a do ribeirão Paraíso, cuja justificativa pode ser principalmente a influência da área urbana, uma vez que o ribeirão Paraíso tem um caráter totalmente agrícola.

5.3.2.3 Cobre

Segundo Aubert e Pinta (1977) e Kabata-Pendias e Pendias (2001) o cobre é um dos metais pesados que ocorre em todas as rochas da crosta terrestre, cuja concentração varia de 3 a 5 mg kg⁻¹ em arenitos, areias e calcário e 100 a 200 mg kg⁻¹ em rochas eruptivas básicas. É considerado o mais imóvel dos metais pesados, fortemente fixado pela matéria orgânica, por óxidos de ferro, alumínio e manganês e pelos minerais de argila. Tem grande habilidade em interagir quimicamente com componentes minerais e orgânicos do solo e, conseqüentemente, com os sedimentos, podendo formar precipitados com alguns ânions, como sulfatos, carbonatos e hidróxidos.

O Gráfico 16 mostra o comportamento do cobre nos sedimentos de ambas as bacias. A partir do ponto 4 até o ponto 9, as leituras extrapolaram os limites do nível I estabelecido pela Resolução CONAMA nº 454/2012, porém abaixo do nível II, considerado risco à biota.

Gráfico 16- Concentração de cobre nos sedimentos de fundo do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.

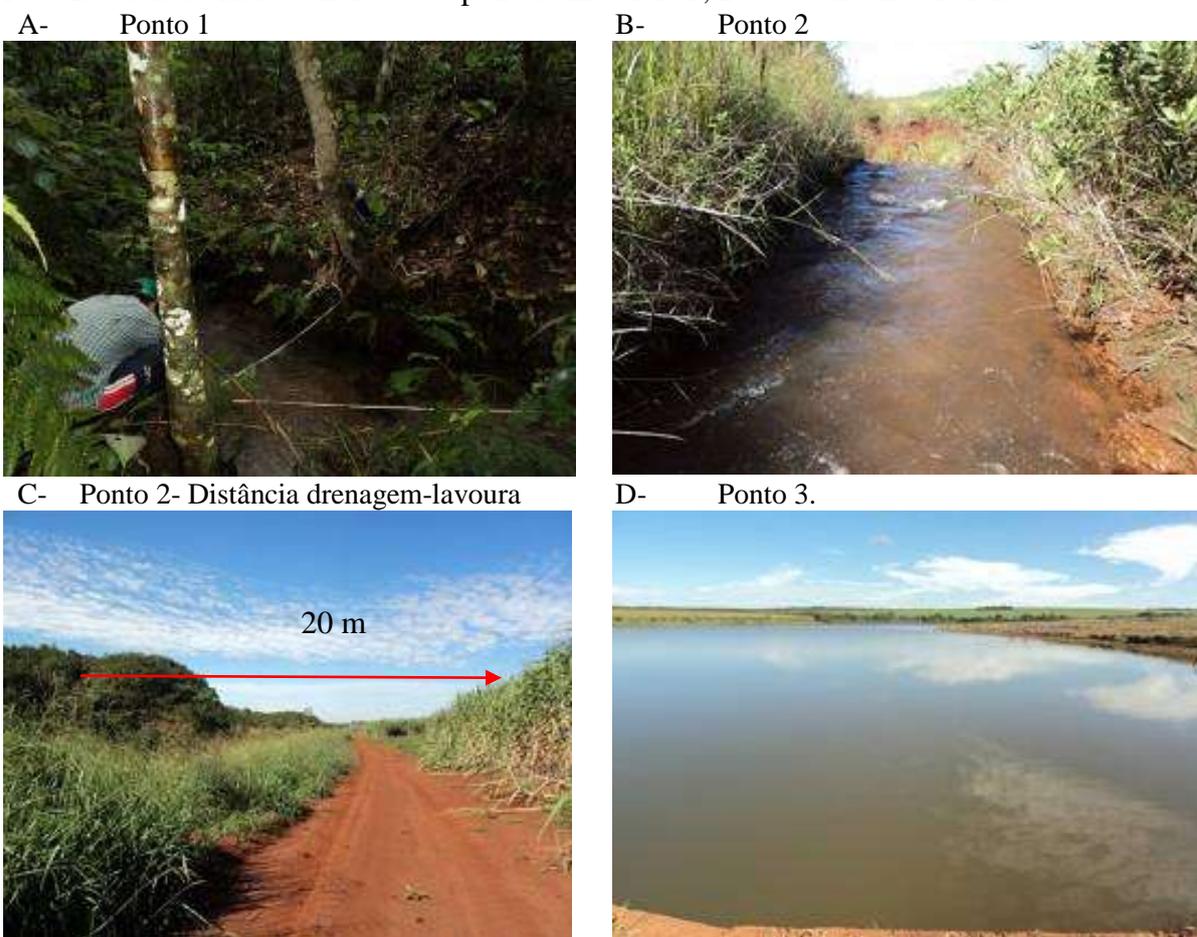


Nível I, II- Resolução CONAMA nº 454/2012

Com relação aos dados do ribeirão Paraíso, a situação é justamente inversa ao do córrego Cerrado/Cadunga. Os pontos 2 e 3 estão acima do nível II da referida Resolução, oferecendo risco ao meio ambiente. O ponto 2 localiza-se em área bem antropizada, sem mata

ciliar e com plantação de cana-de-açúcar a menos de 20 m da rede de drenagem. O ponto 3 é uma área com um pequeno barramento (Fotos 29A, B, C e D).

Foto 29- Características físicas dos pontos amostrais 1, 2 e 3 do ribeirão Paraíso



Fonte: Própria autora (2015)

Segundo Alexandre (1995) o cobre aparece ligado principalmente aos fungicidas de culturas frutíferas e, ainda aos dejetos de bovinos em áreas de pastagem, o que não é o caso dos locais em destaque. Porém estes pontos podem estar sofrendo influência das áreas à montante da bacia, utilizadas por monoculturas como soja, milho e cana-de-açúcar. De acordo com Reichardt (1985), o cobre pode estar adsorvido na matéria orgânica, fonte também de elementos de origem biológica, como o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e outros.

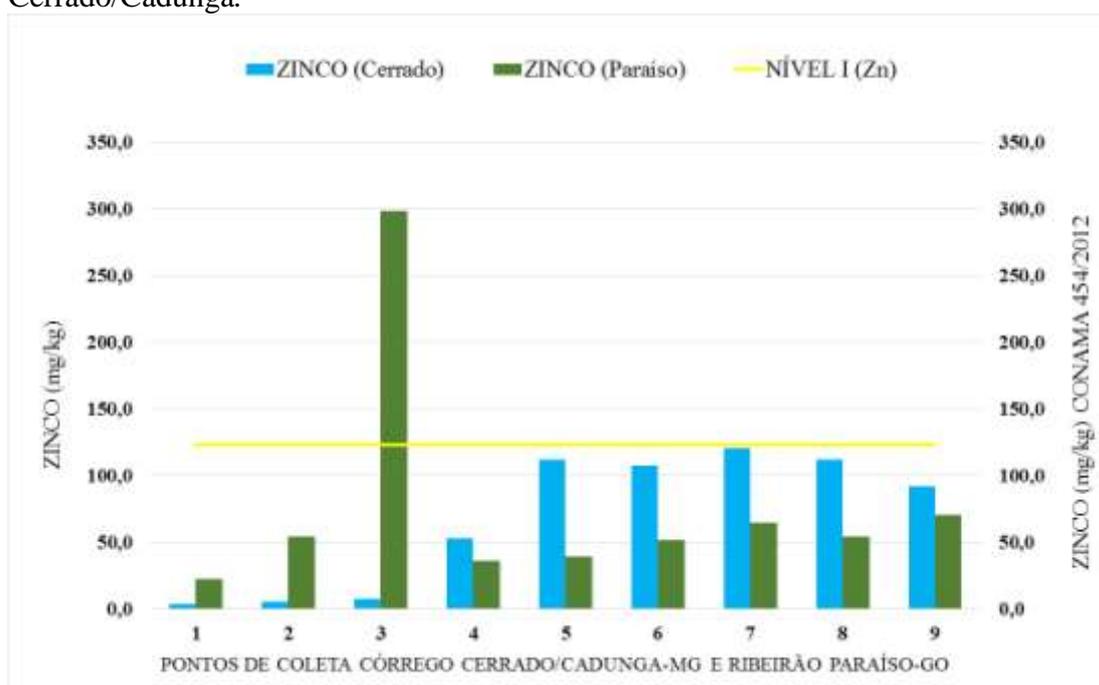
Houzim (1986) relata que a partir do equilíbrio do solo ocorre perda de elementos químicos por lixiviação, os quais aumentam a presença nas águas subterrâneas, superficiais e nos sedimentos, a exemplo do ponto 9, que apresentou baixa concentração nos solos, porém mostrou-se maior nos sedimentos.

5.3.2.4 Zinco

Barreto e Bitar (2011) relatam que o zinco tem diversas aplicações, o que dificulta sua utilização, pois é pouco abundante na crosta terrestre, mas é obtido com facilidade. Uma de suas aplicações é na agricultura, sendo usado como suplemento nutritivo, promovendo o crescimento das plantas. Conforme Gonçalves (2008) o zinco é um elemento químico essencial para as pessoas, em pequenas concentrações, pois intervém no metabolismo de proteínas e ácidos nucleicos, estimula a atividade de mais de 100 enzimas, colabora no bom funcionamento do sistema imunológico, é necessário para cicatrização dos ferimentos, intervém nas percepções do sabor e olfato; em maiores concentrações, pode vir a causar efeitos tóxicos.

De acordo com o gráfico 17, as concentrações de zinco em ambas as drenagens ficaram abaixo do nível I da Resolução CONAMA nº 454/2012. Destaca-se o ponto 3 do ribeirão Paraíso, com valor superior ao nível I, porém inferior ao nível II. A localização do referido ponto está abaixo barramento de água, ambiente lântico, sob influência dos pontos à montante, que contribuem para o transporte do elemento, aumentando a concentração e consequente decantação, fato constatado por VASCONCELOS (2000).

Gráfico 17- Concentrações de zinco nos sedimentos de fundo do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.



Nível I - Resolução CONAMA nº 454/2012

Fonte: Própria autora (2016).

Observou-se que mesmo este elemento não havendo ultrapassando o nível 1, nos demais pontos analisados houve um crescimento gradativo na concentração de montante para jusante. Vasconcelos (2000) esclarece que o zinco apresenta alguns sais de cloreto de zinco e sulfato de zinco, muito solúveis na água; outros, como carbonato de zinco, óxido de zinco e sulfeto de zinco são insolúveis na água e, por isso, algumas quantidades do referido elemento podem ser removidas por decantação nos processos de tratamento de água. Este autor complementa ainda que a solubilidade do zinco é variável, dependendo da acidez e da alcalinidade. Diante de tal contexto, justifica-se o aumento gradativo deste elemento, ligado principalmente à decantação do mesmo, durante todo o percurso do curso d'água.

Com relação ao comportamento do zinco no córrego Cerrado/Cadunga (Gráfico 17), observa-se que a distribuição deste elemento segue o mesmo padrão apresentado para os outros elementos, tendo sido detectado, principalmente a partir do ponto 4 influenciado pela área urbana, bem como pelos efluentes domésticos e industriais lançados à montante do ponto 5. Apresentou valor máximo no ponto 7, com valor superior ao estabelecido para o nível I da Resolução em tela, mostrando uma leve redução nos pontos 8 e 9.

Mudroch e Bourboniere (1981) relataram que os sedimentos constituem um fator importante do sistema aquático, por sua participação no equilíbrio dos poluentes solúveis/insolúveis e por sua maior permanência no corpo d'água, sendo, em geral, integradores das cargas poluentes recebidas por estas águas.

Estabelecendo um comparativo das concentrações dos metais em questão (Tabela 5), presentes nos sedimentos para ambas as bacias, observa-se que o ribeirão Paraíso apresentou as maiores médias, exceto para o cádmio.

Tabela 5- Estatística descritiva da concentração (mg/Kg) de metais pesados nos sedimentos para as bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.

Paraíso					
Medidas	Cádmio	Chumbo	Mercúrio	Cobre	Zinco
Média	1,155	14,576	ND	137,733	77,022
Mínimo	1,115	4,837	ND	54,400	22,700
Máximo	1,194	49,047	ND	396,000	298,500
DP	0,06	14,85	ND	119,35	84,35
CV (%)	4,84	101,85	ND	86,65	109,52

DP= Desvio padrão; CV= Coeficiente de variação; ND= Não determinado

Fonte: Própria autora (2016)

Continuação da tabela 5. Estatística descritiva da concentração (mg/Kg) de metais pesados nos sedimentos

Cerrado					
Medidas	Cádmio	Chumbo	Mercúrio	Cobre	Zinco
Média	10,496	9,050	ND	44,113	68,344
Mínimo	1,431	1,330	ND	0,600	3,700
Máximo	20,050	16,866	ND	84,400	120,400
DP	7,02	5,62	ND	29,40	50,93
CV (%)	66,90	62,08	ND	66,64	74,53
NÍVEL I	0,600	35,000	0,170	35,700	123,000
NÍVEL II	3,500	91,300	0,486	197,000	315,000

DP= Desvio padrão; CV= Coeficiente de variação; ND= Não determinado

Fonte: Própria autora (2016)

Ao enquadrar os valores dos teores dos elementos químicos (tabela 5) das duas bacias na Resolução CONAMA nº 454/2012, observa-se que os sedimentos do ribeirão Paraíso encontram-se abaixo dos limites estabelecidos do nível II, ou seja, inferior ao limite do qual há maior probabilidade de efeito adverso à biota. Verificou-se que a bacia do ribeirão Paraíso apresentou maior concentração dos elementos chumbo, cobre e zinco que a bacia do córrego Cerrado/Cadunga. Já o Córrego Cerrado/Cadunga apresentou para o elemento cádmio, valores superiores aos estabelecidos no nível II, podendo propiciar riscos à biota. A partir do ponto 4 (área urbana) a concentração está acima de 10 mg/kg. Os demais elementos apresentaram concentração inferior ao nível I da Resolução. Observa-se que a área urbana, os efluentes domésticos e industriais são os principais fatores que influenciam os sedimentos, apresentando uma possível contaminação por outros metais pesados, além do cádmio.

Davis et al. (2001, p.24) esclarecem que os metais pesados e suas toxicidades são de interesse no escoamento superficial, uma vez que estas “substâncias não podem ser transformadas quimicamente ou ser destruídas”. As possíveis fontes de metais pesados nos sedimentos podem ser consequência do uso e ocupação das bacias, chegando à rede de drenagem pelo processo de escoamento superficial, sendo esta a principal pressuposição da presença dos metais pesados nos sedimentos.

Ressalta-se que tal drenagem deságua no reservatório de Cachoeira Dourada, podendo estar influenciando na composição química dos sedimentos carregados para o reservatório, e consequentemente contribuindo para qualidade da água.

5.4 Enquadramento dos corpos hídricos das bacias hidrográficas

Ao longo do tempo, o Brasil realizou algumas modificações em suas Resoluções e Portarias, chegando à Resolução CONAMA nº 357/2005, que é utilizada para realizar o enquadramento dos corpos d'água, e à Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011 que trata de água potável.

5.4.1 Avaliação Sazonal

Na bacia do ribeirão Paraíso, as primeiras amostragens ocorreram entre os dias 11 e 12 de novembro de 2014 estação da primavera, com índice pluviométrico de 277,50 mm. A segunda foi nos dias 10 e 11 de fevereiro de 2015, período correspondente ao verão com precipitação de 251,70 mm. A terceira deu-se entre os dias 18 e 19 de maio de 2015, estação do outono, mês que apresentou índice pluviométrico de 83,30 mm. Finalizando com a quarta amostragem nas datas de 28 e 29 de agosto de 2015, estação do inverno, cuja precipitação foi de 1,50 mm.

Os trabalhos na bacia do córrego Cerrado/Cadunga iniciaram com as primeiras amostragens entre os dias 15 e 16 de outubro de 2014 estação da primavera, mês que normalmente apresenta-se chuvoso no Cerrado; contudo, o mês em questão apresentou baixo índice pluviométrico apenas 64,8 mm. A segunda foi realizada entre os dias 20 e 21 de janeiro de 2015, período de verão com precipitação de 63,5 mm para todo o mês. A terceira ocorreu entre os dias 07 e 08 de junho de 2015, outono, cuja precipitação foi de apenas 2,0 mm para todo o mês. A quarta e última amostragem foi realizada entre os dias 25 e 26 de agosto de 2015, estação do inverno com chuvas de 13,5 mm.

Comparando-se o comportamento pluviométrico de ambas as bacias, verificou-se que a soma da precipitação ocorrida na bacia do ribeirão Paraíso foi 469,9 mm a mais do que a do córrego Cerrado/Cadunga, referente tão somente aos meses das amostragens.

Neste contexto, o estudo buscou realizar medidas limnológicas da água com o intuito de verificar padrões ou alterações, com ênfase nas interações dos fenômenos físico-químicos e nas intervenções antrópicas de uso e ocupação presente nas bacias analisadas.

5.4.2 Temperatura

A variação de temperatura faz parte do regime climático normal e em corpos de água naturais exibem oscilações sazonais diurnas. “A temperatura superficial é influenciada por alguns fatores, tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e

profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais; usinas termoeletricas entre outras” (CETESB, 2009 pág 23).

Os dados referentes à temperatura da água são apresentados no Gráfico 18, Tabelas 6 e 7, sendo que linhas representam a bacia do córrego Cerrado/Cadunga e as barras a bacia do ribeirão Paraíso.

Gráfico 18 - Temperatura da água do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga



LMP/MS- Limite máximo permitido pelo Ministério da Saúde;

P.- Ribeirão Paraíso; C.- Córrego Cerrado/Cadunga.

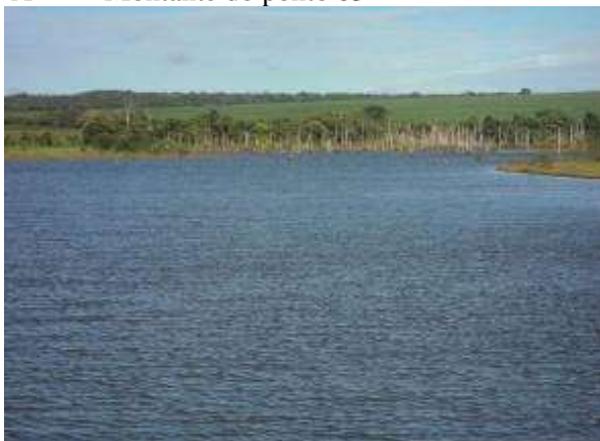
Fonte: Própria autora (2016)

O ribeirão Paraíso apresentou temperatura média de 22,7°C para as quatro estações analisadas. Observou-se que as maiores temperaturas ocorreram no período da primavera e verão, com destaque para a máxima apresentada nos pontos 3 e 4 na estação da primavera. Verifica-se que as maiores temperaturas ocorreram sempre nos mesmos pontos, independente da variação sazonal.

O Ponto 3 pode ter sofrido interferência dos demais à montante. O P02 não apresenta mata ciliar (Foto 30A) e a água recebe maior incidência de radiação solar em relação aos outros pontos. O P04 sofre influência da ponte da BR 060, que causa leve barramento da água, cujas margens se encontram desprovidas de mata ciliar (Foto 29B).

Foto 30- Visão panorâmica dos pontos 3 e 4 do ribeirão Paraíso

A- Montante do ponto 03



B- Montante do ponto 04



Fonte: Própria autora (2016)

As menores temperaturas ocorreram nos pontos 08 e 09 no período do inverno. Além da sazonalidade, outro fator a ser destacado é a presença de mata de galeria existente ao longo do trecho do ribeirão; em cuja data da coleta encontrava-se nublado, com garoa fina.

Caso análogo ocorreu em estudo desenvolvido por Conte e Leopoldo (2001) que detectaram alterações da temperatura da água, decorrentes da influência do clima, variações diurnas e noturnas de temperatura do ar, vegetação e lançamento de efluentes urbanos ou industriais.

Sabara (1999) encontrou valores de temperatura da água variando de 14,2 a 25,8°C em áreas de plantios florestais e eucalipto e entre 17,1 a 26,6°C em áreas de pastagens e agricultura no trecho médio do rio Doce-MG. O autor conclui que o comportamento da temperatura da água é afetado pelo uso da terra, com tendência a apresentar menores valores nas áreas florestais (eucalipto), provavelmente pela condição de cobertura dos córregos, enfatizando o papel significativo da vegetação ciliar. Fato semelhante ao ocorrido no ribeirão Paraíso, que apresentou as maiores temperaturas nos locais onde houve maior incidência de radiação solar e menores onde há a maior presença de matas de galeria.

Analisando-se estatisticamente os valores de T °C no ribeirão Paraíso (Tabela 6), verifica-se que o desvio padrão médio foi de 1,19. O maior ocorreu na primavera com 1,85 e o menor desvio no outono com 0,67.

Tabela 6- Estatística descritiva da Temperatura da bacia do ribeirão Paraíso

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	20,20	22,40	21,20	18,80	20,65
Máximo	26,00	25,30	23,00	22,70	24,25
Média	23,69	24,18	22,00	20,92	22,70
DP	1,85	1,05	0,67	1,19	1,19
CV (%)	7,79	4,36	3,06	5,70	5,23

DV- Desvio Padrão; CV- Coeficiente de variação.

Fonte: Própria autora (2016).

O coeficiente de variação médio é de 5,23%, evidenciando baixa dispersão dos dados. A estação da primavera exibe a maior variabilidade dos dados com 7,79%.

O córrego Cerrado/Cadunga apresentou T°C média de 22,46 °C (Tabela 7) para as quatro estações analisadas, cujas maiores temperaturas foram observadas na primavera e verão, com destaque principalmente para o verão, que apresentou 3° acima dos pontos 01 ao 09. A menor temperatura foi de 19°C no ponto 01 no inverno; cuja amostragem foi realizada por volta das 8 horas da manhã. A máxima foi de 26,2°C no ponto 6 sempre mensurada entre as 14 e 15h (Gráfico 18). Tais flutuações podem estar atreladas principalmente ao horário das amostragens, bem como pela presença de vegetação nas áreas de APP.

Tabela 7- Estatística descritiva da Temperatura (T°C) da bacia do córrego Cerrado/Cadunga

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	21,00	22,90	19,60	19,00	20,63
Máximo	25,30	26,20	21,60	23,35	24,11
Média	23,52	24,78	20,43	21,11	22,46
DP	1,64	1,35	0,65	1,48	1,28
CV (%)	6,97	5,45	3,20	7,03	5,66

DP- Desvio Padrão; CV- Coeficiente de variação.

Fonte: Própria autora (2016).

Segundo estudos realizados por Rocha, Cabral e Braga (2014) nos afluentes da UHE Barra dos Coqueiros-GO, o aumento das temperaturas da água no período úmido (primavera e verão) podem ser associado à maior incidência de radiação solar no corpo da água, pois, no período seco (Outono e Inverno), a presença do anticiclone polar provoca a queda da temperatura do ar e, conseqüentemente, dos corpos d'água, fato semelhante ao ocorrido em ambas as bacias, uma vez que esta massa de ar pode alcançar as regiões em estudo.

Nos trabalhos desenvolvidos por Paula (2011) na bacia hidrográfica do ribeirão das Pedras em Quirinópolis/GO, as maiores temperaturas da água ocorreram no horário entre 11h30min e 12h30min, ou seja, período de maior incidência dos raios solares na superfície da

terra, o que corrobora com os resultados encontrados no período do verão no córrego Cerrado/Cadunga.

O córrego Cerrado/Cadunga apresentou desvio padrão médio de 1,28 para as quatro campanhas amostrais, comportamento semelhante à bacia do ribeirão Paraíso, com o maior valor para primavera com desvio de 1,64 e o menor de 0,65 no outono. Evidencia-se a baixa dispersão dos dados com Coeficiente de Variação médio de 5,66%. Observa-se a maior dispersão dos dados na estação da Primavera, cujo coeficiente de variação é de 6,97% e o menor no Outono com 3,20%.

A resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece nenhum padrão para a temperatura da água, ao contrário da Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde (MS), que estipula um Limite Máximo Permitido (LMP) de 30°C para água. Esta Portaria é mais restritiva do que a Resolução para Classe especial, que mantém as condições naturais do corpo de água.

As temperaturas médias dos corpos hídricos das duas bacias são muito próximas dos 22°C, uma vez que se encontram dentro do domínio morfoclimático do Cerrado, apresentando características climáticas semelhantes.

As duas bacias hidrográficas apresentaram valores de temperatura dentro dos LMP para a Portaria-MS nº 2.914/2011, variando entre 18 e 26,2°C, supondo-se que não há indícios de poluição térmica em ambas as bacias. Porém pode-se afirmar que a ausência de mata ciliar pode causar aumento da temperatura em função da maior incidência de radiação solar.

As flutuações detectadas entre os pontos amostrais nas bacias, podem ser justificadas em função da oscilação do horário, cuja incidência de radiação solar é maior no período da tarde e que as leituras foram obtidas em períodos distintos do dia. Metodologicamente procurou-se realizar a tomada das medidas nos mesmos horários das amostragens anteriores.

5.4.3 Potencial Hidrogeniônico

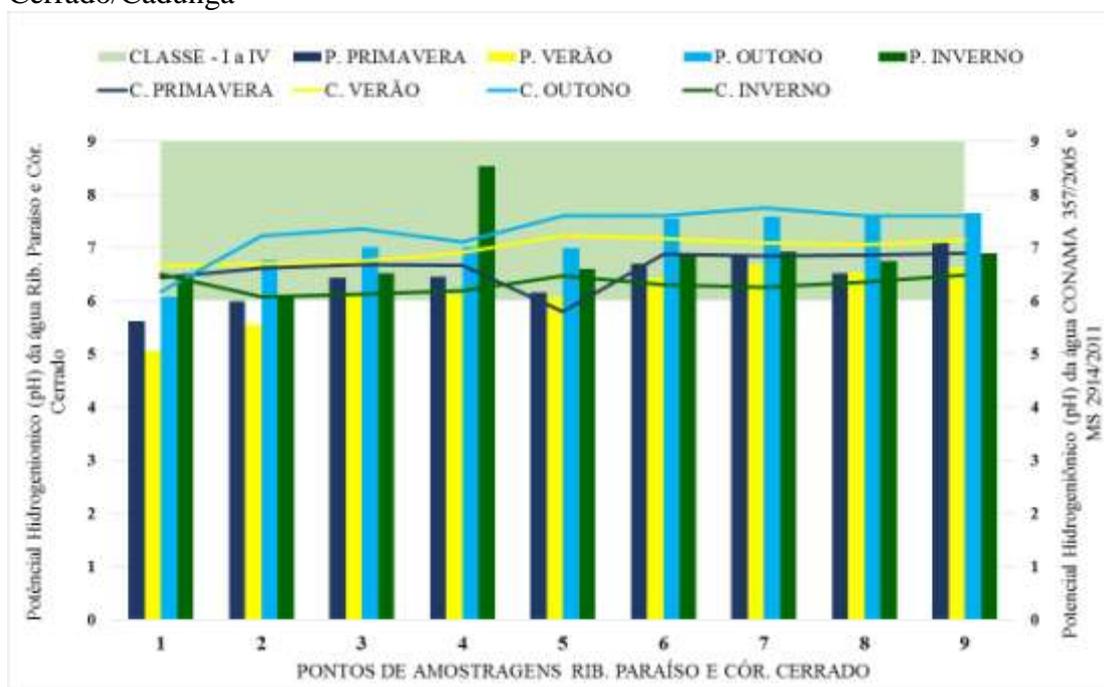
O potencial hidrogeniônico da água para ambientes lóticos, conforme estabelece a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a portaria do Ministério da Saúde, para o consumo humano devem estar entre 6,0 a 9,0. O Gráfico 19 e as Tabelas 8 e 9 apresentam os valores de pH para as bacias em questão, cujos valores oscilaram entre 5 a 8,5.

Os P01 e P02 da bacia do ribeirão Paraíso nas estações de primavera e verão, apresentaram pH abaixo de 6,0 considerado ácido. Tal valor pode ser associado ao horário das amostragens, que ocorreram entre as 7 e 8 horas da manhã. Conforme Farias et al., (2009), o

pH em ambientes lóticos flutua consideravelmente com a hora do dia e com a profundidade do local amostrado. Os referidos autores relatam que o pH é muito influenciado pela quantidade de matéria orgânica a ser decomposta, ou seja, quanto maior, menor será o pH, pois, ocorre decomposição de materiais ácidos, produzindo ácido húmico. O P01 do ribeirão Paraíso apresentava grande quantidade de serapilheira no solo e vegetação em decomposição no curso d'água.

Os valores do pH do P02 podem estar associados à geologia local, composta por coberturas arenosas indiferenciadas e pela presença de solo como Latossolos Vermelho Distrófico (Mapa 2 e 3). Segundo a EMBRAPA (2015), os Latossolos Distróficos apresentam solos mais ácidos devido à oxidação dos minerais ferruginosos, através de processos de intemperismos, os quais podem chegar ao curso d'água através do escoamento superficial. Isso também dá-se devido à alta incidência de precipitação entre os meses de novembro a maio interferindo na acidez.

Gráfico 19- Potencial hidrogeniônico das águas do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga



Classe I a IV- Resolução CONAMA 357/2005;
P.= Ribeirão Paraíso; C= córrego Cerrado/Cadunga.
Fonte: Própria autora (2016).

O ponto P04 do ribeirão Paraíso (Gráfico 19) no inverno apresentou pH alcalino de 8,53. O aumento do pH nesse local pode estar associado à utilização de insumos agrícolas, em cuja composição contém elementos minerais que podem ser carreados e ou lixiviados para os

cursos d'água, principalmente o potássio (K), causando a elevação do pH (FERNANDES et al., 2005). Os valores de pH superiores a 7 podem estar associados à correção do solo com calcário, cujos elementos químicos são transportados para os corpos hídricos, aumentando a concentração de íons, fato detectado por QUEIROZ e BOEIRA, (2004).

O pH médio (Tabela 8) do ribeirão Paraíso é de 6,64, e o desvio padrão médio de 0,55. No período do Inverno ocorreu o maior DP da série com valor 0,68, e o menor no outono 0,46. O maior Coeficiente de Variação foi observado no inverno com 10%, refletindo na variabilidade dos dados.

Tabela 8 Estatística descritiva do pH da bacia do ribeirão Paraíso

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	5,62	5,06	6,07	6,08	5,71
Máximo	7,12	6,69	7,64	8,53	7,50
Média	6,43	6,14	7,13	6,85	6,64
DP	0,46	0,54	0,52	0,68	0,55
CV(%)	7,09	8,72	7,27	10,0	8,30

DP- Desvio Padrão; CV- Coeficiente de variação

Fonte: Própria autora (2016).

Com relação ao córrego Cerrado/Cadunga, apenas o ponto P05 apresentou pH abaixo de 6. O maior valor médio foi observado no outono com 7,33 e o menor no inverno 6,30. Esse ponto não se enquadra na justificativa dada anteriormente para a flutuação do horário, cuja coleta ocorreu entre as 13:30h e 14:30h; porém, é perceptível a quantidade de serapilheira próxima ao leito do córrego (Foto 31A).

Relacionando-se os valores de pH aos aspectos geológicos e pedológicos da referida bacia, a mesma encontra-se sobre a formação Serra Geral, fato comprovado pela presença de rochas basálticas (Foto 31A) no leito do córrego e ainda em terreno de Latossolo Vermelho (Foto 31B). Passos (2009) em estudos limnológicos realizados nos municípios de Cândido Godói, Ubiretama e Campina das Missões no Rio Grande do Sul, observou que no Arroio Tumurupará, onde havia afloramento de basalto, o pH sofre variações, com valores próximos da acidez, episódio semelhante ao ocorrido no córrego Cerrado/Cadunga.

Foto 31- Aspectos geológicos e pedológicos na bacia do córrego Cerrado/Cadunga.

A- Afloramento de basalto, cór. Cerrado



B- Latossolo Vermelho



Fonte: Própria autora (2015)

Rocha et al., (2014) descrevem que os valores de pH inferiores a 6 encontrados na bacia do Rio Claro, em área de influência da UHE Barra dos Coqueiros, podem estar relacionados com o fato da bacia estar situada sob afloramento de rochas sedimentares da Formação Vale do Rio do Peixe e com solos pertencentes à classe dos Neossolos ricos em quartzo, com alto teor de sílica e alumínio, o que pode influenciar em valores de pH entre 1 e 6. Tal fato não se aplica para o P05 em questão. Observando-se o mapa geológico da bacia do córrego Cerrado/Cadunga, tal característica ocorre nos pontos iniciais desta bacia, evento que pode ter causado influência à montante, refletindo no P05, associado à presença da matéria orgânica.

Hermes e Silva (2004) relatam que o pH da água é controlado pelo equilíbrio na concentração de compostos dissolvidos. Por exemplo em águas naturais, esse equilíbrio com pH 7 depende da presença de íons carbonatos, como dióxido de carbono (CO_2), ácido carbônico (H_2CO_3), carbonatos e bicarbonatos (HCO_3^-), além de outros componentes naturais, como os ácidos húmicos e fúlvicos, resultantes da degradação da matéria orgânica. Pode-se conjecturar que a acidez do P05 pode estar relacionada também com o lançamento de efluentes urbanos domésticos e industriais a aproximadamente 2km à montante neste corpo d'água (Foto 32).

Foto 32- Detalhe de efluentes urbanos e industriais sendo despejados a aproximadamente 2 km do Ponto 5.



Fonte: FRANCO (2015)

Ressalta-se que tal alteração ocorreu na primavera quando o regime pluviométrico cresce nas regiões do Cerrado, ou seja, o pH tende a subir, pois nesse período ocorre maior diluição dos compostos dissolvidos e o escoamento dá-se de forma rápida.

A série de dados apresentou um desvio padrão médio para o pH de 0,30 para as quatro estações (Tabela 9), com destaque para o outono com o maior desvio 0,48; e o menor no inverno 0,16. O coeficiente de variação médio foi de 4,38. A maior dispersão dos dados foi observada no período do outono, cujo CV foi de 6,60 e o menor no inverno com 2,49.

Tabela 9- Estatística descritiva do pH da bacia do córrego Cerrado/Cadunga.

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	5,79	6,64	6,17	6,07	6,17
Máximo	6,90	7,22	7,75	6,50	7,10
Média	6,63	6,96	7,33	6,30	6,81
DV	0,35	0,22	0,48	0,16	0,30
CV (%)	5,27	3,16	6,60	2,49	4,38

DP- Desvio Padrão; CV- Coeficiente de variação.

Fonte: Própria autora (2016).

O pH não apresentou diferenças significativas nas duas bacias, mesmo apresentando uso e ocupações distintos e características físicas diferentes. Os valores analisados diferenciaram-se em relação ao período climático. No ribeirão Paraíso os maiores valores ocorreram no inverno e no Córrego Cerrado/Cadunga no Outono.

O uso e ocupação da terra das bacias caracterizam-nas como agrícola, com forte presença de monoculturas, tais como: soja, sorgo, milho, cana-de-açúcar e abacaxi. O favorecimento do cultivo de culturas de grãos em áreas como o Cerrado brasileiro, é propiciado pela topografia plana, solos com excelente estrutura física, condições essenciais para o emprego de máquinas, resultando em altas produtividades.

Os solos do Cerrado necessitam de correções químicas para elevação do pH, utilizando-se a calagem. Conforme afirmam Tundisi e Tundissi (2006), esse processo pode influenciar no pH da água. Queiroz e Boeira (2004) também relataram em seus estudos que após um a dois meses da calagem do solo, cursos de água próximos começam a ser afetados, ou seja, têm o seu pH alterado, tornando-se mais alcalinos. Isso foi evidenciado em ambas as bacias, as quais exibiram pH perto da neutralidade, ou seja, o manejo do solo influenciando na acidez das águas.

As duas bacias enquadram-se nos valores estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 e na Portaria-Ministério da Saúde nº 2914/2011, que estabelecem valores entre 6 e 9. Os valores de pH estão relacionados a fatores naturais, conforme descritos por Von Sperling (2005), através da dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, e, ainda, a fatores antropogênicos como por exemplo pelo despejo de esgotos domésticos e industriais, devido à oxidação da matéria orgânica.

5.4.4 Condutividade Elétrica

A Condutividade elétrica da água não possui um padrão estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e pela portaria do Ministério da Saúde nº 2914/2011. Entretanto, estudos de vários autores demonstram que águas com CE até 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ são consideradas de boa qualidade; já valores acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, podem indicar toxicidade da água por excesso de sais e até mesmo indicar presença de metais pesados, caracterizadas como impróprias ao consumo humano (COUTO et al., 2006, TUNDISI e TUNDISI, 2008).

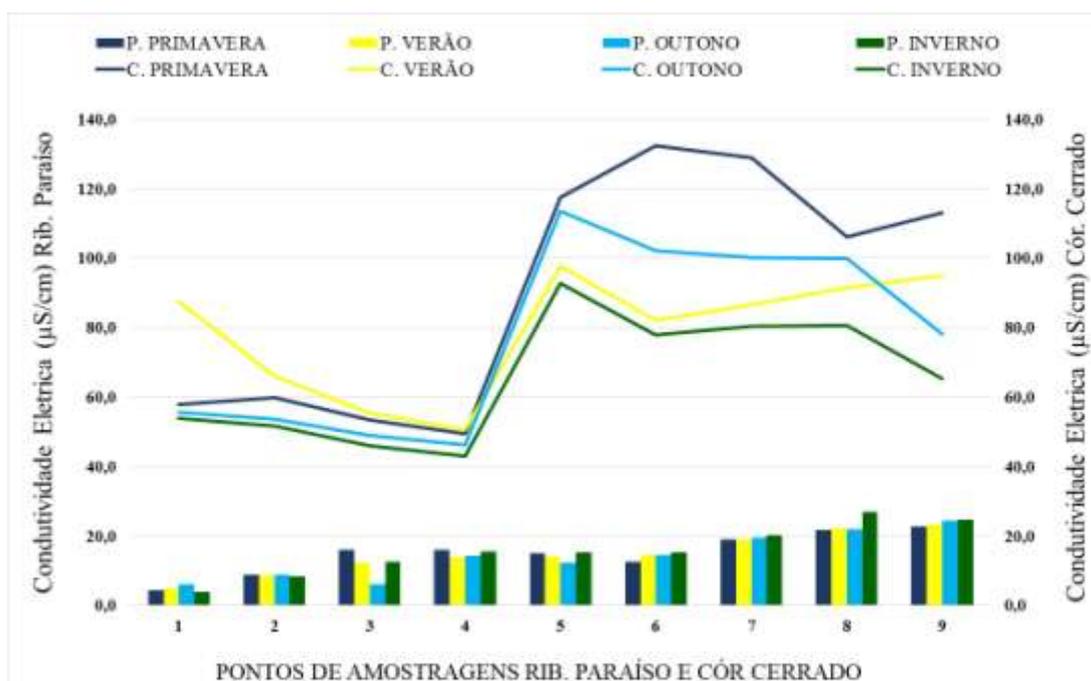
O parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais íons estão presentes em determinada amostra de água, mas podem variar de acordo com a temperatura ou ambientes com poluição, podendo contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia, ocasionados por lançamentos de resíduos industriais e urbanos, mineração etc., haja vista haver uma elevação na quantidade de sais do ambiente (CONTE e LEOPOLDO, 2001; TUNDISI e TUNDISI, 2008, RENOVATO, SENA e SILVA, 2013).

Conforme o Gráfico 20, as duas bacias apresentam diferenças significativas para variável em tela, cuja justificativa conforme APHA (1999), a condutividade elétrica da água pode variar de acordo com a temperatura e a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas. Em águas cujos valores de pH se encontram nas faixas extremas ($\text{pH} > 9$ ou $\text{pH} < 5$), os valores são devidos apenas às altas concentrações de poucos íons em solução, dentre os

quais os mais frequentes são o H^+ e o OH^- . Conforme o Gráfico 20, a bacia do Cerrado/Cadunga sempre apresentou valores maiores de pH e $T^{\circ}C$ (para os períodos da primavera e verão) do que o ribeirão Paraíso, mesmo estes valores estando dentro dos limites estabelecidos pela CONAMA nº 357/2005.

Na referida Figura, a bacia do ribeirão Paraíso apresentou certa linearidade, aumentando os valores de CE gradativamente, fator que pode estar relacionado à temperatura da água, uma vez que seguiu-se ordem cronológica de coleta, sendo os maiores valores apresentados nas amostragens realizadas no período da tarde, cuja incidência solar é maior, observando ainda que a oscilação de valores se harmoniza entre 1,5 a 2 $\mu S/cm$, de uma amostragem para outra (CONTE e LEOPOLDO, 2001; TUNDISI e MATSUMURA TUNDISI 2008, RENOVATO, SENA e SILVA, 2013).

Gráfico 20 - Condutividade elétrica da água no ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.



P.- Ribeirão Paraíso; C. Córrego Cerrado/Cadunga.

Fonte: Própria autora (2016)

Quando mensura-se a condutividade elétrica de uma amostra, na realidade está se quantificando uma grande quantidade de compostos nela contidos – podendo estes serem positivos, e ou negativos e que, em solução, permitem a passagem da eletricidade.

A bacia do ribeirão Paraíso apresentou para os quatro períodos média de 15,03 $\mu S/cm$, enquanto a média apresentada pela bacia do córrego Cerrado/Cadunga foi de 78,41 $\mu S/cm$, uma diferença de 63,38 $\mu S/cm$ de uma bacia para a outra.

Esteves (1998) diz que em regiões tropicais os valores de condutividade nos ambientes aquáticos estão mais relacionados com as características geoquímicas e com as condições climáticas (estação seca e de chuva) da região onde se localizam. Fato constatado neste trabalho e já citado anteriormente, que aproximadamente 80% da bacia do ribeirão Paraíso estão sobre as Formações com cobertura arenosa indiferenciada e Vale do rio do Peixe, e 20% correspondem à Formação Serra Geral.

Esteves (1998) reafirma ainda que altas pluviosidades e predominância de rochas sedimentares e ou rochas magmáticas na bacia de drenagem, a composição iônica da água é, geralmente, determinada por produtos de intemperismo dessas rochas. Esse estudo corrobora com os valores de CE encontrados na bacia do ribeirão Paraíso, uma vez que a mesma apresenta alto índice pluviométrico.

Villas e Banderali (2013) destacam que a CE pode também representar a carga mineral presente na água, ou seja, a geologia local ou regional influencia seus valores; em formações predominantemente de granito, ou arenitos, a condutividade elétrica é extremamente baixa. Diferentemente em solos com altos teores de argilas, os valores de condutividade são altos. Este contexto corrobora com os dados da bacia do ribeirão Paraíso, com maiores condutividades à jusante (Gráfico 20), pela presença de solos como os Latossolos Vermelhos Distroféricos que apresentam altas concentrações de argilo-minerais.

No tocante ao Ribeirão Paraíso (Tabela 10), o valor máximo de CE ocorreu no inverno com 26,93 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e média de 15,91 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Observa-se pelo desvio padrão um comportamento de afastamento em relação à média. O inverno foi a estação que apresentou o maior valor de DP igual a 7,30 $\mu\text{S}/\text{cm}$, elevando os resultados para toda a bacia, cujo DP médio foi de 6,47 $\mu\text{S}/\text{cm}$, refletindo diretamente no Coeficiente de Variação, revelando alta dispersão dos dados.

Mesmo o inverno apresentando o maior desvio padrão, foi o período do outono que aparece a maior dispersão dos dados com 46,83%. Todas as estações climáticas alcançaram dispersão acima de 30% evidenciando alta variabilidade dos dados.

Tabela 10- Estatística descritiva da condutividade elétrica $\mu\text{S}/\text{cm}$ da bacia do ribeirão Paraíso

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	4,30	4,94	6,09	4,05	4,85
Máximo	22,72	23,36	24,49	26,93	24,38
Média	15,17	14,80	14,26	15,91	15,03
DP	5,92	5,99	6,68	7,30	6,47
CV (%)	39,03	40,48	46,83	45,89	43,06

DP- Desvio Padrão; CV- Coeficiente de variação.

Fonte: Própria autora (2016).

Os valores de CE do Córrego Cerrado/Cadunga (Gráfico 20), mostram oscilação nos valores a partir do P05. Todos os pontos anteriores em todas as amostragens, ficaram abaixo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, cujo ponto está mais próximo do lançamento de efluentes domésticos e industriais do município de Canápolis-MG. Segundo Hermes e Silva (2004), os altos índices de CE são ocasionados por fontes não pontuais de contaminação, como efluentes de áreas residenciais/urbanas, águas de drenagem de irrigação, escoamento superficial de áreas agrícolas e efluentes industriais, como é o caso do ponto em questão.

Cerca de 90% da bacia do Córrego Cerrado/Cadunga encontra-se sobre a formação geológica Serra Geral, constituída por solos de elevada concentração de argilas, refletindo nos altos valores de condutividade. Neste contexto, é possível afirmar que a variação de uma bacia para a outra pode ser justificada pela variação de outros parâmetros, como o da geologia.

A condutividade elétrica presente na água é representada também por sólidos dissolvidos em água, dos quais se destacam dois tipos: compostos iônicos e catiônicos. Os iônicos com cargas negativas, possuem elétrons livres na camada de valência, são sólidos que se dissolvem em água e são caracterizados como por exemplo cloretos, sulfatos, nitratos e fosfatos.

Dependendo do tipo de íons encontrados e suas concentrações, a água poderá ser imprópria para consumo humano, isso porque, dentre esses íons, podem ocorrer a presença de íons de metais pesados, que são nocivos à saúde humana. Os compostos catiônicos, também interferem na condutividade elétrica da água e possuem cátions como: sódio, magnésio, cálcio, ferro, alumínio e amônio (VILLAS e BANDERALI, 2013).

Conforme o Gráfico 20, o P08 apresenta redução nos valores de CE, principalmente na primavera, outono e inverno, cuja explicação pode estar na autodepuração do córrego Cerrado/Cadunga. No entanto, em trabalhos em nível de campo realizada nas diferentes estações climáticas, observou-se redução da vazão do corpo hídrico, possivelmente pela presença de pivô de irrigação entre os pontos 7 e 8, principalmente no período de emergência dos grãos na primavera (safra) e inverno (safrinha), conforme Fotos 33A e B.

Foto 33- Desvio do curso d'água para irrigação.

A- Desvio do curso d'água.



B- Pivô de irrigação



Fonte: Própria autora

Os dados do córrego Cerrado/Cadunga (Tabela 11) revela valores de condutividade com alta amplitude, isto é, valores entre 43,05 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no inverno, e 132,30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na primavera, cuja média foi de 78,41 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O desvio padrão médio foi de 24,86 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sendo que o maior ocorreu na primavera com 34,91 $\mu\text{S}/\text{cm}$. O coeficiente de variação é de 30,55% em toda a bacia.

Tabela 11- Estatística descritiva da condutividade elétrica da bacia do Córrego Cerrado/Cadunga

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	49,50	50,72	46,19	43,05	43,37
Máximo	132,30	97,81	113,56	92,78	109,11
Média	91,01	79,22	77,64	65,74	78,41
DP	34,91	17,45	26,87	17,88	24,28
CV (%)	38,36	22,03	34,60	27,20	30,55

DP- Desvio Padrão. CV.- Coeficiente de variação

Fonte: Própria autora (2016).

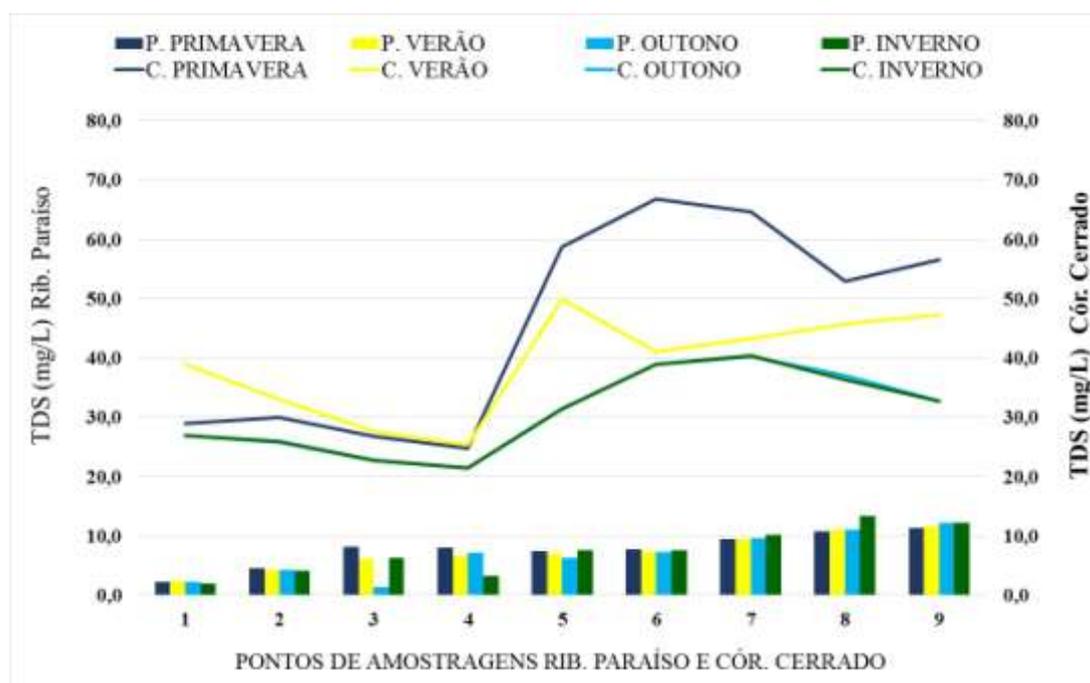
5.4.5 Sólidos Totais Dissolvidos – TDS

O parâmetro Sólidos Totais Dissolvidos, representa a medida da quantidade total de substâncias dissolvidas contidas em água ou efluente, incluindo matéria orgânica, minerais e outras substâncias inorgânicas. A Resolução nº 357/2005, do CONAMA, estabelece o limite máximo permitido para TDS de até 500 mg/L para as classes de I a IV; entretanto, o Ministério da Saúde na Portaria nº 2.914/2011 normatiza que para a água potável esta medida pode chegar até 1000 mg/L, ou seja, o dobro permitido pelo CONAMA

Conforme o Gráfico 21, ambas as bacias apresentaram resultados inferiores ao estipulado pela Resolução CONAMA nº 357/2005 e pela Portaria-MS nº 2.914/2011. Portanto os valores estão dentro dos padrões estabelecidos para qualidade de água superficial e potável no Brasil, cujos valores não ultrapassaram 20 mg/L para a bacia do ribeirão Paraíso e 70 mg/L para a do córrego Cerrado.

A bacia do córrego Cerrado/Cadunga no período da primavera e outono, mostra que a elevação do TDS ocorreu somente a partir do P05, cuja justificativa pode ser possivelmente pela presença do lançamento de efluentes urbanos a uma distância de cerca de 2 km acima (Foto 30); bem como pela baixa precipitação, caso atípico para o período da primavera e verão que apresentaram os maiores valores de TDS. Observa-se também que no outono e no inverno, os valores decrescem visivelmente, havendo pouca diferença entre as referidas estações. Pode-se portanto, inferir se tivesse ocorrido um período climático normal, os valores de TDS poderiam ser maiores para as estações de primavera e verão.

Gráfico 21- Totais de sólidos Dissolvidos na água do ribeirão Paraíso córrego Cerrado/Cadunga.



P.- Ribeirão Paraíso; C.- Córrego Cerrado/Cadunga.

Fonte: Própria autora (2016).

Destacou-se que nas margens do córrego Cerrado/Cadunga, a vegetação é variada para cada ponto, ou seja, verifica-se áreas com lavouras de abacaxi, cana-de-açúcar, soja, milho, pastagem, áreas com vegetação rala e bem preservada e áreas sem nenhuma cobertura vegetal

com solo exposto. Nesse sentido, a presença da cobertura vegetal é de fundamental importância, pois os constituintes geoquímicos dos solos e das rochas, drenados para os rios, incluindo todos os sais dissolvidos, os compostos orgânicos e não inorgânicos podem diminuir ou se elevarem de acordo com o índice pluviométrico, interferindo diferente no escoamento superficial dos solos.

Observa-se no Gráfico 21, relativos ao córrego Cerrado/Cadunga, que o P08 apresentou a mesma redução exibida na CE, justificada pela presença de áreas irrigadas por pivô, conforme Fotos 33A e B, cuja consequência é a redução da vazão e depleção da presença de substâncias dissolvidas no corpo hídrico.

O referido córrego apresenta média aritmética 36,60 mg/L (Tabela 12), referente as quatro estações. O período da primavera apresentou o maior valor 66,80 mg/L e o inverno o menor com 21,52 mg/L; cujo menor desvio maior padrão ocorreu no inverno. A maior oscilação dos dados refletindo no coeficiente de variação com 38,47%, foi na primavera.

Tabela 12- Estatística descritiva dos TDS da bacia do córrego Cerrado/Cadunga

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	24,83	25,38	21,53	21,52	23,32
Máximo	66,80	49,99	40,30	40,40	49,37
Média	45,60	39,16	30,85	30,78	36,60
DV	17,54	8,72	6,97	6,91	10,04
CV %	38,47	22,27	22,61	22,46	26,45

DP- Desvio Padrão. CV.- Coeficiente de variação

Fonte: Própria autora (2016).

A classificação dos sólidos dissolvidos na água pode ser física ou química. Fisicamente, eles são classificados segundo suas dimensões: sólidos totais dissolvidos possuem dimensões inferiores a 2,0 µm e os sólidos em suspensão apresentam dimensões superiores a 2,0 µm; quimicamente, os sólidos são classificados em voláteis e fixos (FEITOSA e FILHO, 2000).

A bacia do ribeirão Paraíso apresentou um aumento linear nos pontos P01 ao P09 (Gráfico 21 e Tabela 13), para todas as estações, com exceção do P03 no outono com valor de 1,45 mg/L; inferior à média 7,36 mg/L. O valor máximo 13,44 mg/L foi verificado no P08 no inverno e na primavera ocorreu a maior média da série 7,77 mg/L. O desvio padrão médio foi de 3,29, sendo o maior de 3,95 mg/L no inverno, cujo coeficiente de variação médio de 46,29% evidenciando alta dispersão dos dados com destaque para o outono com 54,53%.

Tabela 13 - Estatística descritiva dos TDS da bacia do ribeirão Paraíso

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	2,34	2,44	1,45	2,03	2,07
Máximo	11,36	11,68	12,24	13,44	12,18
Média	7,77	7,37	6,85	7,45	7,36
DV	2,85	3,01	3,73	3,95	3,39
CV %	36,69	40,87	54,53	53,05	46,29

DP- Desvio Padrão. CV.- Coeficiente de variação

Fonte: Própria autora (2016).

Nogueira, Cabral e Oliveira (2012) em estudos realizados em afluentes da UHE Barra dos Coqueiros-Go, detectaram nos Córrego Coqueiro Esquerdo e Córrego Matriz os maiores valores de TDS, associando ao uso dos solos da microbacia em questão. Os referidos autores observam que o Córrego Coqueiro Esquerdo a água tem características de ambiente lântico, com muita vegetação no leito do rio, semelhante ao ribeirão Paraíso apenas no aspecto da serapilheira, apresentada em toda extensão do curso d'água, que pode ser carregada e depositada no interior do curso hídrico. O Córrego Matriz avaliado pelos mesmos autores, apresentava em suas margens solos descobertos, fato que pode ser associado aos valores de TDS mensurados. Tal contexto se assemelha com os resultados aqui apresentados, uma vez que também ocorreu áreas bem próximas ao curso d'água, caracterizadas por solos que se encontravam em fase de preparado para o plantio de cana-de-açúcar (Fotos 34A e B).

Foto 34 - Características dos pontos P03 e P07

A- Palhada de cana-de-açúcar próximo ao P07



B- Plantio de cana-de-açúcar próximos ao P03.



Fonte: Próprio autor (2016)

5.4.6 Oxigênio Dissolvido

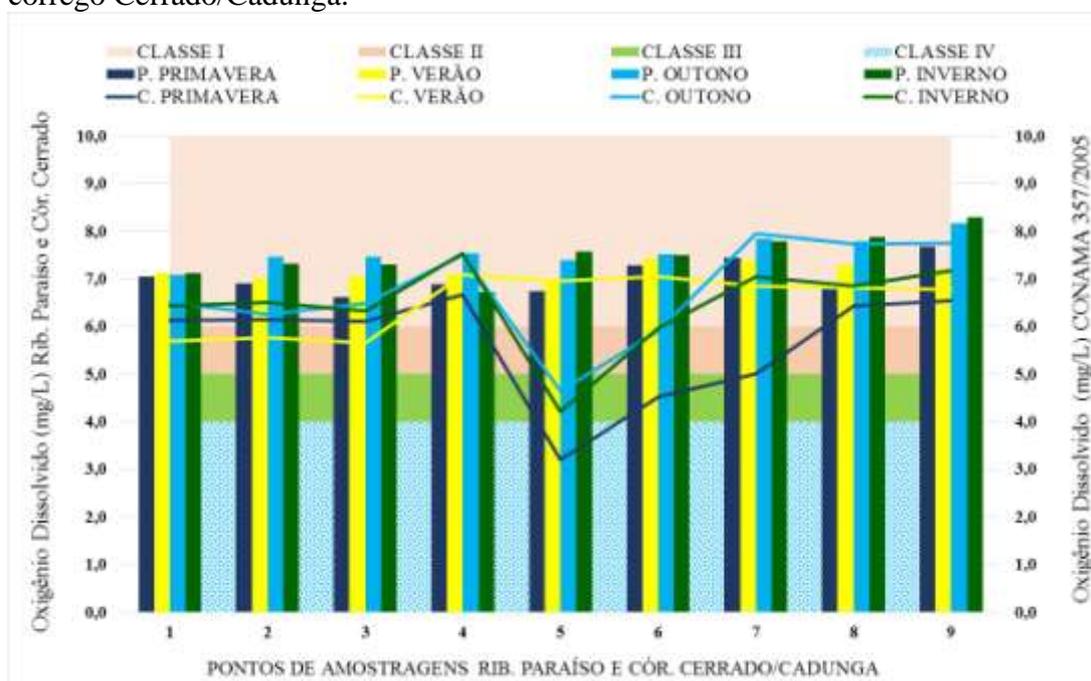
A presença regular de oxigênio dissolvido na água é de fundamental importância para o adequado desenvolvimento de organismos aeróbicos, caracterizando-se como o elemento mais

importante para a dinâmica aquática. A atmosfera e a fotossíntese são as principais fontes desse gás. Sua ausência fornece mau odor na água, marcando a presença de poluição (VON SPERLING, 1996; ESTEVES, 1998).

Segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, os padrões estabelecidos para o OD enquadrados na Classe I, devem conter em qualquer amostra, níveis superiores a 6mg/L O₂; para a Classe II, o nível não deve ser inferior a 5 mg/L O₂; na classe III, os níveis de OD não devem ser inferiores a 4mg/L O₂ e na Classe IV serem superiores a 2 mg/L O₂ em qualquer amostra. A portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde não estabelece limite para este parâmetro em água potável.

O Gráfico 22 apresenta os valores mensurados de OD nas duas bacias. Observa-se que no ribeirão Paraíso os 09 pontos sempre estiveram dentro dos padrões estabelecidos para a Classe I da Resolução CONAMA nº 357/2005. Conforme a Tabela 14, o valor mínimo 6,61 mg/L refere-se ao ponto 03 na primavera, e o máximo de 8,30 mg/L no P09 período de inverno. A média geral é 7,32 mg/L, desvio padrão médio de 0,32 e coeficiente de variação de 4,38%, ou seja, ocorre baixa dispersão dos dados.

Gráfico 22- Oxigênio Dissolvido nas águas das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.



Classe I a IV- Resolução CONAMA 357/2005.

P= (Ribeirão Paraíso); C= (Córrego Cerrado/Cadunga).

Fonte: Própria autora (2016).

Tabela 14- Estatística descritiva do Oxigênio Dissolvido (mg/L) da bacia do ribeirão Paraíso

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	6,61	6,97	7,09	6,72	6,85
Máximo	7,67	7,42	8,17	8,30	7,89
Média	7,04	7,17	7,58	7,50	7,32
DP	0,35	0,16	0,31	0,46	0,32
CV %	5,02	2,30	4,08	6,13	4,38

DP- Desvio Padrão. CV.- Coeficiente de variação

Fonte: Própria autora (2016).

O aumento nos teores de oxigênio dissolvido na bacia do ribeirão Paraíso a partir do P07, pode ser justificado pelo perfil de equilíbrio do rio. A declividade indica aumento da velocidade da água em grande parte do seu curso, influenciando diretamente nos resultados deste parâmetro, e aproximadamente 800m à montante do P07, observou-se forte turbilhonamento (Foto 34), característica que propicia o aumento do OD na água.

Foto 35- Área de turbulência apresentada no curso do ribeirão Paraíso à montante do P07.



Fonte: Própria autora (2015)

Também existe neste percurso entre os pontos P07 e P08 da bacia do ribeirão Paraíso, uma falha geológica caracterizada por uma cachoeira, que propicia o aumento do turbilhonamento da água. Não foi possível registrar a mesma, por restrições do proprietário da área, que negou acesso ao local.

Na Tabela 14 é possível comparar os resultados encontrados nas quatro campanhas. Nota-se que os valores de OD na água de todo o ribeirão não ultrapassaram os valores mínimo

e máximo estabelecido pela resolução CONAMA nº 357/2005 para a classe 1, configurando características indicadoras de uma satisfatória qualidade da água.

A bacia do córrego Cerrado/Cadunga apresentou algumas discrepâncias entre os períodos analisados (Gráfico 22). No verão os pontos 01, 02 e 03 apresentaram valores inferiores a 6 mg/L O₂, enquadrando-se na classe II do CONAMA 357/2005; porém observa-se que os demais pontos para a mesma estação ficaram dentro da classe I, cuja explicação pode ser a precipitação ocorrida no dia anterior à amostragem.

Para as demais estações climáticas na referida bacia, verificou-se discrepâncias a partir do P05 enquadrado na Classe IV da resolução CONAMA nº 357/05 na primavera e classe III no outono e no inverno. Os baixos valores de OD detectados para estes períodos podem ser relacionados ao lançamento de efluentes urbanos a aproximadamente 2km à montante do referido ponto (Foto 32). Esse Ponto deveria apresentar os maiores índices de OD, uma vez que à montante existe uma falha geológica, evidenciada por uma cachoeira, cujo turbilhonamento das águas aumenta significativamente o OD, bem como por se encontrar sobre a área de maior declividade da bacia, que varia de 8 a 45%.

Os índices de OD voltam a se restabelecer a partir do P07, mostrando que há uma autodepuração do córrego, relativamente rápida, devido principalmente à grande turbulência das águas e ainda pela declividade apresentada entre os P05 e P09 (Foto 34), evidenciando que os pontos P08 e P09 voltam a ser enquadrados na Classe I da Resolução CONAMA nº 357/2005.

Foto 36- Área de turbulência apresentada no curso do córrego. Cerrado/Cadunga-MG próximo ao P07.



Fonte: Própria autora (2015)

Von Sperling (1996) afirma que rios que “recebem grande quantidade de esgoto ou insumos agrícolas e que apresentam pequenas quantidades de cobertura vegetal são propícios a terem problemas com a qualidade de suas águas”, como é o caso do córrego Cerrado/Cadunga que possui todas estas características.

Hermes e Silva (2004) esclarecem que as altas temperaturas diminuem a quantidade de oxigênio dissolvido na água, o que pode ocasionar situações de risco caso as águas recebam descargas de dejetos orgânicos. Nesse caso pode-se afirmar que o córrego Cerrado/Cadunga sofre com o lançamento de dejetos; porém observa-se que a declividade atua como quesito positivo na autodepuração deste corpo hídrico.

O referido córrego apresentou o valor mínimo de OD de 3,20 mg/L na primavera, e o máximo de 7,95 mg/L no outono. A média para as quatro campanhas foi 6,34 mg/L; cujo desvio padrão médio é de 0,96 e especificamente a primavera apresentou o maior DP 1,17 (Tabela 15). O coeficiente de variação médio foi de 15,32%, ou seja, uma dispersão média dos dados, influenciado pelo período da primavera que apresentou o maior coeficiente de variação da série 20,67%, e o menor 9,45 no verão.

Tabela 15- Estatística descritiva do Oxigênio Dissolvido (mg/L) da bacia do córrego Cerrado/Cadunga.

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	3,20	5,65	4,64	4,21	4,43
Máximo	6,67	7,09	7,95	7,53	7,31
Média	5,64	6,52	6,75	6,45	6,34
DP	1,17	0,62	1,09	0,97	0,96
CV (%)	20,67	9,45	16,16	15,01	15,32

DP- Desvio Padrão. CV.- Coeficiente de variação

Fonte: Própria autora (2016).

5.4.7 Salinidade

Segundo Esteves (1998), a salinidade é a concentração de sais minerais dissolvidos na água. A resolução nº 357/2005 do CONAMA estabelece que se destina ao consumo humano água doce com até 500 mg/L ou 0,5 ‰ de cloreto de sódio. O ministério da Saúde estabelece através da portaria nº 2.914/2011, que para água potável o limite máximo permitido é de 200 mg/L de NaCl.

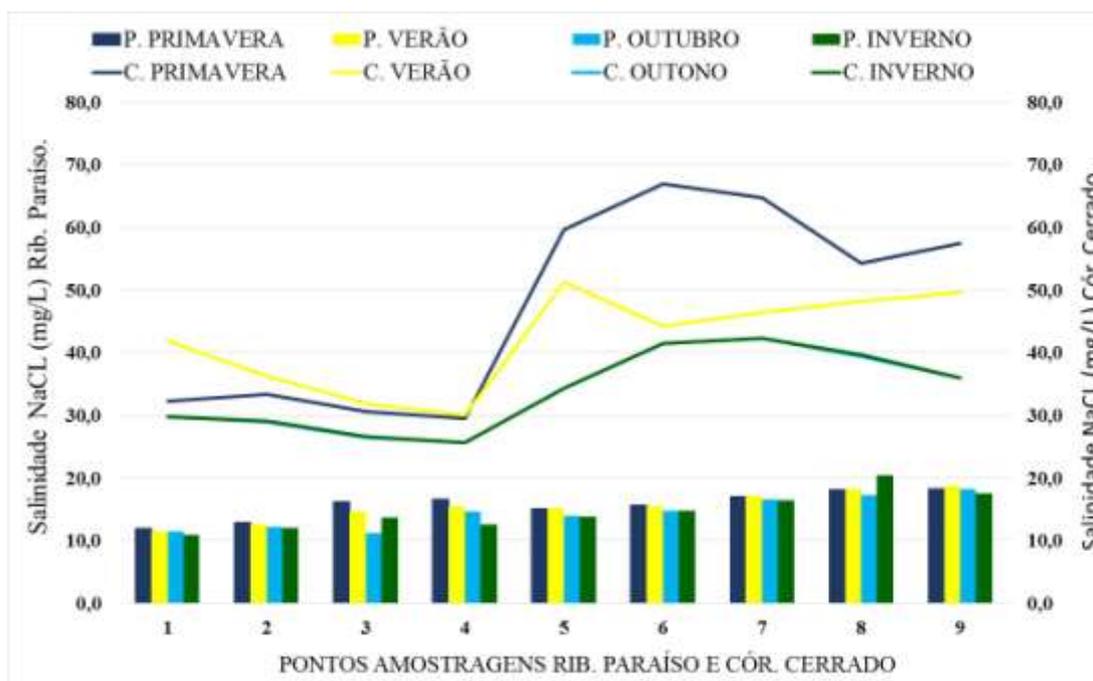
O Gráfico 23 expressa o enquadramento das bacias que se encontram dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA e pelo Ministério da Saúde. Comparativamente o córrego Cerrado/Cadunga apresenta valores acima dos da bacia do ribeirão Paraíso, que

apresenta uma linearidade nos resultados, cuja justificativa pode ser dada pelas características físicas e climáticas apresentadas por ambas as bacias.

Neste sentido, Esteves (1998) ressalta que os mecanismos controladores da salinidade nas águas superficiais são geralmente provenientes do estrato rochoso, ligado principalmente ao intemperismo das rochas e ao escoamento superficial, os quais permitem identificar alterações na composição geoquímica de um corpo d'água. Verifica-se nos mapas geológico (Mapa 2) e pedológico (Mapa 3) semelhanças em alguns aspectos das duas bacias, principalmente nas formações Vale do Rio do Peixe e Serra Geral, que coincidem com os mais altos valores apresentados de salinidade. O ribeirão Paraíso em princípio, deveria apresentar valores de NaCl semelhantes à bacia do córrego Cerrado/Cadunga, o que não acontece devido principalmente à precipitação na bacia do ribeirão Paraíso durante os meses de amostragem, cujos índices pluviométricos foram superiores aos da bacia do córrego Cerrado/Cadunga.

A precipitação aumenta a quantidade de água no corpo hídrico, ocasionando maior solubilidade dos sais presentes na água, o que é confirmado por Zillmer et al. (2007), que destacam que são três os principais elementos controladores da quantidade de sais nas águas superficiais e que alteram as concentrações dos cátions e ânions: a predominância rochosa, a precipitação atmosférica e os processos de evaporação da água.

Gráfico 23- Salinidade (NaCl) na água do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga



P.-Ribeirão Paraíso; C. Córrego Cerrado/Cadunga

Fonte: Própria autora (2016).

Conforme os dados do ribeirão Paraíso (Tabela 16), constata-se uma amplitude de valores de 10,97 até 20,46 mg/L de salinidade no período de inverno, cuja variabilidade pode ser justificada pelos agroquímicos que apresentam quantidades significativas de sais minerais em suas composições, os quais podem ser lixiviados no perfil do solo e/ou serem carregados superficialmente até o curso d'água.

A média das quatro estações climáticas foi de 15,13 mg/L, sendo a maior média na primavera com 15,81 mg/L. O desvio padrão das medidas foi de 2,53, sendo o maior na primavera com 3,00. O coeficiente de variação das medições 16,79%, podendo ser considerada como média dispersão dos dados. O menor CV 13,77% ocorreu na primavera e o maior no inverno 20,37%.

Tabela 16- Estatística descritiva da Salinidade em (mg/L) da bacia do ribeirão Paraíso

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	11,98	11,55	11,25	10,97	11,44
Máximo	18,32	18,76	18,29	20,46	18,96
Média	15,81	15,48	14,51	14,71	15,13
DP	2,18	2,39	2,55	3,00	2,53
CV %	13,77	15,42	17,58	20,37	16,79

DP- Desvio Padrão. CV.- Coeficiente de variação.

Fonte: Própria autora (2016).

No córrego Cerrado/Cadunga (Gráfico 23) observa-se que na primavera há um aumento da salinidade a partir do P05, o que pode ser justificado pelo lançamento de efluentes, bem como pela baixa pluviosidade no mês outubro com 64,80 mm.

Zillmer et al. (2007) em estudos no ribeirão Salgadinho verificaram que os dados da quantidade de íons disponíveis na água demonstraram nítido padrão de variação, decorrente do ciclo hidrológico. Nas épocas mais secas, houve aumento da quantidade de íons, devido à maior concentração dos sais minerais, enquanto que, no período de maior precipitação, ocorreu maior diluição dos sais para todos os pontos amostrais; fato análogo ao ocorrido no ribeirão Paraíso, mas não evidenciado no córrego Cerrado/Cadunga, justamente porque o lançamento de efluentes urbanos adiciona quantidades significativas de sais no corpo hídrico

Conforme a Tabela 17 a salinidade no córrego Cerrado/Cadunga apresenta os menores valores no outono e no inverno com 25,71 mg/L, principalmente pela baixa ocorrência de precipitação. A máxima foi na primavera com 67,01 mg/L. A média no córrego Cerrado/Cadunga é o dobro do ribeirão Paraíso, com destaque principalmente para a primavera com a maior média da série 47,66.

O desvio padrão médio do Cerrado/Cadunga foi de 11,19 sendo que a primavera teve o maior DP 15,84. O coeficiente de variação das medidas 28,40%, evidencia uma dispersão média dos dados. A primavera teve um DP de 15,84 considerado alta dispersão dos dados; enquanto que as demais estações apresentaram CV abaixo de 20%.

Tabela 17- Estatística descritiva de Salinidade (mg/L) da bacia do córrego Cerrado/Cadunga

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	29,47	30,02	25,71	25,71	25,71
Máximo	67,01	51,30	42,29	42,28	67,01
Média	47,66	42,22	33,84	33,89	39,40
DP	15,84	7,80	6,37	6,39	11,19
CV %	33,24	18,49	18,82	18,86	28,40

DP- Desvio Padrão. CV.- Coeficiente de variação

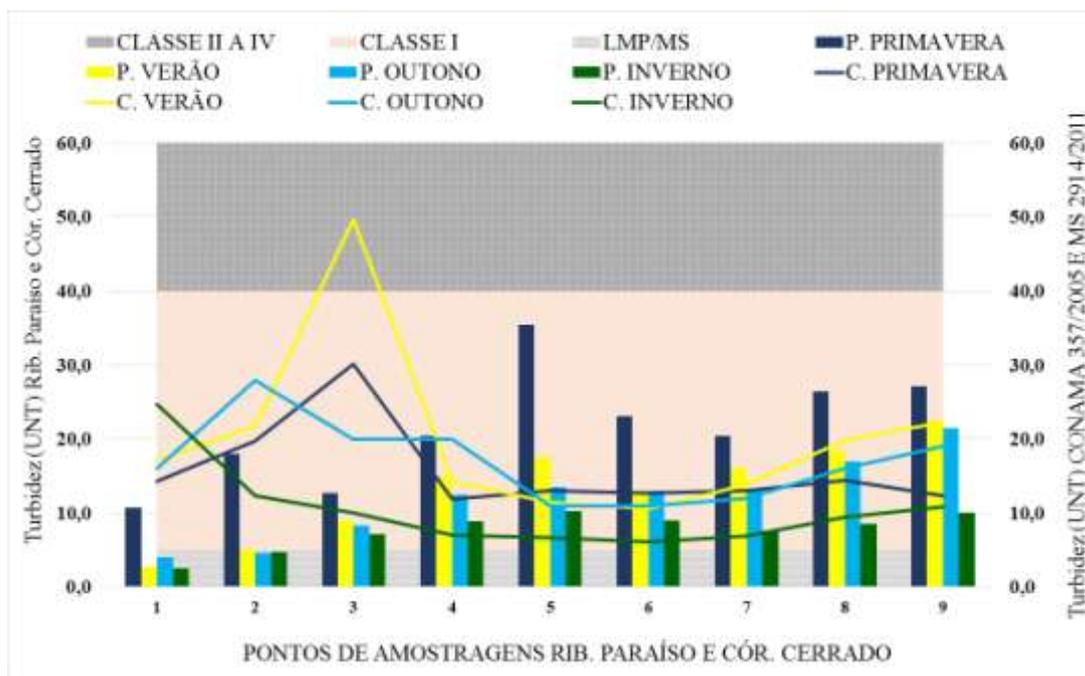
5.4.8 Turbidez

Segundo Raposo et al., (2009), um dos principais parâmetros de qualidade das águas, capaz de demonstrar alterações na dinâmica hidrossedimentar de uma bacia, é a turbidez, a qual sugere consequências da erosão acelerada. Von Sperling (1996) esclarece que a unidade de medida para turbidez da água é expressa pela Nephelometric Turbidity Units (UTN ou NTU), correspondendo à Unidade Nefelométrica. O apresentado nesta avaliação é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la.

O CONAMA na Resolução nº357/2005, estabelece que para águas superficiais de Classe I, a turbidez não deve exceder 40 UNT e para a Classes de II deve ser inferior a 100 UNT, acima de 100 UNT passa a ser considerado classe 3 e 4. Já a portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011, para água potável, afirma que este parâmetro não deve ultrapassar 5 UNT, mais restritiva em relação ao CONAMA, cuja justificativa pode ser pelo fato de que a Portaria-MS trata de água potável, sendo de fundamental importância a transparência da água.

O Gráfico 24 apresenta os valores da turbidez para as bacias e segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, estão dentro dos limites estabelecidos, sendo classificados como Classe I; exceto o ponto P03 no verão da bacia do córrego Cerrado/Cadunga classificado como Classe II, cujo valor está acima de 40 e abaixo de 100 UNT. Esse ponto apresenta uma quantidade significativa de matéria orgânica no fundo do corpo hídrico, constatada a partir da coleta de sedimentos realizada no local (Foto 36A), adicionalmente também pela presença de lavouras de abacaxi à montante (Foto 36B), cujos solos estão expostos, susceptíveis às ações intempéricas da chuva.

Gráfico 24- Turbidez na água do ribeirão Paraíso córrego Cerrado/Cadunga-MG.



Classes I a IV- Resolução CONAMA 357/2005; LMP/MS- Limite máximo permitido Portaria Ministério da Saúde; P=(Ribeirão Paraíso); C=(Córrego Cerrado/Cadunga)
 Fonte: Própria autora (2016).

Partículas em suspensão são causadoras da turbidez e substâncias em solução relativas à cor, podem ocasionar o agravamento. A turbidez limita a penetração de raios solares, restringindo a realização da fotossíntese que por sua vez, reduz a reposição do oxigênio (FARIAS, 2006). A Foto 37A evidencia também a coloração turva da água no P03 do córrego Cerrado/Cadunga, Assim como os solos descobertos nas lavouras de abacaxi a montante (Foto 37B).

Foto 37- Características físicas da proximidade do ponto 03.

A- Matéria orgânica, coletada junto ao sedimento.



B. Lavoura de abacaxi à montante.



Fonte: Própria autora (2015).

Nenhum dos pontos analisados do Córrego Cerrado/Cadunga, foram enquadrados nos limites estabelecidos pela portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011, cujo valor mínimo observado foi no P06 com 6,09 UNT no inverno, ultrapassando as 5 UNT.

A turbidez em sua maior parte segundo Pavanelli (2001), é provocada pela ação das chuvas, que, por meio de seus caminhos de escoamento na superfície do solo, carregam partículas de areia e argila. Tal afirmação corrobora os dados do presente trabalho, ressaltando-se que as maiores variações se deram nos primeiros pontos de amostragem, justamente onde o uso e ocupação é pela cultura de abacaxi, que deixa o solo muito exposto à ação das chuvas (Foto 37B).

Conforme a Tabela 18, a média das medidas é de 15,82 UNT. O verão foi a estação que apresentou a maior média de Turbidez 20,10 UNT. Destaca-se que no ano de 2015, a primavera e o verão foram considerados atípicos, face a precipitação total mensal ter ficado abaixo do esperado para o período. Nesse sentido, os valores de turbidez poderiam ter sido mais elevados, principalmente porque nestas estações é o período chuvoso no Bioma Cerrado. O desvio padrão das medidas foi de 7,25 UNT, com destaque para o verão que apresentou os maiores desvios 11,89 UNT e o menor DP ocorreu no outono 5,50 UNT; porém, ainda acima do estabelecido pela Portaria-MS nº 2.0914/11.

A bacia do córrego Cerrado/Cadunga apresentou alta dispersão dos dados com coeficiente de variação das medidas de 45,95%. A estação de maior variação foi o verão com 59,16%, e o menor no outono com 32,33%, também considerado alto.

Tabela 18- Estatística descritiva da Turbidez (UNT) da bacia do córrego Cerrado/Cadunga.

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	11,90	10,60	11,00	6,09	9,90
Máximo	30,10	49,70	28,00	24,66	33,12
Média	15,72	20,10	17,01	10,47	15,82
DP	5,87	11,89	5,50	5,75	7,25
CV (%)	37,36	59,16	32,33	54,93	45,95

DP- Desvio Padrão. CV.- Coeficiente de variação.

Fonte: Própria autora (2016).

A bacia do ribeirão Paraíso refletiu alta flutuação nos valores da turbidez (Gráfico 24). Partindo-se da estação primavera para as demais, houve um decréscimo visível na turbidez para toda a bacia, cuja explicação pode ser em função do uso do solo que se encontra exposto. Na primavera, período das amostragens que corresponde ao plantio e emergência de algumas culturas como a soja. Em alguns pontos como os P02, P05, P06, P07, P08 e P09 constatou-se

a presença de várias culturas em fase de implantação como a cana-de-açúcar, soja, milho e sorgo. Os elevados resultados de turbidez para a primavera estão ligados aos altos índices pluviométricos, considerados altos para esta estação, comparativamente à média histórica.

Os pontos P01 e P02 (Gráfico 24) da referida bacia estão dentro do estabelecido pela Portaria nº 2.914/2011 para as estações do verão, outono e inverno; os demais se enquadram na Classe I da resolução CONAMA nº 357/2005. A menor turbidez é a do ponto P01 2,75 UNT no verão, coletado em área de APP, a máxima no P05 com 35,45 UNT na primavera. A média das medidas é de 13,61 UNT, cujo maior desvio padrão é de 7,6, refletindo em alta dispersão dos dados, resultando no coeficiente de variação 55,8%.

Conforme a Tabela 19, a menor turbidez de 2,50 UNT foi mensurada no inverno e a maior 35,45 UNT na primavera. A média do verão 13,26 UNT foi a que mais se aproximou da média das medidas 13,61 UNT, cujo desvio padrão das medidas é de 5,56 para todos pontos. O coeficiente de variação das medidas 41,11% para toda bacia, caracteriza alta dispersão de dados. Os dados relativos a estação do verão, apresentaram um CV de 48,94%, seguido do outono e primavera.

Tabela 19- Estatística descritiva da Turbidez (UNT) da bacia do Ribeirão Paraíso

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	10,69	2,75	4,05	2,50	5,0
Máximo	35,45	22,50	21,50	10,27	22,43
Média	21,60	13,26	11,95	7,64	13,61
DP	7,61	6,49	5,59	2,56	5,56
CV (%)	35,22	48,94	46,81	33,45	41,11

DP- Desvio Padrão. CV.- Coeficiente de variação

Fonte: Própria autora (2016).

5.4.9 Fósforo

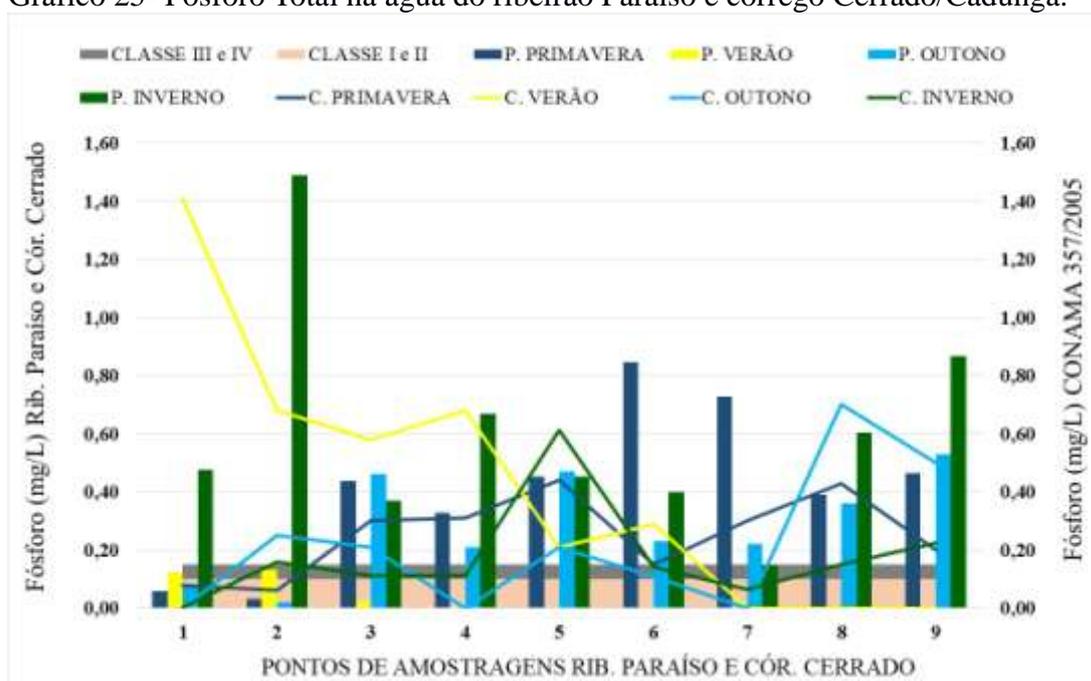
O fósforo é o principal valor limitante da produtividade primária dos ecossistemas aquáticos. Todo fósforo presente em águas naturais pode ter origem na geologia, no material particulado na atmosfera, além de fontes artificiais, como do esgoto e do deflúvio superficial agrícola, que carrega compostos químicos e fertilizantes (FARIAS 2006).

Segundo a resolução CONAMA nº 357/2005, os limites estabelecidos para as Classes I e II é de até 0,1 mg/L as Classes III e IV, o valor máximo permitido é de 0,15 mg/L. A portaria nº 2.914/2011, do Ministério da Saúde, para água potável, não possui limites estabelecidos para este parâmetro, não havendo restrição quanto ao consumo desta substância, tão importante nos estudos de qualidade de água.

No Gráfico 25, observa-se significativas variações no teor de fósforo na água das duas bacias. O ribeirão Paraíso no período da primavera, excedeu os valores máximos estabelecidas pela resolução CONAMA para todas as classes, coincidindo com o período de semeadura e adubação de algumas culturas, juntamente com o elevado índice pluviométrico do mês de novembro, acarretando a presença excessiva de fósforo na água.

Na bacia do ribeirão Paraíso (Gráfico 25), observou-se que no período do verão os valores de fosforo oscilaram os P01 e P02, permaneceram dentro dos padrões estabelecidos pela CONAMA n° 357/2005 de classe II, e os P03 a P09, classes I e II, cujo período correspondente à fase de início da maturação da soja, quando não há aplicação de fertilizantes.

Gráfico 25- Fósforo Total na água do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.



Classes I a IV- Resolução CONAMA 357/2005; P.-Ribeirão Paraíso; C. Córrego Cerrado/Cadunga
Fonte: Própria autora (2016).

No outono, os valores de fósforo voltam a elevar-se na bacia do ribeirão Paraíso, face este período corresponder à adição de insumos agrícolas nas lavouras, principalmente adubação, bem como a presença da chuva. No inverno, a última amostragem realizada nesta bacia também apresentou fortes oscilações nos resultados, observando que ocorreram chuvas nos dias que antecederam as coletas no período correspondente ao inverno e, ainda, chuviscos durante as amostragens entre os pontos 8 e 9 (Foto 37 A). Destaca-se o P02, que apresentou o

valor máximo no teor de fósforo de toda a série analisada 1,49 mg/L. Nas proximidades desse ponto amostral, havia cultivo de cana-de-açúcar, a qual foi colhida dias antes da amostragem (Foto 37 B).

Foto 38- Vestígios de precipitação e palhada da cana-de-açúcar

A-Vestígio de chuva antecedente a amostragem



B-Palhada da Cana-de-açúcar, próximo ao P02



Fonte: Própria autora (2015)

A substituição da mata nativa por monoculturas, ou seja, espécies exóticas, causa a quebra do ciclo natural dos nutrientes aportados nos solos das bacias da presente pesquisa. Espécies como a soja e o milho, respondem com altas produtividades, desde que sejam adicionados artificialmente fertilizantes químicos, isto é, produtos com elevados teores de nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), com intuito de garantir aumento da produção. Frequentemente, a aplicação desses elementos, são superiores à própria capacidade de assimilação dos vegetais e esse excesso tende a escoar superficialmente pelo terreno, até atingir os ambientes aquáticos, conforme constatado em ambas as bacias.

A bacia do ribeirão Paraíso (Tabela 20), apresenta um teor médio de fósforo de 0,34 (mg/L), com destaque para o inverno com a maior média da série analisada 0,61 (mg/L) e o verão com a menor 0,03 (mg/L). Esses aumentos podem ser relacionados aos herbicidas como glifosato que possui fósforo na sua composição; e que segundo Yamada e Castro (20--) é o mais utilizado na dessecação das lavouras, com intuito de uniformizar a colheita e no pré-plantio.

O coeficiente de variação das medidas evidencia alta dispersão dos dados 92,03%; cujo destaque foi para o verão com CV 177,46%.

Tabela 20- Estatística descritiva do Fósforo (mg/L) da bacia do ribeirão Paraíso

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	0,03	0,00	0,02	0,15	0,05
Máximo	0,85	0,13	0,53	1,49	0,75
Média	0,42	0,03	0,29	0,61	0,34
DP	0,27	0,06	0,18	0,39	0,23
(*) CV %	64,41	177,46	62,35	63,88	92,03

DP- Desvio Padrão. CV.- Coeficiente de variação

Fonte: Própria autora (2016).

Na bacia do córrego Cerrado/Cadunga (Gráfico 25), observa-se extensivas variações no teor de fósforo de uma estação para outra. Na primavera os pontos P01 e P02 correspondem as amostras oriundas das lavouras de abacaxi, em fase de plantio. A concentração de fósforo nesse período se encontra dentro dos padrões estabelecidos pelo CONAMA nº 357/2005 para Classe I. Ainda neste período, os pontos 03 ao 09 estão fora dos padrões estabelecidos pela citada resolução. O ponto 04 pode estar sofrendo influência das lavouras de abacaxi à montante e os demais podem ser justificados pela presença de esgoto.

Segundo a CETESB (2009), as águas drenadas, tanto em áreas agrícolas quanto em áreas urbanas, podem conter a presença excessiva de fósforo nos mananciais. Além do esgoto sanitário, outros tipos de efluentes industriais, como os de indústrias alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, fertilizantes e pesticidas, apresentam fósforo em quantidades excessivas. Na bacia do córrego Cerrado/Cadunga, ocorre a presença de indústria de processamento de abacaxi e laticínio. Segundo relatos da população local, em alguns momentos há lançamento de resíduos no córrego através de um canal (Foto 39); fato não evidenciado nos trabalhos em nível de campo.

Foto 39- Canal de ligação de indústria alimentícia à rede de drenagem no município de Canápolis-MG.



Fonte: Própria autora (2015).

No verão a concentração de fósforo se elevou, principalmente nos pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 (Gráfico 25), que estão fora dos padrões exigidos pelo CONAMA nº 357/2005. Cabe ressaltar que este período compreende a fase vegetativa da cultura do abacaxi, cujo trato cultural requer adubações com repetições de 30 a 60 dias. O ponto P05 refere-se ao lançamento de efluentes urbanos no curso d'água, tendo como consequência o teor de fósforo fora dos padrões estabelecidos pela referida resolução.

Verificou-se que, além da presença da cultura do abacaxi, existe ainda criação de gado de forma intensiva com rotação de pastagem próxima aos pontos 1, 2 e 3. Tal manejo animal resulta em um grande número de cabeças em uma pequena área de pasto, cuja recuperação da mesma requer o uso de fertilizantes; fato constatado *in loco* (Fotos 39 A e B); bem como a presença de animal próximo ao curso d'água.

Foto 40- Adubação manual e dessedentação animal.

A- Adubação manual com ureia. B- Dessedentação animal.



Fonte: Própria autora (2015).

Desde 1975, o instituto nacional de alimentos afirma que os dejetos de “animais em confinamento ou em regime de criação extensiva, como o gado, podem produzir até 2,5 kg de fósforo por tonelada de excremento”. Tal relato pode ser um dos possíveis contribuintes para o elevado nível de fósforo dos pontos iniciais.

O córrego Cerrado/Cadunga apresentou oscilações no teor de fósforo nas estações do outono e inverno. Os valores outono como nos pontos 1, 4, 6 e 7, estão enquadrados dentro dos padrões da resolução CONAMA nº 357/2005 para as Classes I e II; os demais oscilaram sempre fora dos limites. No inverno, somente os pontos 1 e 2 se enquadraram como Classes I e II; e os pontos 4, 6 e 7, foram enquadrados nas classes III e IV. Os pontos 5, 8 e 9 foram os

que apresentaram os maiores valores de fósforo, principalmente o ponto 5, em cujo local de coleta ocorre o lançamento de efluentes urbanos (Gráfico 25).

A flutuação nos valores de fósforo segundo alguns autores, dentre eles Tundisi (2006), é que tal elemento pode ser carregado até os cursos d'água, oriundo das áreas agrícolas. Levando-se em consideração que ambas as bacias têm caráter agrícola, este pode ser o fato da justificativa do aporte de fósforo encontrado nos cursos d'água em questão.

O córrego Cerrado apresentou média das medidas de Fósforo igual a 0,27 mg/L (Tabela 21); a menor média ocorreu no período de inverno 0,18 mg/L e o valor máximo no verão com 1,41 mg/L. As maiores oscilações de valores deu-se no verão e outono, e o menor desvio ocorreu no período da primavera. Os maiores CV com 109,85 é observado no outono.

Tabela 21- Estatística descritiva do Fósforo (mg/L) da bacia do Córrego Cerrado/Cadunga

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	0,06	0,00	0,00	0,00	0,02
Máximo	0,44	1,41	0,70	0,61	0,79
Média	0,25	0,43	0,22	0,18	0,27
DP	0,14	0,47	0,24	0,17	0,26
CV %	55,11	108,73	109,85	99,74	93,36

DV- Desvio Padrão; CV- Coeficiente de Variação

Fonte: Própria autora (2016).

Estudos realizados por Sharpley et al. (1999), em bacias hidrográficas dos Estados Unidos, demonstraram claramente que a perda de fósforo pela enxurrada aumenta na medida em que as florestas diminuem e as áreas com agricultura aumentam. O fósforo é um nutriente essencial para o cultivo de vegetais e criação de gado e que uma vez, atingindo o ambiente aquático, promove o enriquecimento da água, o qual desencadeia o processo de eutrofização do ambiente.

5.4.10 Nitrogênio Amoniacal

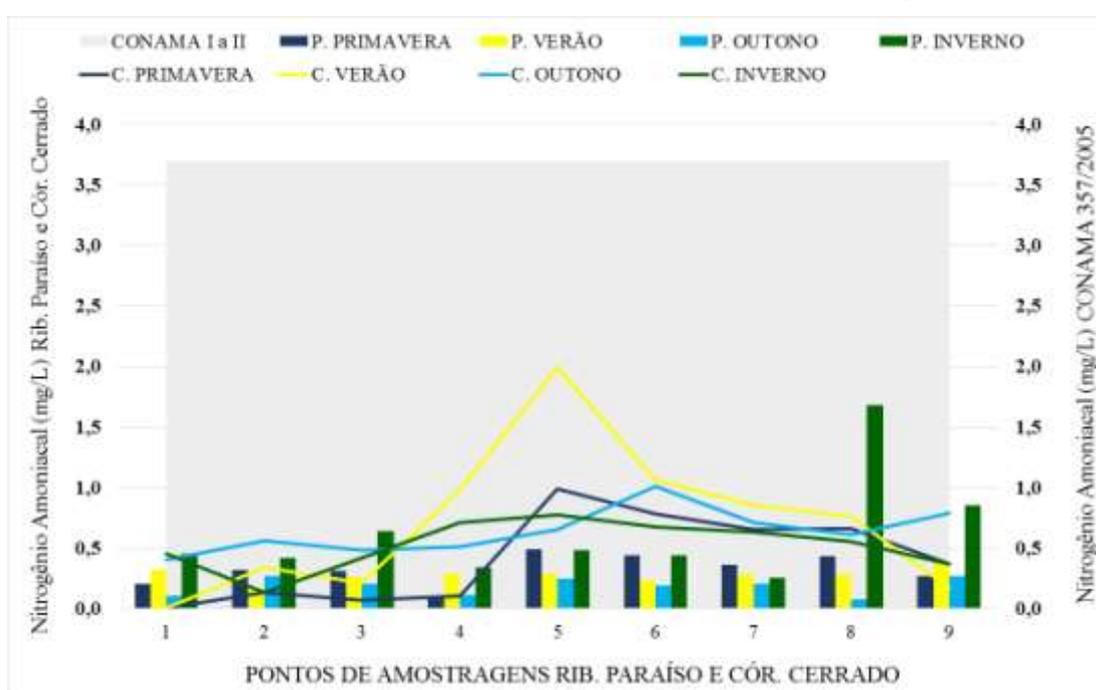
Esteves (1998) afirma que o nitrogênio amoniacal é resultado da decomposição de material orgânico produzido por bactérias heterotróficas. Para Reis e Mendonça (2009), o nitrogênio amoniacal é, também, constituinte comum no esgoto sanitário, resultado direto de descargas de efluentes domésticos e industriais, da hidrólise da ureia e da degradação biológica de aminoácidos e outros compostos orgânicos nitrogenados.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece que o nitrogênio amoniacal em ambientes lóticos para as Classes I e II, é de 3,7 mg/L e para as Classes III e IV o de 13,3

mg/L. A Portaria nº 2. 914/2011, do Ministério da Saúde para água potável, não estabelece limites máximo permitido para este parâmetro.

O gráfico 26 apresenta a variação dos valores de nitrogênio amoniacal para ambas as bacias, as quais se enquadram nas Classes I e II da referida Resolução, com valores abaixo de 3,7 mg/L; porém, é visível a discrepância entre as duas bacias. O córrego Cerrado/Cadunga apresenta valores mais elevados para quase toda a extensão do corpo hídrico, para praticamente todas as estações climáticas.

Gráfico 26- Nitrogênio amoniacal na água do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga



P.- Ribeirão Paraíso; C.- Córrego Cerrado.

Fonte: Própria autora (2016)

Na bacia do córrego Cerrado/Cadunga as maiores alterações ocorreram no ponto 5, local que ocorre o lançamento de efluentes urbanos. Estudos semelhantes realizados por Pontes, Marques e Marques (2012), na microbacia do córrego Banguelo-MG, os autores observaram que a concentração de nitrogênio total esteve elevada em três dos nove pontos estudados, cujos valores oscilaram entre 150 e 330 mg/L; resultados que indicam contaminação por efluentes urbanos lançados no corpo hídrico, diferente dos valores encontrados no córrego cerrado/Cadunga.

Tais informações permitem inferir que mesmo parte do curso d'água sendo afetada pelos efluentes urbanos, não parece ser o único fator condicionante da presença deste

parâmetro na bacia do córrego Cerrado/Cadunga. A justificativa pode estar no contexto da ocupação da referida bacia; ou seja, área urbana a partir do ponto 4, indústrias de processamento de abacaxi, próximas ao ponto 01, indústria de processamento de leite, presença de áreas agrícolas e pastagens.

Conforme a Tabela 22 a média das medidas da concentração do nitrogênio amoniacal para o córrego Cerrado/Cadunga foi de 0,57 mg/L, sendo a estação do verão que apresentou a maior média 0,71 mg/L e a menor na primavera com 0,42 mg/L. O maior desvio padrão da série foi 0,62 mg/L no verão. O coeficiente de variação das medidas alcançou 60,44% evidenciando grande dispersão de dados; exceto o período do outono com dispersão média de 28,99%.

Tabela 22- Estatística descritiva do Nitrogênio Amoniacal (mg/L) da bacia do córrego Cerrado/Cadunga

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	0,00	0,00	0,40	0,13	0,13
Máximo	0,99	1,99	1,01	0,77	1,19
Média	0,42	0,71	0,64	0,52	0,57
DP	0,36	0,62	0,18	0,20	0,34
CV %	87,06	87,21	28,99	38,51	60,44

DP- Desvio Padrão; CV Coeficiente de Variação.

Fonte: Própria autora (2016).

O nível do nitrogênio amoniacal (Gráfico 26) no ribeirão Paraíso, também está dentro dos padrões das Classes I e II estabelecidos pelo CONAMA 357/2005, cujo valor mínimo de 0,08 mg/L ocorreu no P08 no outono, e o máximo de 1,68, também no P08, no inverno. Observando-se o comportamento da precipitação, o mês de maio apresentou o maior índice pluviométrico e o inverno o menor. Porém, ressalta-se que ocorreram chuvas dias antes das coletas das amostras no inverno, fato que pode ter influenciado na presença de tal parâmetro.

Esteves (1998) afirma que em áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio, como é o caso da bacia do ribeirão Paraíso, caracterizada como agrícola. A média das medidas de nitrogênio amoniacal para todas as estações climáticas foi de 0,35 mg/L (Tabela 23), considerada de boa qualidade pelos padrões da Resolução CONAMA 357/2005. O Coeficiente de variação das medidas com 42,32% considerado alto, principalmente o do inverno com 70,52%.

Tabela 23-Estatística descritiva do Nitrogênio Amoniacal da Bacia do Ribeirão Paraíso

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	0,10	0,17	0,08	0,25	0,15
Máximo	0,49	0,38	0,27	1,68	0,71
Média	0,32	0,28	0,19	0,62	0,35
DP	0,12	0,06	0,07	0,43	0,17
CV %	38,10	21,11	39,54	70,52	42,32

DP- Desvio Padrão; CV- Coeficiente de variação.

Fonte: Própria autora (2016).

Vasco et al. (2011), em estudos realizados na sub-bacia do rio Poxim-Sergipe, relataram que o nitrogênio amoniacal oscilou de 0,006 a 0,753 mg/ L, com valores médios de 0,463 e 0,376 mg/L, nas estações E3 e E4, no período chuvoso, e valores médios de 0,252, 0,284 e 0,179 mg/L, no período seco, nas estações E2, E3 e E4. As maiores concentrações ocorreram nas estações da região com influência urbana. Os valores de nitrogênio amoniacal ficaram dentro do limite permitido (1,0 mg/L) pela Resolução CONAMA 357/05, para águas doces de Classe 2. Fato semelhante ao ocorrido nas duas bacias analisadas, tanto com influência urbana quanto com influência agrícola.

5.4.11 Nitrato

O nitrato é um elemento de grande importância para os ecossistemas aquáticos, pois, juntamente com os íons amônio, representam as principais fontes de nitrogênio para os produtores primários (ESTEVEZ, 1998). O nitrato é uma substância química derivada do nitrogênio que, em baixas concentrações, se encontra de forma natural na água e no solo (FOSTER; HIRATA, 1988). Porém, essas concentrações podem ser alteradas devido ao uso intensivo de fertilizantes na agricultura e a coleta e disponibilização inadequada dos esgotos domésticos (ROSSI et al., 2007).

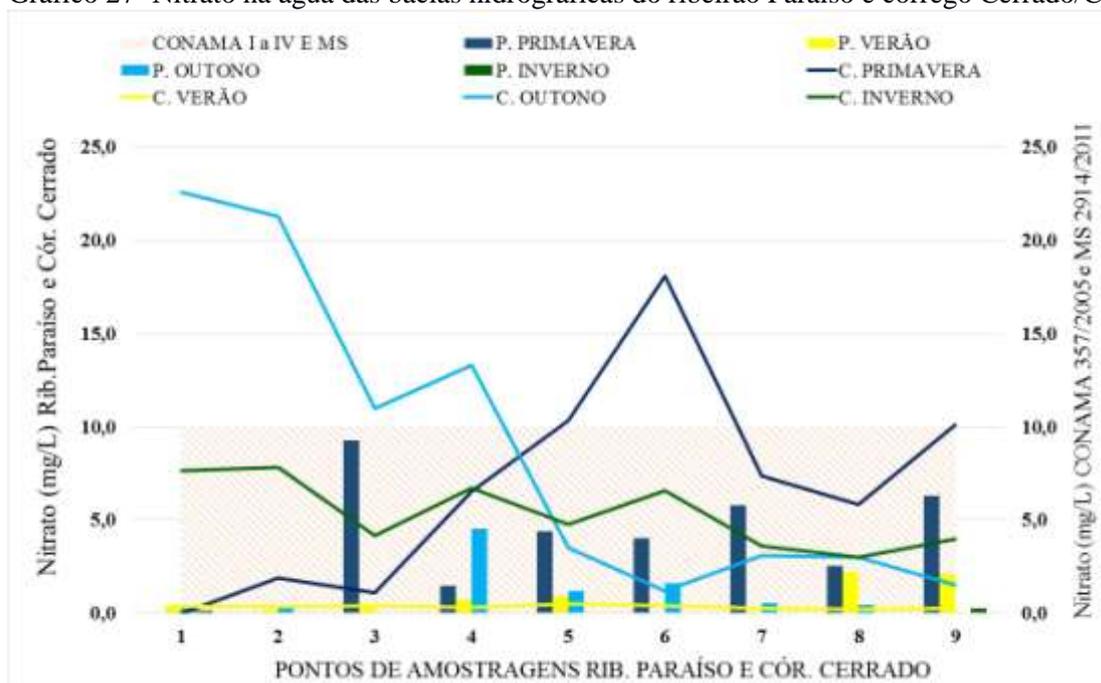
A Resolução CONAMA 357/2005, estabelece que o limite máximo permitido para as Classes I a IV é de 10,0 mg/L de nitrato. A mesma quantidade também estabelecida pela Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde para água potável, as quais se mostram restritivas quanto à presença de tal parâmetro para consumo humano.

Os nitratos são produzidos no solo pela nitrificação da amônia e do nitrogênio, sendo facilmente liberados pelo solo, especialmente na ocorrência de fortes precipitações, (Matos, 2010). Os nitratos provenientes do solo chegam mais rapidamente aos corpos d'água do que o fósforo ou outros nutrientes. Apesar de serem nutrientes essenciais para as plantas, podem, em excesso, podem ser prejudiciais na água.

O Gráfico 27 apresenta os valores de nitrato disponíveis as duas bacias. O ribeirão Paraíso apresenta valores dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e pelo MS 2914/2011, para todas as estações climáticas analisadas. Observa-se ainda que os valores máximos ocorreram na primavera, principalmente o ponto 03 com 9,25 mg/L, cuja amostra é oriunda de área com solos descobertos, próximo ao cultivo de cana-de-açúcar.

A média das medidas foi de 1,40 mg/L (Tabela 24) para todas as estações climáticas analisadas; com desvio padrão das medidas com 1,36 mg/L, refletindo no coeficiente de variação das medidas com 133,45%; valor altíssimo de dispersão dos dados, cujas maiores variações foram observadas nas estações da primavera e do outono.

Gráfico 27- Nitrato na água das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.



MS- Ministério da Saúde; P. Ribeirão Paraíso; C- Córrego Cerrado.

Fonte: Própria autora (2016)

A primavera corresponde ao período de adubação do solo, plantio e, em alguns casos, emergência das lavouras próximas ao corpo hídrico. Estas atividades, juntamente com o elevado índice pluviométrico do mês de novembro, podem estar relacionadas à maior concentração de tal elemento no corpo hídrico.

Tabela 24- Estatística descritiva do Nitrato (mg/L) da bacia do ribeirão Paraíso

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Máximo	9,25	2,23	4,55	0,25	4,07
Média	3,75	0,79	1,01	0,04	1,40
DP	3,09	0,84	1,43	0,09	1,36
(*) CV %	82,35	105,94	142,20	203,31	133,45

DP- Desvio Padrão; CV- Coeficiente de variação.

Fonte: Própria autora (2016).

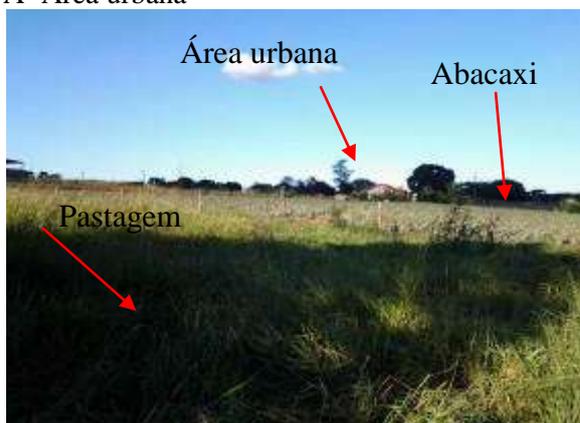
As maiores flutuações (Gráfico 27) para o nitrato na bacia do córrego Cerrado/Cadunga, ocorreram na primavera e no outono, sendo que vários pontos amostrais ficaram fora dos padrões estabelecidos pelo CONAMA 357/2005 e pelo MS 2914/2011. Destacam-se os pontos 5, 6 e 9, principalmente o P6; esclarecendo que à montante do ponto 5 há lançamento de efluentes domésticos e industriais. Conforme caracterização da área, esse ponto encontra-se em local pastagem. No entanto, em boa parte do percurso entre os pontos 5 e 6, lado esquerdo em relação à montante, encontram-se áreas agrícolas com cana-de-açúcar, soja e banana, e, do lado direito, a presença de soja e cana-de-açúcar.

Hermes e Silva (2004) afirmam que a quantidade de nitrato e amônia em águas superficiais é baixa (< 1 mg/L). Concentrações acima de 5 mg/L de NO_3 , normalmente, indicam poluição por fertilizantes usados na agricultura ou dejetos humanos e animais. Em áreas de uso intenso de fertilizantes químicos ou dejetos de animais, as concentrações de nitrato são extremamente significativas, podendo, em alguns casos, atingirem níveis próximos a 500 mg/L. Fato constatado na bacia do córrego Cerrado/Cadunga que no outono apresentou, valores máximos nos pontos iniciais da bacia, evidenciando que os efluentes urbanos não são o único condicionante da presença do nitrato na água, com destaque principalmente para o ponto 1, que com valor máximo de 22,60 mg/L (Tabela 25). Essa área caracteriza-se pela presença de pastagem e cultura do abacaxi, cujo período de amostragem coincidiu com o processo de indução e adubação do abacaxi.

Ressalta-se que o ponto 4 encontra-se próximo do perímetro urbano, sendo influenciado também pela lavoura de abacaxi, pastagem, e presença de suínos criados soltos, (Fotos 41A e B).

Foto 41 - Uso e ocupação nas proximidades do ponto 4

A- Área urbana



B- Criação de suínos



Fonte: Própria autora (2015).

Nas estações de verão e inverno, os valores de nitrato estiveram dentro dos padrões exigidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e pelo MS 2914/2011. Nesse período não há aplicação de defensivos e fertilizantes na região. A média das medidas do nitrato foi de 5,36 mg/L para todas as estações (Tabela 25). O desvio padrão das medidas de 4,02 e um coeficiente de variação das medidas 59,80%, considerado alto, justificado principalmente pelos dados das estações da primavera e do outono com CV de 94,96%.

Tabela 25- Estatística descritiva do Nitrato (mg/L) da bacia do córrego Cerrado/Cadunga

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	0,00	0,20	1,20	3,00	1,1
Máximo	18,10	0,50	22,60	7,83	12,26
Média	6,81	0,33	8,94	5,36	5,36
DP	5,65	0,09	8,49	1,84	4,02
CV %	83,03	26,89	94,96	34,31	59,80

DP- Desvio Padrão; CV- Coeficiente de variação.

Fonte: Própria autora (2016).

5.4.12 Nitrito

Segundo a EMBRAPA (2011), o nitrito é um estado de oxidação intermediário de nitrogênio e ocorre tanto pela oxidação do amônio (amônia ionizada NH_4^+), como pela redução do nitrato.

Madruca (2008) afirma que o nitrito “é uma forma química do nitrogênio, normalmente encontrada em pequenas quantidades nas águas superficiais e subterrâneas”, pois o nitrito é mutável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária.

Sua presença indica ocorrência de processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica.

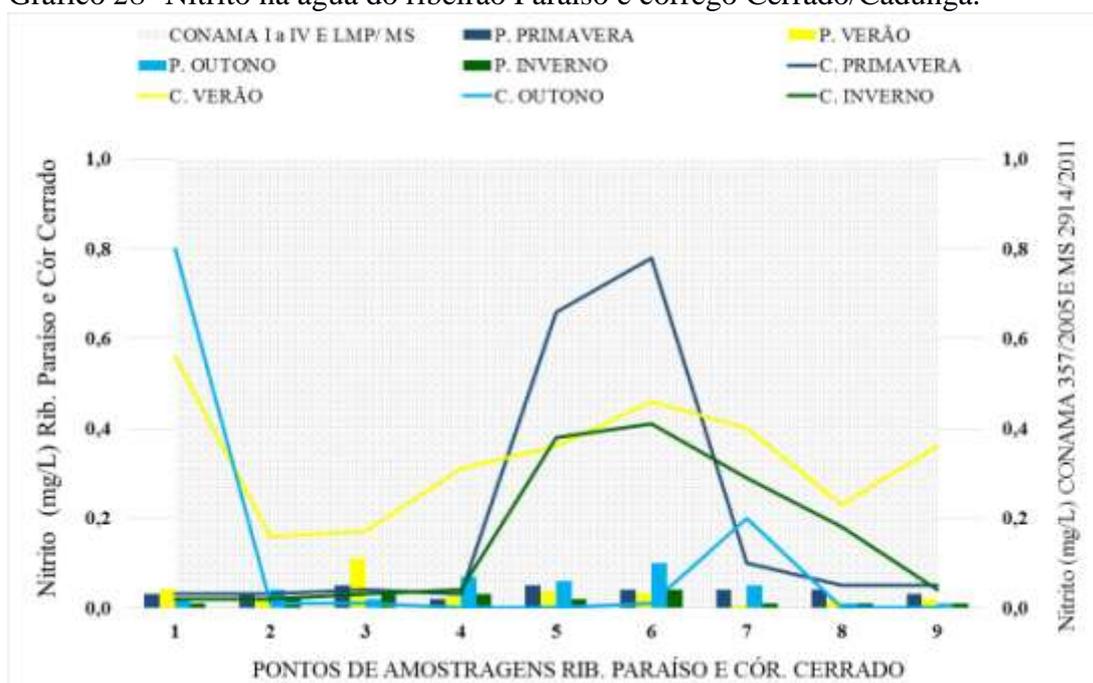
Conforme a Resolução CONAMA n. 357/2005, o valor máximo permitido de nitrito em ambientes lóticos é de 1,0 mg/L para todas as Classes. O Ministério da Saúde na Portaria n. 2.914/2011, também estabelece limite máximo de 1,0 mg/L em água potável.

O Gráfico 28 apresenta o teor do nitrito para ambas as bacias. Observa-se que as concentrações estão dentro dos padrões exigidos pelo CONAMA para as Classes I a IV e pela Portaria do Ministério da Saúde. Conforme pode ser constatado e de acordo com a EMBRAPA (2011), onde houve a redução do nitrato, ocorreu o aumento do nitrito, como na estação do verão, referente ao Córrego Cerrado/Cadunga, que apresentou a maior diferenciação do nitrato. O comportamento desta bacia na primavera, em que os maiores valores de nitrato foram os mesmos pontos (P5 e P6), cujos teores nestes, podem ser justificados pela presença dos efluentes domésticos e industriais despejados no curso d'água.

Para o período do verão, o nitrito apresentou valores elevados para todos os pontos amostrais. Seguindo ainda a comparação com o nitrato, o mesmo período analisado mostrou-se estável com valores abaixo dos apresentados pelo nitrito; em contrapartida, no verão, para nitrito, estas flutuações foram maiores, principalmente para os pontos 5 e 6, indicando a presença de processos biológicos ativos, contaminação recente.

No outono e inverno, observa-se que também houve maiores flutuações nos pontos 1 e 7, as quais podem ser justificadas pela presença das áreas agrícolas, e os pontos 5 e 6, no inverno, levando-se a supor que o lançamento dos efluentes urbanos é um forte condicionante da presença deste parâmetro no curso d'água. Nessa análise, o córrego Cerrado/Cadunga apresentou uma média das medidas de 0,20 mg/L em todas as estações climáticas, com desvio padrão das medidas de 0,22 mg/L e coeficiente de variação das medidas muito alto, alcançando 131,90% de dispersão; cujos pontos de maior influência em tal variabilidade são os P5 e P6 (Gráfico 28 e Tabela 26).

Gráfico 28- Nitrito na água do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.



LMP/MS= Limite máximo permitido Ministério da Saúde;

P= Ribeirão Paraíso; C= Córrego Cerrado/Cadunga.

Fonte: Própria autora (2016)

Franca (2006) corrobora que a aplicação de fertilizantes nitrogenados, tanto inorgânicos como proveniente de esterco animal, deposição atmosférica, efluentes urbanos, bem como lixiviação de áreas agrícolas e lixões são condicionantes da presença de nitrito nas águas superficiais. Não somente locais com alto aporte de nitrogênio, mas também solos bem drenados e áreas com pouca vegetação, constatado também na bacia do córrego Cerrado/Cadunga.

Tabela 26- Estatística descritiva do Nitrito (mg/L) da bacia do Córrego Cerrado/Cadunga

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	0,03	0,16	0,00	0,02	0,05
Máximo	0,78	0,56	0,80	0,41	0,64
Média	0,20	0,33	0,11	0,16	0,20
DP	0,30	0,13	0,27	0,16	0,22
(*) CV %	152,03	39,73	231,68	104,15	131,90

DP- Desvio Padrão; CV- Coeficiente de variação.

Fonte: Própria autora (2016).

De acordo com a Tabela 27, o nitrito na bacia do ribeirão Paraíso, apresentou o valor máximo no período do verão com 0,11 mg/L, e o valor mínimo repetiu-se nas amostragens do outono e inverno; a média das medidas foi de 0,03 mg/L, considerado baixo teor de nitrito nas águas. O desvio padrão das medidas é de 0,02, sendo que os maiores desvios ocorreram no verão e outono, conseqüentemente influenciando o coeficiente de variação das medidas acima

de 61% para toda a bacia, considerado alta a dispersão dos dados, justamente por esta variação pontual dos valores. Destaca-se o período do verão que apresentou a maior dispersão com 88%, e a primavera com o menor coeficiente de variação de 27%. Neste sentido pode-se inferir que não há contaminação por nitrito recente no ribeirão Paraíso, cuja principal fonte estaria ligada à adubação nitrogenada dos solos.

Tabela 27- Estatística descritiva de Nitrito (mg/L) da bacia do ribeirão Paraíso

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Máximo	0,05	0,11	0,10	0,04	0,08
Média	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03
DP	0,01	0,03	0,03	0,01	0,02
CV %	27,27	88,87	73,83	55,90	61,47

DP- Desvio Padrão; CV- Coeficiente de variação.

Fonte: Própria autora (2016).

Trabalho de Esteves (1998), corroborou no sentido de que em altas concentrações o nitrito é extremamente tóxico à maioria dos organismos aquáticos. Nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito são compostos que estão diretamente relacionados com processos de produção e de decomposição de material orgânico, os quais se apresentam em grande quantidade em ambas as bacias, sejam eles por processos naturais ou antropogênicos, e ainda aos agroquímicos adotados no manejo dos solos de ambas as bacias.

5.4.13 Cobre

Segundo a Resolução CONAMA 357/2005, o valor máximo permitido para o Cobre (Cu) referente as Classes I e II é de 0,009 (mg/L) e Classes III e IV é de 0,013 (mg/L). O Ministério da Saúde portaria n. 2914/2011 estabelece limite máximo de 2,0 mg/L. O MS mostra-se menos restritivo quanto ao consumo de Cu em água potável.

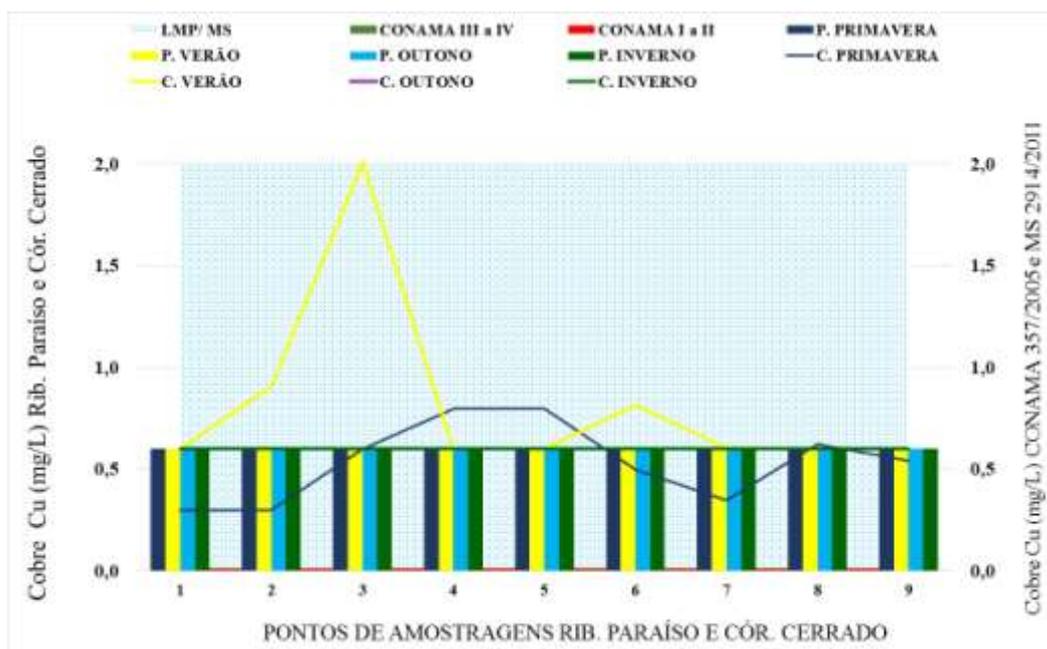
Analisando-se o Gráfico 29, observa-se que ambas as bacias estão fora dos padrões estabelecidos pelo CONAMA 357/2005, porém dentro do limite máximo permitido pelo MS 2914/2011. A bacia do Ribeirão Paraíso mostrou-se linear quanto a presença de Cu no curso d'água, em todos os pontos amostrais, para todas as estações climáticas analisadas, não apresentando valores mínimos e máximos. Não apresentou desvio padrão e nem coeficiente de variação, o valor encontrado para este elemento foi de 0,600 mg/L; acima do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005; porém inferior ao estipulado pela MS portaria 2.914/2011.

No caso específico do cobre, sua especiação em águas naturais é influenciada por fenômenos físico-químicos, tais como a complexação por ligantes orgânicos e inorgânicos, a adsorção por oxi-hidróxidos metálicos e argilominerais e as reações de troca que ocorrem na interface água-sedimento. A interação do cobre com a matéria orgânica dissolvida ou com o material particulado em suspensão, por exemplo, levam à formação de espécies ditas não biodisponíveis do metal (CAMPBELL, 1995; WARREN, 2001; STUMM e MORGAN, 2007).

Para a bacia do córrego Cerrado/Cadunga conforme o gráfico 29, verifica-se oscilação dos valores nas estações da primavera com valor máximo de 1,0 mg/L e no verão onde houve um aumento significativo em alguns pontos P2, P3 e P6, com destaque para o P3 com valor máximo de toda a série de dados, alcançando 2,01 mg/L. Este ponto é o mais próximo à UTC e à montante ocorre lavouras de abacaxi e pastagens de ambos os lados da bacia.

Com relação aos demais pontos entre eles o P02, cujo uso da área se caracteriza por pastagem e cultura de abacaxi em ambos os lados do curso d'água e o ponto P6, em que o uso da terra é por pastagem, bem como circundada por lavouras de culturas anuais. Sendo assim, é possível afirmar que o uso e ocupação local tenham mais influência sobre a qualidade da água do que propriamente o lançamento de efluentes urbanos constatado entre pontos 4 e 5, pois o ponto 6 encontra-se, em média, a 6 km da área de lançamento.

Gráfico 29- Cobre (Cu) na água do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga



LMP/MS- Limite máximo permitido Ministério da Saúde;

P= Ribeirão Paraíso; C= Córrego Cerrado/Cadunga

Fonte: Própria autora (2016)

Observa-se que as demais estações como outono e inverno, apresentaram valores lineares de cobre. Ainda em relação às flutuações encontradas, o menor valor encontrado foi de 0,299 mg/L para os pontos 1 e 2 na primavera, cuja média de 0,637 mg/L; desvio padrão de 0,263 mg/L e coeficiente de variação de 41%; portanto, alta dispersão de valores

Rozan e Benoit (1999) estudaram os principais fatores geoquímicos responsáveis pelo controle da especiação do cobre, em rios submetidos a diferentes níveis de impacto na bacia do rio Delaware (EUA) e observaram que a concentração total de complexos de sulfetos de cobre variava em função de aspectos naturais e antropogênicos. Concentrações inferiores de cobre foram encontradas em regiões menos urbanizadas, em que a presença destes complexos foi atribuída a processos naturais. Fato semelhante ao ocorrido na bacia do ribeirão Paraíso, que não apresenta área urbana, porém não pode-se afirmar que a presença do cobre seja de origem natural, uma vez que a referida bacia é largamente utilizada por agricultura, principalmente da cana-de-açúcar.

Conforme já exposto por Ramalho et al. (2000), os metais fazem parte dos componentes ativos de vários agroquímicos, destacando sais de Zinco, Arsenatos de Cobre e de Chumbo, além de compostos organo-metálicos, podendo ser esta a principal fonte de origem antropogênica do cobre na bacia do ribeirão Paraíso.

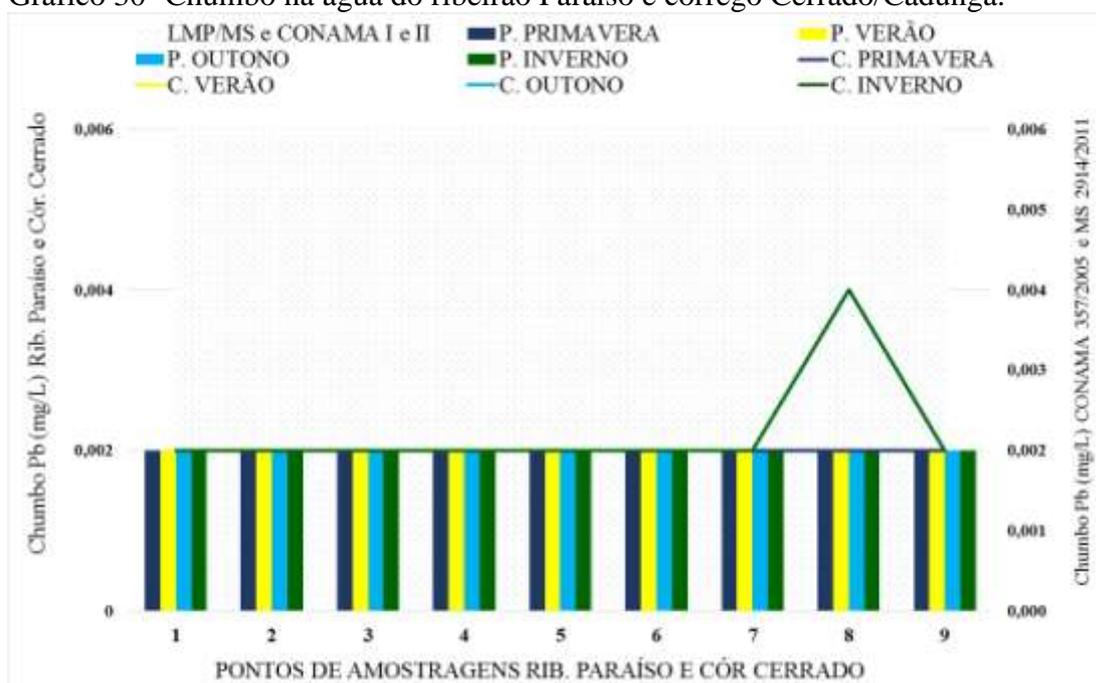
Por outro lado, Rozan e Benoit (1999) afirmam ainda que, em rios que drenavam áreas densamente urbanizadas, foram detectados níveis superiores de complexos de cobre. Nesse caso, o fator principal responsável pelo aumento nos níveis de cobre nos rios foi o descarte de efluentes gerados a partir de sistemas sépticos e de estações de tratamento de esgoto, em que, no caso da bacia do córrego Cerrado/Cadunga, há a deposição *in natura* dos efluentes domésticos e industriais sem prévio tratamento.

5.4.14 Chumbo

A Resolução CONAMA n. 357/2005 estabelece limite máximo de 0,010 mg/L de Chumbo para as Classes I e II e de 0,033 mg/L para as Classes III e IV. O Ministério da Saúde em sua Portaria n. 2.914/2011, determina que, para água potável, o limite máximo de chumbo é de 0,010 mg/L, assemelhando-se às Classes I e II do CONAMA. O Gráfico 30 apresenta a relação dos dados coletados e os padrões estabelecidos pelo MS e CONAMA Classes I e II, os quais estão dentro dos padrões de potabilidade exigidos pelos órgãos citados, em ambas as bacias analisadas.

O chumbo é um metal pesado, não essencial aos organismos, e sua função biológica é totalmente desconhecida (LEHNINGER, 1990). Embora seja altamente tóxico para os humanos, o chumbo é muito menos importante para os organismos aquáticos. Isso ocorre, principalmente, devido sua baixa solubilidade (LLOYD, 1992). A presença de chumbo na água prejudica a tomada de cálcio em peixes de água doce. Isso ocorre porque, nas brânquias, o chumbo é absorvido pelos mesmos mecanismos que regulam a tomada de cálcio revisto por (SORENSEN, 1991).

Gráfico 30- Chumbo na água do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.



LMP/MS- Limite máximo permitido Ministério da Saúde;

P= Ribeirão Paraíso; C= Córrego Cerrado/Cadunga.

Fonte: Própria autora (2016)

Observa-se no Gráfico 30 que mesmo os valores de chumbo estando dentro das normas estabelecidas pelo CONAMA 357/2005 e MS 2914/2011. Verifica-se alteração justamente no P08, o mesmo ponto que apresentou o maior aporte de chumbo no solo, mostrando que o solo influencia diretamente os teores destes elementos na água, sendo influenciado principalmente pelo uso e ocupação dos solos. Segundo Soares (2012), mesmo este elemento não estando presente em níveis acima do estabelecido, ele pode se depositar nos sedimentos, o qual foi evidenciado no mesmo ponto em questão.

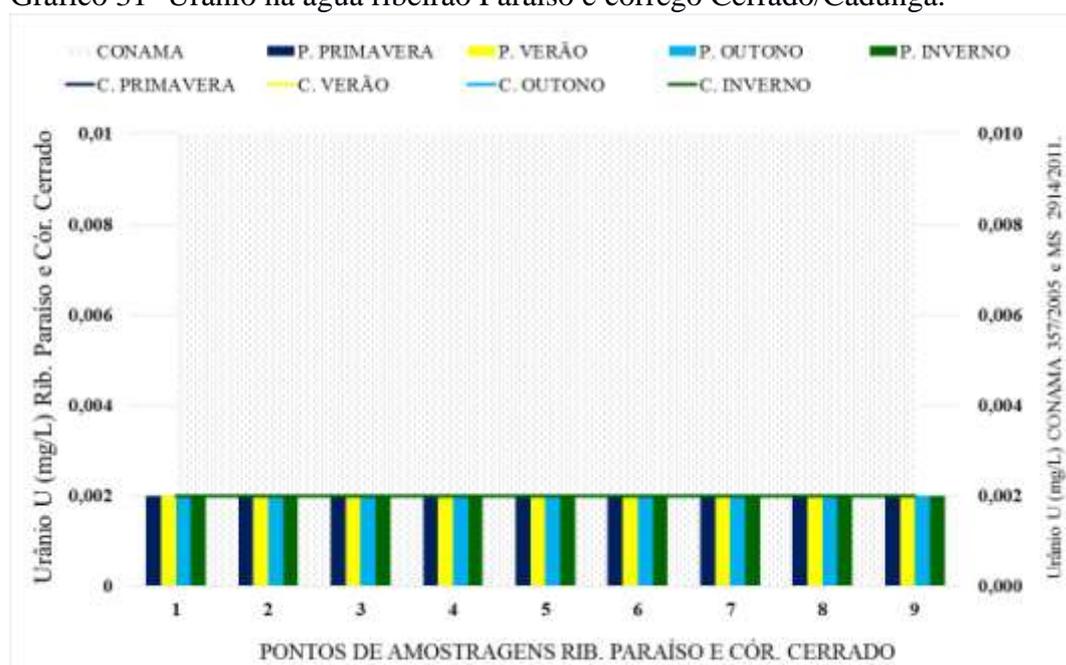
5.4.15 Urânio

O urânio encontra-se em baixa concentração na crosta terrestre (aproximadamente 3 ppm), quimicamente dominado por seus estados de valência U^{+4} e U^{+6} . A sua presença nas rochas ocorre como óxidos e silicatos, uraninita e uranotorita; principalmente em minerais como a monazita, o xenotímeo e o zircão (Becegato, 2005). Ele está presente tanto nos alimentos quanto na água; trata-se de um elemento natural do solo (NRIAGU et al., 2012) As concentrações ambientais são determinadas por redistribuição por processos naturais (vento, dissolução, erosão hídrica, precipitação, ação vulcânica) e atividades humanas (exploração do minério e/ou processamento do urânio), sendo que a última contribui decisivamente para aumentar a exposição humana a esse elemento, sobretudo através da contaminação de alimentos e água (ATSDR 2011).

A adubação fosfatada, principalmente em áreas de lavouras extensivas como a soja, milho, e cana-de-açúcar, podem contribuir para o aumento das concentrações de Urânio nos solos e sedimentos, e conseqüentemente na água (BECEGATO 2008).

A Resolução CONAMA n. 357/2005 institui o valor máximo de 0,020 mg/L para as Classes de I a IV, e o Ministério da Saúde na portaria n. 2.914/2011 para água potável estabelece 0,03 mg/L. O Gráfico 31 apresenta os dados de Urânio para ambas as bacias, os quais permaneceram dentro dos limites estabelecidos pelo CONAMA 357/2005 de 0,02 mg/L e Ministério da Saúde, apresentando valores iguais para ambas as referidas bacias. Destaca-se que a Resolução CONAMA 357/2005 é mais restritiva que o MS.

Gráfico 31- Urânio na água ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.



Fonte: Própria autora (2016).

Conceição e Bonotto (2003) concluíram que aproximadamente 43% da concentração de urânio dissolvido nas águas superficiais da bacia do rio Corumbataí no período chuvoso são de origem antropogênica, ou seja, devido ao uso de fertilizantes fosfatados em culturas de cana-de-açúcar. Caso análogo pode estar ocorrendo nas bacias do ribeirão Paraíso e Cerrado, face ambas apresentarem caráter agrícola e parte da geologia das mesmas serem constituídas por rochas básicas, como o basalto, principalmente a do córrego Cerrado/Cadunga.

Não foi demonstrado dados estatísticos do urânio em função do mesmo não apresentar dispersão dos resultados, mantendo-se linear em todos os pontos amostrais para ambas as bacias apresentadas.

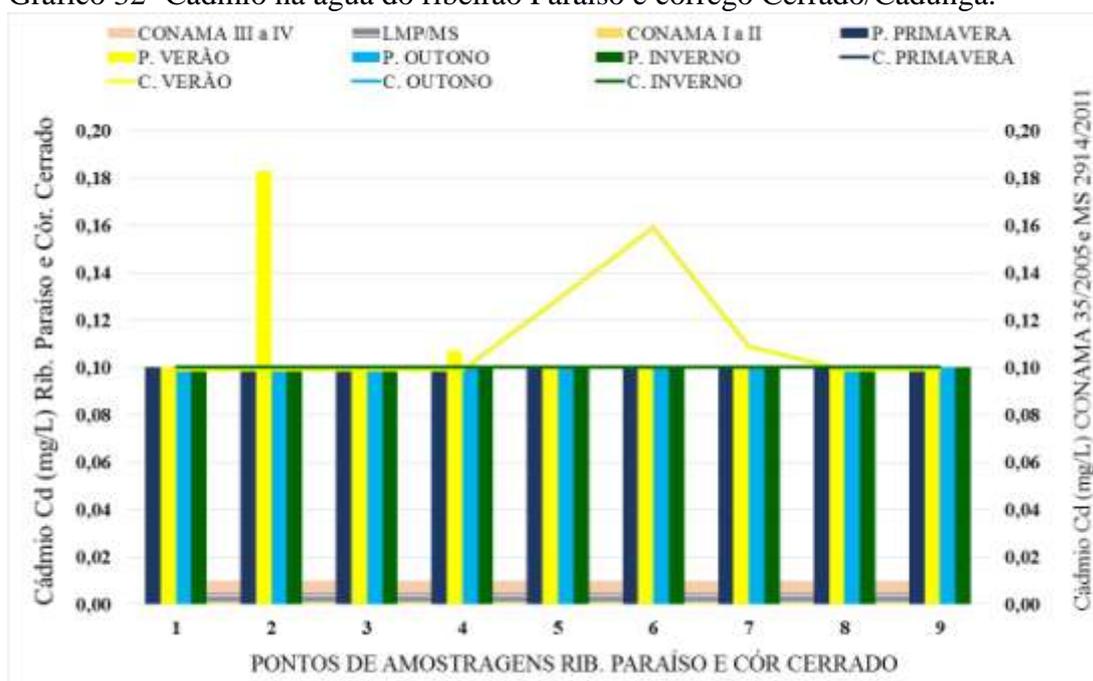
5.4.16 Cádmi

O cádmio é encontrado na natureza quase sempre junto com o zinco, em proporções que variam de 1:100 a 1:1000, na maioria dos minérios e solos. É um metal que pode ser dissolvido por soluções ácidas e pelo nitrato de amônio. Quando queimado ou aquecido, produz o óxido de cádmio. O cádmio existente na atmosfera é precipitado e depositado no solo agrícola na relação aproximada de 3 g/hectares/ano. Outras formas de contaminação do solo são através dos resíduos da fabricação de cimento, da queima de combustíveis fósseis, lixo urbano e de sedimentos de esgotos.

A Resolução CONAMA n. 357/2005 estabelece valor máximo para as Classes I e II de 0,001 mg/L e Classes III e IV 0,01 mg/L. O Ministério da Saúde na Portaria n. 2.914/2011, determina que o limite máximo permitido para água potável é de 0,005 mg/L, menos restritiva que a Classe I e II do CONAMA, porém mais restritiva que as Classe III e IV da Resolução.

O Gráfico 32 apresenta as variações dos valores de cádmio encontrados nas duas bacias analisadas. Observa-se que os quantitativos estão bem acima do que é estabelecido pelo CONAMA n. 357/2005 para as Classes I e II e pelo Ministério da Saúde, enquadrando-se nas Classes de III e IV. As maiores flutuações na bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso ocorreram nos P02 e P04. O P02 refere-se às áreas de cultura de cana-de-açúcar e o P04 localiza-se próximo à BR 364, havendo presença de mata ciliar preservada em torno de 20m de largura. Após a faixa de mata, observa-se plantação de cana-de-açúcar influenciando em todas as amostragens de ambos os lados. Os referidos pontos podem estar sendo influenciados pela adubação a base de fosfatos realizada na cultura da cana-de-açúcar.

Gráfico 32- Cádmiu na água do ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga.



LMP/MS- Limite máximo permitido Ministério da Saúde;

P= Ribeirão Paraíso; C= Córrego Cerrado/Cadunga.

Fonte: própria autora (2016)

A bacia do ribeirão Paraíso (Tabela 28), apresentou valor mínimo de 0,10 mg/L para todos os pontos amostrados e em todas as estações climáticas. A média das medidas foi de 0,103 mg/L, e o valor máximo de 0,18 mg/L ocorreu no verão. A única estação que apresentou dispersão dos dados foi o verão, cujo coeficiente de variação chegou à 24,98%.

Tabela 28- Estatística descritiva do Cádmiu (mg/L) da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso.

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Máximo	0,10	0,18	0,10	0,10	0,12
Média	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10
DP	0,00	0,027	0,00	0,00	0,007
CV (%)	0,00	24,98	0,00	0,00	6,20

DP- Desvio Padrão; CV- Coeficiente de variação.

Fonte: Própria autora (2016).

As concentrações de cádmio foram maiores nos mesmos pontos determinados no solo, principalmente no P02; bem como nos sedimentos do referido ribeirão, evidenciando, assim, a estreita relação entre solos, água e sedimento, principalmente no que diz respeito ao uso e ocupação da referida bacia, cuja cultura da cana-de-açúcar a possível responsável pelas alterações dos elementos físico-químicos da água.

Cotejando-se os dados da bacia do córrego Cerrado/Cadunga (Tabela 29), as maiores flutuações ocorreram nos pontos P5, P6 e P7 no período do verão. O ponto 5 localiza-se em área próxima aos locais de lançamentos de efluentes domésticos e industriais. O valor mínimo foi de 0,10 mg/L para todas as estações. O valor médio das medidas igual a 0,11 mg/L e o máximo de 0,16 mg/L no ponto 6 referente ao verão. As estações da primavera e verão apresentaram o mesmo coeficiente de variação 18,97%, considerada baixa dispersão dos dados.

Tabela 29- Estatística descritiva do Cádmio (mg/L) no córrego Cerrado/Cadunga.

Medidas	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Média das medidas
Mínimo	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Máximo	0,16	0,16	0,10	0,10	0,13
Média	0,11	0,11	0,10	0,10	0,11
DP	0,02	0,02	0,00	0,00	0,01
CV %	18,97	18,97	0,00	0,00	9,50

DP- Desvio Padrão; CV- Coeficiente de variação.

Fonte: Própria autora (2016).

Destacando-se o P06, observou-se que o mesmo encontra-se circundado por lavouras de soja, milho, sorgo e cana-de-açúcar. Segundo a Cetesb (2012), uma das fontes antropogênicas de Cádmio, tanto nos solos quanto nas águas e nos sedimentos, pode ter origem nos agroquímicos fosfatados, fertilizantes e herbicidas, nos quais os níveis de Cádmio pode variar de acordo com a origem das rochas fosfáticas.

Os fertilizantes fosfatados de acordo com sua origem, podem conter vários elementos menores e traços, incluindo-se radionuclídeos (^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th e ^{40}K), metais pesados (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn) e flúor (MENZEL, 1968; PFISTER et al., 1976; CAMELO et al., 1997; MIRLEAN et al., 2001; BECEGATO et al., 2008). A adição destes elementos a partir do uso de fertilizantes já foi descrita para solos (Malavolta, 1994; Rothbaum et al., 1979) e em drenagem de irrigação de terras fertilizadas (SPALDING e SACKETT, 1972).

A Cetesb (2012) afirma ainda que o cádmio pode ocorrer de fontes naturais na atmosfera, através de atividade vulcânica, que não é o caso da bacia em questão. Ocorre ainda através da erosão de rochas sedimentares e fosfáticas, caso análogo ao da presente pesquisa, cuja área está em parte inserida sobre a Formação Vale do Rio do Peixe, composta por rochas sedimentares.

5.4.17 Mercúrio

A entrada deste metal em ambientes aquáticos dá-se pelos processos físicos e químicos, tais como intemperismo e o carreamento de solos e rochas, dos efluentes industriais, sendo estes as principais fontes de contaminação das águas dos rios com metais pesados. Indústrias metalúrgicas, de tintas, de cloro e de plástico PVC (vinil), entre outras, utilizam mercúrio e diversos metais em suas linhas de produção e acabam lançando parte deles nos cursos de água (FARIAS, 2006)

A Resolução CONAMA n. 357/2005 determina que os valores máximos de mercúrio em ambientes lóticos são de 0,0002 para as Classes I e II, e de 0,002 para as Classes III e IV. O Ministério da Saúde mostra-se menos restritivo que a Classe I e II da Resolução CONAMA, e mais restritiva quanto às Classes III e IV, estabelecendo limite máximo de 0,001 mg/L.

De acordo com a Tabela 30, o mercúrio apresentou-se positivo na estação da primavera para o Córrego Cerrado/Cadunga. Os pontos P02 e P04 foram os únicos que se enquadram nos padrões estabelecidos para as Classes III e IV do CONAMA 357/2005; os pontos P01, P03, P05 ao P09 apresentaram valores superiores a 0,002, extrapolando os limites das classes III e IV, consideradas impróprias. As demais estações apresentaram valores abaixo de 0,002 mg/L.

Tabela 30- Concentração de Mercúrio (mg/L) nas águas da bacia hidrográfica do córrego Cerrado/Cadunga-MG

Pontos	Bacia do córrego Cerrado/Cadunga-MG			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
1	0,002 a 0,05	< 0,002	< 0,002	< 0,002
2	< 0,042	< 0,002	< 0,002	< 0,002
3	0,002 a 0,05	< 0,002	< 0,002	< 0,002
4	< 0,042	< 0,002	< 0,002	< 0,002
5	0,002 a 0,05	< 0,002	< 0,002	< 0,002
6	0,002 a 0,05	< 0,002	< 0,002	< 0,002
7	0,002 a 0,05	< 0,002	< 0,002	< 0,002
8	0,002 a 0,05	< 0,002	< 0,002	< 0,002
9	0,002 a 0,05	< 0,002	< 0,002	< 0,002

<. Menor que

Fonte: Própria autora (2015)

Para a bacia do ribeirão Paraíso, em todas as estações climáticas, não houve alterações quanto aos valores de mercúrio no curso d'água. Observa-se que os valores para esta bacia permaneceram abaixo de 0,05 mg/L. Como o aparelho não determina o valor específico, podemos dizer que está fora dos padrões estabelecidos para classes I e II do CONAMA 357/2005, porém dentro dos padrões para classes III e IV (Tabela 31)

Tabela 31- Concentração de Mercúrio (mg/L) nas águas da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso-GO.

Pontos	Bacia do ribeirão Paraíso			
	Primavera	Verão	Outono	Inverno
1	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
2	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
3	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
4	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
5	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
6	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
7	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
8	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
9	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002

<. Menor que

Fonte: Própria autora (2015)

A Tabela 32 expressa que o ribeirão Paraíso se enquadrou em todas as campanhas amostrais nas Classes III e IV da Resolução CONAMA nº 357/2005, pois as variáveis Fósforo, Cádmio e Cobre apresentaram valores superiores aos estabelecidos pela referida Resolução. Observou-se, ainda, que o córrego Cerrado/Cadunga também se enquadrou em todas as campanhas nas mesmas classes da referida Resolução, coincidindo com as mesmas variáveis do ribeirão Paraíso. Neste sentido, as águas podem ser destinadas ao abastecimento humano, após tratamento convencional ou avançado, à irrigação, pesca amadora, à recreação, e ainda, dessedentação de animais.

A Resolução CONAMA nº 357/2005 que trata de águas superficiais, mostrou-se mais restritiva para a maioria dos parâmetros que a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, que é destinada à avaliação de água potável, concluindo-se, assim, que ambos os corpos hídricos não se encaixam nos padrões estabelecidos pela referida Portaria.

Tabela 32- Enquadramento dos corpos d'água.

Parâmetros	Ribeirão Paraíso					CONAMA N° 357/2005 - CLASSES				MS	Cerrado/Cadunga				
	C1	C 2	C 3	C 4	Média	I	II	III	IV	2914/11*	C 1	C 2	C 3	C 4	Média
pH	6,43	6,14	7,13	6,85	6,64	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,63	6,96	7,33	6,30	6,81
T°C	23,69	24,18	22,00	20,92	22,70	S/P	S/P	S/P	S/P	30° C	23,52	24,78	20,43	21,11	22,46
OD	7,04	7,17	7,58	7,50	7,32	Não Inf. 6mg/L	Não Inf. 5mg/L	Não Inf. 4mg/L	Superior 2,0mg/L	S/P	5,64	6,52	6,75	6,45	6,34
Turb	21,60	13,26	11,95	7,64	13,61	Até 40 UNT	Até 100 UNT	Até 100 UNT	Até 100 UNT	Até 5 UNT	15,72	20,10	17,01	10,47	15,82
Pt	0,42	0,03	0,29	0,61	0,34	0,1 mg/L	0,1 mg/L	0,15 mg/L	0,15 mg/L	S/P	0,25	0,43	0,22	0,18	0,27
NO₂⁻	0,04	0,03	0,04	0,02	0,03	1,0 mg/L	1,0 mg/L	1,0 mg/L	1,0 mg/L	1,0 mg/L	0,20	0,33	0,11	0,16	0,20
NO₃⁻	3,75	0,79	1,01	0,04	1,40	10,0 mg/L	10,0 mg/L	10,0 mg/L	10,0 mg/L	10,0 mg/L	6,81	0,33	8,94	5,36	5,36
NH₃⁻ N	0,32	0,28	0,19	0,62	0,35	3,7 mg/L	3,7 mg/L	13,3 mg/L	13,3 mg/L	S/P	0,42	0,71	0,64	0,52	0,57
CE	15,17	14,80	14,26	15,91	15,03	S/P	S/P	S/P	S/P	S/P	91,01	79,22	77,64	65,74	78,41
TDS	7,77	7,37	6,85	7,45	7,36	Até 500 mg/L	Até 500 mg/L	Até 500 mg/L	Até 500 mg/L	Até 1000 mg/L	45,60	39,16	30,85	30,78	36,60
NaCl	15,81	15,48	14,51	14,71	15,13	500 mg/L	500 mg/L	500 mg/L	500 mg/L	200 mg/L	47,66	42,22	33,84	33,89	39,40
U	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02 mg/L	0,02 mg/L	0,02mg/L	0,02mg/L	0,03 mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01 mg/L	0,01 mg/L	0,033mg/L	0,033mg/L	0,01 mg/L	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cu	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,009 mg/L	0,009 mg/L	0,013mg/L	0,013mg/L	2,0 mg/L	0,53	0,82	0,60	0,60	0,64
Cd	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	0,001 mg/L	0,001 mg/L	0,01mg/L	0,01mg/L	0,005 mg/L	0,11	0,11	0,10	0,10	0,11

C1- Campo 1; C2- Campo 2; C3- Campo 3; C4- Campo 4; MS- Portaria do Ministério da Saúde; S/P – Sem padrão ; Não Inf- Não inferior;
Obs. Cada cor representa uma Classe da Resolução CONAMA N° 357/2005.

5.5 Análise de Correlação das Variáveis Limnológicas

Efetua-se análises de correlações entre as variáveis limnológicas, validando-as por meio do teste *t-student*, com intuito de verificar o grau de associação linear entre as variáveis. Consideraram-se os períodos referentes às estações climáticas, primavera, verão, outono e inverno, com base em Callegari (2008).

As análises permitiram identificar entre os parâmetros avaliados as relações existentes, estabelecendo as melhores correlações, utilizando-se os índices: forte (0,6 a 0,9); muito forte (0,9 a 0,99) e perfeita (1,0), conforme a Tabela 32, cujas cores representam: em azul (correlações fortes), porém não significativas ao nível de 5%, e as amarelas com 95% ou mais de significância.

Tabela 33- Correlações entre as variáveis limnológicas das bacias hidrográficas do ribeirão Paraíso-GO e córrego Cerrado/Cadunga-MG.

Variáveis	Paraíso				Cerrado/Cadunga			
	C1(*)	C2(*)	C3(*)	C4(*)	C1(*)	C2(*)	C3(*)	C4(*)
pH e T°C	-0,020	0,775	-0,199	0,089	-0,033	0,918	0,002	0,002
pH e OD	0,608	0,592	0,846	-0,380	0,622	0,878	0,102	0,102
pH e Turb	0,388	0,857	0,830	0,412	0,027	-0,483	-0,265	-0,265
pH & Pt	0,752	-0,887	0,513	-0,207	-0,264	-0,837	0,409	0,409
pH& NO ₂ ⁻	0,072	-0,216	0,161	0,293	-0,384	0,191	-0,822	-0,822
pH& NO ₃ ⁻	0,632	0,370	-0,018	-0,082	0,109	0,017	-0,843	-0,843
pH& NH ₃ -N	0,162	0,221	0,177	-0,153	-0,239	0,689	0,668	0,668
pH& CE	0,851	0,920	0,830	0,263	0,089	0,574	0,637	0,637
pH& TDS	0,897	0,920	0,812	-0,104	0,092	0,695	0,574	0,574
pH&NaCl	0,884	0,934	0,829	0,009	0,094	0,707	0,597	0,597
pH& U	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
pH&Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,162	0,207	0,202
pH& Cu	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,336	-0,416	0,000	0,000
pH&Cd	0,000	-0,413	0,000	0,000	-0,145	0,578	0,000	0,000
T (°C) & OD	-0,555	0,318	-0,402	-0,670	-0,584	0,822	0,655	0,655
T (°C) &Turb	0,080	0,679	-0,226	-0,310	-0,567	-0,389	0,470	0,470
T (°C) &Pt	0,042	-0,936	0,063	-0,181	0,540	-0,888	0,280	0,280
T (°C) & NO ₂ ⁻	0,072	0,129	0,473	0,693	0,632	0,148	-0,316	-0,316
T (°C) & NO ₃ ⁻	0,139	0,079	0,584	-0,365	0,839	-0,355	0,020	0,020
T (°C) & NH ₃ -N	-0,099	0,230	-0,223	-0,792	0,791	0,409	-0,227	-0,227
T (°C) &CE	0,055	0,575	-0,465	-0,732	0,732	0,565	-0,524	-0,524
T (°C) &TDS	0,098	0,572	-0,480	-0,742	0,734	0,666	-0,428	-0,428
T (°C) &NaCl	0,163	0,637	-0,425	-0,771	0,744	0,690	-0,399	-0,399
T (°C) &U	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
T (°C) &Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,210	0,210
T (°C) &Cu	0,000	0,000	0,000	0,000	0,518	-0,414	0,000	0,000
T (°C) &Cd	0,000	-0,603	0,000	0,000	0,627	0,391	0,000	0,000
OD &Turb	0,115	0,335	0,841	0,440	0,211	-0,651	0,190	0,190
OD &Pt	0,411	-0,415	0,504	-0,037	-0,292	-0,664	0,230	0,230

Continuação da tabela 33.

Variáveis	Paraíso				Cerrado/Cadunga			
	C1(*)	C2(*)	C3(*)	C4(*)	C1(*)	C2(*)	C3(*)	C4(*)
OD & NO ₂ ⁻	-0,330	-0,436	-0,221	-0,499	-0,857	0,225	0,012	0,012
OD & NO ₃ ⁻	0,117	0,018	-0,144	0,474	-0,537	-0,143	-0,122	-0,122
OD & NH ₃ N	-0,081	0,075	0,282	0,488	-0,782	0,698	-0,054	-0,054
OD & CE	0,269	0,514	0,896	0,711	-0,603	0,316	-0,195	-0,195
OD & TDS	0,310	0,516	0,863	0,893	-0,605	0,421	0,159	0,159
OD & NaCl	0,281	0,517	0,878	0,784	-0,604	0,438	0,168	0,168
OD & U	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
OD & Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,185	0,341	0,341
OD & Cu	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,190	-0,586	0,000	0,000
OD & Cd	0,000	-0,374	0,000	0,000	-0,756	0,467	0,000	0,000
Turb&Pt	0,376	-0,866	0,720	-0,231	-0,065	0,127	0,168	0,168
Turb&NO ₂ ⁻	0,265	-0,340	-0,049	0,229	-0,289	-0,586	-0,148	-0,148
Turb&NO ₃ ⁻	0,123	0,658	0,056	-0,033	-0,549	0,025	0,644	0,644
Turb&NH ₃ N	0,583	0,523	0,080	0,233	-0,453	-0,536	-0,470	-0,470
Turb&CE	0,542	0,930	0,911	0,761	-0,518	-0,477	-0,776	-0,776
Turb&TDS	0,554	0,928	0,895	0,635	-0,517	-0,473	-0,668	-0,668
Turb&NaCl	0,474	0,936	0,917	0,581	-0,521	-0,477	-0,668	-0,668
Turb&U	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Turb&Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,006	-0,064	-0,064
Turb&Cu	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,100	0,913	0,000	0,000
Turb&Cd	0,000	-0,469	0,000	0,000	-0,293	-0,45	0,000	0,000
Pt&NO ₂ ⁻	0,432	0,021	-0,249	-0,074	0,144	0,261	-0,431	-0,431
Pt&NO ₃ ⁻	0,611	-0,362	-0,192	0,184	0,163	0,259	-0,387	-0,387
Pt&NH ₃ N	0,481	-0,379	0,246	0,080	0,544	-0,426	0,146	0,146
Pt&CE	0,519	-0,787	0,422	-0,175	0,299	-0,391	0,273	0,273
Pt&TDS	0,614	-0,786	0,371	-0,183	0,294	-0,547	0,248	0,248
Pt&NaCl	0,609	-0,829	0,423	-0,188	0,299	-0,561	0,257	0,257
Pt&U	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Pt&Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,345	0,745	0,745
Pt&Cu	0,000	0,000	0,000	0,000	0,762	0,152	0,000	0,000
Pt&Cd	0,000	0,664	0,000	0,000	-0,001	-0,246	0,000	0,000
NO ₂ ⁻ & NO ₃ ⁻	0,635	-0,185	0,633	-0,476	0,793	0,102	0,545	0,545
NO ₂ ⁻ & NH ₃ N	0,792	-0,015	0,069	-0,352	0,750	0,071	-0,440	-0,440
NO ₂ ⁻ & CE	0,179	-0,364	-0,100	-0,261	0,608	0,500	-0,235	-0,235
NO ₂ ⁻ & TDS	0,203	-0,361	-0,029	-0,366	0,613	0,383	-0,087	-0,087
NO ₂ ⁻ & NaCl	0,146	-0,317	-0,047	-0,359	0,617	0,396	-0,119	-0,119
NO ₂ ⁻ & U	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NO ₂ ⁻ & Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,295	-0,162	-0,162
NO ₂ ⁻ & Cu	0,000	0,000	0,000	0,000	0,281	-0,526	0,000	0,000
NO ₂ ⁻ & Cd	0,000	-0,241	0,000	0,000	0,960	0,403	0,000	0,000
NO ₃ ⁻ & NH ₃ N	0,283	0,603	-0,359	0,117	0,743	0,490	-0,753	-0,753
NO ₃ ⁻ & CE	0,586	0,676	0,000	0,127	0,788	-0,050	-0,793	-0,793
NO ₃ ⁻ & TDS	0,602	0,675	0,053	0,187	0,793	-0,027	-0,727	-0,727
NO ₃ ⁻ & NaCl	0,591	0,656	0,045	0,116	0,801	-0,055	-0,753	-0,753
NO ₃ ⁻ & U	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NO ₃ ⁻ & Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,549	-0,262	-0,262
NO ₃ ⁻ & Cu	0,000	0,000	0,000	0,000	0,308	0,299	0,000	0,000
NO ₃ ⁻ & Cd	0,000	-0,292	0,000	0,000	0,835	0,506	0,000	0,000
NH ₃ N & CE	0,216	0,423	-0,001	0,620	0,894	0,245	0,665	0,665

Continuação da tabela 33.

Variáveis	Paraíso				Cerrado/Cadunga			
	C1(*)	C2(*)	C3(*)	C4(*)	C1(*)	C2(*)	C3(*)	C4(*)
NH ₃ -N & TDS	0,273	0,423	0,009	0,660	0,893	0,362	0,740	0,740
NH ₃ -N & NaCl	0,167	0,445	-0,010	0,765	0,895	0,352	0,763	0,763
NH ₃ -N & U	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NH ₃ -N & Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	-0,052	-0,052
NH ₃ -N & Cu	0,000	0,000	0,000	0,000	0,314	-0,323	0,000	0,000
NH ₃ -N & Cd	0,000	-0,717	0,000	0,000	0,682	0,594	0,000	0,000
CE & TDS	0,988	1,000	0,994	0,927	1,000	0,980	0,870	0,870
CE&NaCl	0,976	0,996	0,997	0,946	1,000	0,980	0,872	0,872
CE & U	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CE & Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,266	0,312	0,312
CE & Cu	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	-0,574	0,000	0,000
CE & Cd	0,000	-0,390	0,000	0,000	0,627	0,279	0,000	0,000
TDS & NaCl	0,987	0,995	0,995	0,969	1,000	0,999	0,999	0,999
TDS & U	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TDS & Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,285	0,332	0,332
TDS & Cu	0,000	0,000	0,000	0,000	0,031	-0,548	0,000	0,000
TDS & Cd	0,000	-0,393	0,000	0,000	0,634	0,332	0,000	0,000
NaCl& U	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NaCl&Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,291	0,326	0,326
NaCl& Cu	0,000	0,000	0,000	0,000	0,043	-0,553	0,000	0,000
NaCl&Cd	0,000	-0,444	0,000	0,000	0,638	0,336	0,000	0,000

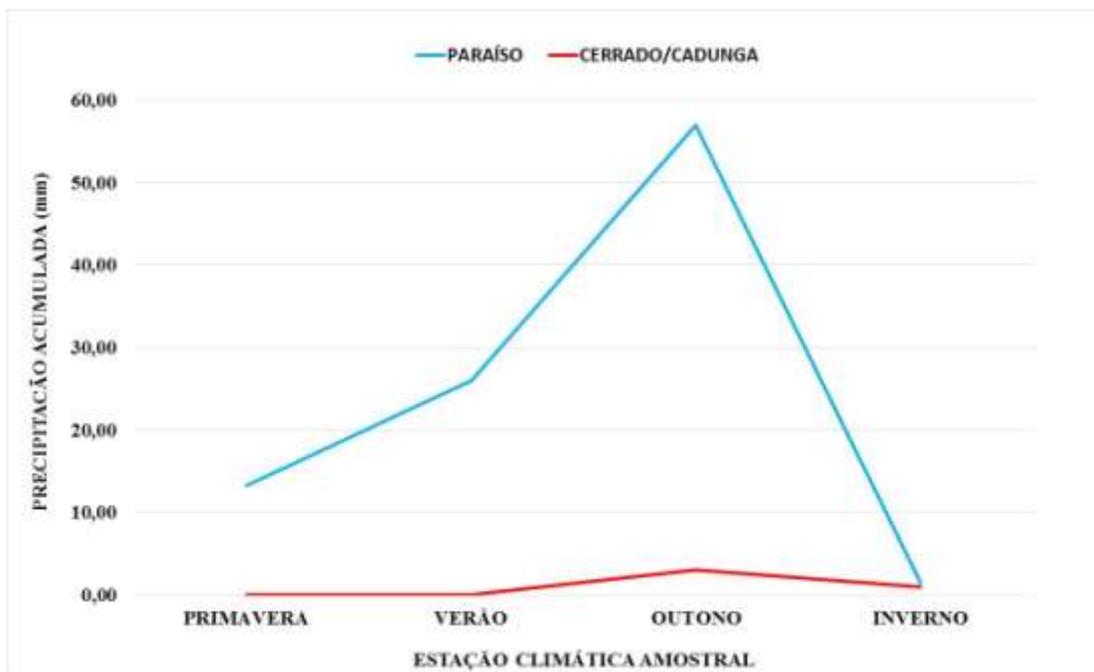
(*) C1 (primavera); C2 (verão); C3 (outono) e C4 (inverno) (C-Trabalhos à Campo).

Fonte: própria autora (2016)

De acordo com a Tabela 33, o ribeirão Paraíso apresentou na primavera (C1) oito correlações significativas, enquanto que o córrego Cerrado no mesmo período 24 ao nível de 5% de significância. Estas discrepâncias apresentadas no mesmo período entre as duas bacias podem ser justificadas por fatores naturais e antropogênicos.

Um deles é índice pluviométrico apresentado nos 7 dias antecedentes às amostragens em cada estação climática do ano hidrológico, que, segundo Tundisi e Matsumura Tundisi (2008), os compostos orgânicos e inorgânicos tendem a elevar na estação chuvosa e diminuir na estação seca, uma vez que a precipitação favorece o escoamento de elementos geoquímicos dos solos e das rochas para os cursos d'água, incluindo os sais dissolvidos, que podem ser provenientes também das ações antropogênicas desenvolvidas pelo manejo apresentado em ambas as bacias, o que, aparentemente, pode ser o condicionante do ribeirão Paraíso, porém deve ser melhor analisado para o córrego Cerrado/Cadunga, conforme pode ser visualizado no Gráfico 33.

Gráfico 33- Precipitação acumulada para os 7 dias antecedentes as amostragens, referente às estações climáticas no ribeirão Paraíso e córrego Cerrado/Cadunga



Fonte: INMET, (2016)

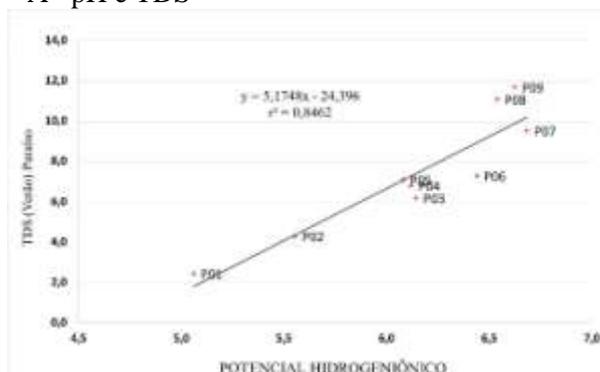
Neste sentido, pode-se inferir sobre a presença de efluentes domésticos e industriais lançados *in natura* no córrego Cerrado/Cadunga, cuja concentração de íons no corpo hídrico pode refletir diretamente no comportamento das variáveis limnológicas que relacionam a maior ou menor concentração de alguns elementos no ambiente aquático (ALVES, 2009).

O ribeirão Paraíso apresentou na estação C1 correlações significativas entre as variáveis pH e Pt; pH e CE; pH e TDS; pH e NaCl; NO_2^- e NH_3N ; CE e TDS; CE e NaCl; TDS e NaCl. Destaca-se o índice de correlação 0,79 entre NO_2^- e NH_3N no 1, cuja explicação possa ser associado a fatores pontuais ocorridos durante a amostragem, tais como manejo da cobertura vegetal e as condições pluviométricas apresentadas nos 7 dias antecedentes à amostragem em que a precipitação foi de 13,30 mm.

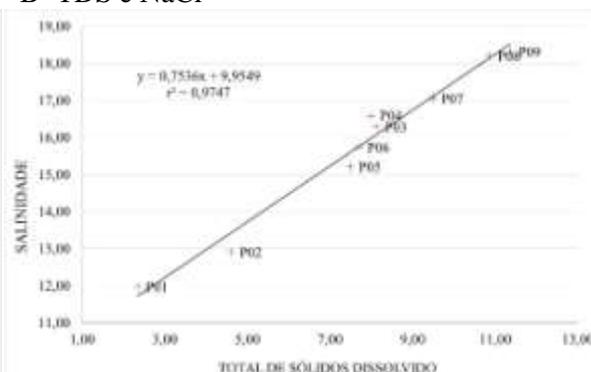
Observa-se (Gráficos 34A e B) que os maiores coeficientes de determinação ocorrem entre as variáveis pH e TDS, com 0,8. Forte ajuste pode ser visto entre pH e NaCl, com 0,97, evidenciando alta relação entre as duas variáveis, que, segundo Carneio (2002), o TDS está diretamente ligado à quantidade de sal presente na água, cuja origem de tal elemento está em função das condições naturais dos solos e também do manejo adotado na bacia.

Gráfico 34 Diagrama de dispersão entre as variáveis pH e TDS; TDS e NaCl, para o mês de novembro de 2014 no ribeirão Paraíso.

A - pH e TDS



B- TDS e NaCl



Fonte: Própria autora (2016)

O córrego Cerrado/Cadunga apresentou, na estação C1 (Tabela 33), correlações entre as variáveis temperatura e nitrato, temperatura e nitrogênio amoniacal, temperatura e condutividade elétrica, temperatura e total de sólidos dissolvidos, temperatura e salinidade. Destaca-se que tais associações ocorreram apenas nesta campanha, não apresentando correlações nas demais avaliadas, em que observou-se a temperatura (Gráfico 18) comportamento semelhante entre primavera e verão, que não foi refletido nas correlações, o que nos mostra que a temperatura, assim como as variáveis NO_3^- , $\text{NH}_3\text{-N}$, CE, TDS e NaCl, não mostraram relações significativas para as demais amostragens.

As variáveis que apresentaram 95% de significância foram: oxigênio dissolvido e nitrito; oxigênio dissolvido e nitrogênio amoniacal; oxigênio dissolvido e cádmio; nitrato e cádmio; nitrogênio amoniacal e condutividade elétrica; nitrogênio amoniacal e total de sólidos dissolvido; nitrogênio amoniacal e salinidade; nitrogênio amoniacal e cádmio; fósforo e cobre; nitrito e nitrato; nitrito e nitrogênio amoniacal; nitrito e cádmio, nitrato e condutividade elétrica; nitrato e total de sólidos dissolvido; nitrato e salinidade, condutividade elétrica e total de sólidos dissolvido; condutividade e salinidade, e ainda total de sólidos dissolvidos e salinidade.

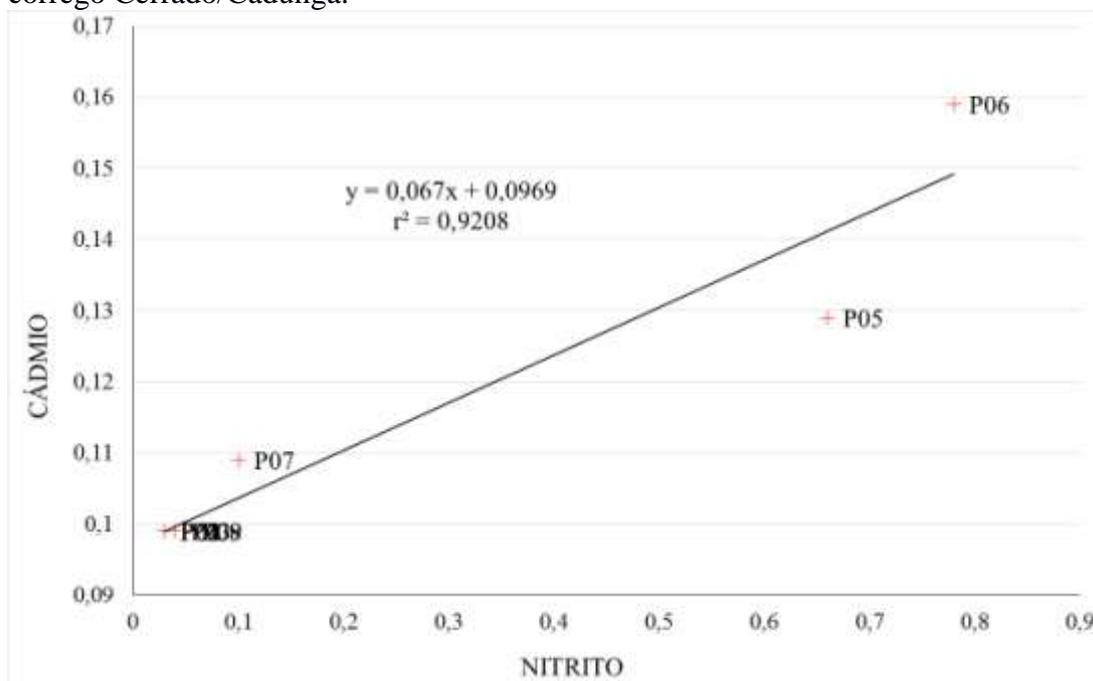
As variáveis que apresentaram forte correlação (Tabela 33) foram CE e TDS; CE e NaCl; TDS e NaCl. A presença da salinidade e dos sólidos dissolvidos aumenta consideravelmente a capacidade da água na condutividade elétrica, assim como o total de sólidos dissolvidos que está associado à presença do NaCl.

Carneiro (2002) relatou que, as variabilidades destes parâmetros, estão vinculados diretamente à quantidade de sal na água, assim como Rocha, Cabral e Braga (2014), que evidenciaram, nos meses de setembro 2010 a agosto de 2011, fortes correlações para CE e

TDS e TDS e NaCl, nos afluentes da UHE Barra dos Coqueiros/Go, os quais associaram à presença do sal, principalmente no período seco, ocasionando o aumento na concentração de íons no meio aquático. Isso pode ter ocorrido na bacia do córrego Cerrado/Cadunga, pois apresentou ano atípico para a referida estação, cujo índice pluviométrico registrado para o mês de outubro de 2014, foi de apenas 64,80 mm, não apresentando precipitação nos 7 dias antecedentes ao período de amostragem.

Observou-se ainda correlação muito forte para o NO_2^- e Cd no córrego Cerrado/Cadunga, com 95% de significância. A presença do cádmio pode ser explicada pela utilização de adubos nitrogenados, que possuem sulfato de cádmio em suas composições, sendo levado para os corpos hídricos pelas águas das chuvas. O gráfico 35 mostra que os valores apresentados por ambas as variáveis estão 92% relacionados e ajustados à tendência. Neste sentido, ressalta-se que esta relação se deu apenas nesta campanha, supondo-se que este fato possa estar ligado à variação pontual, não sendo uma relação estável e nem característica para as demais amostragens.

Gráfico 35- Diagrama de dispersão entre as variáveis NO_2^- e Cd, no mês de outubro 2014 no córrego Cerrado/Cadunga.



Fonte: Própria autora (2016)

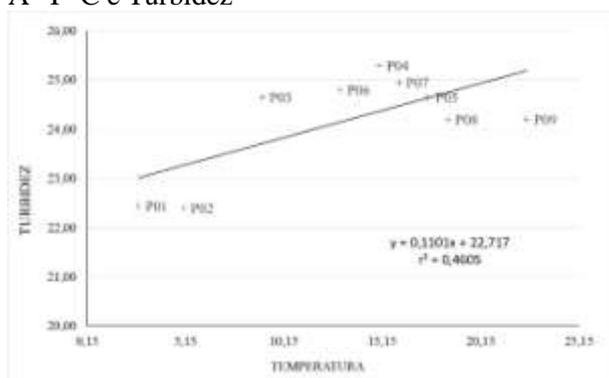
A Tabela 33 mostra as correlações para o período C2 em ambas as bacias. O ribeirão Paraíso apresentou 20 correlações significativas com 95% de significância, sendo pH e Temperatura; pH e turbidez, cuja turbidez da água está relacionada ao alto índice de

precipitação apresentado no mês de fevereiro e ainda aos 26 mm antecedentes à amostragem, o que aumenta significativamente a quantidade de sólidos suspensos devido ao carreamento dos solos para o curso d'água.

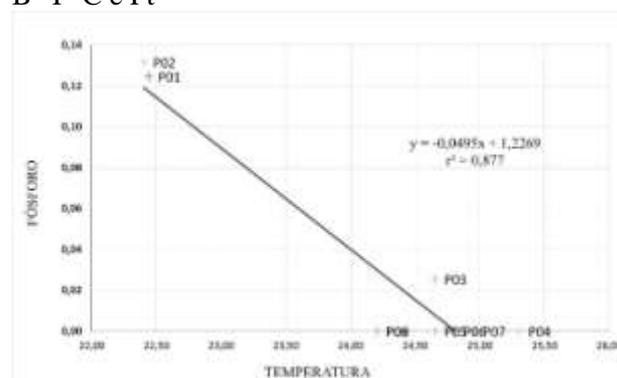
As variáveis pH e fósforo apresentaram correlação negativa ou inversamente proporcional, revelando que, na medida em que diminui o aporte de Pt, aumenta o pH da água. O pH mostrou associações muito fortes entre as variáveis CE, TDS e NaCl. O Gráfico 36 A, mostra um ajustamento de 0,46 entre temperatura e turbidez. Existe uma relação inversa entre a temperatura e fósforo, ou seja, na medida em que aumenta a temperatura, reduz-se a concentração de fósforo (Gráfico 36 B).

Gráfico 36- Diagrama de dispersão entre as variáveis T °C e Turbidez e T °C e Pt referente ao mês de fevereiro no ribeirão Paraíso

A- T °C e Turbidez



B- T °C e Pt



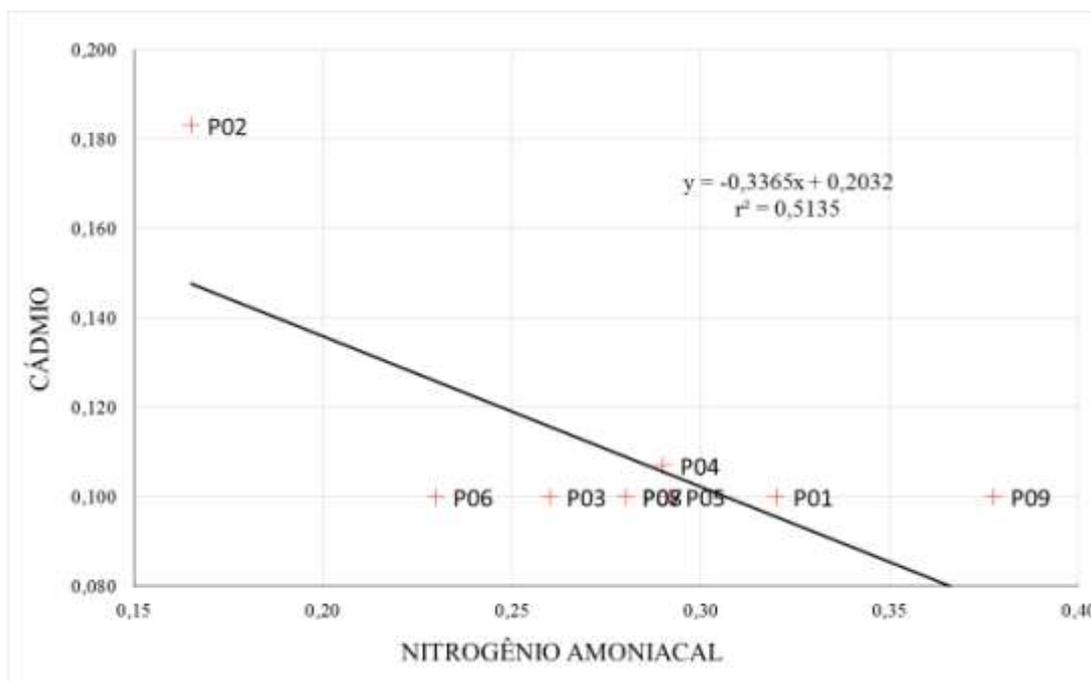
Fonte: Própria autora (2016)

O fósforo também mostrou correlações fortes para as mesmas variáveis que a turbidez, porém todas negativas, mostrando que são inversamente proporcionais, ajustando-se de 61% a 68% a linha de tendência em ambos os casos, em que se percebe que na medida em que aumenta a CE, TDS e NaCl, reduz-se o aporte de Pt no corpo hídrico.

Visualizou-se ainda correlação entre NO_3^- e CE e N_3^- TDS, correlações muito fortes entre as variáveis CE e NaCl, TDS e NaCl e correlação perfeita entre CE e TDS. Observa-se associação inversa entre $\text{NH}_3\text{-N}$ e Cd, cuja redução do cádmio proporciona aumento do nitrogênio amoniacal. Conforme o Gráfico 37, os dados estão 51% ajustados à linha de tendência, o que não ocorreu nos demais períodos, evidenciando uma relação pontual entre as variáveis, principalmente no ponto 2, que apresentou o maior aporte de cádmio entre todos os períodos amostrados. Isto pode estar relacionado à precipitação acumulada, de 26,0 mm, nos 7 dias antecedentes à coleta, o que pode ter contribuído para o fator pontual, indicando que o

manejo empregado nas proximidades do corpo hídrico pode estar influenciando na presença deste elemento, oriundo dos agroquímicos nitrogenados.

Gráfico 37- Diagrama de dispersão entre as variáveis $\text{NH}_3\text{-N}$ e Cd no ribeirão Paraíso no mês de fevereiro de 2015.



Fonte: Própria autora (2016)

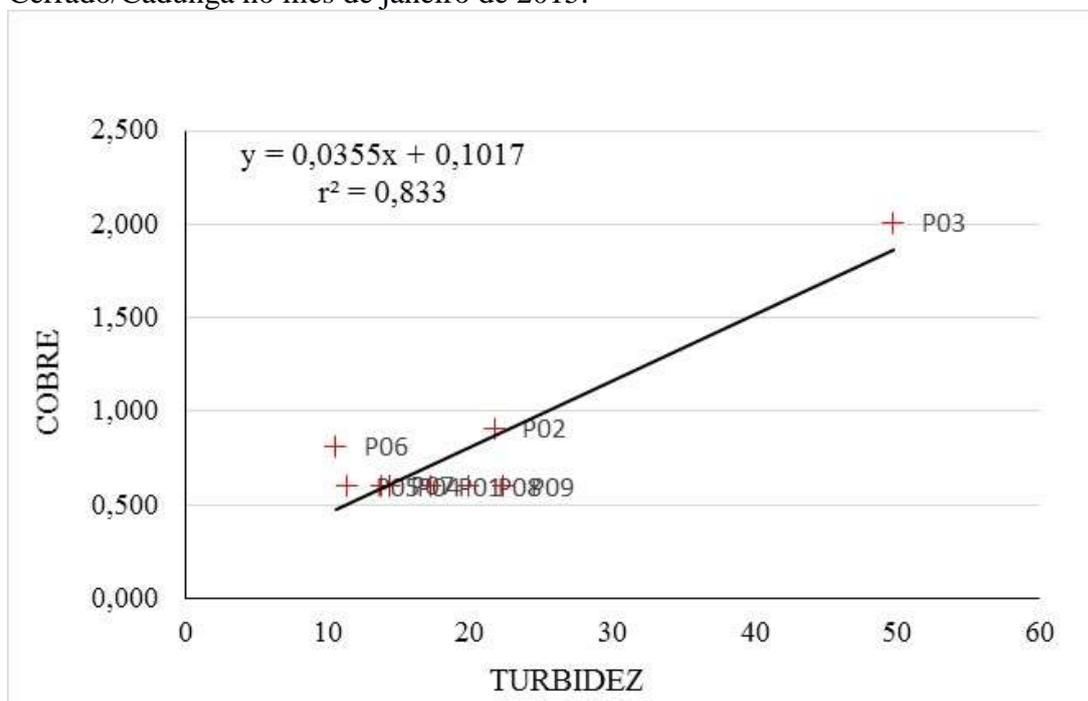
O córrego Cerrado/Cadunga apresentou, no período do verão, 13 correlações significativas ao nível de 95% (Tabela 33), sendo a variável pH a que mais apresentou associações. Destaca-se entre elas o pH e T°C , com relação de 84%, não se repetindo para as demais campanhas, assim como pH e OD, que se apresentou ajustado à linha de tendência em 77% e pH e Pt com relação inversa de 70%, o que também não se repetiu para as demais amostragens.

Nota-se que o pH e $\text{NH}_3\text{-N}$ apresentou 47% de ajuste à linha de tendência, cuja elevação do pH aumenta a quantidade de nitrogênio amoniaco. Esse ajuste refere-se principalmente ao ponto 9, que apresentou a menor medida de $\text{NH}_3\text{-N}$ nesta amostragem, a qual é justificada, principalmente, pela redução de 1/3 de sua vazão no ponto 8, devido à presença de pivô de irrigação, fato idêntico ao ocorrido na primeira amostragem. O pH apresentou ainda 48% de relação com TDS e 50% com NaCl.

Correlação entre Turbidez e Cu, com 83% de ajuste (Gráfico 38), que não se repetiu para as demais campanhas amostrais, revelando que, na medida que sobe a turbidez da água,

aumenta significativamente o aporte de cobre. Os metais pesados são imóveis, do que se pode inferir que a correlação muito forte tenha ocorrido por fatores pontuais desse manejo inadequado do solo quanto ao lançamento de efluentes urbanos à montante do P06. Ainda no campo 2, confirmou-se as correlações entre as variáveis CE e TDS, com 96% de ajuste, 95% entre CE e NaCl e TDS e NaCl, com 99% de relação, discutidas na campanha anterior. Os números de repetições, com alto índice de relação entre estas variáveis, corroboram com o descrito por diversos autores, como Carneiro (2002), Paula (2010), Rocha, Cabral e Braga (2014), em que o sal é o elemento preponderante para o aumento da quantidade de íons no meio aquático.

Gráfico 38- Diagrama de dispersão entre as variáveis Turbidez e Cu no córrego Cerrado/Cadunga no mês de janeiro de 2015.



Fonte: Própria autora (2016)

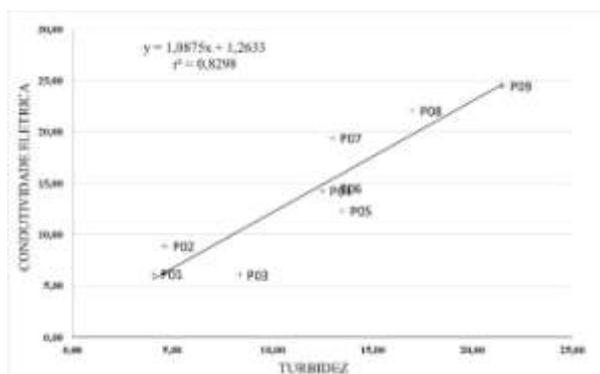
O Campo 3 (Tabela 32) exibiu 16 correlações significativas para as duas bacias. No ribeirão Paraíso, destaca-se o pH, seguido pelo OD e Turbidez. Observa-se correlações entre pH e OD com 71% de ajuste à tendência, apenas para esta campanha. Entre pH e Turbidez, com 68%, repetindo-se no Campo 2; pH e CE também com 68%; bem como pH e TDS com 65% e ainda pH e NaCl com 68%, ambas nos Campos 1, 2 e 3, cujas variáveis possuem forte ligação com as características do pH, mostrando-se proporcionais, na medida em que aumenta o pH, aumenta a capacidade da CE, os sólidos dissolvidos e ainda a quantidade de sais no corpo hídrico.

As variáveis OD e turbidez apresentaram 70% de ajuste à tendência apenas nesta campanha, assim como OD e CE, com 80%; OD e TDS, com 74% e OD e NaCl, com 77%, remetendo-nos novamente à relação entre estas variáveis, as quais estão intimamente ligadas à quantidade de NaCl presente no corpo hídrico. A turbidez exibiu também relação de 51% com o fósforo, assim como na campanha anterior, a qual se apresentou inversamente proporcional. Tais variáveis apresentaram boa correlação devido às características de o fósforo ser imóvel, e, ainda, ao fato do aumento da turbidez em relação à precipitação exibida nos 7 dias antecedentes à amostragem, que contribuiu com 57mm concentrados em um único dia, sendo a maior precipitação ocorrida no período amostrado.

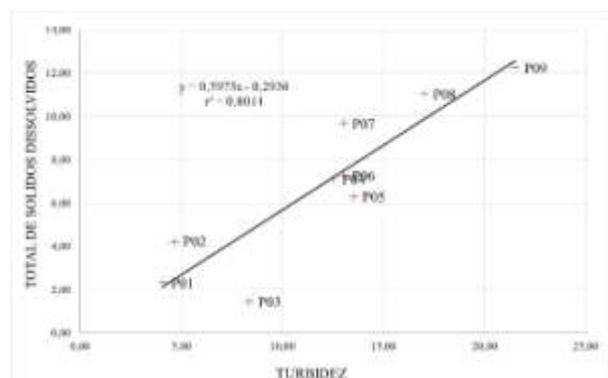
A turbidez e a CE mostraram 82% de relação (Gráfico 39A), repetindo-se em 3 campanhas amostrais. A Turbidez e TDS com 80% (Gráfico 39B) e Turbidez e NaCl com 84%, apresentaram relação apenas nesta campanha, possivelmente influenciada pela precipitação ocorrida nos dias antecedentes, que oferece significativas quantidades de sólidos carregados para o curso d'água, e ainda pelo fato de que a turbidez é caracterizada pela “quantidade de partículas suspensas na água, ocasionando reações químicas e biológicas, as quais são responsáveis por suas alterações”. (ROCHA, CABRAL e BRAGA 2014).

Gráfico 39- Diagrama de dispersão entre as variáveis Turbidez e CE e Turbidez e TDS no ribeirão Paraíso, mês de maio de 2015.

A- Turbidez e CE



B- Turbidez e TDS



Fonte: Própria autora (2016)

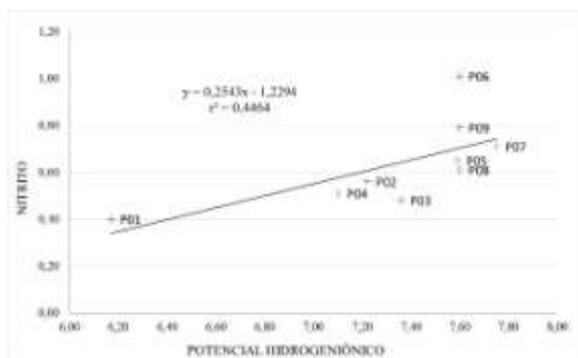
O campo 3 apresentou para o ribeirão Paraíso correlações entre CE e TDS com 98% dos dados ajustados à linha de tendência, assim como CE e NaCl com 99% e TDS e NaCl com 99%. Relacionado principalmente ao NaCl, o qual possui íntima ligação com o potássio, utilizado nas adubações NPK. Segundo Vilela et al., 2004; Curi et al., 2005; Rezende et al (2006), o Brasil importa a maior parte do fertilizante potássico utilizado na agricultura,

especialmente na forma de cloreto de potássio (KCl), o qual expõe elevada solubilidade e liberação abundante de cloro, os quais apresentam baixa capacidade de retenção de cátions, o que favorece a lixiviação do potássio oriundo dos fertilizantes para fora da zona de crescimento radicular, tornando disponíveis ao processo de escoamento superficial do solo. Pode-se estabelecer relação com o que já fora apresentado até o momento, pois as maiores associações apresentadas estão intimamente relacionadas à quantidade de sal no meio aquático.

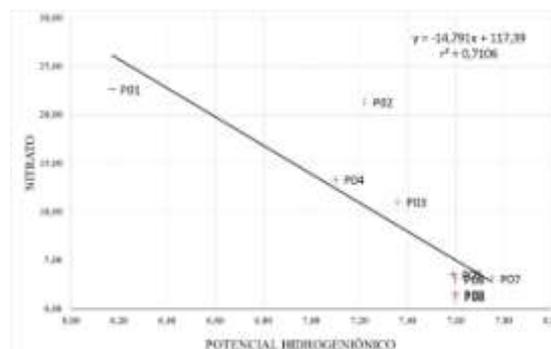
O campo 3 apresentou para o córrego Cerrado/Cadunga 16 correlações significativas, todas com bons ajustes à linha de tendência. O pH e NO_2^- expressam 67% (Gráfico 40A); pH e NO_3^- 71% (Gráfico 40B) ambas inversamente proporcionais, evidenciando que, conforme diminuem os níveis de nitrito e nitrato, aumentam o pH da água. No caso do NO_2^- , percebe-se que o mesmo sofre com as características pontuais, onde o P01 apresentou valor muito alto de nitrito nesta campanha, podendo este ser preponderante nos resultados alcançados, assim como o NO_3^- , no P02, que se mostraram distante da linha de tendência e também o segundo maior valor encontrado na série.

Gráfico 40- Diagrama de dispersão entre as variáveis pH e NO_2^- e pH e NO_3^- no mês de junho para o córrego Cerrado/Cadunga.

A- pH e NO_2^-



B- pH e NO_3^-



Fonte: Própria autora (2016)

Houve correlação entre pH e NH_3N com 44% de ajuste à linha de tendência. Chama atenção a grande quantidade de repetição entre as variáveis que apresentaram boa correlação nos campos 1, 2 e 3, mostrando que, conforme aumenta o pH, aumenta-se a quantidade de NH_3N no meio aquático. Destaca-se o P06, que está intimamente ligado à presença dos efluentes urbanos.

Com relação ao campo 3 para o córrego Cerrado, evidencia-se correlações entre Turbidez e CE com 60% de ajuste a tendência; Turbidez e TDS; Turbidez e NaCl, ambas com

44%. As variáveis TDS e NaCl apresentaram relação inversamente proporcionais à turbidez. Conforme a Tabela 27, ocorre correlações entre Pt e Pb com 55%, todas com repetições nos campos 3 e 4. Destaque para a variável NO_3^- , que apresentou maior número de correlações nesta campanha, todas inversamente proporcionais, acima de 50%, em que NO_3^- e $\text{NH}_3\text{-N}$, que se relacionaram em 56%; NO_3^- e CE 62%; NO_3^- e TDS 52%, e ainda NO_3^- e NaCl, em 56%, cujas correlações se repetiram nos campos 1, 3 e 4, evidenciando a íntima relação entre as variáveis.

A variável $\text{NH}_3\text{-N}$ e TDS apresentaram ajustes de 54% à tendência; $\text{NH}_3\text{-N}$ e NaCl relação de 58%, caracterizando que, conforme aumenta o aporte de nitrogênio amoniacal, eleva-se a quantidade de TDS e NaCl no meio aquático. Ainda para a mesma campanha, destacam-se CE e TDS com 75% de associação; CE e NaCl com 76%, bem como as variáveis TDS e NaCl, com 99%, sendo estas três variáveis as mais fortes, as quais apresentaram o maior número de correlações em todas as campanhas amostrais.

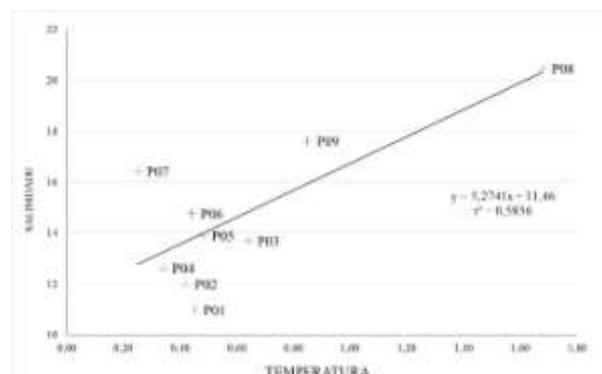
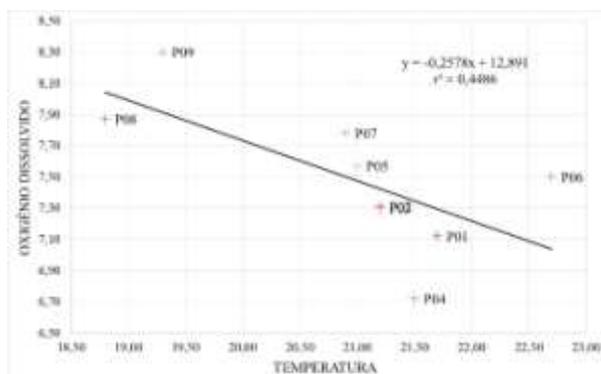
O Campo 4 (Tabela 32) revelou para o ribeirão Paraíso que a variável Temperatura foi a que obteve maior destaque nesta campanha, apresentando correlações entre $^{\circ}\text{C}$ e OD, com 44% de ajuste à linha de tendência; $^{\circ}\text{C}$ e NO_2^- com 48%; $^{\circ}\text{C}$ e $\text{NH}_3\text{-N}$ com 62%; $^{\circ}\text{C}$ e CE 53%; $^{\circ}\text{C}$ e TDS 55% e ainda $^{\circ}\text{C}$ e NaCl, com 59% de relação entre as variáveis. O que chama a atenção é o fato de que esta variável apresentou correlações significativas apenas neste campo, mostrando ainda que em todos os casos os resultados ocorreram de maneira inversamente proporcional.

O Gráfico 41A, revela como se dá a relação entre $^{\circ}\text{C}$ e OD. Conforme descrito por Esteves (1998), “a temperatura influi diretamente nos compostos químicos da água, aumentando a solubilidade dos íons, na água fria, por exemplo, contém mais oxigênio dissolvido do que na água quente”. Neste caso, verificou-se que, conforme aumenta a temperatura da água, é clarividente a redução do oxigênio dissolvido. Observou-se que o P04 exerceu uma forte influência neste coeficiente de determinação, sendo o menor valor da série observado. Também é notório no Gráfico 41B, que na medida em que aumenta a temperatura da água, houve uma redução do NaCl no ambiente aquático, exibindo a solubilidade deste composto iônico.

Gráfico 41- Diagrama de dispersão entre as variáveis T°C e OD e T°C e NaCl, no mês de agosto de 2015 para o ribeirão Paraíso.

A- T°C e OD

B- T°C e NaCl



Fonte: Própria autora (2016)

Ainda com relação ao córrego Paraíso, a Turbidez e a CE também tiveram um bom ajuste à linha de tendência, alcançando 57%, repetindo-se nos campos 2, 3 e 4, evidenciando que não possui características pontuais, ou seja, à medida que aumenta a turbidez da água, consequentemente aumenta-se a condutividade elétrica. Observou-se que, devido à redução da precipitação, a qual alcançou apenas 1,50 mm nos dias de amostragem, os demais elementos não apresentaram boas correlações, justamente por não apresentarem quantidade de sólidos suspensos significativa.

Houve correlação entre $\text{NH}_3\text{-N}$ e NaCl, com 58% de ajuste mostrando ser uma característica pontual, pois a mesma ocorreu apenas na quarta campanha, período de inverno, não mostrando relação nas campanhas anteriores. Destaca-se também, nesta análise, as variáveis CE e TDS, com 85% de correlação; CE e NaCl com 89% e TDS e NaCl com 93%, repetindo-se em todas as campanhas, com relações acima de 70%, o que evidencia associação estabelecida entre as variáveis.

Cotejando-se os dados referentes ao campo 4 para o córrego Cerrado/Cadunga, percebe-se que o mesmo apresentou as mesmas características que o Campo 3, evidenciando as mesmas correlações com os mesmos valores apresentados. Isso pode ter ocorrido devido ao ano climático atípico apresentado, e, ainda, pelos fatores antropogênicos apresentados no curso d'água.

6.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Caracterização Física

Em termos gerais, ao se comparar os aspectos geológicos das duas bacias, as mesmas se diferenciam apenas na presença das areias inconsolidadas na parte superior da bacia do ribeirão Paraíso. Verificou-se que na bacia do córrego Cerrado/Cadunga, à montante, predominam arenitos da Formação Vale do Rio Peixe, enquanto que na bacia do ribeirão Paraíso a predominância da Formação Vale do Rio do Peixe ocorre na parte central da bacia, coincidindo com a formação Serra Geral, no exutório de ambas as bacias. Em relação aos solos, foram encontrados solos com características hidromórficas em ambas as bacias, os quais não foram mapeados em função das fontes de dados não apresentarem tais informações devido à escala utilizada para a confecção dos mapas de solos.

Quanto à declividade das bacias em questão, o que se pode concluir é que em ambas predominam classes entre 3 a 8%; bem como relevos tabulares arenosos com dissecação franca.

6.2 Uso da terra

Observou-se desaparecimento gradativo do bioma Cerrado, principalmente na bacia do córrego Cerrado/Cadunga, que apresentou um decréscimo de 8,7% da área. Já na bacia do ribeirão Paraíso, esse decréscimo foi de apenas 0,11%, justamente por caracterizar áreas de Áreas de Preservação Permanente.

A bacia do córrego Cerrado/Cadunga encontra-se mais antropizada que a bacia do ribeirão Paraíso, apresentando 18% de sua vegetação original em 2015, o que representa uma redução de quase 31% em relação ao ano de 2005. Verifica-se que as áreas de nascentes foram desmatadas, bem como toda a extensão do curso d'água.

Ambas as bacias têm caráter agrícola. A bacia do ribeirão Paraíso apresentava em torno de 60% para todos os períodos avaliados de sua área apta as atividades agropastoris. A bacia do córrego Cerrado/Cadunga apresentou 48% de suas áreas aptas no ano de 2015.

A bacia do córrego Cerrado/Cadunga apresentou maior quantidade de área destinada a pastagem do que a bacia do ribeirão Paraíso. Tal fato pode ser associado a crise no setor sucroenergético em Minas Gerais, cujas áreas destinadas à monocultura da cana-de-açúcar voltaram a ceder espaço às pastagens.

6.3 Precipitação e Erosividade

A maior concentração pluviométrica dá-se entre os meses de outubro a março em ambas as bacias, coincidindo com o calendário agrícola. Apresenta duas estações bem definidas: primavera e verão chuvoso e outono inverno seco.

A região da bacia do ribeirão Paraíso apresentou média pluviométrica nos 30 anos analisados de 1.486 mm, enquanto que o Córrego Cerrado/Cadunga 1.370 mm, uma diferença de 116 mm.

Quanto à erosividade, pode-se concluir que ambas as bacias apresentaram alto grau de erosividade, perdendo em média 865,5 ton ha⁻¹ ano⁻¹. A região da bacia hidrográfica do ribeirão Paraíso apresentou maior potencial erosivo, justamente por apresentar maior índice pluviométrico e por ocupar uma maior área da Formação Vale do Rio do Peixe.

Vale destacar que as precipitações e as erosividades apresentadas corroboraram para com avaliação dos metais pesados nos sedimentos, uma vez que os solos lixiviados para os cursos d'água durante o processo de escoamento superficial podem conter metais oriundos do manejo do solo nas lavouras extensivas de ambas as bacias.

6.4 Avaliação dos Metais Pesados nos Solos e Sedimentos

Os teores de metais pesados identificados nos diferentes pontos amostrais de ambas as bacias revelam contaminações pontuais, principalmente ligadas ao uso da terra, ou seja, especialmente ligados às atividades agrícolas desenvolvidas nas áreas amostradas.

Dos metais pesados pesquisados em ambas as bacias, o que demanda maior atenção, tanto nos sedimentos quanto nos solos, é o cádmio, o qual, na média geral de todos os pontos, supera os limites dos valores de Prevenção e o Nível I de risco à biota, estabelecidos nas resoluções CONAMA nº 420/2009 para solos e nº 454/2012 para sedimentos.

Destaca-se ainda, o mercúrio presente apenas nos sedimentos do P01 que está ligado principalmente às características físicas da área amostrada no ribeirão Paraíso e no P02 para o córrego Cerrado/Cadunga deve-se principalmente às adubações utilizadas nas lavouras de abacaxi.

No geral os resultados dos sedimentos córrego Cerrado/Cadunga mostraram que a distribuição dos elementos tem como principal contribuição à área urbana e o lançamento de

efluentes urbanos e industriais na rede de drenagem, para a presença dos metais pesados nos solos, destacaram as atividades agrosilvopastoris.

Com relação a bacia do ribeirão Paraíso, a maior influência esteve ligada às atividades agrícolas, com destaque para a cultura de cana-de-açúcar que utiliza nas formulações das adubações macronutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, e também micronutrientes, como boro, cobre, manganês, molibdênio e zinco.

6.5 Enquadramento dos corpos d'água.

Verificou-se que a resolução nº CONAMA 357/2005, mesmo sendo para águas superficiais, apresentou maiores restrições que a Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, que é destinada à avaliação de água potável.

O ribeirão Paraíso enquadrou-se em todas as campanhas amostrais nas Classes III e IV da Resolução CONAMA nº 357/2005, face as variáveis Fósforo, Cádmio e Cobre que apresentaram valores superiores aos estabelecido pela referida Resolução. Observou-se ainda, que o córrego Cerrado/Cadunga também se enquadrou nas Classes III e IV da referida Resolução em todas as campanhas, coincidindo com as mesmas variáveis do ribeirão Paraíso. Nesse sentido, as águas podem ser destinadas ao abastecimento humano, após tratamento convencional ou avançado, à irrigação, pesca amadora, à recreação e, ainda, dessedentação de animais.

O córrego Cerrado/Cadunga apresentou valores das amostras fora dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para as variáveis Fósforo, Mercúrio, Cobre e Cádmio; os demais parâmetros limnológicos apresentaram alterações pontuais, principalmente após lançamento dos efluentes domésticos e industriais *in natura* no corpo hídrico, os quais interferem diretamente na quantidade de Nitrito. Mesmo assim, esse curso d'água evidencia características que influenciam na sua autodepuração para algumas variáveis, como CE, OD e pH.

O pH de ambas as bacias apresentou leves alterações. Na bacia do ribeirão Paraíso, os pontos 01 e 02 evidenciam valores que estiveram abaixo do mínimo estabelecido pelo CONAMA, os quais podem ter sofrido influência da matéria orgânica, cuja justificativa por ser dada pela geologia local composta por coberturas arenosas indiferenciadas e Latossolos Vermelho Distrófico.

O Fósforo Total para a bacia do ribeirão Paraíso apresentou na primavera entre os pontos 4 a 11, valores fora dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005,

o que pode ser justificado por vários estudos que encontraram uma significativa relação entre o nível de fósforo do solo e o fósforo dissolvido no escoamento, uma vez que o escoamento da água sobre a camada superficial do solo de áreas agrícolas, durante os eventos pluviométricos, é a principal fonte difusa de poluição dos mananciais hídricos, a qual foi constatada pelo alto índice pluviométrico e ainda constatado pela erosividade apresentada nas duas bacias.

Verificou-se também que os metais pesados na água são, em sua maioria, justificáveis pela presença dos mesmos no solo e nos sedimentos apresentados em ambas as bacias, os quais são intensamente influenciados pelo uso e ocupação da bacia (atividade agropastoril), mais que pelas origens geológicas e pedológicas apresentadas. Vale ressaltar ainda que a bacia do córrego Cerrado/Cadunga, apresentou mais um agravante nesta análise, a área urbana e o lançamento de efluentes urbanos e industriais, fato que pode ser fonte de contribuição para a alteração de alguns parâmetros analisados.

Considerando os resultados encontrados em ambas as bacias, faz-se necessário o monitoramento da qualidade da água para que se possa responder aos anseios demandados, em diagnósticos mais aprofundados a respeito dos agroquímicos e no uso da terra apresentados em ambas as bacias. Isso porque, analisando-se as duas bacias, percebe-se que os agroquímicos oferecem riscos à qualidade da água, tanto quanto o lançamento de efluentes domésticos e industriais, uma vez que as bacias avaliadas apresentaram alterações nos mesmos parâmetros avaliados.

6.6 Análise de correlação

O córrego Cerrado/Cadunga apresentou comportamento distinto do ribeirão Paraíso para os metais pesados. No trabalho de campo 2, o Cobre apresentou correlação significativa com a variável turbidez, alcançando 83% de relação. O Cádmiio foi o metal que mostrou maior número de correlações entre as variáveis limnológicas, significativas ao nível de 5% para com OD, $\text{NH}_3\text{-N}$, NO_2^- , e NO_3^- .

As melhores correlações apresentadas pelos parâmetros limnológicos foram para as variáveis que estão inteiramente ligadas à quantidade de íons presentes na água, sendo (pH, CE, TDS e NaCl) para as 4 campanhas amostrais, em ambas as bacias.

O ponto 4 do córrego Cerrado/Cadunga, é considerado divisor da qualidade apresentada na bacia, pois evidencia claramente a influência apresentada pela ação antropogênica através da presença dos efluentes domésticos e industriais.

Evidenciou-se, ainda, a influência da precipitação 7 dias antecedentes à amostragem, em que se percebeu que no ribeirão Paraíso houve uma maior dissolução dos íons e no córrego Cerrado/Cadunga uma maior concentração destes, tanto no período úmido quanto no seco, uma vez que o úmido se apresentou atípico para região do córrego Cerrado/Cadunga.

O monitoramento do ribeirão Paraíso faz-se necessário em virtude de ser uma bacia de caráter agrícola, com intensa presença de monoculturas e, ainda, por ser afluente do rio Claro, bacia que abastece Jataí-GO e municípios vizinhos.

O monitoramento do córrego Cerrado/Cadunga é extremamente necessário e de caráter emergencial, pois, além de ser afluente do reservatório de Cachoeira Dourada, é a principal fonte de abastecimento da população urbana e rural (dessedentação e irrigação) do município de Canápolis-MG.

Dessa forma, recomenda-se que as políticas públicas locais se voltem para o cumprimento da legislação ambiental vigente, principalmente no que diz respeito ao lançamento de efluentes domésticos e industriais e ao uso do solo e cobertura vegetal, que apresentaram os principais fatores de alteração da qualidade da água.

Nesse sentido, pode-se assegurar que garantir a abundância da água não basta; é necessário preservar a qualidade da mesma, Diante de tal contexto, a única abordagem racional é evitar a contaminação.

7.0 REFERÊNCIAS

AB' SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**, São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ADACHI K e TAINOSHO Y. **Characterization of heavy metal particles embedded in tire dust**. Elsevier, 2004.

ALEXANDRE, G.A.L. **Contribuição ao estudo do comportamento geoquímico do As, Cu, Pb e Zn, originários de pesticidas agrícolas, nas zonas não saturada e saturada em área urbana e agrícola do município de Louveira (SP)**. 1995. 158 f. Tese (Doutorado em análise ambiental) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

ALBERTINI. S, CARMO. L. F do, PRADO FILHO. L. G do. Utilização de serragem e bagaço de cana-de-açúcar para adsorção de cádmio. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 27(1): 113-118, jan.-mar. 2007

ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils**. New York: Wiley. 339p, 1990.

ALLOWAY, B. J. **Heavy metals in soils**. 2. ed., Glasgow: Blackie and Son, 971 p.1995.

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2010

ALLOWAY, B. J. **Heavy Metals in Soils**. 2. ed. New York: John Wiley, 351 p. 1995.

ALVES, E.C. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Acta Sci. Technol.** Maringá, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.

AMARAL. E. B. **Principais diferenças entre lixão, aterro controlado e aterro sanitário. Senhoreco**. 2014. Disponível em: <<http://www.senhoreco.org/2014/07/fique-por-dentro-lixao-ac-as.html>>. Acesso em: 23 maio 2015.

AMBINETEBRASIL. **Avaliação da qualidade da água**. Ambiente Água. S/d. Disponível em:<http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_agua_doce/avaliacao_da_qualidade_da_agua.html>. Acesso em: 24 ago. 2016.

ANA. Agência Nacional das águas. **Índice de qualidade das águas**. Portal da qualidade de água. 2009. Disponível em :< <http://pnqa.ana.gov.br/indicadoresQA/indicesQA.aspx>>. Acesso em: 09 fev. 2015.

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20th ed. Washington. 1995.

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20th ed. Washington. 1999.

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 21st ed. Washington. 2005.

ARAÚJO, L. E. de et al. **Bacias hidrográficas e impactos ambientais**. revista.uepb.edu.br > Capa > v. 8, n. 1 (2009). UEPB. N1. v8. P 18.2009,

ASTDR. Agency for toxic substances and disease registry. **Toxicological profile for cádmium**. Atlanta: ATSDR, 1997. 347.

ATSDR. **Agency for toxic substances and disease registry**. Services H. Draft Toxicological Profile For Uranium; May 2011.

AUBERT, H., PINTA, M. **Trace elements in soils**. Amsterdam, Elsevier Scientific Publ., Co., 1977. 395p.

AZEVEDO, F.A. Dinâmica ambiental e riscos do mercúrio. **TECBAHIA R. Baiana Tecnol.**, v. 1, n. 1, p. 32 a 48, 1993

BACCARO, C.A.D **Estudos dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial em área de Cerrado. Uberlândia – MG**. São Paulo. 1990. P. 134.Tese de doutorado, IG. DEGEO/FFLCH. USP). SP.

BACCARO, C. A. D. As unidades geomorfológicas e a erosão no chapadão do Município de Uberlândia. **Sociedade e Natureza**. Uberlândia, EDUFU, ano 6, n.11 e 12, 1994.

BAGGIO. H. HORN. A.H. Fonte, distribuição e características geoquímicas dos sedimentos de corrente do rio Formoso-MG. **Geoambiente on-line**. N 16. 2011. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/geoambiente/article/viewFile/26020/14991>>. Acesso em: 09, ago. 2016.

BARETTO. A.C. B. BITAR.N. A. B. **Análise de metais pesados na água e nos sedimentos de corrente do córrego Aragão situado no município de Patos de Minas/MG**. Perquirere: Patos de Minas: UNIPAM, 8(2):214-223, dez. 2011. Disponível em: <http://perquirere.unipam.edu.br/documents/23456/54719/analise_de_metais_pesados_na_agua.pdf>.Acesso em: 09 ago. 2016.

BARRELA, W. Os peixes como indicadores da qualidade das águas dos rios. IN: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELA, N. **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: Educ/comped/inep, 2001. cap. 14, p. 249 – 263.

BECEGATO, V.A. **Aplicação de técnicas geofísicas e geoquímicas em duas glebas agrícolas no noroeste do Estado do Paraná e suas relações com fertilizantes fosfatados**. Curitiba-PR. 2005. (Tese de Doutorado - Universidade Federal do Paraná).

BECEGATO, V.A.; FERREIRA, F. J. F.; CABRAL, J. B. P.; RAFAELLI NETO, S. L. Gamma-ray spectrometry sensor and geochemical prospecting in na area of sugar cane plantation. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, p.1-10, 2008.

BENETTI, A.; BIDONE, F. O meio ambiente e os recursos hídricos. IN: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade/UFRGS/ABRH, 1995. p. 669.

BERNADO, L. T. QUEIROZ. A. M. A elasticidade-preço da demanda e a elasticidade-preço da oferta nas commodities agrícolas milho e soja no Brasil. **Revista de Economia**, Anápolis, v.7, n.2, p. 48-65, jul./dez. 2011. Disponível em: <<http://www.nee.ueg.br/seer/index.php/economia/article/viewFile/429/361>>. Acesso em: 24 de maio 2015

BERTOLETTI, E. Ecotoxicologia aquática. IN: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELA, N. **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001. p.219-228.

BERTONI, J., LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1993. 355p.

BERTONI, J.; LOMBARDI. N. F. **Conservação do solo**. São Paulo – SP: Ícone, 1999. 355p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 6 ed., São Paulo, SP: Ícone, 2008. 355p.

BERTOL, I. Avaliação da erosividade da chuva na localidade de Campos Novos (SC) no período de 1981-1990. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 29, p.1453-1458, 1994.

BIGON, J. D.; FERNANDES, L. F. R., Análise física da micro-bacia hidrográfica do Córrego Barão de Ibitinga, Socorro – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 1, 2010, Bauru. **Anais...** Bauru.IBEAS, 2010. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/Congresso/Trabalhos2010/VIII-001.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2014.

BIZARRO, V.G.; MEURER E.J. e TATSCH, F.R.P. Teor de cádmio em fertilizantes fosfatados. **Ci. Rural**, 38:247-250, 2008.

BORGES, R. de C.; SANTOS, D. G. dos. Reserva Ecológica do Panga (Uberlândia/MG) – proposta de zoneamento e contribuições ao plano de manejo. In: ENCONTRO INTERNO 9 E SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 13, **Anais...**Uberlândia: PROPP, 2008. Disponível em: <<http://www.ic-ufu.org/cd2009/PDF/IC2009-0403.pdf>> Acesso em: 23 jun. 2015.

BUNCE, N. **Environ. Chem.**, 2 ed. Winnipeg: Wuerz Ltd., 1994

BRAGA. B. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo. Prentice Hall, 2002.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Brasília: Política Nacional de Recursos Hídricos, 2002, 23-42 p

BRITO. J. L. S. PRUDENTE. T. D. Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal do município de Uberlândia – MG, utilizando imagens ccd/cbers. **Revista on line**, n13. 2005.

BRUN, E.J.; SCHUMACHER, M.V.; SPATHELF, P. Relação entre a produção de serrapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.2, p.277-285, 2001.

BYERS, H. L.; CABRERA, M. L.; MATTHEWS, M.; FRANKLIN, D. H.; ANDRAE, J. G.; RADCLIFFE, D. E.; MCCANN, M. A.; KUYKENDALL, H. A.; HOVELAND, C. S.; CALVERT JR, V. H. Phosphorus, sediment and *Escherichia coli* loads in unfenced streams of the Georgia Piedmont, USA. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 34, n. 11, p. 2293-2300, nov. 2005.

CABRAL, J.B.P.; BECEGATO, V.A.; SCOPEL, I., LOPES, R.M. Estudo da erosividade e espacialização dos dados com técnicas de geoprocessamento na carta topográfica de Morrinhos-Goiás/Brasil para o período de 1971 a 2000. **GeoFocus**, 5:1-18, 2005.

CABRAL, J. B; BECEGATO, V. A; LUCENA, L. R. F; SCOPEL, I. Intensidade Pluviométrica e Vulnerabilidade à erosão do solo na área de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada-GO. **Revista Geoambiente online**, n4. P 11. 2005.

CABRAL, J. B. P. **Análise da sedimentação e aplicação de métodos de previsão para tomada de medidas mitigadoras quanto ao processo de assoreamento no reservatório de Cachoeira Dourada – GO/MG**. 2006, 195 f. Curitiba - PR. Tese (Doutorado em Geologia, Área de Concentração Geologia Ambiental) UFPR - Universidade Federal do Paraná – Setor de Ciências da Terra. 194p. 2006.

CABRAL. J. B. P. FERNANDES. L. A. BECEGATO, V. A. SILVA. S. A. Erosividade na bacia de drenagem do reservatório de Cachoeira Dourada- GO/MG. **Geofocus (Artículos)**, n. 9, p. 290-316. 2009.

CAMELO LGL, MIGUEZ SR e MARBAN L. 1997. Heavy metals inputs in phosphate fertilizers used in Argentina. **The Science of Total Environment**, n. 204, p. 245-250. Ano 2010

CAMPBELL, P. C. G. Em metal speciation and bioavailability in aquatic systems. In: Tessier, A.; Turner, D., (Eds). John Wiley and Sons: Chichester, 1995, cap. 2, p32

CAMPOS. B. R. de; MIRANDA FILHO K. C.; D'INCAO F.; POERSCH. L.e WASIELESKY W. Toxicidade aguda da amônia, nitrito e nitrato sobre os juvenis de camarão rosa *farfantepenaeus brasiliensis* (latreille, 1817) (crustacea: decapoda). *Atlântica*, Rio Grande, n. 34, v.1, p. 75-81, 2012. doi: 10.5088/atl.2012.34.1.75. 2012.

CAMPOS FILHO, O.R.; SILVA, I.F.; ANDRADE, A.P., LEPRUN, J.C. Erosividade da chuva e erodibilidade do solo no agreste de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, p.1363-1370, 1992.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed 2008.

CARVALHO, N. O. (2008): **Hidrossedimentologia prática**. 2. ed., rev., atual e ampliada. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

CARDOSO, M. L. de M. **A Democracia das Águas na sua Prática: O caso dos Comitês de Bacias Hidrográficas de Minas Gerais** – Rio de Janeiro, 2003. xii, 227fl. Tese de Doutorado (Doutorado em Antropologia Social) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Programa de Pós-graduação em Antropologia Social/Museu Nacional, 2003. Disponível em: <https://mluciamc.files.wordpress.com/2012/05/tese_mluciacardoso.pdf> Acesso em: 06 fev. 2015.

CARMO, J. P. A. e SILVA, P. D. D. A Bacia hidrográfica como unidade de estudo, planejamento e gestão. In: ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS, 16, 2010,. **Anais...**Porto Alegre. Editora UFRS 2010, p214

CARNEIRO, F. M. Análise do estudo de impacto ambiental e da qualidade da água — o caso Açude Atalho — Brejo Santo, Ceará. 2002. 198f. Dissertação (Mestrado em desenvolvimento e meio ambiente) – Universidade Federal do Ceará/ Campus do PICI, Fortaleza-CE. 2002,198p.

CASTILHO-JR, A. B. Estimativa de distribuição dos teores dos metais pesados nas diversas frações dos resíduos urbanos no Brasil. **Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente**, v 3 n 4 p. 57-60, 2003.

CETESB. Companhia de Tecnologia de saneamento Ambiental. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas**. São Paulo. CETESB, 2009.

CETESB. Companhia de Tecnologia de saneamento Ambiental. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas**. São Paulo. CETESB, 2010.

CETESB. Companhia de Tecnologia de saneamento Ambiental. - Qualidade das águas superficiais no estado de São Paulo 2012 [recurso eletrônico] / CETESB. - - São Paulo: CETESB, 2013. 370 p. il. color. - 2013

CONAMA. **Conselho Nacional do meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente**. Resolução nº 357, 17 de março de 2005. Corpos d'água. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2014.

CONAMA. **Conselho Nacional do meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente**. Resolução nº 420, 28 de dezembro de 2009. Solos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>>. Acesso em: 15 set. 2015

CONAMA. **Conselho Nacional do meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente**. Resolução nº 454 01 de novembro de 2012. Sedimentos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=693>>. Acesso em: 15 set.2015.

CONCEIÇÃO FT e BONOTTO DM. Use of U-isotopes disequilibrium to evaluated the weathering rates and fertilizer-derived uranium at São Paulo State, Brazil. **Environmental Geology**, n. 44, v.4, p. 408-418, 2003.

CONTE, M. L.; LEOPOLDO, P. R. **Avaliação de recursos hídricos**: Rio Pardo, um exemplo. São Paulo: UNESP, 2001.

COSTA, C.C.A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D.; SILVA, P. C. M. Análise comparativa da produção de serrapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na Flona de Açu - RN. **Revista Árvore**, n.34, v.2, p.259-265, 2010.

CORADI, P.C.; FIA, R.; PEREIRA- RAMIREZ, O. Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 46-56, 2009.

CORDANI, U. G. e TASSINARI, C. C. G. Comentá- rios sobre os dados geocronológicos disponíveis para as folhas SD.21 Cuiabá, SE.21 Corumbá e Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso 212 SF.21 Rio Apa. In.: SCHOBENHAUS FILHO, C. **Carta Geológica ao milionésimo**. Brasília: DNPM, 1979. 13p.

COUTO, T. C.; FARIA, D. C.; NAVAL, L. P. Análise das variáveis físico-químicas da água do rio javaés, ilha do bananal, entorno do Parque Nacional do Araguaia, Tocantins Brasil. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30, 2006, **Anais...** Punta Del Leste Uruguai. Resgatando Antiguos Principios para los Nuevos Desafíos del Milenio; p. 1-8, 2006.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **A questão ambiental**: diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003, 248 p.

CURI, N.; KÄMPF, N.; MARQUES, J. J. Mineralogia e formas de potássio em solos brasileiros. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Ed.). **Potássio na agricultura brasileira**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, 2005. p. 91-122.

CHEN, J.; WEI, F.; ZHENG, C.; WU, Y. e ADRIAN, D.C. Background concentrations of elements in soils of China. **Water Air Soil Poll.**, n.57-58 p. 699-712, 1991.

DAMATO, M. O emprego de indicadores biológicos na determinação de poluentes orgânicos. IN: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELA, N. **Indicadores Ambientais**: conceitos e aplicações. São Paulo: Educ/comped/inep, 2001. cap. 12, p.229 – 237.

DAVIS, A.P *et al.* Loading estimates of lead, copper, cadmium and zinc in urban runoff from specific sources. **Chemosphere**,v. 44, p.997-1009, 2001.

DAVIES, B.E. e WIXSON, B.G. Use of factor analysis to differentiate pollutants from other trace metals in surface soils of the mineralized area of Madison County, Missouri, USA. **Water Air Soil Poll.**, n.33, p.339-348, 1987.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G.. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 327-354.

DICKSON, B.L.; SCOTT, K.M. Interpretation of aerial gamma-ray surveys – adding the geochemical factors. **AGSO Journal of Australian Geology e Geophysics**, Austrália, v.17, n. 2, p.187-200, 1997.

DUFFUS, J. H. Heavy metals – a meaningless term? **Pure and Applied Chemistry**. v. 74, n 5, p 793 – 807, 2002.

EBRAHIMPOUR, M.; MUSHRIFAH, I. Heavy metal concentrations (Cd, Cu and Pb) in five aquatic plant species in Tasik Chini, Malaysia. **Environ. Geo.** v.54:, p. 689–698, 2008.

EIA/RIMA. DBO. Engenharia LTD. **EIA/RIMA**: Estudo de Impacto ambiental, e relatório de Impacto ambiental. Aterro Sanitário de Jataí-Go. Disponibilizado pela Secretaria de Serviços Urbanos do Município de Jataí-GO. CD Rom. 08/2014.

EMBRAPA. Areias quartzosas e Neossolos quartzarênicos. 2005. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_2_10112005101955.html> Acesso em: 07, ago. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Biodiversidade do Bioma Cerrado**. Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_14_911200585231.html>. Acesso em: 17 fev. 2015.

EMBRAPA. Sistema Brasil em relevo. <Disponível em: www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 12 de maio de 2015.

ESRI. GIS and mapping software. Guia ArqGis9.0. 2006. Disponível em:<http://www.ersi.com>. Acesso em: 13 de outubro de 2015.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1998.

FARIAS. M. S. S. de. NETO. J. D. LIMA. V. L. A. Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Cabelo: Parâmetros físico-químicos. (2009). **Revista GEPROS**. UNEP. Disponível em: <<http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/viewFile/870/332>> Acesso em: 17 fev. 2015.

FARIAS. M. S. S. de. Monitoramento da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo. Tese. Curso de Engenharia Agrícola. Área de concentração: Irrigação e drenagem. Universidade Federal de Campina Grande UFCG. Paraíba 2006. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/copeag/teses2006/tese%20sally.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2015

FAPESP. Fatores naturais que contaminam o solo com mercúrio. Tapajós. 2007. Disponível em: <<http://www.bv.fapesp.br/namidia/noticia/11192/fatores-naturais-contaminam-solo-mercurio/>>. Acesso em : 06 abr. 2016.

FEITOSA, F. A. C. e FILHO, J. M. (Coord.). **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. 2. ed. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID-UFPE, 2000. 391 p.

FERNANDES, F.C.S.; SCARAMUZZA, W.L.M.P. Produção e decomposição da liteira em fragmento florestal em Campo Verde (MT). **Revista Ciências Agrárias**, n.47, p.73-186, 2007.

FERNANDES, L. F. [et al.]. Comunidades fitoplanctônicas em ambientes lênticos. In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. **Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados**. Curitiba: Finep, 2005. P 75

FERNANDES, L.A. **Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. 1998, 216f. Tese (doutorado em Geologia) Instituto de geociências, Universidade de São Paulo- São Paulo, 1998. 216p.

FERNANDES, L.A. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000. **Boletim Paranaense de Geociências**, n.55, p. 53-66, 2004.

FIGUEIREDO FILHO, A.; FERREIRA, G.M.; BUDANT, L.S.; FIGUEIREDO, D.J. Avaliação estacional da deposição da serrapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do Estado do Paraná. **Ciência Florestal**, v.13, n.1, p.11-18, 2003.

FIRJAN- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO RIO DE JANEIRO. **Guia para coleta seletiva de pilhas e baterias**. Rio de Janeiro, 2000, 55 p.

FORD, R. G.; SCHEINOST, A. C.; SPARKS, D. L. Frontiers in metal orption/precipitation mechanisms on soil mineral surfaces. **Advances in Agronomy**, v. 74, n.4, p.41-62, 2001.

FOSTER, S.S.D.; HIRATA, R. **Determination del riesgo del contamination de aguas subterrneas**: uma metodologia baseada en dados existentes. 2 ed. Centro Panamericano de Ingenieria y Ciencias del ambiente, Peru. 1988.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Ministério da saúde – Centro Nacional de Epidemiologia. **Nota Técnica n° 10/2001**. Brasília, 27 de Agosto 2001.

FRANÇA RM, F. H, SANTOS, M.R.P, MENDONÇA, L.A.R, BESERRA, M.C. **Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte Ceará**. Engenharia Sanitária. Ambiental, 2006. p 92-102.

FRANCO. D. F.S. BATISTA. D.F. QUEIROZ. JUNIOR. V. S, SILVA, D. A. Análise geomorfológica preliminar do Córrego do Cerrado no município de Canápolis-MG. **Revista GEONORTE**, edição especial 4, v 10, n.1, p 81-86, 2014. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/viewFile/1523/1406>>. Acesso em: 08 ago. 2016.

FRANCO. D. F.S. REZENDE. M. SANTOS. J. C. dos. A evolução da monocultura canavieira no município de Canápolis/MG. In: ENCONTRO DE GEOGRAFIA DO PONTAL, 3 2011, Ituiutaba. **Anais...** Ituiutaba-MG , 2011.P 34

FRANCO, Í. O.; ASSUNCAO, H. F. da. Usos do solo no advento do agronegócio da cana-de-açúcar no sudoeste de Goiás: estudo de caso do município de Jataí. **Cienc. Cult. [online]**. 2011, v.63, n.3, p. 33-36. ISSN 0009-6725.

FLORUCCI. A. R. BENEDITTI FILHO. E. **A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. Química e sociedade.** Química Nova na Escola. 2005. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a02.pdf>>. Acesso em: 22 ago.2016.

GALVÃO. B. L. **Determinação titulométrica –Nitrogênio amoniacal.** (20--). Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgjAsAI/determinacao-titulometrica-nitrogenio-amoniacal>> Acesso em: 24 ago. 2016.

GIMENO-GARCIA, E.; ABREU, V. e BOLUDA, R. Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilisers and pesticide to rice farming soils. **Environ. Poll.**,n. 92 p.19- 25, 1996.

GONÇALVES JR. A. C.; LUCHESE. E. B.; LENZI. E. Avaliação da fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e crômio, em soja cultivada em latossolo vermelho escuro tratado com fertilizantes comerciais. **Química nova.** v.23, n.2,P. 76 2000

GOMES, D. D. M.. **Geoprocessamento aplicado a análise da vulnerabilidade à erosão na bacia hidrográfica do Rio Jaibaras – Ceará.** 2011. Dissertação de Mestrado (Programa de PósGraduação em Geologia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE.

HAWKES, S. J. What is a heavy metal? **Journal of Chemical Education**, v.74, n.11, p. 1374. 1997

HERMES. L. C. SILVA.A. de S. **Avaliação da qualidade das águas.** Manual prático. EMBRAPA. Brasília DF. 2004.

HIDROWEB (2015) – **Sistema de informações hidrológicas-** Agência Nacional das Águas (ANA)- Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=1080eTipoReg=7eMostraCon=falseeCriarArq=falseeTipoArq=1eSerieHist=true>>. Acesso em: 10 out. 2015.

HOLMGREN, G.S.; MEYER, M.W.; CHANEY, R.L. e DANIELS, R.B. Cadmium, lead, zinc, copper, and nickel in agricultural soils of the United States of America. **J. Environ. Qual.**, n.22, p. 335-348, 1993.

HOUZIM, V. VÁVRA, J.; PEKNY, V.; VRBA, J. e STIBRAL. J. Impacto f agricultural activities on ground water. **Internat. Assoc. of Hydrogeologists**, Hanover, Heise, v. 5. P. 43 1986.

HUDSON, N. **Soilconservation.** 2.ed. Ithaca, Cornell University Press, 1971. 320p.

YAMADA. T. CASTRO. P.R. de C. **Glifosato, herbicida com singular modo de ação:** efeitos secundários e implicações fisiológicas e agrônômicas. Disponível em: <<http://www.ipni.net/ppiweb/pbrazil.nsf/1c678d0ba742019483256e19004af5b8/425d07bd384>>

d51950325704a004dbe75/\$FILE/Anais%20Yamada%20e%20Paulo%20Castro.pdf>. Acesso em: 21 de julho de 2016.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soil and plants**. Boca Raton, Flórida, p.315-321, 1992.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Traces elements in soils and plants**. 3 ed. Boca Raton: CRC Press, 2001. 413 p.

KABATA-PENDIAS, A. **Soil-plant transfer of trace elements: an environmental issue**. Amsterdam: Geoderma, 2004. 149p.

KEMERICH, P.D.C.; UCKER, F. E.; BORBA, W. F. Cemitérios como fonte de contaminação ambiental. **Revista Scientific American Brasil**, v.1, p. 78-81, 2012.

KLUMPP, A. Utilização de bioindicadores de poluição em condições temperadas e tropicais. IN: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELA, N. **Indicadores Ambientais: Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Educ/comped/inep,2001. cap. 4, p.77 – 95.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2002. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – PNSB de 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

_____. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Cidades 2014- Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 03 abr. 2014.

INMET - **INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA**. (Brasil) 2015. Disponível em: < <http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 19 fev. 2015.

JATAÍ. Prefeitura municipal de Jataí. **Notícias: Adequação do aterro controlado**. Disponível em: <http://www.jatai.go.gov.br/index.php?option=com_content&view=archive&year=2015&month=05&Itemid=166>. Acesso em: 24 de maio 2015

JORNAL CANA. **Crise causa fechamento de usinas e demissão no setor sucroenergético**. CANAOESTE. Associação dos plantadores de cana do Oeste do Estado de São Paulo. 2015. <Disponível em: <http://www.canaoeste.com.br/conteudo/crise-causa-fechamento-de-usinas-e-demissao-no-setor-sucroenergetico>.> Acesso em: 24 ago.2015.

LARINI, L. **Toxicologia**,2 ed. Curitiba: Editora Manole., 1993.

LATRUBESSE, E. M. CARVALHO, T. M. **Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Secretaria de Industria e comércio. Superintendência de Geologia e mineração. Goiânia, 2006.

LEHNINGER, A.L. **Princípios de bioquímica**. São Paulo:Sarvier, 1990. 576p.

LLOYD, R. **Pollution and freshwater fish**. The Buckland Foundation, Oxford. 1992. 176p.

LICHT, A.O.B.A geoquímica multielementar na gestão ambiental - identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no Estado do Paraná, Brasil. **Boletim Paranaense de Geociências**. Curitiba: Editora UFPR. n. 51, p. 91-114, 2002.

LIMA. A. M. MARIANO. Z. F.de. Análise microclimática no interior e fora das florestas estacionais semidecíduais na área da bacia da usina hidrelétrica de Caçu-GO. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 27, 2014, p. 67-87. Disponível em: <file:///C:/Users/Simone/Downloads/85433-120260-1-PB.pdf>. Acesso em: 10 mar.2015.

LIMA, J. S. Processos biológicos e biomonitoramento: aspectos bioquímicos e morfológicos. IN: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELA, N. **Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: Educ/comped/inep,2001. cap. 5, p. 95 – 117.

LIMA. A. M., SANTOS. F. F. Análise das propriedades físico-químicas e de metais potencialmente tóxicos na água do Rio Claro, próximo a cidade de Jataí – GO. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.14, n. 2, Jul/Dez, 2012.

LIMA, V. F. MERÇON, F. Metais pesados no ensino de química. **Química nova na escola**. v. 33, n. 4, 2011. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_4/199-CCD-7510.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2014.

LOBO. F. Metais tóxicos e suas consequências para a saúde humana, **Ecodebate Cidadania e meio Ambiente**. 2011. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2011/08/01/metais-toxicos-e-suas-consequencias-para-a-saude-humana-artigo-de-frederico-lobo/>>. Acesso: 22 jul.2016.

MACHADO. C. J. S. FERREIRA. J.A. RITTER. E. A poluição das águas doces: Integrando a gestão dos resíduos sólidos na gestão dos recursos hídricos. In: MACHADO. C. J. S. **Gestão de águas doces**.Rio de Janeiro. Interciência. 2004. Cap.6. p.179-193.

MAHAN, B. H. **Química: um curso universitário**. 4 ed. São Paulo. Edgard Blucher, 1995. p. 396 – 452.

MALAVOLTA E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental**. São Paulo: Produquímica. 1994. 153 p.

MALAVOLTA. E. It's for Certain – Copper Is Required by Plants", PPI, Norcross, EUA. In: **ARQUIVO DO AGRÔNOMO**, n. 10, 1996. Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/E8EF8312A0A04BB183257B8D006E9D95/\\$FILE/Nutrifatos13-24.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/E8EF8312A0A04BB183257B8D006E9D95/$FILE/Nutrifatos13-24.pdf)> Acesso em: 09 ago. 2016.

MARIANO, Z.F. **A importância da variável climática na produtividade da soja no sudoeste de Goiás**. 2005, 251f.Tese de doutorado em Geografia. Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro. Rio Claro – SP. 251p.2005.

MARCHIORI JR., M. **Levantamento inicial de chumbo, cádmio, níquel, cromo e cobre em pomares de produção comercial no Estado de São Paulo**. 2003, 138f. (Tese de Doutorado) Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2003. 138p.

MARCUZZO. F. F. N. CARDOSO. M. R. D. FARIA. T. G. Chuvas no Cerrado da região Centro-Oeste do Brasil: análise histórica e tendência futura. **Ateliê Geográfico** Goiânia-GO, v. 6, n. 2 ago/2012 p.112-130

MARTINS, S.C. **Adsorção e dessorção de cobre em solos sobre aplicação de lodo de esgoto e de calda bordalesa**. 2005. 99f. Dissertação (Mestrado em Agronomia –Área de concentração Solos e Nutrição de plantas) –São Paulo, 2005.99p.

MATA, J. S. da. FERREIRA. R. L. Agrotóxico no Brasil: uso e impactos ao meio ambiente e a saúde pública. **Ecodebate Cidadania e Meio Ambiente**. 2013. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2013/08/02/agrotoxico-no-brasil-uso-e-impactos-ao-meio-ambiente-e-a-saude-publica-por-joao-siqueira-da-mata-e-rafael-lobes-ferreira/>>. Acesso em: 21 maio, 2016.

MATOS. A. T. LO MONACO. P. A. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos e líquidos da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro**. Viçosa: UFV, 2010.

MAVROPOULOS, E. **A hidroxiapatita como absorvedor de metais**. (Dissertação de Mestrado) 1999, 105f. Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro: 1999. 105 p.

MELLO JWV, ABRAHÃO WAP. Solos contaminados no Brasil. O desafio de definir valores de referência. **Bol Inf SBCS**. n.38,p.12-27, 2013.

MENZEL RG. Uranium, radium and thorium content in phosphate rocks and their possible radiation hazard. **J. Agr. Food Chem.**, n.16, p.231-284,1968.

MICARONI, R. C. da C. M; BUENO, M. I. M. S. JARDIM, W. de F. **Compostos de mercúrio. Revisão de métodos de determinação, tratamento e descarte**. Departamento de Química Analítica- Instituto de Química - UNICAMP - CP 6154 - 13081-970 - Campinas – SP. 2000. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v23n4/2648.pdf>>. Acesso em: 09 ago. 2016.

MILANI, E.J. e THOMAZ FILHO, A. Sedimentary basins of South America. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A., CAMPOS, D.A. (Eds.), **Tectonic evolution of South America**. Rio de Janeiro, 31st International Geological Congress, 2000. p. 389-452.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Vigilância da qualidade da água para consumo humano, e seu padrão de potabilidade**. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 15 set. 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA**. Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite. Cerrado 2010-2011. Brasília 2015.

MINUZZI, Rosandro B.; SEDIYAMA, Gilberto C.; RIBEIRO, Aristides and COSTA, José M. N. da. El Niño: ocorrência e duração dos veranicos do Estado de Minas Gerais. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* [online]. 2005, v.9, n.3, p.364-371. ISSN 1415-4366.

MIRLEAN N, ROISENBERG A, CRUZ RD, CASARTELLI R e DOMINGUES MRG.. Avaliação do flúor migrável das matérias primas e dos fertilizantes fosfatados utilizados no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 8 e SIMPÓSIO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DO MERCOSUL, 1. 2001. *Anais...Curitiba*. 2001.p???(CD-ROM)

MOREIRA-NODERMANN, L.M. A. Geoquímica e o meio ambiente. *Geochimica Brasiliensis*, v.1, n.1, p.89-107, 1987.

MOREIRA. M. L. O. et al. **Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Goiânia: CPRM/SIC – FUNMINERAL, 2008.

MOTOKI. A.; SICHEL, S.E.; VARGAS, T.; AIRES, J.R.; IWANUCH, W.; MELLO, S.L.M.; MOTOKI, K.F.; SILVA, S.; BALMANT, A.; GONÇALVES, J. Geochemical evolution of the felsic alkaline rocks of Taguá, Rio Bonito, and Itaúna intrusive bodies, State of Rio de Janeiro, Brazil. *Geociências*, v. 29, n. 3, p. 291-310, 2010.

MUDROCH, A.; BOURBONNIERE, A. R. **Sediment preservation, processing, and storage**. CRC Handbook of Techniques for Aquatic Sediments Sampling. London, [s.n.], 1981.

MCGECHAN, M.B.; TOPP, C.F.E. Modelling environmental impacts of deposition of excreted nitrogen by grazing dairy cows. *Agriculture, Ecosystems e Environment*, Amsterdam, v.103, n.1, p.149-164, jan. 2004.

NASCENTES, R. **Estudo da mobilidade de metais pesados em um solo residual compactado. 2006**. 153 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

NRIAGU, J. NAM, D.H, AYANWOLA, T.A, DINH, H, ERDENECHIMEG, E, OCHIR C, BOLORMAA, T.A. High levels of uranium in groundwater of Ulaanbaatar, Mongolia Sci Total Environ. In: ROZAN, T. F.; BENOIT, G. *Geochim. Cosmochim. Local Acta*: 1999, 3311.

OLIVER, M. A. Soil and human health: a review. *Journal Science Soil*, Oxford, v.48, n.4, p.573–592, mai. 1997.

OLIVEIRA, F.P.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SILVA, M.A.;MELLO, C.R. Potencial erosivo da chuva no Vale do Rio Doce, região Centro-Leste do Estado de Minas Gerais – Primeira aproximação. *Revista Brasileira de Ciências do solo*. Agrotec., v. 33, p.1569-1577, 2009.

PAOLIELLO, M. M. B.; CHASIN, A. A. M. **Ecotoxicologia do chumbo e seus compostos**. 144p. Salvador: CRA, 2001.

PASSOS, V. F. dos. **Influência das diferentes formas de uso da terra em variáveis limnológicas no Arroio Tumurupará nos municípios de Cândido Godói, Ubiretama e**

Campina das Missões/RS. 2009, p76 Dissertação (Mestrado em Geomática) - Centro de Ciências Rurais. Departamento de Engenharia Rural. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS. 2009p 112

PAVANELLI, G.; **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação da água com cor ou turbidez elevada.** 2001. p.70. Dissertação (Mestrado em Hidráulica em Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001, p 124.

PAULA. M. M. CABRAL. J. B. P. OLIVEIRA. S. M. Ocupação e uso da terra como fator de interferência na qualidade da água da bacia de captação de abastecimento do município de Quirinópolis-GO (Brasil). In: ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS, 16. **Anais...** Porto Alegre:AGB, 2010.p234.

PAULA, M.M. **Análise da água e das condições ambientais da Bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras:** Quirinópolis-GO. 2011, 123f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Goiás/ Campus Jataí, Jataí-GO. 2011. 123p.

PARRON. L. M; MUNIZ. D. H de F. PEREIRA. C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.** Embrapa Florestas. Colombo. PR. 2011.

PEREIRA, M. O.; et al. Metal concentrations in surface sediments of Paraíba do Sul River (Brazil). **J. Radioanal. Nucl. Ch.** n.269 , v.3, p.707-709, 2006.

PEREIRA, P. C. MELO. B. **Cultura do abacaxizeiro.** 2015. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/abacaxi-2.html#4.0%20-%20Solos.>> Acesso em: 08 set. 2016.

PEREIRA. R. S., **Poluição hídrica:** causas e consequências. **Revista eletrônica de recursos hídricos,** IPH- UFRGS. v.1, n.1. p.20-36. 2004.

PFISTER RJ, PHILIPP G e PAULY H. Population dose from natural radionuclides in phosphate fertilizers. **Radiation and Environmental Biophysics,** n.13, p. 247-261,1976.

PINTO, S. dos A. F. GARCIA. G. J. Experiências de aplicação de geotecnologias e modelos na análise de bacias hidrográficas. **Revista do Departamento de Geografia,** n.17, p. 30-37. 2005.

PIVELI. R.P. Nutrientes: compostos de nitrogênio e fósforo em águas. In: _____ **Qualidade das águas e poluição:** aspectos físico-químicos. 2011. Disponível em: <www.pha.poli.usp.br/LeArq.aspx?id_arq=737>. Acesso em: 19 jul. 2016.

PONTES, P. P.; MARQUES, A. R.; MARQUES, G. F. Efeito do uso e ocupação das terras na qualidade da água na micro-bacia do Córrego Banguelo - Contagem. **Revista Ambiente e Água** [online], v.7, n.3, p. 183-194. ISSN 1980-993X, 2012.

QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C.;SILVEIRA, M. P. **Coleta e preparação de amostras de sedimentos em viveiros de aquicultura.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004a. 5 p. (Embrapa Meio Ambiente. Comunicado Técnico, 17).

RAMALHO, J. F. G. P. et al. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 35, n. 7, p. 1289-1303, jul. 2000.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta atmosfera**. Campinas SP.: Fundação Cargill, 1985.

REIS, J. A. T. MENDONÇA, A. S. F. Análise dos novos padrões brasileiros para amônia em efluentes e corpos d'água. Artigo Técnico. **Eng Sanit Ambient.** v. 14, n.3. Jul/set 2009.

RENOVATO; D. C. C.; SENA, C. P. S. e SILVA, M. M. F. Análise de parâmetros físico-químicos das águas da barragem pública da cidade de Pau dos Ferros (RN) – ph, cor, turbidez, acidez, alcalinidade, condutividade, cloreto e salinidade. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO IFRN. 10, 2013. **Anais...** Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ocs/index.php/congic/ix/paper/viewFile/1119/61>>. Acesso em: 14 set. 2015.

RESENDE, A. V. et al. Suprimento de potássio e pesquisa de uso de rochas “in natura” na agricultura brasileira. **Espaço e Geografia**, Brasília, v. 9, n. 1, p. 19-42, 2006.

ROCHA, H. M.; CABRAL, J. B. P.; BRAGA, C. C. Avaliação Espaço-Temporal das Águas dos Afluentes do Reservatório da UHE Barra dos Coqueiros/Goiás. RBRH – **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 19, n.1, 2014, p. 131-142.

ROBARDS, K.; WOURSFOLD, P. **Cadmium**, *Analyst*, 1991. v. 116, n.06, p. 549.

ROMAN, T. R. N.; LIMA, E. G.; AZOUBEL, R.; BATIGÁLIA, F. T. Toxicidade do Cádmio no Homem. **HB Científica**. 2002.v. 9, n. 1, p. 43 – 48.

ROLDÃO, A. F. de; ASSUNÇÃO, W. L. Caracterização e duração das estações seca e chuvosa no Triângulo Mineiro – MG. **Revista Geonorte**. Edição Especial 2, v.1, n.5, p.428 – 440, 2012.

ROSSI, P.; MIRANDA, J. H.; DUARTE, S. N. Curvas de distribuição de efluentes do íon nitrato em amostras de solo deformadas e indeformadas. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 3, p. 675-682, 2007.

ROTHBAUM HP, McGAVESTON DA, WALL T, JOHNSTON AE e MATTINGLY GEG. Uranium accumulation in soils from long-continued applications of superphosphate. **European Journal of Soil Science**, n.30,p.147-153. 1979.

ROZAN, T. F.; BENOIT, G.; LUTHER III, G. W.; **Environ. Sci. Technol.** n.33, p. 3021,1999.

SABARA, M.G. **Comparação ecológica entre rios de menor ordem, drenando bacias cobertas por plantios agrícolas, pastagens e plantios de Eucalyptus grandis, na região do médio Rio Doce (MG)** 1999. 259 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1999.259p.

SALGADO, P. E. T. Metais em alimentos. In: OGA, S. **Fundamentos de Toxicologia**, São Paulo: Atheneu Editora.1996. cap 29, p. 441 460.

SANTOS, I. dos; FILL, H. D.; SUGAI, M.R.V. B; BUBA, H.; KISHI, R. T.; LAUTERT, L. F. **Hidrometria Aplicada**. LACTEC- Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. Curitiba, PR. 2001.372p.

SANTOS, R. F. dos. **Planejamento Ambiental**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184p.

SIEG-GOIÁS - Sistema de Informação Geográfica de Goiás: Solos de Goiás. CD – ROM. 2003.

SILVA, J. W., GUIMARÃES, E. C.,TAVARES, M.Variabilidade temporal da precipitação e anual na estação climatológica de Uberaba- MG, **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.3. p. 665-674, 2003.

SIEG. Sistema Estadual de Geoinformação - Bases cartográficas. Disponível em: <www.sieg.go.gov.br>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2014

SILVA et al. Avaliação e espacialização da erosividade da chuva no Vale do Rio Doce, região Centro Leste do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, p.1029-1039, 2010.

SILVA, M. R. C. **Estudo de sedimentos da bacia hidrográfica do Moji-Guaçu, com ênfase na determinação de metais**.2002. 113f.Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002. 113p.

SILVA. B. C. **Chumbo**. In; Balanço Mineral Brasileiro 2001. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/assers/galeriadocumento/balancomineral2001/cumbo.Pdf>>. Acesso em: 09 ago.2016.

SOARES, A. A.; **Cultura do arroz**. 3. ed. rev. Lavras: UFLA, 2012. 119 p.: il.

SOARES. L. C. et al. Mercúrio em solos da região sudeste do Brasil em influência antropogênica e sua correlação com as características químicas e físicas. **Revista Brasileira de Ciência Solos**, n.39, p.903-914. 2015.

SOUZA JÚNIOR, J. J. de et al. Geologia da Bacia Sedimentar do Paraná. In: Projeto **RADAMBRASIL - Folha SE.22 - Goiânia**. Rio de Janeiro, 1983. p. 23-348 (Levantamento de Recursos Naturais, 31).

SOUZA, M. J. H.; RIBEIRO, A.; LEITE, H.G.; LEITE, F.P., MINUZZI, R.B. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da Bacia do Rio Doce. **Revista Árvore**, v. 30, p.399-410, 2006.

SOUZA L. F. da S.; REINHARDT D. H. Abacaxizeiro. In: Embrapa Mandioca e **Fruticultura Tropical**. 2001. Disponível em: <http://www.ipipotash.org/udocs/FRUTEIRAS_10_Abacaxizeiro.pdf>. Acesso em: 09 ago.2016.

SORENSEN, E.M.B. **Metal poisoning in fish**. Boca Ranton: CRC PRESS, 1991. p.235-283.

SHARPLEY, A.N.; MENZEL, R.G. **The impact of soil and fertilizer phosphorus on the environment**. Adv.Agron. 1987.

SHARPLEY, A. N; DANIEL, T. SIMS, A.; LEMUNYON, R.; STEVENS, R.; PARRY, R. **Agricultural phosphorus and eutrophication**. Ohio: United States Department of Agriculture. Agricultural Research Service, 1999; 36p. (ARS-149).

SCHIFER, T. S., BOGUSZ Jr, S., MONTANO, M.A.E. Aspectos toxicológicos do chumbo. **Infarma**, v.17, n. 5/6, 2005.

SPALDING RF e SACKETT WM. Uranium runoff from the Gulf of Mexico distributive province: anomalous concentrations. **Science**, n.175, p.629-631, 1972.

SPARKS, D. L. Kinetics and mechanisms of chemical reactions at the soil mineral/water interface. In: SPARKS, D. L. **Soil physical chemistry**. 2. ed. New York: CRC Press, 1999. Cap. 4, p.135-192.

SPERLING, M., 1996. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ed. Belo Horizonte. DESA-UFGM. v. 1.

STUMM, W.; MORGAN, J. J.; **Aquatic chemistry**, 3rd ed., Wiley: New York, 1996.

SHEFFER, E. W., SODRÉ, F. F., GRASSI, M. T. Fatores que governam a especiação do cobre em ambientes aquáticos urbanos: evidências da contribuição de sulfetos solúveis. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 332-338, 2007.

TEIXEIRA. G. C. da. S. **Metais Poluentes e micronutrientes em solos sob pecuária leiteira em sistema de pastejo direto no alto da bacia do Rio Paranaíba em Goiás**. (Dissertação de Mestardo) Universidade Federal de Goiás. 2010.

TEIXEIRA. I. L. GARCIA. L. A. F. Fatores determinantes da demanda de produtos orgânicos no município de Cascavel – PR. **Revista Ciências Sociais em Perspectiva**, v. 12, n.23 – 2 Sem. P. 43 2013.

TOMAZELLI, A. C. **Estudo comparativo das concentrações de cádmio, chumbo e mercúrio em seis bacias hidrográficas do estado de São Paulo**. Ribeirão Preto, 124 f. 2003. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto. 2003.124p.

TÓTH, J; TOMÁS, J.; LAZOR, P. **The evaluation of bioavailability of cadmium, lead, copper, zinc and chromium in heavily contaminated fluvisoil**. Slovak Agricultural University, Nitra. 2002.

TUNDISI, J. G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, v. 70, p. 24-35, 2006.

TUNDISI, J. G; MATSUMURA-TUNDISI, T; ROCHA, O. Ecossistemas de águas interiores. In: REBOUÇAS, A. da C; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. (org.) **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. Escrituras: São Paulo, 2006. p. 161-202.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. **Limnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VASCONCELOS, T. B. Metais pesados (cádmio, cromo, cobre, chumbo, zinco) nos sedimentos do córrego Machadinho, um afluente do Reservatório de Furnas. MG/. 2000, 72f. Alfenas: Unifenas. Dissertação (Mestrado em Ciênc. Amb.), 2000. 72 p.

VEIGA, A. M.; Cardoso, M. R. D.; Lino, N. C. Caracterização hidromorfológica da Bacia do Rio Meia Ponte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 9, 2011 **Anais...Maceió – AL, ABRH. 2011.p54**

VILLAS. M. BANDERALI. M. **Como e porque medir a Condutividade Elétrica (CE) com sondas multiparâmetros.** (2013). Ag Solve. Disponível em: <<http://www.agsolve.com.br/noticias/como-e-porque-medir-a-condutividade-eletrica-ce-com-sondas-multiparametros>>. Acesso em: 18 fev. 2015.

VILLELA, S.M; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil. 245p. 1975.

VILELA, L.; MARTHA Jr., G.B.; BARIONI, L.G. e BARCELLOS, A.O. Adubação na recuperação e na intensificação da produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 21., Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 2004. p.425-472.

VITTI, G. C. QUEIROZ. F. E de C. OTTO. R. QUINTINO. T. A. **Nutrição e adubação da Cana-de-açúcar.** EMBRAPA. Manual técnico. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Nutricao+cana+GVitti_000fh3r3vzp02wyiv80rn0etnmc6zamd.pdf>. Acesso em: 08 ago.2016.

VON SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996, 243p.

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

WARREN, L. A.; HAACK, E. A.; *Earth-Sci. Rev.* 2001, 54, 261.

WEIJDEN, C.H.; WEIJDEN, R.D. Mobility of major, minor and some redox-sensitive trace elements and rare-earth elements during weathering of four granitoids in central Portugal. **Chemical Geology**, v.125, p.149-167, 1995.

WISCHMEIR, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning.** Washington: United States Department of Agriculture. 58p. (AgricultureHandbook, 537).1978.

WHITE, I.C. **Relatório Final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil.** Rio de Janeiro: DNPM, 1988. Parte I; Parte II, p. 301-617. (ed. Fac-similar)

WHO. World Health Organization. Cadmium. Geneva, 1992.

WHO - **World Health Organization. Manganese. Geneva**, (Environmental health Criteria 17) Inorganic lead Geneva, (Environmental health Criteria 165). 1995.

WHO. World Health Organization. Trace elements in human nutrition and health. Geneva: 1996.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Seminar pack for drinking** - water quality. Technical Aspects (Water treatment chemicals and construction materials), 2003.

ZILLMER, T. A.; VARELLA, R. F.; ROSSETE, A. A. Avaliação de algumas características físico-químicas da água do ribeirão Salgadinho, Nova Xavantina-MT. **Holos Environment**, v.7, n.2, 2007. 125 p.