



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS APLICADAS

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS GEOQUÍMICOS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO DE ONDAS, REGIÃO OESTE DA BAHIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO N° 065

ENOC LIMA DO REGO

Orientador: Dr. Geraldo Resende Boaventura

Co-orientador: Dr. Oldair Donizeti Leite

Brasília – DF

2014

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS GEOQUÍMICOS NA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO DE ONDAS, REGIÃO OESTE DA BAHIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO N° 065

ENOC LIMA DO REGO

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Geraldo Resende Boaventura (IG/UnB)– Orientador

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

Prof. Dr. Ricardo Reis Alves (UFOB)– Examinador Externo

Brasília – DF

2014

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãos, que sempre me incentivaram à busca constante pelo conhecimento e a minha querida esposa pelo amor, cumplicidade, paciência e apoio durante toda esta jornada.

Agradecimentos

Ao Senhor Deus, porque sem ele nada poderia ser realizado na minha vida.

Ao meu orientador, professor Geraldo Boaventura, por ter aceitado esta proposta de estudo, mesmo sem me conhecer; pelo crescimento intelectual, franqueza e ensinamentos. O seu apoio e compreensão foram fundamentais para a realização deste trabalho e conquista de meus objetivos.

Ao meu co-orientador, professor Oldair Leite, por ter se dedicado e contribuído, sempre que possível, para a realização deste trabalho. Obrigado pelo acompanhamento na realização das coletas de amostras e discussões importantes para esta pesquisa.

Ao programa de Pós-graduação em Geociências Aplicadas, principalmente, ao professor Eloi, que no momento de ingresso no programa, ainda como coordenador, me auxiliou e me apoiou, nos momentos iniciais em Brasília. Agradeço também pelas contribuições na discussão sobre a geologia da região estudada.

A Professora Edi Guimarães e estagiários por todo o ensinamento transmitido acerca deste trabalho, dando contribuições positivas na caracterização mineralógica da área.

A todos os professores que compõem o corpo docente do programa de pós-graduação em geociências aplicadas, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos professores Mauro, Hilda, Michel e Anderson pelos ensinamentos e contribuições positivas.

Aos técnicos do laboratório, Myller e Fernando, pelas contribuições de forma satisfatória na execução deste trabalho, principalmente, na análises das amostras.

Ao laboratório de química analítica da UFBA/ICADs, pelo apoio no armazenamento de amostras e análises de amostras.

Aos meus pais, Enoc José e Josefa Felix por me apoiarem e me incentivarem, acreditando sempre na minha vontade de vencer mais este desafio. A educação que o senhor e a senhora me deram possibilitou que eu alcança-se oportunidades, desenvolvimento pessoal e sucesso socioeconômico. Obrigado por tudo!

À minha esposa, Aline Lima, por estar sempre ao meu lado, neste período da minha vida no qual tive que enfrentar muitos desafios e problemas. Também pelo companheirismo e apoio incondicional na realização das minhas conquistas. Apoiou-me, me ajudou e principalmente me mostrou um novo lado da vida. Perdoa-me, pela ausência em casa. A sua paciência foi importante para conquistar mais esta etapa da minha vida.

Aos meus irmãos e sobrinhos que sempre acreditaram em mim, dando o maior apoio para a execução deste trabalho. O apoio de vocês possibilitou que alcansa-se oportunidades, desenvolvimento pessoal e sucesso socioeconômico.

A toda a família Coutinho, em especial à minha sogra, Valdelice Coutinho, e ao meu sogro, José Coutinho por todo afeto e apoio na realização desta etapa.

Ao senhor Edilson Soares, dona Conceição, dona Mariana e Dilsinho por ter me apoiado e auxiliado, com moradia e alimentação em Brasília. Vocês foram essenciais para esta conquista.

Aos meus cunhados Cristiane, Patricia, Késia e Mauricio que sempre acreditaram em mim, dando o maior apoio para a execução deste trabalho, assim como na vida pessoal.

Aos meus colegas da pós-graduação, Normara, Jéssica, Vitor, Cintia, Daniel Mulholand e Daniel Araújo, pela parceria durante todas as etapas do curso e pelos momentos de descontração e de RU.

A Daniel Cerqueira e Stefane Oliveira pelas contribuições positivas neste trabalho.

Aos meus amigos Uesli, Nádia, Ualiton, Thaís, Adailton, Napolião, Edivaldo, André, Osmário, Marlon, Eduardo Cunha e Débora, que sempre me deram o maior apoio para conquistar mais este desafio.

A Fapesb, CAPES e LAGEQ, pelo apoio financeiro, que foram de extrema importancia para a realização de coletas e análises de amostras.

A todos amigos, colegas, parceiros e familiares, que acreditaram em mim.

Sumário

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Geral.....	16
1.1.2 Específicos	16
CAPÍTULO 2 - BASES CONCEITUAIS	17
2.1 Geoquímica do Cerrado	17
2.2 Uso e ocupação do solo e sua influência nas alterações dos recursos naturais 19	
2.2.1 Agricultura	19
2.2.2 Cidades/Vilas	23
2.2.3 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH)	24
2.3 Elementos químicos como indicadores da atividade antrópica	26
CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	29
3.1 Localização	29
3.2 Clima.....	31
3.3 Geomorfologia	32
3.4 Solos.....	32
3.5 Geologia.....	35
3.6 Uso do Solo.....	37
3.7 Aspectos Socioeconômicos do Município de Barreiras e Luís Eduardo Magalhães	38
CAPÍTULO 4 - MATERIAL E MÉTODO	40
4.1 Coleta de amostras	44
4.2 Amostragem e Procedimento de análise das amostras	50
4.2.1 Amostragem e análise de água.....	50

4.2.2	Amostragem e análise de sedimento	52
4.3	Tratamento estatístico	53
4.3.1	Análise de Principais Componentes.....	53
4.3.2	Análise de Agrupamento Hierárquico.....	54
4.3.3	Índice de Geo-acumulação.....	54
CAPÍTULO 5 - SEASONALITY INFLUENCE EVALUATION ON METALS CONCENTRATION IN ONDAS RIVER WATERSHED - BA.....		56
CAPÍTULO 6 - ESTUDO GEOQUÍMICO DO SEDIMENTO DE FUNDO AO LONGO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DE ONDAS (BHRO) - REGIÃO OESTE DA BAHIA		77
CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS.....		100
CAPÍTULO 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		101
ANEXOS		112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização Geográfica da Área Estudada e principais acessos (Fonte: IBGE).	30
Figura 2: Distribuição das chuvas na região oeste da Bahia (AIBA, 2003).	31
Figura 3: Mapa de solos da BHRO(Fonte: IBGE).....	34
Figura 4: Mapa geológico da BHRO (Fonte: IBGE).....	36
Figura 5: Gráfico da área desmatada no alto, médio e baixo curso da BHRO (SOARES NETO, 2005).	38
Figura 6: Imagens de satélite da BHRO com identificação de áreas que indicam alterações antrópicas (A: áreas ocupadas pela atividade agrícola; B: área urbana da cidade de LEM; C: áreas com grande quantidade de pivôs de irrigação e PCH; D: Empresa Baiana de Abastecimento de Água da cidade de Barreiras; e E: área urbana da cidade de Barreiras) (Google Earth Plus, 2012).	40
Figura 7: Imagens de satélite de áreas utilizadas pela atividade agrícola nas proximidades da cabeceira do Rio de Ondas e Rio Borá (Google Earth Plus, 2012).	41
Figura 8: Imagens de satélite da área urbana da cidade de LEM (Google Earth Plus, 2012).....	41
Figura 9: Imagens de satélite de pivôs de irrigação no médio curso do rio de Ondas (Google Earth Plus, 2012).	42
Figura 10: Imagens de satélite da PCH do Barata localizado no médio curso de rio de Ondas (Google Earth Plus, 2012).	42
Figura 11: Imagens de satélite da Localização da captação da água no rio de Ondas pela EMBASA na cidade de Barreiras (Google Earth Plus, 2012).	43
Figura 12: Imagens de satélite da área urbana da Cidade de Barreiras (Google Earth Plus, 2012).....	43
Figura 13: Distribuição espacial dos pontos de coleta ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio de Ondas (Fonte: IBGE).	45
Figura 14: Fotos dos pontos de coleta. O P01 corresponde ao Rio Vereda das Lages, P02 ao Rio das Pedras (BR020) e P03 ao Rio Borá (BR020) (Fonte: Acervo do autor).	47
Figura 15: Fotos dos pontos de coleta. O P04 corresponde ao rio de Ondas (BR020), P05 ao Rio de Ondas e P06 ao Rio Pedras (Fonte: Acervo do autor).	48

Figura 16: Fotos dos pontos de coleta. O P07, P08 e P09 correspondem ao rio de Ondas sendo próximos, respectivamente, ao Val da boa esperança, a clubes, a foz e área urbana (Fonte: Acervo do autor).49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coordenadas dos pontos de coleta.....	44
Tabela 2: Linhas espectrais dos elementos químicos (Lageq, 2014).....	51
Tabela 3: Classes do índice de geo-acumulação.....	55

LISTA DE SIGLAS

AAS	Espectrofotômetro de Absorção Atômica
APC	Análise de Principais Componentes
BHRO	Bacia Hidrográfica do Rio de Ondas
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
C.E.	Condutividade Elétrica
CG/EM	Cromatografia a Gás Acoplado com Detector de Massa
COD	Carbono Orgânico Dissolvido
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
DRX	Difração de raio-X
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
GPS	Sistema de Posicionamento Global
ICP/AES	Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado
Igeo	Índice de geo-acumulação
IQA	Índice de Qualidade da Água
IQS	Índice de Qualidade do Solo
Lageq	Laboratório de Geoquímica
LD	Limite de Detecção
LEM	Luis Eduardo Magalhães
LQ	Limite de Quantificação
NIST	National Institute of Standards Technology
ONS	Operador Nacional de Sistema
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
pH	Potencial hidrogeniônico

RESUMO

A avaliação geoquímica da qualidade de sistemas aquáticos propõe um modelo que caracteriza e avalia os índices de contaminação da bacia hidrográfica (BHRO). Com este propósito foi realizado um estudo na bacia hidrográfica do rio de Ondas, localizado no extremo oeste da Bahia. Esta bacia drena os municípios de Barreiras e Luis Eduardo Magalhães, municípios mais populosos da região. A geologia corresponde ao aquífero urucua, no qual está sobreposta as rochas do grupo bambuí. A região é caracterizada por estar localizada em uma extensa área ocupada para atividade agrícola (cultivo de grãos), sendo destaque no cenário nacional. Devido ao grande uso e ocupação da área da BHRO boa parte da vegetação nativa (cerrado) foi suprimida, justificando a necessidade de estudo na área para obter informações de referência ambiental. Para esta investigação foram determinada 9 (nove) pontos distintos de amostragem ao longo da bacia. Neste estudo foi avaliado a influencia da sazonalidade (chuvosa e seca) sobre a concentração de metais e parâmetros físico-químicos da água, a fim de investigar possíveis relações de contaminação. O sedimentos de fundo foram coletados para avaliação mineralógicas com o uso do DRX, ICP-OES e EAA. Com os resultados foram calculados o *background* e índice de contaminação, como referência de estudos de qualidade ambiental na região. Os resultados obtidos das análises de água mostraram que não há diferenças significativas nas concentrações dos parâmetros determinados nas duas estações de coleta. Apenas o P01 se afastou dos demais pontos nas duas estações de coleta. Para este ponto foi observado e analisado que ações antrópicas têm provocado alterações nas características naturais (geologia) do recipiente. As análises mineralógicas mostraram que em todos pontos que a composição do sedimento de fundo é basicamente quartzo, com alguns picos de caulinita, muscovita, goethita, gibsitita, montmorilonita e anatásio. Esta composição foi confirmada com a determinação dos elementos químicos onde obtiveram entre 65,14% a 85,98% em sua composição de SiO₂. O Igeo calculado mostrou que a maioria dos elementos determinados não possuem contaminação. Para este estudo destaca-se o Ba, Zn e MgO com poluição moderada (classe 2) que podem estar relacionado a composição mineralógica (MgO) e a fertilizantes contendo Zn e Ba. Com estes resultados foi possível obter uma avaliação sobre a situação ambiental da BHRO, cuja metodologia mostrou ser eficiente para referencia (*background*) em estudo na região.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica do rio de Ondas, metais, sazonalidade, mineralogia, *background*.

ABSTRACT

The geochemical evaluation of the quality of aquatic systems proposes a model that characterizes and assesses the contamination levels of the watershed (BHRO). For this purpose a study was realized in the basin of the Rio de Ondas, located in the extreme west of Bahia. This basin drains the cities of Barreiras and Luis Eduardo Magalhães, the two most populous cities in the region. The region geology is correspondent to Urucuia aquifer, which is on top of the rocks of the group Bambui. The region is characterized by an extensive area occupied by agricultural activities (cultivation of grains), being featured on the national scene. Because of the extensive use and occupation of the area from the BHRO much of the native vegetation (cerrado) was harmed, then justifying the need for research in the area to obtain information of environmental reference. For this investigation were given nine (9) different sampling points along the basin. In this study we evaluated the influence of seasonality (wet and dry) on the concentration of metals and physico-chemical parameters of water in order to investigate possible relations of contamination. Bottom sediments were collected for mineralogical evaluation using XRD, ICP-OES and AAS. With the results of the background and level of contamination as a reference for studies of environmental quality in the region were calculated. The results of water analyzes showed no significant differences in the concentrations of certain parameters in the two sampling stations. Only P01 moved away from the other points in the two sampling stations. To this point was observed and analyzed that human activities have caused changes in the natural characteristics (geology) of the container. Mineralogical analysis showed that in all points that the composition of bottom sediment is mainly quartz, with some peaks of kaolinite, muscovite, goethite, gibbsite, montmorillonite and anatase. This composition was confirmed by the determination of the chemical elements which were obtained between 65.14% to 85.98% in its composition SiO_2 . The Igeo calculated showed that most elements have certain contamination. For this study highlights the Ba, Zn and MgO with moderate pollution (class 2) which may be related to mineralogical composition (MgO) and fertilizers containing Zn and Ba. With these results has possible obtain an assessment of the environmental situation of BHRO whose Methodology proved to be efficient for reference (background) in the study region.

Keywords: Ondas River Watershed, metals, seasonality, mineralogy, background.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

A conversão em larga escala de ecossistemas naturais para usos antrópicos leva a significativas alterações, tanto qualitativa quanto quantitativa, dos recursos hídricos (SCANLON *et. al.*, 2007). A supressão da cobertura vegetal nativa expõe o solo à perda de sedimentos a níveis de base, por meio, da utilização excessiva de agroquímicos na agricultura e o aporte de efluentes urbanos e industriais, influenciando significativamente a qualidade dos sistemas aquáticos naturais (RHODES *et. al.*, 2001; BOAVENTURA, 1997).

Os fatores naturais como hidrologia, geologia e classes de solo predominam sobre a qualidade da água numa bacia hidrográfica (McMAHON & HARNED, 1998; XIE *et. al.*, 2005) e os aportes antropogênicos têm alterado as características físico químicas da água, com resultante influência na estrutura dos ecossistemas aquáticos (PAN *et. al.*, 2004; AZRINA *et. al.*, 2006; MARQUES, *et. al.*, 2007).

As atividades mais representativas sobre o potencial de alteração da qualidade da água se caracteriza pelas atividades agropecuária e urbana. No Brasil, a atividade agrícola no cerrado é uma das principais fronteiras de expansão (BONNET *et. al.*, 2006). As contribuições de áreas urbanas envolve efluentes domésticos que fluem aos corpos d'água, por lançamento direto *in natura* ou após tratamento com remoção da carga poluidora, modificando as características físico-químico-biológicas da água.

A região oeste da Bahia, em especial a área de estudo, destaca-se nacionalmente pela produção de *commodities* agrícolas, particularmente nas culturas de soja, milho e algodão herbáceo (ILARIO, 2013). Em 1984, no território da cidade de Luís Eduardo Magalhães, apenas 16.964,9 ha de área era ocupado pela atividade agrícola, representando área municipal de 4,22%. Depois de 22 anos, no ano de 2006, houve uma grande expansão da atividade agrícola sobre o cerrado, impulsionada pelo cultivo de grãos e o desenvolvimento de técnicas e tecnologias agrícolas, (BRASIL, 2009) resultando em supressão da vegetação nativa (cerrado), passando a totalizar 218.667,6 ha, correspondendo a mais da metade da área municipal (54,46%) (SANTOS & RODRIGUES, 2009), sendo que, parte de toda produção agrícola está voltada para a exportação (OLIVEIRA, 1986).

O rio das Pedras, como, por exemplo, é o principal afluente do rio de Ondas e devido a sua grande exploração para o agronegócio, perdeu grande parte das suas características naturais, tendo muitos de seus tributários suprimidos pela grande lavoura, assim como boa parte da vegetação natural (SANTOS, *et. al.*, 2010).

Esta pesquisa procura utilizar os conhecimentos de geoquímica, química analítica e ambiental para avaliar vários parâmetros da água e de sedimento de fundo, a fim de caracterizar a qualidade de água na bacia, correlacionando-a com as respectivas atividades antropogênicas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Avaliar os parâmetros da água e do sedimento na BHRO e correlacionar suas alterações as atividades antrópicas na região Oeste da Bahia.

1.1.2 Específicos

- ✓ Verificar se há influência da sazonalidade (período seco e chuvoso) na qualidade de água;
- ✓ Avaliar as concentrações de metais presentes no sedimento de fundo, identificando as contribuições de fontes antrópicas e naturais;
- ✓ Caracterizar as amostras de sedimentos de fundo, por meio, do estudo mineralógico;
- ✓ Determinar os valores de *background* para os elementos maiores e traço presentes no fluxo hídrico, com as referências de qualidade ambiental.

CAPÍTULO 2 - BASES CONCEITUAIS

2.1 Geoquímica do Cerrado

A geoquímica é um ramo da geologia, que envolve a aplicação de princípios da química, permitindo um conhecimento mais exato dos fenômenos químicos que ocorrem desde o cosmo até os solos, passando pelas rochas (ROHDE, 2004). Por meio desse estudo, é possível obter informações qualitativas e quantitativas das geosferas internas (núcleo e manto) e externas (litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera) que formam a terra, agrupados no ciclo geoquímico que inclui o transporte e a deposição (ou residência) de um elemento químico nos diversos compartimentos (ROHDE, 2004). Com essas informações se determina as alterações que ocorrem no meio ambiente, investigando se são fontes naturais ou oriundo de ações antrópicas (VASCONCELLOS, 2013).

Na crosta terrestre os minerais presentes são fontes primárias de metais para o ambiente. Os elementos químicos que são liberados, devido ao intemperismo físico e químico, são redistribuídos por diferentes tipos de mecanismos, em várias camadas da crosta (SMITH, et al., 1999). Nos sedimentos, por exemplo, os metais traços existem sob diferentes formas químicas, que são caracterizados em função da geologia da região, o uso e ocupação da área do entorno, o regime hidrológico, o tipo de vegetação, a presença de mineralizações, dentre outros (TARVAINEN, 2002; PEREIRA, et al, 2007).

A formação dos solos envolve eventos físicos, químicos e biológicos. A sua formação inicia-se com a fragmentação física do material de origem, geralmente, algum tipo de rocha ou outros depósitos geológicos mais recentes. O relevo e o clima determinam o tipo de solo formado, e as fragmentações físicas e alterações químicas existentes nos materiais são devido ao intemperismo (OLIVEIRA, 2009).

O cerrado brasileiro ocupa em seu território cerca de 200 milhões de hectares, ou seja, 25% de seu território, com variedades de recursos naturais, que se adaptam as rigorosas condições climáticas, edáficas e hídricas que determinam sua própria existência (MAROUELLI, 2003; MARIMON JUNIOR, & HARIDASAN, 2005; OLIVEIRA, 2009). Segundo os dados do mapeamento realizado, entre 2002 e 2008, o Cerrado teve sua cobertura vegetal suprimida em 127.564 km², o que representa uma taxa anual de aproximadamente

21.300 km²/ano para esse período. O percentual de áreas desmatadas em 2002 era de 41,95% e, em 2008, subiu para 48,2% (BRASIL, 2009).

Alguns pesquisadores identificaram alterações nas características mineralógicas do solo do cerrado, quando expostos a diferentes sistemas de uso e manejo, por meio de estudos físicos, químicos e biológicos (CARNEIRO, et al., 2009; CAIRES, et al., 1998), interferindo em uma série de propriedades físico-hídricas das camadas superficiais (OLIVEIRA, et al., 2004). A composição geoquímica do cerrado é variada, e para ser realizado uma avaliação geoquímica dos recursos naturais deste ecossistema, é necessário que seja realizada uma comparação de resultados disponíveis na literatura (valores de referência ou *background*).

É a partir do *background* geoquímico ou natural que, obtêm a medida relativa para distinção entre as concentrações naturais de um elemento ou composto (geogênica e/ou biogênica) e as concentrações influenciadas por ações antrópicas (RODRIGUES & NALINI JÚNIOR, 2009). Esse termo foi, introduzido em meados do século XX, para diferenciar formações rochosas mineralizadas e não-mineralizadas. O termo “*background* geoquímico” vem sendo utilizado em diferentes áreas das ciências ambientais, o que tem conduzido à ampliação de seu significado não havendo, no entanto, uma definição precisa (RODRIGUES & NALINI JÚNIOR, 2009).

Para obtenção do *background* geoquímico são utilizados os métodos direto e indireto. O método direto ou método geoquímico baseia-se, no conhecimento de amostras isentas de alterações antrópicas, sendo determinados a partir de valores médios das concentrações de metais (RODRIGUES & NALINI JÚNIOR, 2009). Os pesquisadores Kelley e Taylor (1997), utilizaram o método direto para amostras de água naturais de áreas não impactadas para o noroeste do Alaska. E, por meio, dos valores de referência, investigou-se as concentrações de cobre (Cu) no nordeste do Chile (Kelley et al., 2003). O método indireto ou método estatístico caracteriza-se pela utilização de amostras estatísticas finitas, que constituem o todo ou parte do todo que foi amostrado (FRIZZO, et al., 2007). As análises são realizadas por programas computacionais, com o conjunto de dados relativos aos diferentes elementos químicos e, a partir disso, é possível interpretar tais dados e fazer considerações e inferências sobre a população amostrada e, conseqüentemente, sobre a área em estudo.

Para a obtenção do *background* estatístico utilizam-se várias técnicas, que se destacam segundo Rodrigues e Nalini Júnior (2009): análises de regressão linear (SELINUS & ESBENSEN, 1995), análise *fractal* (LI, et al., 2003), *normal probability plots* (Tobias et al., 1997), representações *boxplots*, bem como o método de Lepeltier (LEPELTIER, 1969).

Lima (2008), estudou a contaminação em metais pesados no estuário do rio Bota Fogo (PE) por meio de análises estatísticas de matriz de correlação e análise de componentes principais, obtendo valores de mercúrio que passam o background regional, alertando ainda que os valores encontrados podem ser ultrapassados, sendo necessário uma atenção especial.

Outros trabalhos realizados por Moreira & Boaventura (2003), Moura (2008), Martfeld (2012) e Mulholland (2009), também utilizaram a matriz de correção e análise de componentes principais para o tratamento dos resultados obtidos. Com os resultados das amostras de sedimentos, analisaram os valores de *background* estabelecidos para a área de estudo, e em seguida calcularam o índice de geoacumulação.

O índice de geoacumulação estabelece a relação entre os teores de metais encontrados na região em análise e um valor referencial à média mundial para metais associados a argilas. O tratamento estatístico mostra-se ser bastante eficiente, possibilitando uma melhor caracterização sobre a qualidade dos sedimentos associados as alterações do ambiente aquático.

2.2 Uso e ocupação do solo e sua influência nas alterações dos recursos naturais

2.2.1 Agricultura

Segundo alguns estudos, o uso e ocupação do solo pelas atividades agropecuárias, alteram sensivelmente os processos biológicos, físicos e químicos modificando a forma natural dos ecossistemas naturais (VANZELLA et al., 2010; GUIDOLINI, et al., 2013; CUNHA, et al., 2012). Nesse sentido, os estudos de monitoramento e as análises geoquímicas são recursos utilizados para avaliação das alterações da qualidade da água, em meio ao seu ciclo. É, por meio do ciclo hidrológico, onde as chuvas precipitadas sobre as vertentes irão formar o deflúvio (escoamento) superficial que irá carrear sedimentos e poluentes para a rede de drenagem (MERTEN & MINELLA, 2002), alterando por identificação de análises geoquímicas ambientais as características originais da água.

A utilização do solo cumpre um papel muito importante no ciclo hidrológico, tendo grande influência da vegetação da área ocupada, influenciando nos processos erosivos, na qualidade da água, na dinâmica de nutrientes, na proteção de mananciais e na produção de

água (LINHARES, *et al.*, 2005). Os processos de erosão intensos, desertificação, inundações, assoreamentos de cursos d'água têm sido exemplos cotidianos de mau uso. O solo transportado para as bacias hidrográficas, devido aos processos erosivos, podem carregar, adsorvidos em coloides, íons e moléculas oriundos dos fertilizantes e dos agrotóxicos, levando ao assoreamento e/ou eutrofização dos corpos d'água com graves consequências na qualidade da água (MERTEN, 1994).

Devido ao crescente desenvolvimento econômico agrícola do Brasil, e conseqüente, uso e ocupação do solo, muitas cidades brasileiras sofrem com problemas ambientais, pois o uso excessivo dos ecossistemas naturais, sem planejamento, leva a perda de solo, por meio, da erosão. Cidades como as do Estado de São Paulo 83% dos municípios apresentam de média a alta criticidade de erosão (SÃO PAULO, 2006; VANZELA, *et al.*, 2010).

Estudos realizados por Carvalho *et al.*, (2006), sobre a evolução do uso e ocupação do solo da bacia do córrego de Porteira, Aquidauana (MS) por meio de interpretação visual de fotografias aéreas e produtos orbitais, observou que a Floresta Estacional reduziu em 52,73% e do Cerrado em 10,60%, e o aumento das pastagens cultivadas aumentou em 54,12%, propiciando o aumento do transporte de sedimentos, e conseqüentemente, o assoreamento da bacia.

Estudos de Araújo *et al.*, (2007), sobre a qualidade do solo e seus diferentes usos sob o cerrado, utilizando o cálculo de índice de qualidade do solo (IQS) em cinco áreas amostrais (cerrado nativo, pastagem natural, pastagem plantada, cultivo convencional e florestamento de pinus), localizados na Fazenda Água Limpa, no Distrito Federal, concluíram que o uso intensivo do solo contribui para redução da sua qualidade em relação ao solo sob Cerrado nativo. Em outro estudo realizado por Cunha *et al.*, (2012), corroborou-se os impactos que são gerados por sistemas de cultivos composto por feijão e milho, por meio, dos atributos físicos, químicos e biológicos, aplicando análise de relação multivariada em Latossolo Vermelho de Cerrado, localizado na cidade de Santo Antônio de Goiás (GO) concluíram que os sistemas de cultivo provocaram alterações nos atributos físicos e biológicos do solo, quando comparados com os da condição preservada do ambiente de mata, e nos atributos químicos, quando comparados à condição química inicial do solo. Esses trabalhos mostraram as mudanças que ocorrem no solo devido sua utilização excessiva.

Vanzella *et al.*, (2010) com o objetivo de verificar a influência do uso e ocupação dos solos sobre os recursos hídricos do Córrego Três Barras, município de Marinópolis (SP)

concluíram que as áreas habitadas, agricultadas e as matas degradadas, reduziram de maneira geral, a vazão específica e a qualidade de água da Sub-Bacia.

Rorig (2005) diagnosticou, por meio de parâmetro químicos e biológicos, a qualidade da água do baixo curso do rio Itajaí-Açu, relacionou os resultados com o uso múltiplo da terra e da água da bacia, percebeu que parte da área, que possui o cultivo do arroz, mostraram resultados preocupantes, devido a necessidade de uso de agroquímicos diversos, dentre os quais pesticida de grandes toxicidade, e também pelo elevado déficit de mata ciliar, as águas da bacia vêm perdendo as suas características originais.

Os resultados obtidos nos estudos realizados por Krusche *et al.*, (2005) mostraram que, o pasto é um dos fatores determinantes na composição química das águas superficiais dos rios que foram estudados. As concentrações mais elevadas de elementos químicos foram encontradas na parte central da bacia, com maior área de pasto. As concentrações diminuem nos trechos finais, onde a floresta domina a paisagem.

O uso constante de agroquímicos está relacionado ao processo produtivo da agroindústria ou à “moderna agricultura”, podendo levar a graves acidentes ambientais e/ou humanos. Os impactos gerados pela a utilização dos agrotóxicos estão intrinsecamente relacionados ao efeito das substâncias desses materiais, que tem por objetivo combater as “pragas da lavoura”, mas, em consequência, contamina em maior ou menor escala o local de trabalho, a produção e o meio ambiente. A aplicação dos agrotóxicos é feita, por meio, da pulverização por tratores ou por aviões agrícolas atingindo os trabalhadores, o ar, a água, o solo, os moradores, os animais e as plantas (PIGNATI *et al.*, 2007).

Segundo os estudos realizados por Pignati *et al.*, (2007), no caso das “chuvas” de agrotóxicos sobre a cidade de Lucas do Rio Verde (MT), a maioria dos municípios do estado do Mato Grosso tem aplicado em seu processo de produção a denominada “agricultura moderna”, e no caso da cidade de Lucas do Rio Verde, a população urbana observou que as névoas de agrotóxicos estavam danificando as hortaliças e plantas ornamentais das ruas e quintais da cidade, com provável contaminação do ar, mananciais de água, solo e das plantas, animais e população da cidade. Os resultados das análises da qualidade das águas superficiais dessa cidade foi realizado por Moreira *et al.*, (2012), identificando os agrotóxicos presentes na água, por cromatografia a gás acoplada com detector de massas (CG/EM) após extração em fase sólida C-18, apontaram contaminação atmosférica que afeta áreas não cultivadas, como os centros urbanos, tornando a extensão de possíveis impactos ou riscos sobre a saúde ambiental de difícil mensuração. Os resultados apontaram, ainda, para a deterioração da água

potável que, continha, em algumas amostras, resíduos de agrotóxicos em concentrações superiores às recomendadas pela legislação.

Vieira (2012) estudou os impactos ambientais em áreas de aplicação de agrotóxicos no município de Brotas (SP), com o objetivo de avaliar os impactos que são causados pela aplicação de inseticidas para controle do inseto vetor do *Greening* em área cítrica. Nesses estudos verificou-se que poucas amostras apresentaram contaminação por cipermetrina em solo, entretanto não existe Legislação no Brasil para agrotóxicos em solo. Mas para as amostras coletadas entre os anos de 2011-2012 (verão) de água superficial e dos poços tubulares apresentaram contaminação por cipermetrina, demonstrando que o inseticida está sendo lixiviado através do perfil do solo.

Nos estudos realizados por Leonardo (2003), na microbacia do rio Passo Cue, região oeste do Paraná, concluiu-se, a partir dos resultados das variáveis físicas, químicas e microbiológicas, que a qualidade da água da microbacia do rio piorou de montante para jusante devido à intensa atividade agropecuária, tendo em vista que a inexistência de mata ciliar na maior parte da bacia e uso excessivo dos agroquímicos são indicadores da degradação da qualidade da água.

Soares Neto (2005) investigou, na bacia hidrográfica do rio de Ondas, a presença de resíduo de atrazina, por meio, da extração líquido-líquido, seguida da análise qualitativa e quantitativa de orgânicos semivoláteis por cromatografia gasosa acoplada ao detector de massa baseado no método EPA 8270C. A atrazina nortox 500 SC é um herbicida, apresentado sob a forma de suspensão concentrada com eficiência no controle da maioria das plantas daninhas, anuais, tanto em aplicação de pré-emergência como em pós-emergência precoce (ATRAZINA, 2013). Os resultados obtidos, não detectou a presença deste agroquímico, que pode ser justificado pela possibilidade de ser adsorvido por colóides de argila e matéria orgânica, sendo assim degradado.

É imprescindível que se tenha um conhecimento atualizado sobre a utilização e ocupação do solo da área que se pretende ocupar, pois os efeitos do seu mau uso podem causar deterioração no meio ambiente (LOUZADA, *et al.*, 2009; SEBUSIANI & BETTINI, 2011).

2.2.2 Cidades/Vilas

Estudos realizados por Santos (1993) mostraram que apenas 6% dos municípios brasileiros efetuavam o tratamento de efluentes urbanos, 35% possuíam rede coletora de esgoto e quase todo esgoto era lançado “in natura” em corpos d’água ou no solo. Esses dados justificam o crescimento desordenado, das áreas urbanas que contribui, de forma significativa, para alteração geoquímica dos ecossistemas aquáticos (CUNHA & MACHADO, 2005).

A carga de poluentes lançados de efluentes domésticos modificam significativamente as características físico-químicas e biológicas da água, sendo encontradas altas concentrações de elementos químicos e substâncias microbiológicas, causando a deteriorização da qualidade da água e dos seres que vivem neste ambiente (NEAL, *et al.*, 2005; LI, *et al.*, 2013). Estes impactos estão relacionados principalmente pela falta de planejamento das cidades e conscientização da população para a necessidade de boas práticas ambientais (MORAES & JORDÃO, 2002; CERQUEIRA, 2006).

Toledo & Nicolella (2002), realizaram o monitoramento de uma microbacia em Guaíra (SP), no período de jun/95 a jun/96, a fim de obter o índice de qualidade de água (IQA) sob a influência agrícola e urbana, avaliando 10 (dez) variáveis. Observaram que, as características originais da água foram modificadas de montante para jusante, onde os parâmetros oxigênio dissolvido (OD), fósforo total (PTOT), amônia (NH₄) e condutividade, teve uma maior influência sob o IQA.

A poluição dos efluentes urbanos modifica as características originais dos recursos naturais (XIN & KINOCHI, 2013), sendo que, os sistemas fluviais, ainda, vêm sendo um dos principais destinos, e muitas vezes, a despoluição destes locais, tem sido, irreversível. Borges e seus colaboradores (2003), com o objetivo de avaliar o efeito da implantação de interceptores de esgoto em área urbana, como técnica de despoluição, nos córregos Cerradinho e Jaboticabal, através da quantificação de parâmetros indicadores de qualidade hídrica, detectaram que os córregos se encontram sob intensa poluição, concluindo que a instalação dos interceptores não foram suficientes, mostrando que há ainda significativa contribuição da ação dos efluentes urbanos nas alterações da qualidade da água dos córregos. Outro estudo, realizado na bacia do rio Mundaú (AL e PE), mostram acelerado processo de degradação ambiental, com os despejos de efluentes urbanos e industriais, onde os parâmetros físico-químico-biológicas analisados, mostraram que alguns pontos de análises se encontram sob forte poluição, podendo afetar outras regiões (SILVA, *et al.*, 2007).

Gorayeb *et al.*, (2009), com o objetivo de determinar os principais problemas ambientais, decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais, em especial dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Caeté, nos municípios de Bragança e Santa Luzia do Pará, constataram que os principais problemas ambientais, na sede dos dois municípios estudados, estão relacionados à falta de saneamento básico, ao desmatamento, à prática ilegal da mineração e à poluição hídrica. Esses problemas degradam o meio natural e acarretam prejuízos diretos à saúde da população alvo, através do consumo de água de baixa qualidade e da disseminação de doenças de veiculação hídrica.

Santos *et al.*, (2006), estudaram a influência de aterros sanitários e de efluentes domésticos na qualidade das águas superficiais do Rio Tarumã e seus afluentes–AM, por meio de características físicas e químicas e quantificação dos metais potencialmente tóxicos, em períodos de chuva e seca. Foi constatado que há alterações consideráveis nas características químicas, especialmente em relação a NH_4^+ , Ni, Pb, Cu e Zn, quando comparados às águas naturais da região. A condutividade, dureza, alcalinidade, PO_4^{3-} , NH_4^+ , K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Fe^{3+} e Mg^+ que foram os índices que melhor qualificaram as águas estudadas, indicaram que sua qualidade tende a ser um pouco melhor no início das chuvas, pois apresenta uma maior diluição neste período, apesar de não ser de forma significativa. Concluíram que o aterro sanitário e os esgotos domésticos afetam consideravelmente a composição das águas da bacia do Tarumã, modificando todas as suas características quando comparadas com águas naturais da região.

Na BHRO, destaca-se a presença de várias chácaras que ocuparam o baixo curso do rio, onde houve a retirada da mata ciliar que constituía um papel importante para a manutenção ecológica da bacia, e em alguns pontos construção de bares e clubes de lazer (GUIMARÃES, 2004).

2.2.3 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH)

As PCH's são usinas com capacidade de produção entre 1 (um) e 30 (trinta) MW e com área total do reservatório igual ou inferior a 3 (três) km^2 (ANEEL,1998). Elas apresentam algumas vantagens e desvantagens que poderá definir as suas contribuições para as alterações dos corpos hídricos e os seres que vivem neste sistema, já que muitas vezes a sua produção não é controlada pela ONS (Operador Nacional do Sistema), ficando exposto a riscos hidrológicos.

Para a implantação de uma PCH, as Agências reguladoras determinam regras através de instrumentos legais (Leis, as Resoluções e Decretos), observando a obrigatoriedade EIA (Estudo de Impacto Ambiental) com a emissão de relatório, principalmente, quando se tratar de supressão de vegetação nativa de mata atlântica primária e secundária no estágio médio e avançado de regeneração de atividades de utilidade pública ou interesse social (NILTON, 2009; KENTEL & ALP, 2013; KUCUKALI & BARIS, 2009; PINHO, et al., 2007).

A energia elétrica no Brasil é predominantemente hidrelétrica, que somado as PCH's como fontes alternativas, correspondem a cerca de 70% da energia elétrica oriunda desta fonte. Para facilitar a construção das PCH's, que são feitas em sua maioria para a alimentação de pivôs na agricultura, o governo oferece a isenção de encargos setoriais e desconto de pagamento de tarifas de uso dos sistemas de distribuição e transmissão (NAHAS, 2010).

Nilton (2009), fez o levantamento dos possíveis impactos gerados pela implantação de uma PCH, possuindo uma relação com o tamanho, volume, tempo de retenção do reservatório, localização geográfica e localização no continuum do rio. Os principais impactos detectados são: inundação de áreas agricultáveis, perda de vegetação e da fauna terrestres, interferência na migração dos peixes, mudanças hidrológicas a jusante da represa e alterações na fauna do rio (XIAOCHENG, *et al.*, 2008;).

Hirschmann *et al.*, (2008) estudaram as alterações na ictiocenose de peixes devido à instalação da Pequena Central Hidrelétrica Salto Forqueta, no curso do rio Forqueta. O estudo consistiu em quatro etapas, em que se verificou diversas alterações na ictiocenose local. Em estudo realizado por Silva *et al.*, (2011), utilizando análise multitemporal da cobertura do solo na área de influência da PCH – São Simão, e imagens suborbital e orbital, com o objetivo analisar as mudanças espaciais de influência da PCH. As imagens obtidas Ortofoto/2007 e Geoeye/2009 possibilitaram diagnosticar o uso e ocupação do solo no entorno da PCH São Simão e a dinâmica temporal após a construção do empreendimento, constatando que houve aumento da classe pastagem em 17,38%, correspondendo 69,55% da área de estudo coberta por esta classe, seguida do corpos d'água com 3,54% e material rochoso com 3,46%. Tiveram redução as classes fragmento florestal (22,30%), estrada não-pavimentada (1,30%) e solo exposto (0,78%). Além disso, a construção da PCH favoreceu para o aumento do êxodo rural nos municípios vizinhos ao empreendimento.

A Companhia Paranaense de Energia - COPEL (2009) fez análise dos impactos potencialmente gerados pela implantação da PCH Cavernoso II, consistindo na identificação de todos os impactos previstos, permitindo reconhecer as ações impactantes do

empreendimento, seleção de impactos previstos com relevância para estudo e avaliação destes impactos. Os fatores físicos, biológicos e antrópicos foram avaliados para a determinação dos impactos socioambientais. Por meio desses estudos, os impactos negativos que foram identificados com a implantação do empreendimento são passíveis de compensação e/ou compensação pelo o empreendedor, observando que os impactos são em sua maioria positivos, trazendo benefícios à região. Porém, alguns estudos mostram que os impactos gerados pelas pequenas hidrelétricas podem ser maior que as de grande porte (BAKKEN, *et al.*, 2012).

O trabalho que foi realizado por Leão (2008) e Murni et al., (2013) com o objetivo de discutir a problemática e os conflitos que envolvem a construção de pequenas centrais hidrelétricas, por meio, de avaliação e levantamento de fatores socioambientais. Nos estudos mostraram que as PCH's pode dinamizar a economia local das regiões que se encontram isoladas, levando o desenvolvimento humano sem graves consequências ao meio ambiente, desde que as questões socioambientais sejam levadas em consideração na sua construção.

2.3 Elementos químicos como indicadores da atividade antrópica

A presença de elementos e substâncias químicas, tais como, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe, Si, Al, Sr, La, Cd, Ti, V, Ni, Zr, Cu, Cr, Mn, Ba, Co, Zn, Be, Mo, Na^+ , K^+ , F^- , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{2-} , SO_4^{2-} , entre outros, nos recursos naturais podem ser indicadores de alteração das características originais dos ecossistemas naturais. O enriquecimento, por exemplo, dos recurso hídricos em substâncias podem causar o processo de eutrofização, causando sérios problemas ao ambiente aquático, podendo ser até letal, quando encontrado em altas concentrações, para animais aquáticos devido a toxicidade (RESENDE, 2002).

Diferentes metais podem ser encontrados dissolvidos em água como, por exemplo, Cr, Cu, Hg, Mg, Pb, Cd, Zn, Co, Ni, Mb e Ag, os quais apresentam, em diferentes níveis, algum grau de toxicidade aos organismos. O aporte natural de metais deve-se ao intemperismo de rochas. Quanto à intervenção humana, a ocorrência dos metais deve-se ao lançamento de efluentes industriais líquidos e gasosos, lixiviação de áreas agrícolas e de mineração (LIBÂNIO, 2010).

Os metais e as substâncias químicas podem ser determinados em água através de métodos que utilizem a espectrometria de absorção atômica, de emissão atômica e técnicas cromatográficas sob as condições específicas de acordo com o metal (APHA, 2005). O

monitoramento das concentrações de metais em corpos de água tem sua relevância devido aos problemas de intoxicação que afetam o ser humano e à vida aquática. Como exemplos, o Cu pode proporcionar lesões no fígado humano na concentração de 20 mg.L^{-1} , e ser letal para várias espécies de peixes em concentrações muito menores ($\sim 0,5 \text{ mg.L}^{-1}$); o Cr na sua forma hexavalente é tóxico e cancerígeno; a exposição ao Cd pode danificar os rins e levar à morte; o Pb é uma espécie cumulativa e afeta todos os órgãos e sistemas do corpo humano, principalmente o sistema nervoso (SÃO PAULO, 2011).

As variações na concentração de P total estão associadas principalmente aos esgotos sanitários, que são ricos em matéria orgânica fecal e detergentes, mas também podem estar relacionadas aos efluentes industriais e fertilizantes utilizados na agricultura (SÃO PAULO, 2011; LIBÂNIO, 2010). A determinação do P em água pode ser realizada pelo método colorimétrico por redução com ácido ascórbico. Por este método há formação de um complexo de coloração azul característica, sendo a intensidade da cor proporcional à concentração de P (APHA, 2005).

O P é um nutriente demandado em grandes quantidades nos processos biológicos, e em águas naturais encontra-se em concentrações comumente inferiores a $0,02 \text{ mg/L}$. Por isso, com frequência é considerado como limitante para o desenvolvimento de algas e plantas aquáticas. Por outro lado, em concentrações maiores está associada ao processo de eutrofização. Normalmente, o P é encontrado nos corpos de água na forma de fosfatos orgânicos e inorgânicos. Na fração orgânica está associado à composição de moléculas orgânicas e complexado na matéria orgânica dos organismos aquáticos. Na forma inorgânica, tem sua origem natural da lixiviação de rochas fosfatadas, sendo que as formas mais facilmente assimiláveis pelas algas são os ortofosfatos (SÃO PAULO, 2011; LIBÂNIO, 2010).

O N pode ser encontrado nas águas nas formas de N-orgânico, N-NH₃, NO₂⁻ e NO₃⁻. O N-orgânico e N-NH₃ são encontrados nas formas mais reduzidas e podem indicar a proximidade da fonte poluidora, pois são as espécies químicas presentes nos estágios iniciais da autodepuração. O NO₂⁻ e NO₃⁻ são as formas mais oxidadas e indicam uma maior distância da fonte de poluição, pois prevalecem nos estágios finais da autodepuração natural dos rios (SÃO PAULO, 2011).

As fontes naturais de N vêm da matéria orgânica obtida pela decomposição do fitoplâncton e outros organismos, precipitações e fixação biológica de nitrogênio. O incremento de N de origem antrópica é devido aos lançamentos de esgotos domésticos e

industriais (predominantemente nas formas de N-orgânico e N-NH₃), assim como aos fertilizantes que são lixiviados das áreas de produção agrícola, na forma de NO₃⁻ (LIBÂNIO, 2010).

O íon amônio (NH₄⁺) em concentrações elevadas resulta em uma redução do oxigênio dissolvido (OD), pois é demandado no processo de nitrificação realizado por bactérias aeróbias. Em condições de pH elevado, há a conversão do NH₄⁺ em NH₃, o qual é nocivo para determinadas espécies de peixes em níveis superiores a 0,5 mg.L⁻¹. Por isso, a Resolução CONAMA n° 357/05 determina valores máximos que são dependentes da faixa de pH encontrada em cada classe de corpo hídrico (BRASIL, 2005; LIBÂNIO, 2010).

Contaminantes tais, como nitrogênio (N), fósforo (P), carbono orgânico dissolvido (COD), arsênio (As), metais pesados, e agentes infecciosos são frequentemente associados com os sistemas agrícolas (UDEIGWE, et al, 2011). Essa atividade vem sendo uma das principais fontes de poluição, principalmente, pela deterioração do solo e da qualidade de água. Estudos mostram que os principais componentes de escoamento agrícola são: sedimentos, nutrientes [especialmente fósforo (P) e nitrogênio (N)], carbono orgânico (CO), os pesticidas, metais, patógenos e sais (Rostagno e Sosebee, 2001; O'Connor et al., de 2005; Carpenter, et al., 1998), modificando as características dos sistemas naturais. Por si só, a produção agrícola reduz a diversidade biológica do ambiente a partir da transformação de um ecossistema para um agrossistema, por meio, das monoculturas, que são extremamente simplificados e, portanto, mais suscetíveis ao aparecimento de espécies nocivas à cultura plantada (SOARES, 2010).

Elementos químicos, em produtos, como alumínio (Al), ferro (Fe) e cálcio (Ca), vem sendo empregados na imobilização de contaminantes, tais como fósforo, carbono orgânico, e os metais pesados, e também para a estabilização do solo e a melhoria do estado de nutrientes (FRIESL, et al., 2004; WARREN, et al., 2006), porém, o seu mau uso pode afetar adversamente o solo e a qualidade da água, possuindo um resultado indesejado (UDEIGWE, et al, 2011).

CAPÍTULO 3 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização

A Bacia Hidrográfica do Rio de Ondas está localizada na região oeste da Bahia, localizados, com área de 5.157 km², e inserida no contexto regional da Bacia do Rio São Francisco. A BHRO drena dois municípios desta região, Barreiras com uma população de 137.427 mil habitantes e Luís Eduardo Magalhães (LEM) com 60.105 mil habitantes (IBGE, 2010).

Os principais afluentes da BHRO são: rio das Pedras, rio Borá e o rio Vereda das Lages, que podem ser observadas na Figura 01(SOARES NETO, 2005).

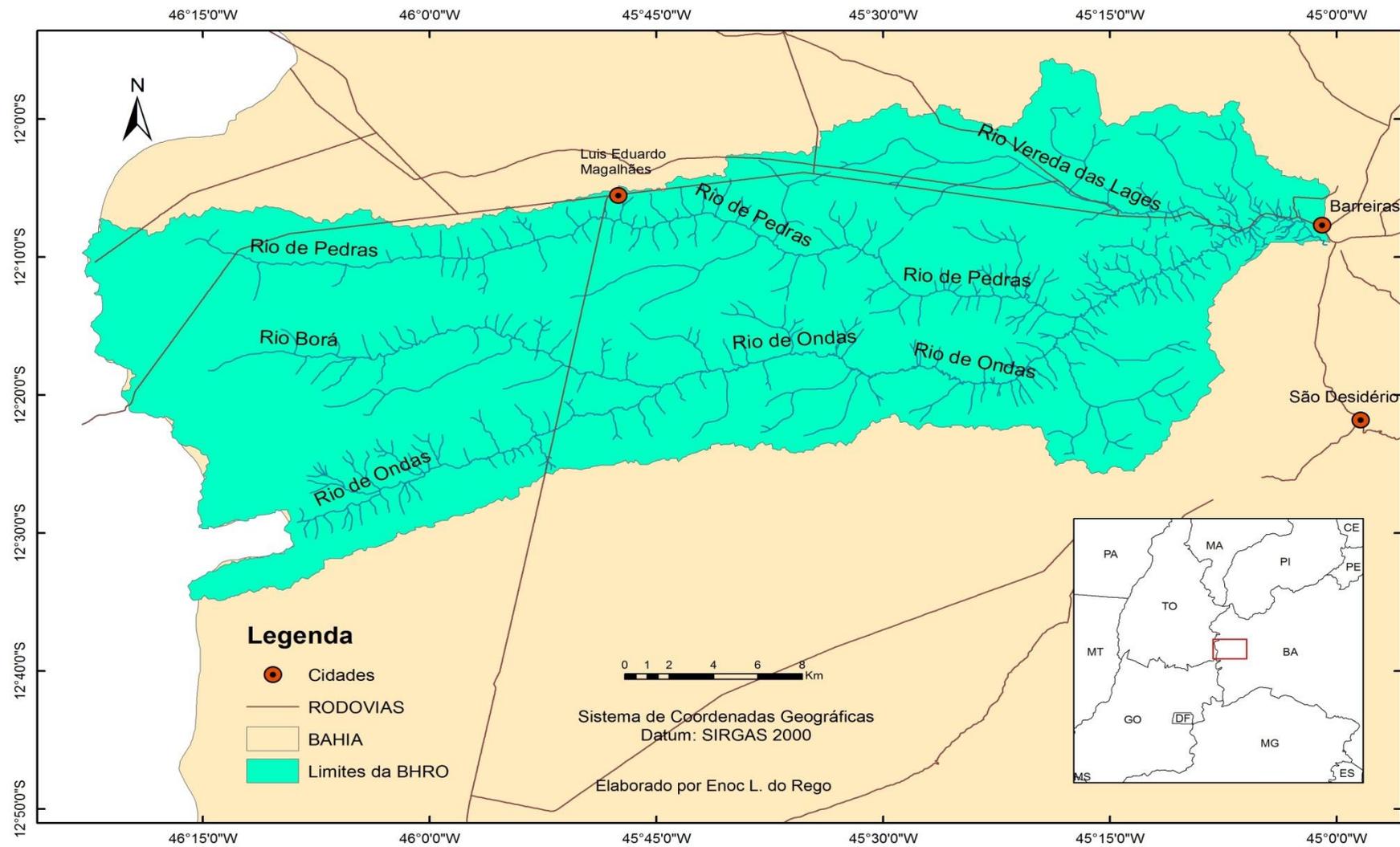


Figura 1: Localização Geográfica da Área Estudada e principais acessos (Fonte: IBGE).

3.2 Clima

As condições climáticas dessa região possui uma variação de úmido, úmido a subúmido e seco a subúmido, proporcionando duas estações bem definidas durante o decorrer do ano, de novembro a abril, chuvosa a quente e de julho a setembro, seca e temperaturas amenas (Figura 2). Segundo Souza e seus colaboradores (2010), essas condições climáticas estão associadas à vegetação no qual o cerrado arbóreo é predominante.

Estudos mostram que houve um aumento expressivo da temperatura superficial nos últimos anos, indicando que a supressão da vegetação nativa do cerrado, com a exposição do solo para agricultura e pastagem contribuíram para a alteração das condições climáticas, em que no ano de 1984 a variação da temperatura da superfície foi de 10° a 28° C e em 2008 foi de 10 a 37° C (BORGES, 2011).

Segundo a Associação de Irrigantes da Bahia (AIBA, 2003) a temperatura média anual é de 24°C, com máxima média de 32°C e mínima média de 18°C. Nos meses úmidos ocorre, em média, quase toda precipitação total anual (94%), restando apenas 6% para estação seca, que vai de maio a setembro. A concentração pluviométrica da bacia do Rio de Ondas se mostra mais densa no oeste diminuindo na direção leste.

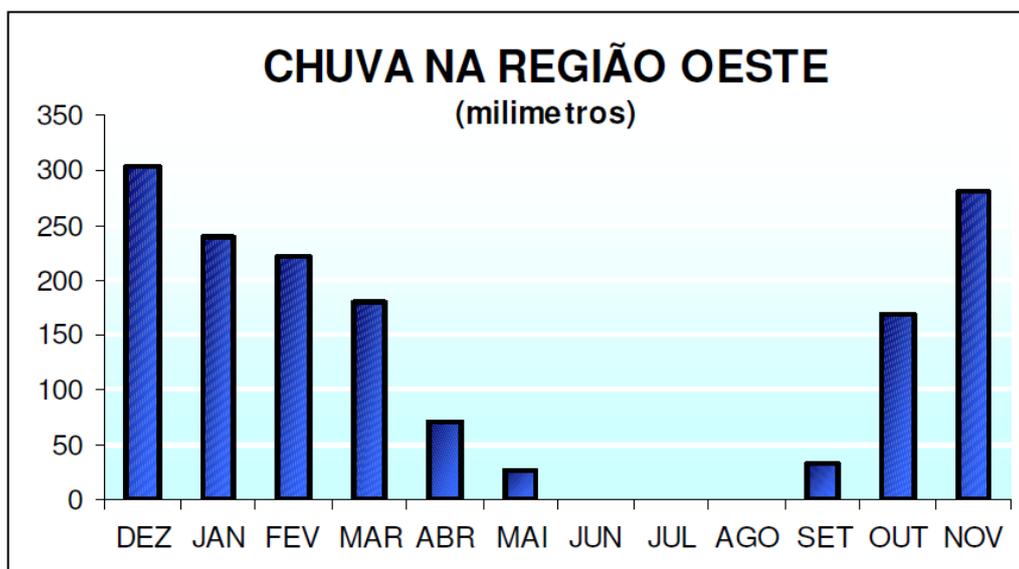


Figura 2: Distribuição das chuvas na região oeste da Bahia (AIBA, 2003).

3.3 Geomorfologia

Segundo os estudos realizados por Damasceno (2011), após análise do padrão de drenagem da BHRO constatou que a bacia possui hierarquia dos canais com variação de primeira a quarta ordem, possuindo 459 (quatrocentos e cinquenta e nove) canais, sendo que 372 são de primeira ordem.

O cumprimento total dos canais dos rios de Ondas, Borá e Pedras são, respectivamente, 730Km, 121 Km e 344km. Com esses resultados Damasceno (2011) observou que, a quantidade de primeira ordem indica que o lençol freático não é muito profundo, esse aspecto favorece a agricultura irrigada, a criação de gados e outras atividades. Nesses, alguns canais foram suprimidos devido a ocorrência do grande número de pivôs centrais que, foram instalados de forma inadequada ao longo das margens do rios.

3.4 Solos

No trabalho realizado por Soares Neto (2005), são identificados seis classes de solo na BHRO. São eles:

- Latossolo Vermelho-Amarelo, solo que ocupa maior parte da BHRO, onde foi desenvolvido nas alterações dos arenitos do Grupo Urucuia. Esse tipo de solo apresenta estágios de intemperismos avançados devido aos materiais constitutivos;
- Os Neossolos Quartzarênicos, solo derivado dos arenitos do Grupo Urucuia, constituídos, predominantemente, por quartzo;
- Gleissolos, solo com textura predominante, arenosa e o ambiente é formado por deposições de natureza colúvio-aluvionar, de materiais transportados por encostas;
- Argissolos Vermelho Amarelo, solo de pouca representatividade, sendo encontrada apenas em trechos de depressão;
- Neossolos Flúvicos, constituídos por deposição de sedimentos recentes de composição granulométrica muito variada;
- Neossolos Litólicos, solos pouco desenvolvidos e rasos por vezes pedregosos e cascalhento, frequentemente associados a afloramento rochosos.

A unidade de solo Latossolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Quartzarenico órtico ocupam 88,41% da área, observado na Figura 3, sendo que esta área é considerada a mais favorável para a ocupação agrícola (SOARES NETO, 2005).

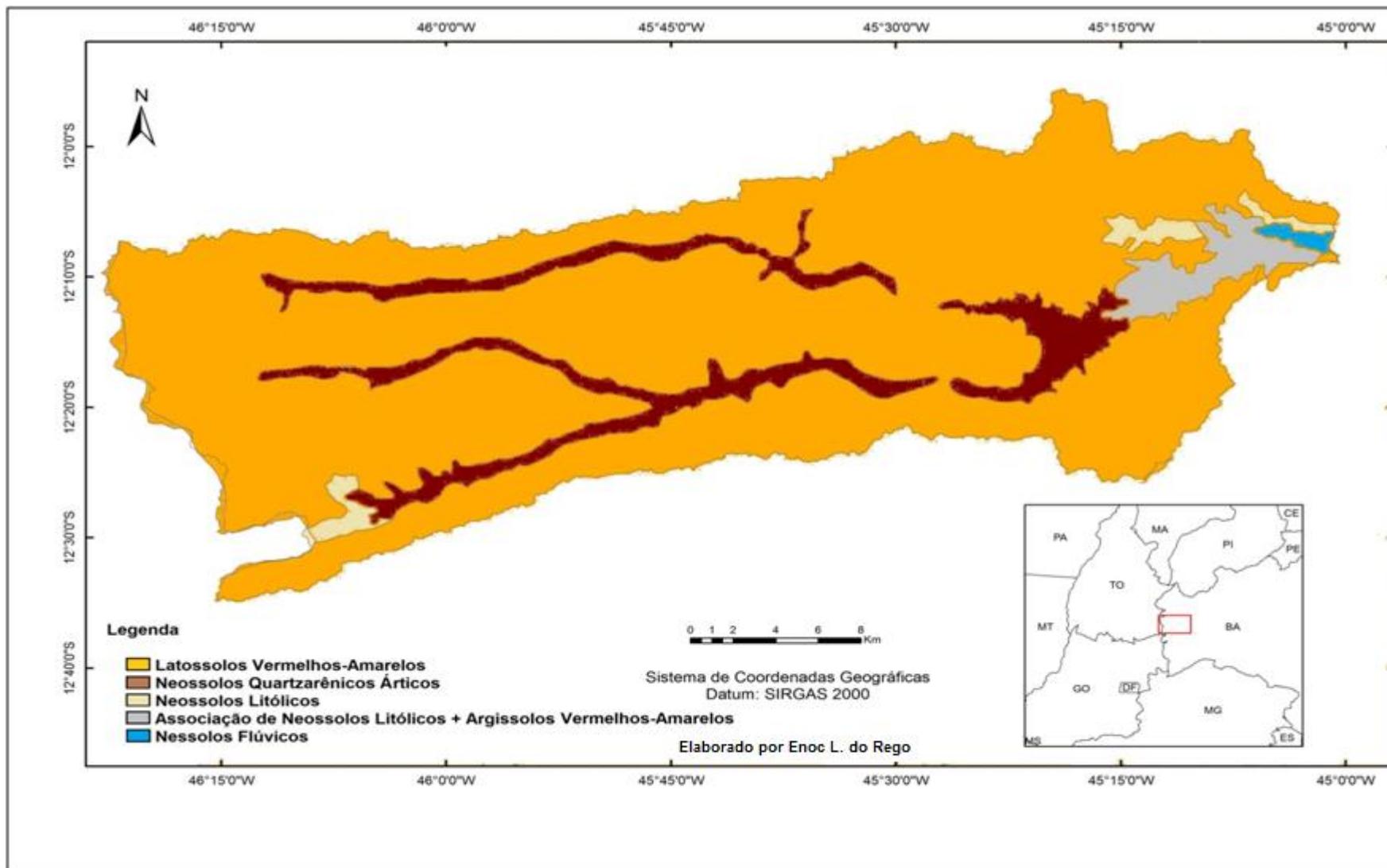


Figura 3: Mapa de solos da BHRO(Fonte: IBGE).

3.5 Geologia

Em estudos realizados por Amorim Júnior e Lima (2007), a geologia dessa região corresponde ao Grupo Urucuia (Neocretáceo Superior), onde em sua maior parte decomposição de arenitos quartzosos com cores variadas, predominando castanho-avermelhados, róseos e amarelos esbranquiçados.

Segundo a CPRM (Serviço Geológico do Brasil, 2008) as rochas do Grupo Urucuia desta região estão sobrepostas às rochas do Grupo Bambuí (Neoproterozoico), que funcionam como base dos arenitos. As calhas dos maiores cursos d'água são preenchidas por depósitos aluvionares, sendo sedimento compostos por areia e cascalho.

O Grupo Urucuia abrange maior parte da área com 97,76%, compreendendo toda parte da chapada, o Bambuí possui 1,58% da área e as coberturas detríticas ocupando uma pequena área de 0,19% (Figura 4).

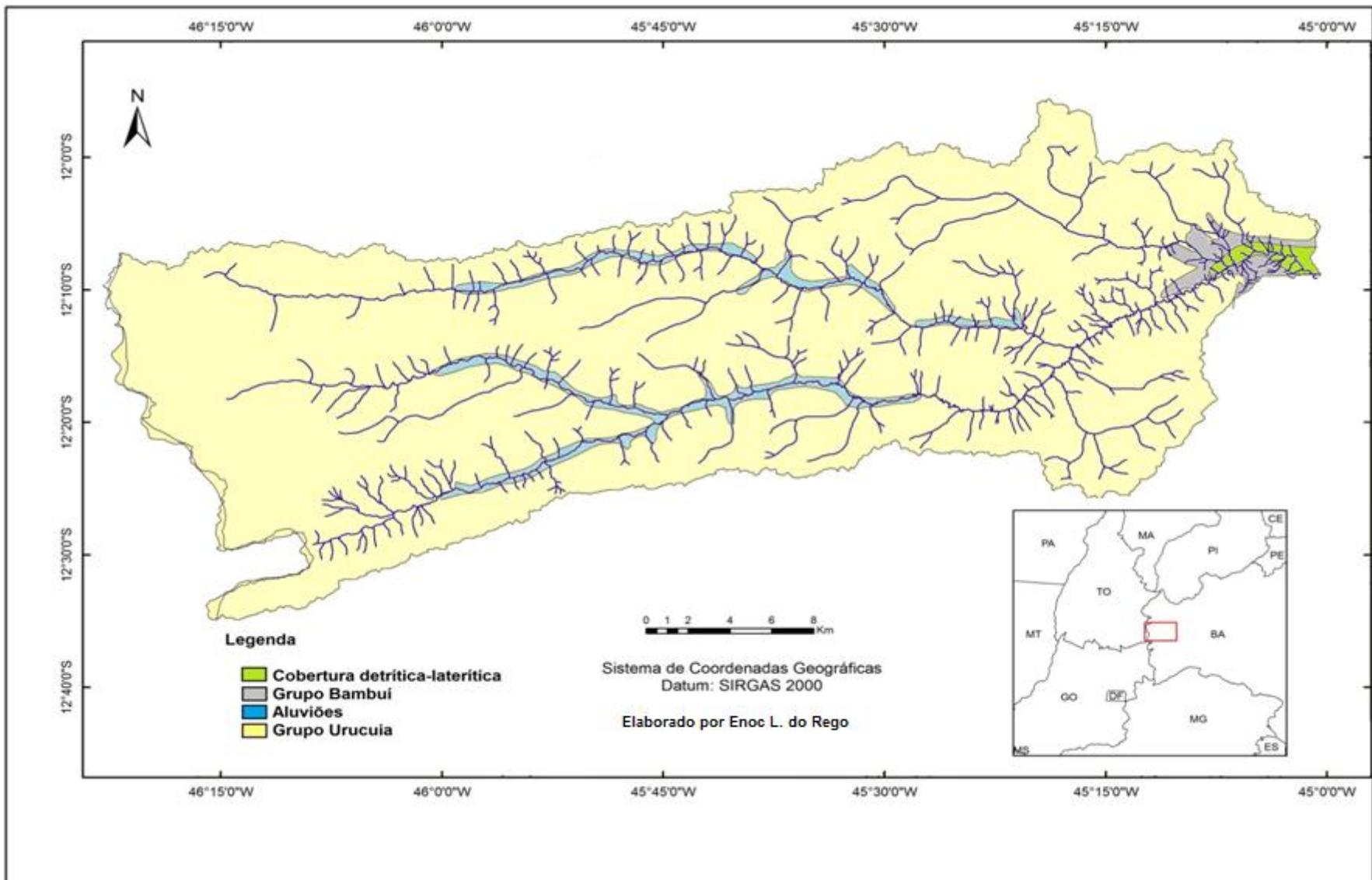


Figura 4: Mapa geológico da BHRO (Fonte: IBGE).

As rochas carbonáticas do Grupo Bambuí ocupam pequenas áreas na porção mais oriental da bacia, e, os poucos afloramentos mostram a predominância de rochas argilosas sobre o calcário ou outros carbonatos (CAMPOS & DARDENNE, 1997).

O Grupo Urucua é representado por arenito maduro, eólico, fluvial e conglomerado. O arenito e o conglomerado menor mostra apenas cimento silicoso e, na maioria dos casos baixos teores de argila matriz ou matriz pseudo. Apenas localmente pode ser observado ferro ou minerais de óxido de manganês, bem desenvolvido (cimentos). Estes tipos de cimento ocorre em leitos de arenito rasas, mostrando uma fase diagenética recente (CAMPOS & DARDENNE, 1999).

O solo superficial é desenvolvido pela decomposição do arenito resultando predominantemente em capas de areia de diferentes colorações (CPRM, 2008). Os poços profundos para a produção de água subterrânea (até 300 metros) mostram a presença de arenito, argilito e conglomerados finos associados ao Grupo Areado. As rochas do Grupo Areado mostra comumente cimento carbonato como uma fase mineral digenético.

De acordo com CPRM (2008) os maiores canais de cursos de água são preenchidos por depósitos aluviais e sedimentos compostos por areia e seixos (CAMPOS & DARDENNE, 1997).

3.6 Uso do Solo

A utilização do solo para agricultura tem provocado vários impactos ao longo da BHRO, sendo que as nascentes se encontram em situações de alto risco segundo estudo Damasceno (2011). Os estudos mostram que a falta de fiscalização e acompanhamento do poder público contribuíram para significativas mudanças no ambiente devido o uso e ocupação do solo de forma desordenada, onde o crescimento econômico não tem acompanhado a política de conservação da biodiversidade.

Dentre as mudanças que contribuíram para as alterações dos recursos naturais destaca-se a erosão hídrica e eólica provocada principalmente pela produção agrícola, uma vez que o solo fica desprotegido da cobertura vegetal, perdas de habitats e populações faunísticas, diminuição da vazão dos rios que drenam a região com áreas ocupadas para atividade agrícola e/ou moradias/áreas de lazer, assoreamento, aumento das queimadas, erosão genética e redução da biodiversidade (GUERRA, 1999; YOSHIOKA & LIMA, 2012).

A agricultura irrigada provoca o assoreamento gradativo, a aumento de moradias a compactação de suas margens com degradação do ambiente. Além disso, o setor agrícola é o maior consumidor de água, sendo que no Brasil quase metade da água consumida destina-se a agricultura irrigada (CARDOSO, et. al., 1998; PAZ, et. al., 2000)

A área da BHRO encontra-se sob forte utilização para a atividade agrícola e em poucos anos boa parte da área foi ocupada para este fim. No gráfico da Figura 5 elaborada por Soares Neto (2005), pode ser observada o aumento do desmatamento no alto, médio e baixo curso do rio de ondas com a supressão da cobertura vegetal, que foi ocupada, principalmente para uso agrícola.

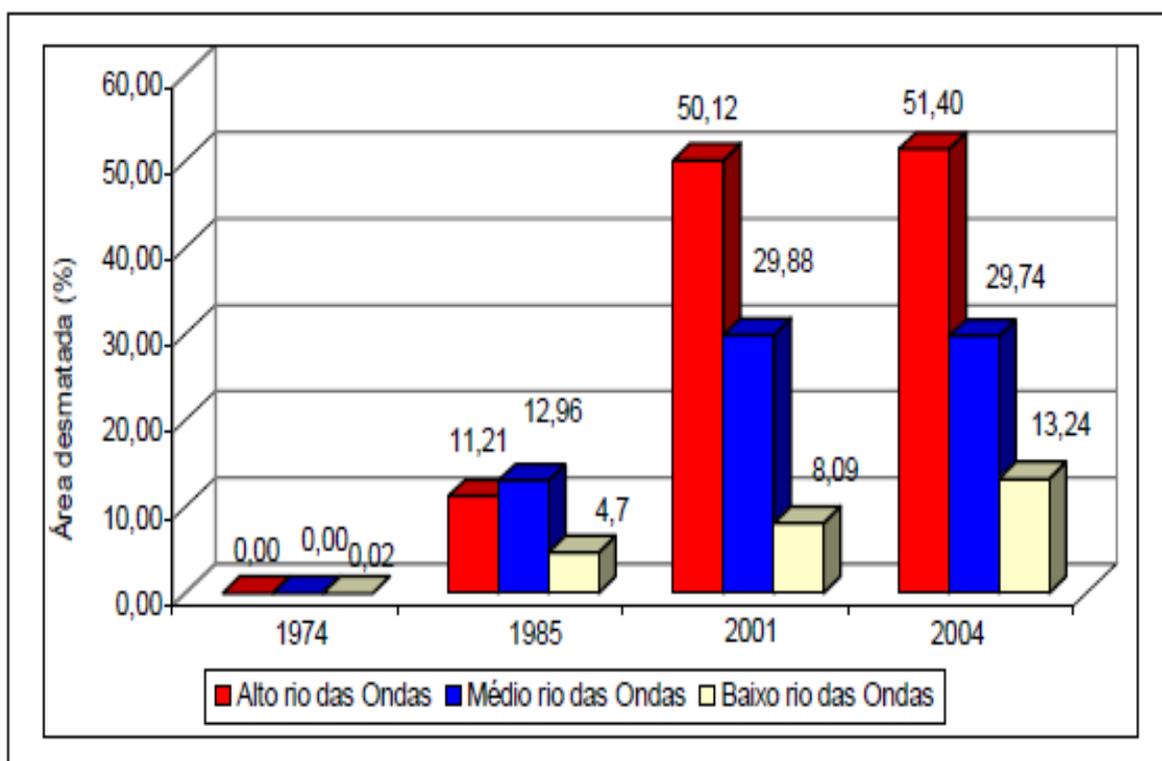


Figura 5: Gráfico da área desmatada no alto, médio e baixo curso da BHRO (SOARES NETO, 2005).

3.7 Aspectos Socioeconômicos do Município de Barreiras e Luís Eduardo Magalhães

Os aspectos socioeconomicos dessas cidades se desenvolveram por se tornarem o grande polo agrícola do estado da Bahia no setor primário. O destaque da produção são grãos, em que por sua vez é liderada pela soja, que vem se destacando nacionalmente, onde em 2007

obteve 4% da produção nacional e 56% da produção da região Nordeste. O milho, nessas cidades, também possui destaque na produção, onde responde por 50% da produção estatal e aumento de 80,6% na produtividade entre as safras de 2005/06 e 2006/07 (AIBA, 2007).

A taxa de urbanização das cidades de Barreiras e L.E.M se destacam quando comparadas com outras cidades da região com taxa de 75%, sendo as cidades mais populosas da região (SILVA *et al.*, 2004). Os agricultores que aplicaram nessa região são, em sua maioria, originários da região Sul do país e, também, de outros países como Estados Unidos e Portugal (BARRERO, 2008).

As cidades de Barreiras e L.E.M, em seu espaço urbano, vêm se tornando grandes polos agroindustriais, passando por uma transformação econômica de posição de destaque no cenário nacional.

CAPÍTULO 4 - MATERIAL E MÉTODO

A situação atual do uso e ocupação do solo foi observada com a utilização das imagens de satélite, do *software Google Earth Professional*. A interpretação das imagens de satélite segue alguns padrões de cores, texturas e formatos, que indicou a ocupação e provável uso das terras. Por exemplo, o aspecto liso, na banda que melhor reflete o verde, corresponde à uniformidade no dossel, assim, áreas de reflorestamento apresentam aspecto mais liso e homogêneo que áreas de reservas naturais; áreas com vegetação nativa (cerrado), campo cerrado e cerradão, apresentam aspecto menos rugoso se comparado às florestas (MIRANDA & SATO, 2005; QUEIROZ FILHO, 2005). As áreas irrigadas apresentam, além do aspecto uniforme, cor verde luminoso, sendo que facilmente podem ser identificados os sistemas de irrigação, pivô central pela forma de círculo. As diferenças nos tons de verde indicam alterações na composição florística em áreas nativas e no vigor em áreas agrícolas. As áreas urbanas, de desmatamento e as preparadas para plantio ou em estágio precoce das plantas (ou seja, com solo exposto), apresentam cores variando de rosa à vermelhada na banda que reflete melhor o vermelho, e geralmente apresentam formatos mais regulares (QUEIROZ FILHO, 2005), como nas imagens que podem ser observadas nas Figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12.

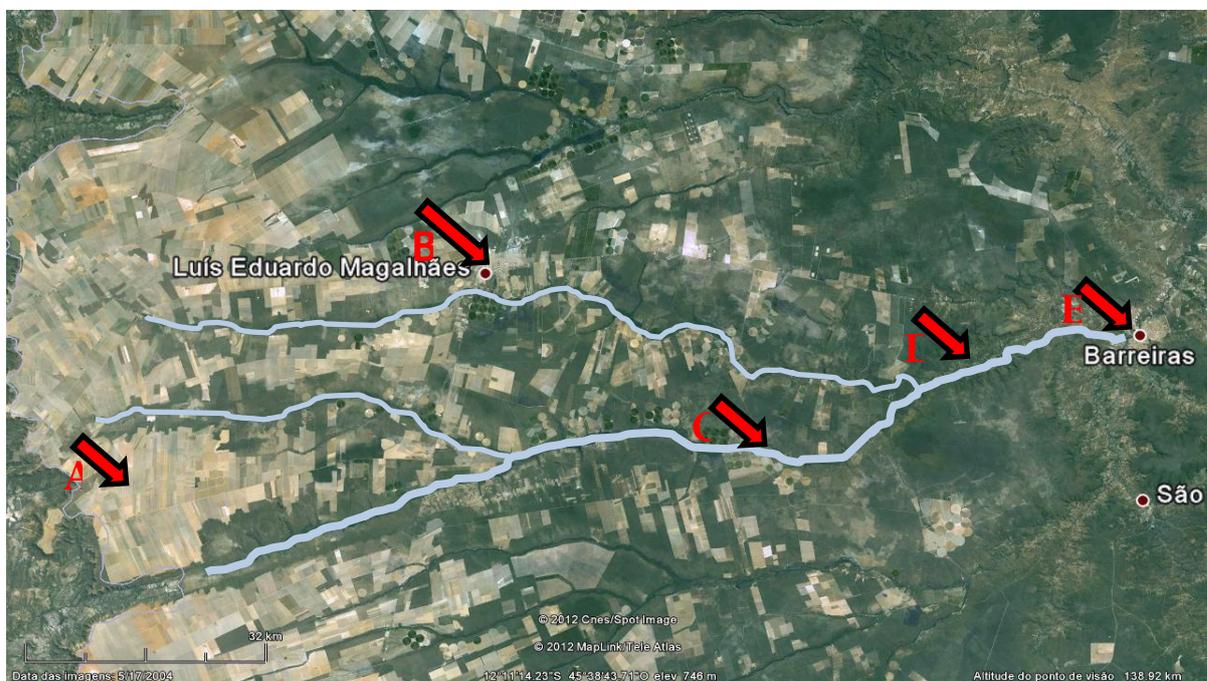


Figura 6: Imagens de satélite da BHR0 com identificação de áreas que indicam alterações antrópicas (A: áreas ocupadas pela atividade agrícola; B: área urbana da cidade de LEM; C: áreas com grande quantidade de pivôs de

irrigação e PCH; D: Empresa Baiana de Abastecimento de Água da cidade de Barreiras; e E: área urbana da cidade de Barreiras) (Google Earth Plus, 2012).



Figura 7: Imagens de satélite de áreas utilizadas pela atividade agrícola nas proximidades da cabeceira do Rio de Ondas e Rio Borá (Google Earth Plus, 2012).



Figura 8: Imagens de satélite da área urbana da cidade de LEM (Google Earth Plus, 2012).



Figura 9: Imagens de satélite de pivôs de irrigação no médio curso do rio de Ondas (Google Earth Plus, 2012).

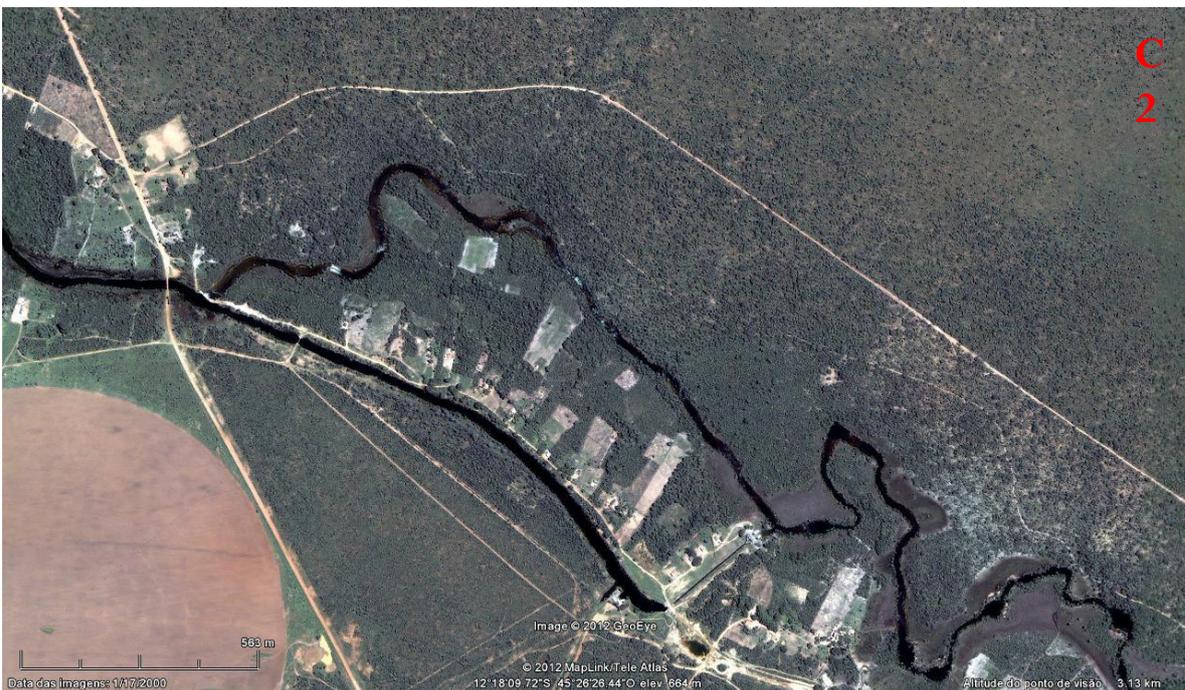


Figura 10: Imagens de satélite da PCH do Barata localizado no médio curso de rio de Ondas (Google Earth Plus, 2012).

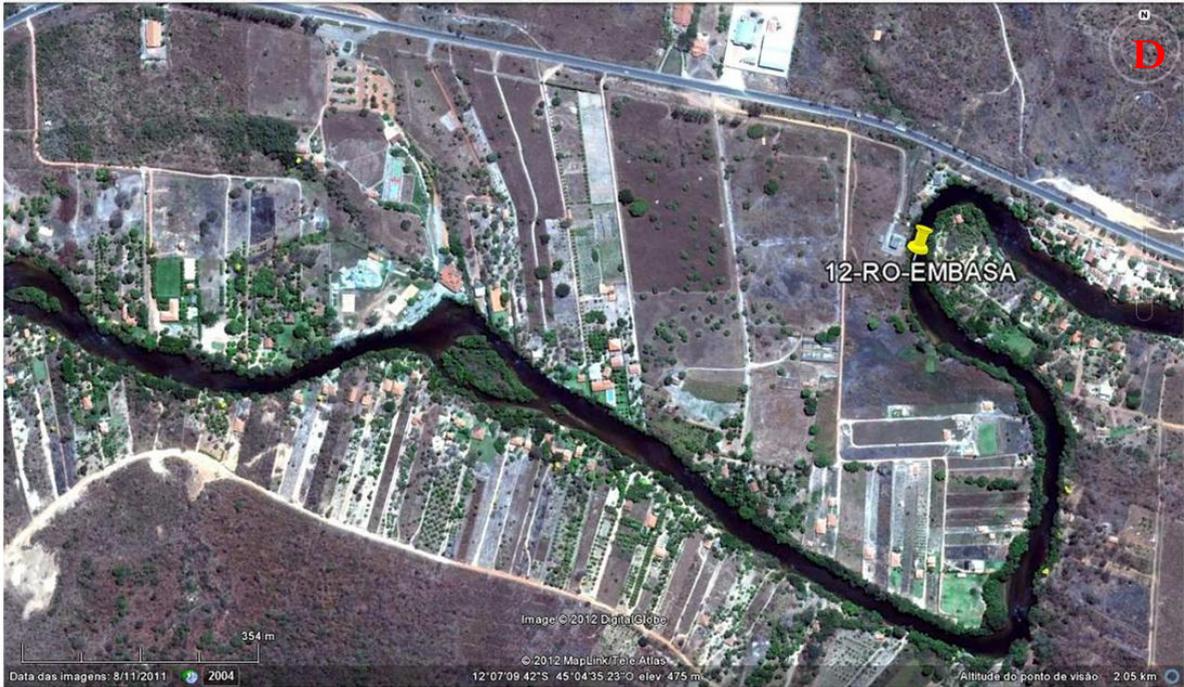


Figura 11: Imagens de satélite da Localização da captação da água no rio de Ondas pela EMBASA na cidade de Barreiras (Google Earth Plus, 2012).

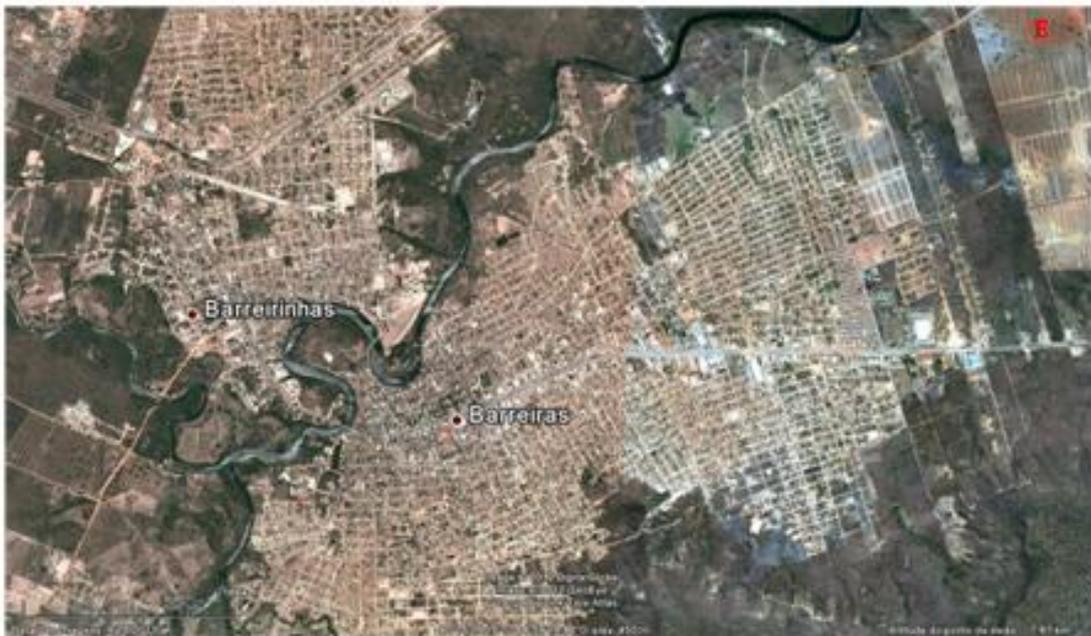


Figura 12: Imagens de satélite da área urbana da Cidade de Barreiras (Google Earth Plus, 2012).

Os dados analíticos relativos aos indicadores selecionados foram comparados com os tipos de uso e ocupação do solo identificado nas imagens, considerando a circunvizinhança de cada ponto amostrado. O mesmo contexto foi observado em campo (Figuras 19, 20 e 21), durante a etapa de coleta de amostras.

4.1 Coleta de amostras

A coleta de amostras ocorreu de forma sazonal, a fim de descrever o comportamento dos corpos d'água ao longo dos períodos de estiagem e chuvoso. O período de estiagem compreende os meses de abril a setembro e o período chuvoso dos meses de outubro a março, de acordo com os dados das séries históricas disponíveis nas estações pluviométricas da área de estudo.

Para cada estação foram coletados 09 amostras (água e sedimento), em pontos distintos, distribuídos ao longo da BHRO (Figura 13). A posição geográfica dos pontos de coleta das amostras é apresentada na Tabela 01, com o auxílio do GPS *etrex legend*, da GARMIN.

Tabela 1: Coordenadas dos pontos de coleta.

Pontos	Coordenadas	
P01 – Rio Vereda das Lages	12° 8'14.14"S	45°06'32.57"O
P02 – Rio das Pedras (próximo a montante)	12° 7'10.98"S	45°48'45.61"O
P03 – Rio Bora BR 020 (próximo a montante)	12°17'58.99"S	45°50'54.63"O
P04 – Rio de Ondas BR 020 (próximo a montante)	12°22'36.30"S	45°51'55.12"O
P05 – Ponte sobre o Rio de Ondas (médio curso do rio)	12°18'20.32"S	45°40'30.79"O
P06 – Ponte sobre o Rio das Pedras (médio curso do rio)	12° 9'49.61"S	45°35'44.56"O
P07 – Ponte do Rio de Ondas (Vale da Boa Esperança)	12°10'51.60"S	45°10'37.92"O
P08 – Ponte da Cotia sobre o Rio de Ondas (próximo à foz)	12° 7'13.29"S	45° 3'23.00"O
P09 – Ponte da Prainha sobre o Rio de Ondas (próximo à foz)	12° 8'49.45"S	45° 0'58.55"O

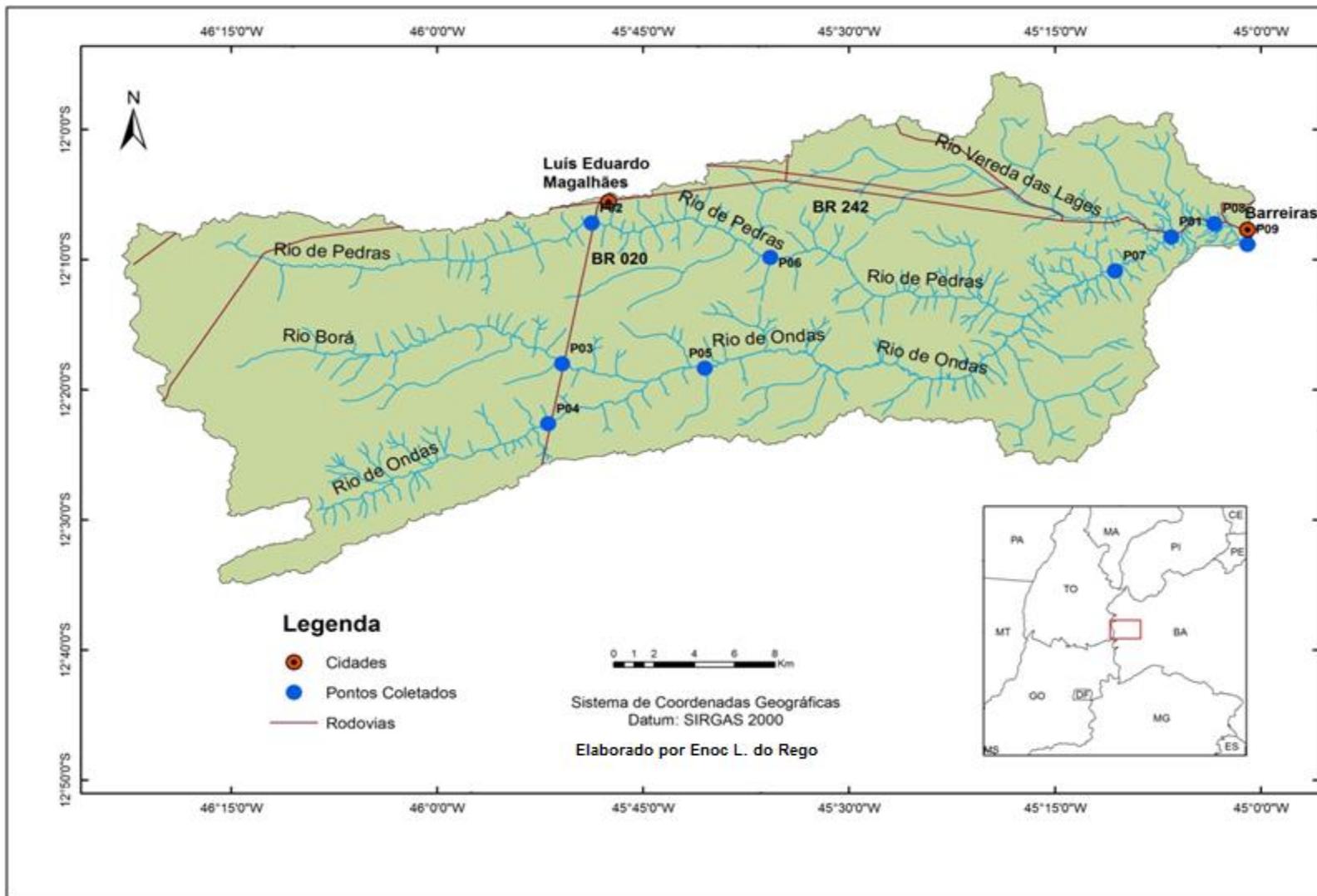


Figura 13: Distribuição espacial dos pontos de coleta ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio de Ondas (Fonte: IBGE).

Os locais de amostragem foram escolhidos de acordo com a hidrografia, cobertura vegetal, uso e ocupação do solo e viabilidade de acesso (Figuras 14, 15 e 16).

O ponto 01 foi coletado no rio Vereda das Lages, o menor afluente do rio principal, que está localizado em uma área do cerrado preservada, mas com a presença de muitas chácaras e pequenas atividades de agricultura familiar.

Os pontos P02, P03 e P04 referem-se ao rio das Pedras, rio Borá e rio de Ondas, respectivamente, que atravessam a BR 020. Esses pontos estão localizados em áreas com aplicação extensiva da agricultura irrigada.

O P05 está localizado após a confluência do rio de Ondas com o Rio Borá. Esse ponto também está próximo a uma vila e uma pequena central hidrelétrica (PCH). O ponto P06 está localizado no rio das Pedras perto de uma vila, e também uma área de irrigação de grãos.

O P07 está localizado em áreas de chácaras, mas com presença de poucas pessoas (observação de campo). Esse também destaca-se como uma área que está em estudo de viabilidade para a extração de minerais (especialmente tálio).

Os pontos P08 (Clube da Cotia) e P09 (Prainha) estão localizados próximo a foz do Rio Ondas e são caracterizados pela existência de várias chácaras e proximidade com a área urbana da cidade de Barreiras. As pessoas que vivem nessa região não têm saneamento básico e abastecimento de água tratada.

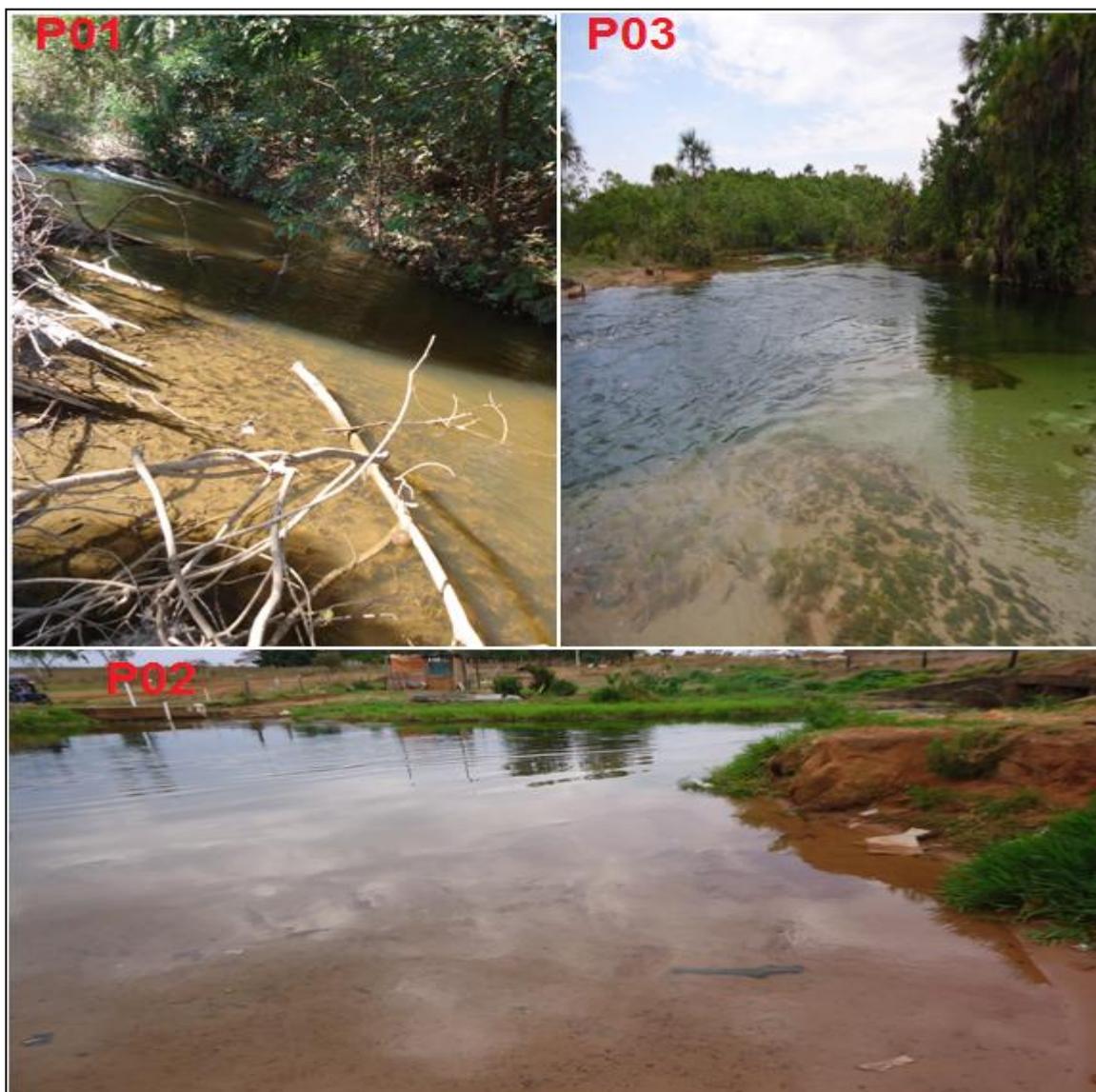


Figura 14: Fotos dos pontos de coleta. O P01 corresponde ao Rio Vereda das Lages, P02 ao Rio das Pedras (BR020) e P03 ao Rio Borá (BR020) (Fonte: Acervo do autor).



Figura 15: Fotos dos pontos de coleta. O P04 corresponde ao rio de Ondas (BR020), P05 ao Rio de Ondas e P06 ao Rio Pedras (Fonte: Acervo do autor).



Figura 16: Fotos dos pontos de coleta. O P07, P08 e P09 correspondem ao rio de Ondas sendo próximos, respectivamente, ao Val da boa esperança, a clubes, a foz e área urbana (Fonte: Acervo do autor).

4.2 Amostragem e Procedimento de análise das amostras

4.2.1 Amostragem e análise de água

As amostras de água foram coletadas em frascos plásticos (PVC) inerte e previamente lavados com solução de HNO₃ 10% (v/v), sendo acondicionadas em caixa de isopor. Estas amostras passaram por uma filtragem em filtro de membrana de acetato de celulose (0,45 µm) e parte das amostras preservadas com ácido nítrico (HNO₃ diluído) até pH \cong 1,5 para preservação dos metais.

Durante a coleta as amostras de água foram determinados, com o auxílio de uma sonda multiparamétrica Multi 340i da WTW: o pH, temperatura (T), condutividade elétrica (CE), total de sólidos dissolvidos (Tds) e salinidade (S). Os parâmetros sólidos totais (ST) e turbidez (Turb.) foram determinados no laboratório de Analítica do Instituto de Ciências Ambientais da Universidade Federal da Bahia. A alcalinidade foi determinada através do titulador automático (Schott modelo Triton Line Easy) utilizando H₂SO₄ (0,02 N) padronizado com NaOH (0,05 N).

Após a filtragem, os elementos químicos (Ca, Mg, Fe, Si, Al, Sr, La, Cd, Ti, V, Ni, Zr, Cu, Cr, Mn, Ba, Co, Zn, Be e Mo) foram determinados, por meio, do Espectrômetro de Emissão Atômica com Plasma indutivamente acoplado (ICP/AES), modelo *Spectroflame FVM03* da marca Spectro Analytical Instruments do Laboratório de Geoquímica da Universidade de Brasília, seguindo o método adotado por Boaventura (1991). O plasma foi mantido pelo gás argônio qualidade industrial a um fluxo principal de 1 L min⁻¹, fluxo auxiliar de 0,6 L min⁻¹ e fluxo para resfriamento de 13 L min⁻¹. Para a determinação de Na⁺ e K⁺ foi utilizado o Espectrofotômetro de Absorção Atômica (EAA) da marca Perkin Elmer, modelo Analyst 200. Como fonte de excitação foi utilizada chama de ar :acetileno na proporção de 10: 2,5 L min⁻¹. A fenda utilizada foi de 1,8 mm de altura x 0,6 mm de largura (slit = 600 µm). As linhas espectrais para os elementos determinados no Laboratório de Geoquímica (Lageq) da Universidade de Brasília (Tabela 2).

Tabela 2: Linhas espectrais dos elementos químicos (Lageq, 2014).

Elementos químicos	λ (nm)
Ca	317,93
Mg	279,88
Fe	259,95
Si	251,61
Al	308,21
Be	313,04
Sr	407,77
Mo	281,61
Cd	228,72
Ti	334,94
V	311,07
Ni	231,60
Zr	339,20
Cu	324,75
Cr	267,72
Mn	257,61
Ba	233,53
Co	228,62
Zn	213,86
Na	589,00
K	766,49

Nas amostras não acidificadas determinaram os ânions (F^- , Cl^- , NO_3^- , PO_4^{2-} e SO_4^{2-}) em um cromatógrafo iônico (IC) com condutividade suprimida (marca Dionex, modelo Ion Chromatography System ICS-90). As características do sistema utilizado: fluxo isocrático de eluente $Na_2CO_3:NaHCO_3$ 3,5:1 mM a $1,2 \text{ mL min}^{-1}$ e pressão aproximada de 1500 psi; volume de injeção de $25 \mu\text{L}$ definido por alça de amostragem; detector de condutividade suprimida modelo CS5; coluna e pré-coluna do tipo troca iônica com superfície funcionalizada de alquil amônio quaternário, modelos AS14A e AG14A, respectivamente; supressor de condutividade modelo AMMS-300 regenerado com H_2SO_4 50 mM.

Todas as metodologias utilizadas nas análises químicas seguiram o protocolo do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*; 20ª edição da *American Public Health Association* (APHA, 2005), da *American Water Works Association* (AWWA), e da *Water Pollution Control Federation* (WPCF).

As curvas de calibração do EAA, ICP e IC foram preparadas com soluções padrões de 1000 ppm da marca Vetec e, a partir delas, foram feitas as diluições necessárias para cada elemento. Os parâmetros de validação limite de detecção, limite

de quantificação, coeficiente de regressão e faixa linear de trabalho foram calculados a partir de cinco leituras das curvas de calibração respectivas.

O controle analítico dos resultados foi validado por amostras de padrão internacional. Para água, foram utilizados os padrões da marca Canadá NWRI (*National Water Research Institute*) ION-915 e MIRAMICHI-02, lotes 0310 e 1109, respectivamente. Também foram usados como parâmetro a água destilada e os dados obtidos da água de abastecimento do laboratório, cujo acompanhamento é feito pelo Laboratório de Geoquímica da Universidade de Brasília desde 2008.

4.2.2 Amostragem e análise de sedimento

Foram coletados aproximadamente 1,5Kg de amostras de sedimento de fundo com auxílio de uma draga de Eckman ou manualmente com uma pá comum. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos de polietileno, lacrados e acondicionados até a chegada ao laboratório. Para a preparação do material foram colocados em bandejas, previamente lavadas com HNO₃ (20% v/v), cobertas com papel e colocado para secar a temperatura ambiente.

Após a secagem, as amostras foram desagregadas e peneiradas em sua fração menor que 2mm para a retirada de plantas, pedregulhos e objetos maiores. O material passante na peneira de 2mm foi dividido em duas sub-amostras. Uma reservada para a avaliação mineralógica e outra, passada em peneira de fração menor que 63µm a ser utilizada na determinação dos elementos químicos, matéria orgânica e sólidos voláteis.

4.2.2.1 Análise da Fração Argilosa

Para a identificação dos argilominerais presente nas amostras de sedimentos de fundo e suspensão foi utilizado o difratômetro da Rigaku (modelo Ultima IV), operando com tubo de cobre com 35 kV e 15mA, com velocidade de varredura 5°/minuto, intervalo de medida de 0.05° e intervalo de varredura de 3 a 80°total argila 3 a 40 do laboratório de Difractometria de Raios-X (DRX) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade de Brasília (UnB), seguindo a as técnicas de rotina do laboratório, pela metodologia adotada por GUIMARÃES (1999), empregada para a identificação dos argilominerais. As amostras foram analisadas em sua forma total, fração argila, glicolada e aquecida.

Os resultados Foram obtidos por meio dos difratogramas e os minerais presentes identificados com o auxílio do software JADE 9.0, da *Materials Datas, Inc.* – MDI com pesquisa de possíveis minerais no banco de dados mineralógicos – PDF2 do “*International Centre for Diffraction Data*” (ICCD).

4.2.2.2 Elementos Químicos

Para a determinação dos elementos traços (Sr, Cu, Zn, Zr, Be, Co, Ba, Mn, V, Ni e Cr) seguiu a metodologia de Boaventura (1991), por meio da decomposição total dos sedimentos, em abertura ácida com HF/HNO₃/HClO₄/HCl e para os elementos maiores (Si, Al, Fe, Ca, Mg, Ti) foi realizado a fusão com metaborato de lítio. Nesta análise foi usado o padrão da NIST (*National Institute for Standards and Technology - USA*) SEM 2709a *San Joaquin Soil*. Afim de aferir a metodologia de digestão e análise, também foi utilizado um padrão C de rocha basalto (BOAVENTURA & HIRSON, 1987). Em seguida as amostras foram analisadas ao ICP/AES para a determinação dos elementos traços e maiores. Para a determinação de Na⁺ e K⁺ foram realizadas no EAA.

4.2.2.3 Perda ao Fogo por Calcinação

A determinação do teor de perda ao fogo consistiu na calcinação de 1g de amostra a 1000°C em cadinhos de porcelana no período de uma hora em mufla. Em seguida, as amostras foram novamente pesadas calculando o percentual de matéria orgânica e sólidos voláteis a partir da diferença entre o peso inicial e final das amostras (MOREIRA & BOAVENTURA, 2003).

4.3 Tratamento estatístico

4.3.1 Análise de Principais Componentes

A análise de componentes principais é uma técnica que ajuda a analisar as inter-relações entre um grande número de variáveis de forma a condensar a informação que está contida nela, onde é observado uma perda mínima de informações (ALENCAR, 2009). Essa tem como objetivo, gerar novas variáveis em um número reduzido, mas que

consigam expressar de modo satisfatório a informação contida no conjunto original de dados, reduzir a dimensão do problema que está sendo estudado, como passo prévio para futuras análises e eliminar, quando for possível, algumas variáveis originais, caso elas contribuam com pouca informação (ARAÚJO, 2010; FARNHAM *et al.*, 2003).

Para a identificação dos possíveis fatores ou fontes que afetam a qualidade dos sistemas aquáticos durante os períodos secos e chuvosos, foi aplicado a técnica estatística multivariada de Análise de Componentes Principais (PCA). Nesses procedimentos multivariados, meios e componentes principais foram aplicadas para os valores encontrados para os elementos usando a análise estatística usando o software *STATISTIC* Versão 7.0 (STAFSOFT, 2005).

4.3.2 Análise de Agrupamento Hierárquico

A análise de agrupamento hierárquico é uma técnica que busca observações similares em classes. Este agrupamento é utilizado para reunir observações em grupos através de medidas similares ou distância, com a construção de um dendograma. Ela possui a vantagem de não ser necessário informar, previamente, o número de grupos desejados (SINGH, 2005).

4.3.3 Índice de Geo-acumulação

Por meio do índice de acumulação é possível determinar os níveis de poluição nos sedimentos (MALM, 1986), através de valores de *background*, com a seguinte fórmula (MULLER, 1979 *Apud* NTEKIM *et al.*, 1993):

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{1,5 \times C_b}$$

Onde:

C_n = concentração do elemento a ser classificado;

C_b = concentração média de "*background*" (folheto médio padrão);

1,5 = fator de correção para possíveis variações do "*background*" causadas por diferenças litológicas.

Os valores de *background* estabelecidos neste estudo foram comparados com valores estipulados na bacia do Lago Paranoá (DF), Estados Unidos, Alemanha e BG – BHP (bacia hidrográfica do rio das Pacas e com a média mundial de folhelhos (rocha argilosa), devido a área em estudo não possuir valores de referência com formação geológica semelhante. Por meio dos valores de background foi calculado o índice de geoacumulação para cada ponto amostral dado que as amostras de sedimento foram coletadas em áreas sob influência antrópica, dificultando o estabelecimento de uma área controle (MOREIRA & BOAVENTURA, 2003). Na Tabela 3 estabelece a classificação de acordo com os índices obtidos.

Tabela 3: Classes do índice de geo-acumulação.

Classificação	Classe	Igeo
Extremamente poluído	6	Igeo > 5
Fortemente poluído a muito fortemente poluído	5	4 < Igeo < 5
Fortemente poluído	4	3 < Igeo < 4
Moderadamente poluído a fortemente poluído	3	2 < Igeo < 3
Moderadamente poluído	2	1 < Igeo < 2
Não poluído a moderadamente poluído	1	0 < Igeo < 1
Praticamente não poluído	0	Igeo < 0

Fonte: (Muller, 1979 *apud* NTEKIN *et al.*, 1993)

**CAPÍTULO 5 - SEASONALITY INFLUENCE EVALUATION ON METALS
CONCENTRATION IN ONDAS RIVER WATERSHED - BA**

**Seasonality influence evaluation on metals concentration in
Ondas River Watershed - BA**

**Enoc L. do Rego^a, Geraldo R. Boaventura^a, Mauro A. Bueno^b,
Anderson S. Souza^c, José Eloi G. Campos^a, Oldair D. Leite^{b*}**

a. Instituto de Geociências - Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brazil

*b. Instituto de Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável – Universidade
Federal do Oeste da Bahia, Barreiras, BA, Brazil*

*c. Instituto Multidisciplinar em Saúde - Universidade Federal da Bahia - Vitória da
Conquista, BA, Brazil*

**Instituto de Ciências Ambientais e Desenvolvimento Sustentável – Universidade
Federal do Oeste da Bahia, 47805-100, Barreiras, BA, Brazil. E-mail:
oldair.leite@gmail.com*

Abstract

The present paper aims to evaluate the seasonality influence on the chemical species concentration in the Ondas River watershed (ORW), located at Bahia western region, applying multivariate statistical techniques. Twenty-three elements and eight physical-chemical variables of nine different points along the watershed were evaluated. Principal Component Analysis (PCA) and the Hierarchical Cluster Analysis (HCA) allowed the identification of two water samples distinct groups, characterized by collections made during dry and rainy seasons, indicating the seasonality influence on the concentration variation of the evaluated species. However, no significant metal concentration variation was observed along the watershed. Dry period water samples had higher concentrations of heavy metals when compared to the rainy season; furthermore, rainy season samples were richer in the sodium, potassium, chloride contents and in alkalinity and electrical conductivity values.

Keywords: Ondas River Watershed, metals, seasonality.

Introduction

Obtaining information on the water quality is essential to understand environmental processes and their relationship to changes in anthropogenic and/or natural origin. Natural sources may be related to hydrology, climate, geology and soil types that are prevalent on the influence of water quality.¹⁻³ Anthropogenic inputs such as agricultural, urban and industrial activities are also representative of the potential changing in aquatic ecosystems.⁴⁻⁷

Chemicals movement and distribution in aquatic systems are dynamic and their changes can be observed according to time and space in which monitoring is performed. However, there is a sharp change on the concentration of dissolved substances in river water samples in heavy rainfall periods, what is largely attributed to the surface runoff. Rainfall variations and, consequently, runoff effect, among others, have a strong influence on the river flow and consequently on the chemicals concentration in river water.⁸⁻¹²

A large number of samples and variables (e.g., physical, chemical, biological and/or temporal variables) usually should be considered, in order to understand the aquatic systems dynamics. The amount of relationships among them is also too large to be understood, and a technique that can summarize this large correlation becomes necessary.¹³

Data integration for a complex system such as this can be achieved by multivariate statistical processing, which is widely employed to characterize and evaluate the quality of surface waters. That methodology is useful to demonstrate spatial and temporal variations caused by natural and anthropogenic factors associated to seasonality.^{8,14}

The Ondas River watershed (ORW) is located in the Bahia western region, located between parallels 11°59' and 12°32' south and the meridians 45°00' and 46°20' west, with an area of 5157 km², and inserted in the regional area of the São Francisco river watershed. The watershed drains two municipalities of this region, which are represented by Barreiras and Luis Eduardo Magalhães cities, respectively with a population of 137,427 and 60,105 inhabitants.¹⁵ Major ORW tributaries are Pedras, Borá and Vereda das Lages rivers.¹⁶

From these considerations, a multivariate statistical technique was applied to identify the variable similarity that determines the water quality in perennial section of watercourses in the Ondas River watershed during dry and rainy seasons.

Experimental

Study area

ORW crosses the territorial area of Barreiras and Luiz Eduardo Magalhães cities, located at western Bahia State, Brazil. The main stream (Ondas River) is about 730 km long and its tributaries, Borá and Pedras rivers are, respectively, 121 km and 344 km long.¹⁷ Many activities related to agricultural (irrigation and a small hydroelectric facility center) and urban activities (towns/cities) are developed along its course that combined with climatic conditions (rain and drought) lead to river pollution. Mineral and industrial activities in the region are weak, although recently in the watershed area, it has been discovered a large deposit of thallium associated with cobalt and manganese, still under study for extraction.¹⁸

ORW presents an exoreic drainage pattern, draining to the northeast with channels hierarchy ranging from first to fourth order, with 459 (four hundred fifty-nine) channels, from which 372 (three hundred seventy-two) are first order.¹⁹ The amount of

first-order channels indicates that the groundwater is not too deep, what favoring irrigated farming, livestock and other activities.

The **regional** geology shows that about 97%, of the area corresponds to the Urucua Group^{20,21} (Upper-cretaceous of the Sanfranciscana Basin), and only 3% of the area is covered by the Bambuí Group slates and carbonate sediments.

The Bambuí Group slates and carbonate rocks just occupy small areas at the easternmost portion of the basin and the few outcrops show the dominance of argillaceous rocks over the limestone or other carbonates facies.

The Urucua Group is represented by eolian and fluvial mature sandstone and conglomerate. The sandstone and the minor conglomerate show only siliceous cement and in the majority of the cases low contents of clay matrix or pseudo matrix. Just locally it can be observed iron or manganese oxide minerals as well developed cements. These types of cement occur at shallow sandstone beds, showing a recent diagenetic phase.

The top soil is developed by the decomposition of the sandstone resulting predominantly on sandy covers of different colors.¹⁹ Deep wells for groundwater production (up to 300 meters) show the presence of sandstone, argillite and fine conglomerates associated to the Lower Cretaceous Areado Formation. The Areado Group rocks commonly show carbonate cement as a digenetic mineral phase.

According to CPRM²² (Brazilian Geological Survey) the biggest watercourses channels are filled by alluvial deposits, and sediment composed by sand and gravel.²⁰

According to studies by Soares Neto¹⁶, six soil types have been identified in this region: **Reddish-yellow Oxisol**, developed by changes in the Urucua group sandstone (covering most of the area of ORW); **Sandy Andisol** (consisting predominantly by quartz) derived from the Urucua group sandstone; **Spodosol** with predominant sandy texture, formed by colluvial/alluvial deposition of transported materials from the slopes;

Reddish-yellow Alfisol (less representative), found only in depression parts; **Fluvic Entisol**, formed by recent sediments deposition of different particle size and **Inceptisol**, shallow and poorly developed sometimes rocky, gravelly, often associated with rock outcrops.

The location of the study area, as well the details of the sampling sites are shown in Figure 1 and Table 1, respectively.

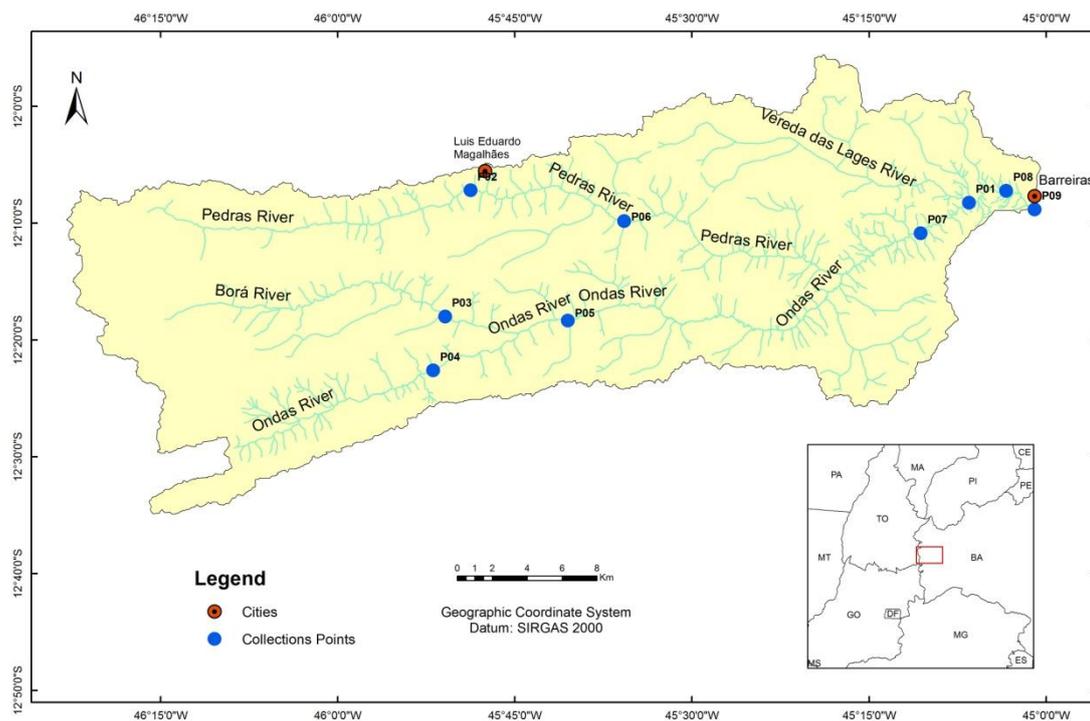


Figure 1: Geographic location of the Ondas River watershed.

The point P01 is characterized as an area with river spring occurrence, which form the Vereda das Lages River, as well as the presence of several small farms and domestic wastewater release into the river.

Points P02, P03 and P04 refer to Pedras River, Borá River and Ondas River respectively, which cross the BR 020 toward Brasilia-DF. These points are located in areas of extensive irrigated agriculture.

Table 1: Sampling points and their characteristics in the study area

Points	Coordinates	Use and Occupancy Area
P01 – Vereda das Lages River	12°8'14.14"S 45°06'32.57"W	Headwaters and presence of small farms with domestic wastewater release.
P02 – Pedras River	12°7'10.98"S 45°48'45.61"W	Next to large areas occupied for grain planting.
P03 – Borá River	12°17'58.99"S 45°50'54.63"W	Next to large areas occupied for grain planting.
P04 – Ondas River	12°22'36.30"S 45°51'55.12"W	Next to large areas occupied for grain planting.
P05 – Ondas River	12°18'20.32"S 45°40'30.79"W	Close to large areas for grain planting and operation of a small hydropower plant (SHP) areas.
P06 – Pedras River	12°9'49.61"S 45°35'44.56"W	Close to villages and populated areas for grain planting.
P07 – Ondas River	12°10'51.60"S 45°10'37.92"W	Close to villages and presence of small farms with launch of domestic sewage.
P08 – Ondas River	12°7'13.29"S 45°3'23.00"W	Close to villages and presence of small farms with launch of domestic sewage.
P09 – Ondas River	12°8'49.45"S 45°0'58.55"W	Near the urban area of Barreiras.

The P05 point is located after Ondas River and Borá River confluence and is close to a village and a small hydroelectric plant (SHP) which feeds pivot irrigation. The P06 point is located in Pedras River near a village and also an area of grain production/irrigation.

P07 point is located in small farms areas, but with little presence of people. At this point there are feasibility studies for thallium mining.

P08 and P09 points are located near the Ondas river outfall and are characterized by the existence of several farms and proximity to the Barreiras urban area. People living in this region do not have basic sanitation and drinking water supply.

Sampling Plan

Land use and occupation current status was analyzed from Google Earth Professional software images. The images interpretation followed certain patterns of colors, textures and shapes, which indicated the land use and occupation. For example, smooth aspects in the band that best reflects the green, corresponds to the canopy uniformity, thus reforestation areas have more smooth and homogeneous appearance than nature reserves areas, native Cerrado vegetation areas are less rough when compared to forests.²³ Irrigated areas shows, besides the uniform appearance, bright green color and irrigation systems and irrigation pivot can be easily identified by a circle. The differences in shades of green indicate changes in floristic composition in native areas and vigor in agricultural areas. Urban areas, deforestation and areas prepared for planting or at early stage of the plants (*e.g.*, exposed soil) show colors ranging from pink to reddish tones the band that best reflects the red, and usually have more regular shapes.

Analytical data for the selected indicators were compared with the types of land use and occupation identified in the images, considering the region around each sampled point. The same context was observed in the field during the step of sampling.

Sampling and Analytical Methods

Sample collection was seasonal in order to describe water quality, throughout periods of drought and rain. The dry season covers the months from April to September and the rainy months from October to March, according to data from the available historical series of rainfall stations in the study area.

Water samples were collected in inert plastic bottles (PVC), previously washed with a 10% HNO₃ aqueous solution (v/v), and packed in a Styrofoam box. These

samples were filtered through a 0.45 μm membrane and part of the filter samples were preserved with diluted nitric acid to pH 1.5.

Water samples pH, temperature, conductivity and salinity were analyzed, during sampling, using WTW Multi 340i multiparameter probe. Total solids and turbidity parameters were determined in laboratory. Alkalinity was determined by automatic titrator (Schott Trito Easy Line) using $0.02 \text{ mol L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4$ with standardized $0.05 \text{ mol L}^{-1} \text{NaOH}$.

After filtration, chemical elements (Ca^{2+} , Fe, Mn, Ba, Cd, Mg, Zr, Cu and Cr) were determined by Atomic Emission Spectrometer with Inductively Coupled Plasma (ICP-AES) using Spectroflame FVM03 from Spectro Analytical Instruments. Na^+ and K^+ determination was performed by Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) using Analyst 200 Atomic Absorption Spectrometer from Perkin Elmer. Un acidified samples were used for anion determination (F^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} and PO_4^{2-}) by ion chromatograph (IC) with suppressed conductivity (Dionex, model ICS-Ion Chromatography System 90). All chemical analyses were performed using recommended methods from *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.²⁴

Statistical analysis and data interpretation

Identification of possible factors or sources that affect aquatic systems quality during dry and rainy periods was performed by application of multivariate statistical technique using Principal Component Analysis (PCA). In these multivariate procedures, means and principal components were applied to the values found for the elements using statistical analysis using STATISTIC Version 7.0 software.²⁵

Results and Discussion

Water Metals Distribution

The metal determination results and physicochemical variables for the two seasonal differences, between dry and wet periods, are provided in Tables 2 and 3, respectively. Brazilian maximum values parameters for water quality evaluation are established by CONAMA Resolution 357/05.²⁶ Concentrations of Al, Co, Cr, Cu, Fe and Ni exceeded the limits prescribed by CONAMA Resolution 357/05 in both periods. It was also observed that for the rainy months the samples showed higher conductivity, as well as higher concentration of Ca, K, Mg and Na. That indicates the influence of species leached from the soil as well as domestic sewage, since other mineral concentrations in the rainy season are lower.²⁷ This may be attributed to the high evaporation and intense anthropogenic activities (increase of agriculture) in summer.^{27,28} The diluting effect due to heavy rainfall resulted in the consequent reduction of the total concentration of the metals. Variations up to 80% annual precipitation in the rainy season and subsequently dilute the river pollutants, especially in the agricultural area. Thus, precipitation and seasonal anthropogenic activities played important roles in influence the concentration of heavy metals in surface water of the reservoirs.²⁹ During the study period, the analyzed metals showed no significant spatial variations, except for the P01 point (rainy season), this point showed higher concentrations for all studied variables in relation to the other points.

Table 2: Metals concentration - Dry periods.

	Unit	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8	Point 9	CONAMA 357/05
pH	-	5.1	5.2	5.3	5.4	5.8	5.3	6.5	6.8	6.8	6,0 - 9,0 (*)
Temp	°C	21.5	24.4	23.7	23.9	24.7	24.4	26.6	27.1	27	-
Electrical Cond.	µS/cm	12	4	4	0.1	4	3	12	9	7	-
Alkalinity	mg/L	3.82	0.54	1.35	1.46	2.04	1.81	1.27	1.12	2.12	-
Turbidity	uT	0.3	0.12	0	0.1	0.25	0.36	0.16	0.17	0.26	100 (*)
Sodium	mg/L	0.24	0.19	0.19	0.17	0.22	0.28	0.29	0.31	0.31	200 (**)
Potassium	mg/L	0.05	0.04	0.06	0.06	0.15	0.28	0.31	0.32	0.32	-
Chlorides	mg/L	3.25	0.33	0.22	0.21	0.45	0.15	0.48	0.23	0.84	250 (***)
Strontium	mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	-
Europium	mg/L	0.10	0.09	0.08	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	-
Titanium	mg/L	0.29	0.26	0.23	0.26	0.26	0.23	0.24	0.23	0.23	-
Calcium	mg/L	0.88	0.60	0.56	0.63	0.86	1.41	1.52	1.58	1.42	-
Vanadium	mg/L	0.43	0.39	0.35	0.38	0.39	0.36	0.37	0.35	0.35	0,1 (*)
Magnesium	mg/L	1.92	1.81	1.57	1.70	1.69	1.66	1.76	1.69	1.60	-
Iron	mg/L	0.34	0.31	0.27	0.27	0.31	1.70	1.32	2.02	0.41	0,3 (***)
Nickel	mg/L	0.53	0.48	0.35	0.42	0.40	0.31	0.38	0.50	0.31	0,025 (*)
Zirconium	mg/L	0.27	0.24	0.21	0.24	0.24	0.22	0.22	0.22	0.21	-
Copper	mg/L	0.25	0.23	0.20	0.22	0.23	0.20	0.22	0.20	0.20	0,009 (*)
Aluminum	mg/L	2.44	2.26	2.07	2.22	2.30	2.17	2.19	2.14	1.97	0,1 (*)
Chromium	mg/L	0.32	0.30	0.26	0.28	0.29	0.27	0.26	0.25	0.25	0,05 (***)
Manganese	mg/L	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0,1 (***)
Barium	mg/L	0.14	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.09	0.10	0.08	0,7 (***)
Cobalt	mg/L	0.47	0.42	0.29	0.40	0.42	0.38	0.39	0.38	0.35	0,05 (*)
Zinc	mg/L	0.17	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.09	0.08	0.05	0,18 (*)

(*) Class 2 CONAMA 357/05; (**) Limits for human consumption, CONAMA 396/08; (***) Even Maximum Allowable Value for the two resolutions CONAMA.

Table 3: Metals concentration - Rainy Periods.

	Unit	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8	Point 9	CONAMA 357/05
pH	-	6.2	5.7	5.6	5.7	5.8	6.1	5.9	5.9	6.0	6,0 - 9,0 (*)
Temp	°C	27.8	25.1	24.2	24.4	28.7	26.4	28.3	29.1	29.3	-
Electrical Cond.	µS/cm	20	6	6	7	6	7	7	8	7	-
Alkalinity	mg/L	4.10	1.54	1.71	1.46	2.07	2.81	2.27	3.22	3.12	-
Turbidity	uT	9.78	0.17	0.26	1.51	0.64	0.72	3.39	5.56	8.65	100 (*)
Sodium	mg/L	1.49	0.28	0.28	0.20	0.37	0.41	0.42	0.54	0.45	200 (**)
Potassium	mg/L	1.30	0.03	0.05	0.05	0.31	0.33	0.37	0.43	0.43	-
Chlorides	mg/L	2.55	0.53	0.52	0.31	0.55	0.55	0.48	0.45	0.94	250 (***)
Strontium	mg/L	0.01	0.004	0.004	0.002	0.004	0.005	0.004	0.004	0.006	-
Europium	mg/L	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03	0.01	0.01	0.02	-
Titanium	mg/L	0.07	0.07	0.09	0.06	0.07	0.07	0.04	0.03	0.06	-
Calcium	mg/L	2.24	1.33	1.31	1.22	1.65	1.63	1.93	1.73	1.81	-
-Vanadium	mg/L	0.11	0.12	0.12	0.08	0.10	0.12	0.07	0.04	0.09	0,1 (*)
Magnesium	mg/L	1.92	1.81	1.57	1.70	1.69	1.66	1.76	1.69	1.60	-
Iron	mg/L	0.11	0.21	0.22	0.20	0.20	0.26	0.20	0.20	0.22	0,3 (***)
Nickel	mg/L	0.59	0.49	0.46	0.47	0.51	0.51	0.47	0.52	0.42	0,025 (*)
Zirconium	mg/L	0.08	0.08	0.08	0.06	0.07	0.08	0.05	0.04	0.06	-
Copper	mg/L	0.10	0.07	0.07	0.05	0.06	0.06	0.03	0.02	0.04	0,009 (*)
Aluminum	mg/L	0.89	0.85	0.96	0.83	0.93	0.93	0.68	0.58	0.76	0,1 (*)
Chromium	mg/L	0.09	0.07	0.10	0.06	0.08	0.08	0.04	0.04	0.07	0,05 (***)
Manganese	mg/L	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0,1 (***)
Barium	mg/L	0.04	0.04	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.05	0.03	0,7 (***)
Cobalt	mg/L	0.32	0.31	0.31	0.27	0.32	0.30	0.27	0.26	0.29	0,05 (*)
Zinc	mg/L	0.11	0	0	0.01	0.02	0.04	0	0.04	0	0,18 (*)

(*) Class 2 CONAMA 357/05; (**) Limits for human consumption, CONAMA 396/08; (***) Even Maximum Allowable Value for the two resolutions CONAMA.

The overland washout during the heavy rains period is considered the main explanation of the elements distribution, once the strong discrepancy of the metal content is linked to the rains regime. The possible geogenic or pedogenic origins to the metals or its temporal incongruity cannot be considered to the study watershed. The cretaceous rocks are mainly composed by siliceous mineral phases (quartz and silica cement) which are low reactive and show low solubility in the weathering environment. The small amount of oxide and clay minerals in rock and soil are presented by kaolinite, gibbsite, hematite, goethite all stable minerals with low contents of Na, Ca, Mg, K, and other study elements.

In this sense, the seasonal distribution of the major elements and also of the minor metal content is strongly related to the surface wash by overland water of different uses land uses. The intensive agricultural use is considered one of the most important, because of the high volumes of agrochemical and chemical fertilizers necessary to the annual crops. Nitrogen-Potassium-Phosphate soluble fertilizers are intensively launched in a year regular basis, as well as the herbicides and insecticides. All these products may show metal or organic radicals in their formulae and can easily explain the occurrence of the study compounds in the surface water resources and in groundwater.

Just the Iron and Manganese can be at least in part attributed to geogenic and/pedogenic origins. These metals are quite abundant in the oxide and hydroxides present even in the soil cover (mainly at the Oxisol) and in the sandstone (that may be locally cemented by oxide minerals).

Principal Component Analysis (PCA)

The experimental work involved the metal and physical-chemical parameters analysis for two seasonal differences between dry and wet periods; all samples were

analyzed in triplicate. Thus, a total of 27 experiments were performed for the determination of Al, Ba, Ca, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Sr, Ti, V, Y, Zn and Zr in rivers samples. Moreover, physicochemical variables were evaluated: alkalinity, conductivity, pH, temperature, turbidity. PCA was adopted to assist the interpretation of elemental data. This powerful method allows identifying the different groups of metals that correlate and thus can be considered as having a similar behavior and common origin.

The data obtained in these fifty-four analyses were evaluated using PCA. The 19 (ninety-nine) elements and 5 (five) physical-chemical variables were established as columns and the river water samples as rows. The evaluation was performed on autoscaled data due to the different orders of magnitude in element concentrations.

Since the decision of how many components to extract of is based on Eigen values, screen plots and components interpretability, subsequent analyses were done with both more and fewer components than the default to determine which number of factors was optimum.³⁰

The loadings of original variables for the first and second principal component are showed in Table 4, they represent 62.25% and 17.96% of the total variance, respectively. Therefore, the first two principal components can model the data because they describe 80.21% of the total variance. Figure 2 presents the PC1 X PC2 score plot resulting from the PCA analysis.

The first component (PC1) was associated with Al, Ba, Cr, and Mn. These components may be associated to manganese concentration present in this regions³¹. The second factor (PC2) can be just in part associated to the geological formation of the watershed. The second component comprised by Na and K high loadings must be related to an anthropogenic origin.

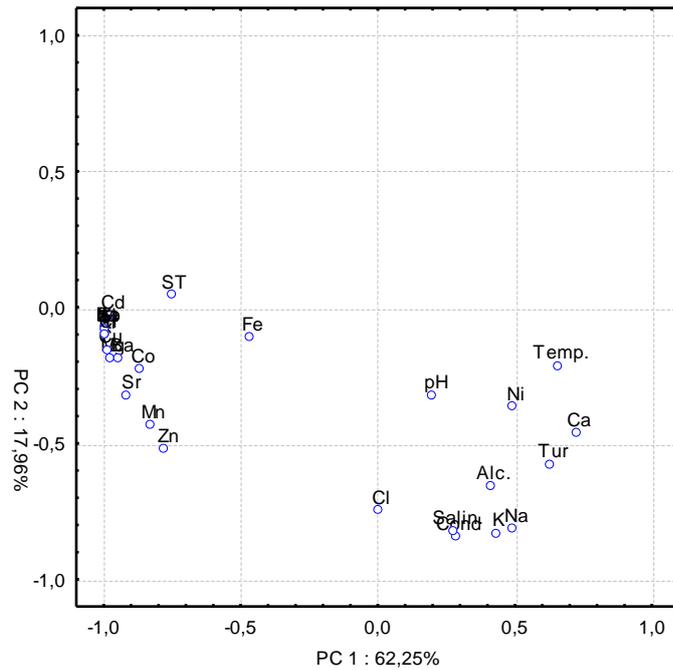


Figure 2: Loading of the variables on the first two principal components.

Table 4: Loading matrix from Principal Component Analysis

	PC 1	PC 2
pH	0.205467	-0.326176
Cond	0.287064	-0.846236
Temp.	0.659463	-0.215036
Alc.	0.413634	-0.658610
Tur	0.628601	-0.579216
Na	0.496313	-0.817191
K	0.433641	-0.831650
Cl	0.004547	-0.748826
Sr	-0.909647	-0.324671
Y	-0.991015	-0.101875
Ti	-0.993322	-0.086442
Ca	0.726214	-0.462352
V	-0.993980	-0.086066
Mg	-0.974980	-0.190222
Fe	-0.466274	-0.111315
Ni	0.495510	-0.368349
Zr	-0.992095	-0.103585
Cu	-0.983081	-0.156770
Al	-0.994307	-0.080103
Cr	-0.991336	-0.099385
Mn	-0.828051	-0.432871
Ba	-0.941828	-0.188539
Co	-0.865033	-0.231042
Zn	-0.772286	-0.521749

As it can be seen in Figure 3, two clusters of the analyzed samples are formed, one with the rainy periods samples and another with the dry periods samples. A complete separation between samples of rainy and dry periods can also be observed. PCA also shows that dry period samples are richer in heavy metals than the rainy ones which samples are richer in Na, K, Cl, alkalinity, conductivity, and salinity parameters. The separation occurs because the first PC is 21 (twenty-one) parameters with large loads containing 18 (eighteen) with large negative loadings. Samples of the dry period have higher concentrations of these mentioned parameters than samples of the rainy season.

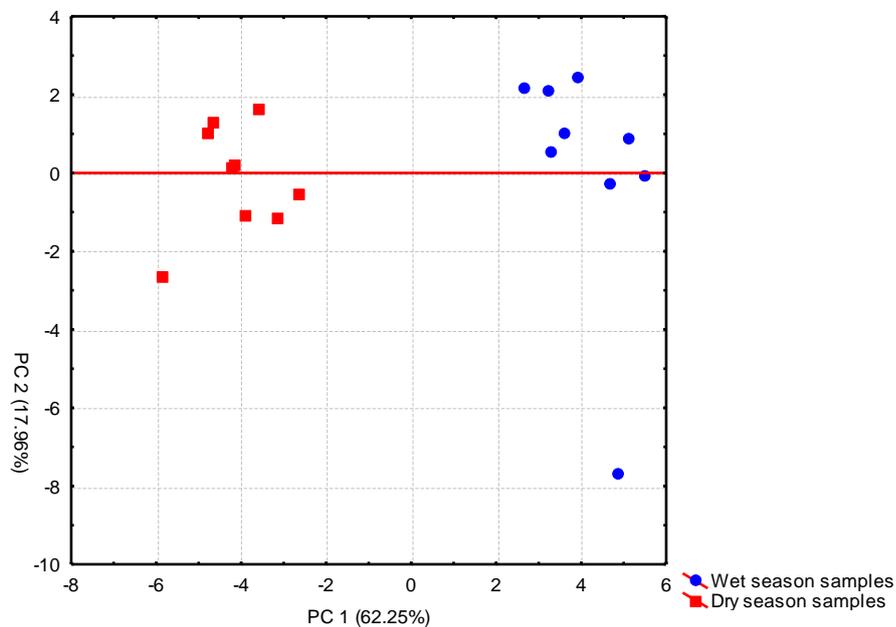


Figure 3: Scatter plot of the scores on the first two principal components

Hierarchical Cluster Analysis (HCA)

HCA was carried out by Ward's procedure, applied on the Euclidean distances and the resulting dendrogram is depicted in Figure 4.

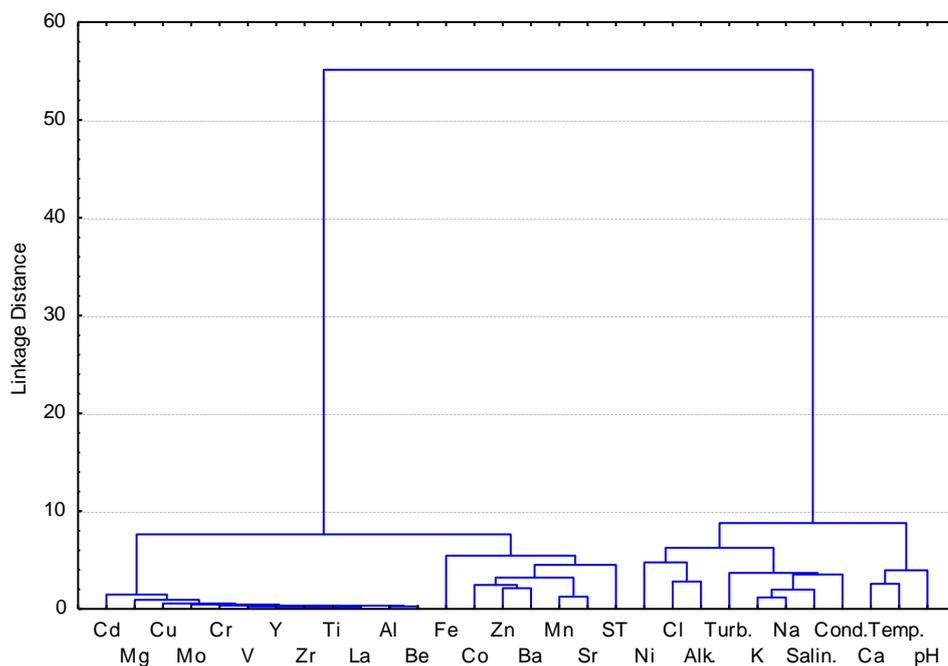


Figure 4: Variables Dendrogram. A = Dry period and B = Rainy Period.

HCA was applied to Al, Ba, Ca, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Sr, Ti, V, Y, Zn, Zr, alkalinity, conductivity, pH, temperature, turbidity physicochemical variables in an attempt to comprehend how they are associated and its seasonality relationship. This analysis produced two variables clusters namely dry (A) and rainy (B) seasons which can be seen at linkage distance 10 (Figure 4). The observed results in the dendrogram are in agreement with results achieved by Carvalho,³² increased river water flows, triggered by rains, can contribute to dilute the metals concentration in the aquatic environment.

Conclusions

The low total dissolved solids of the study water (6 to 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in the rainy season and 3 to 12 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in the dry period) are compatible with the geology and main

soil types of the watershed. Mature sandstone with silica cement functions as low reactive material and cannot be an important source of metals or other elements. The Reddish-yellow Oxisol that is outspread in the major study area, in the same way, shows low content of soluble phases and will keep the little mineralization of the surface water and the shallow groundwater.

The PCA and HCA techniques allowed the identification of two distinct groups formed by dry and rainy period samples indicating that water quality, in the watershed, is influenced by seasonality. During the study period, the studied heavy metals did not show significant spatial variations. PCA showed that the dry period samples are richer in heavy metals than the rainy period samples and that the rainy season samples are richer in sodium, potassium, chloride, alkalinity, and conductivity parameters. This behavior is compatible to the overland washing by rainwater that put in solution part of the metals and other substances applied in the different land uses in the study watershed.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge fellowships and financial support from the Brazilian agencies FAPESB (PRONEX AGUA and PPP 049/2011), CNPq and CAPES. Finally, we would like to thank the opportunity to present scientific contribution to the 17th ENQA (National Meeting on Analytic Chemistry).

References

1. McMahon, G.; Harned D. A.; Environ. Manage., 1998, 22, 887.
2. Libos, M.; Rotunno Filho, O. C.; Zeilhofer, P.; Rev. Bras. Recursos Hídricos, 2003, 8, 115.
3. Xie, X.; Norra, S.; Berner, Z.; Uben, D. A. St.; Water, Air, and Soil Pollut., 2005, 167, 39.

4. Pan, Y.; Herlihy, A.; Kaufmann, P.; Wigington, J.; Van Sickle, J.; *Hydrobiologia*, 2004, 515, 59.
5. Wantzen, K. M.; Siqueira, A.; Cunha, C. N.; Sá, M. F. P.; *Ecosyst.*, 2006, 16 713.
6. Azrina, M. Z.; Yap, C. K.; Ismail, A. R.; TAN, S. G.; *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 2006, 64, 337.
7. Marques, M. N.; Cotrim, M. B.; Pires, M. A. F.; Beltrame Filho, O.; *Quim. Nova*, 2007, 30, 1171.
8. Vega, M.; Pardo, R.; Barrado, E.; Deban, L.; *Water Res.* 1998, 32, 3581.
9. Malik, R. N.; Nadeem. M.; *Environ. Geochem. Health*, 2011, 33, 525.
10. De Andrade, E. M.; Araújo, L. De F. P.; Rosa, M. F.; Disney, W.; Alves, A. B.; *Eng. Agríc. Jaboticabal*, 2007, 27, 683.
11. Santos, I. N.; Horbe, A. M. C.; Silva, M. S. R.; Miranda, S. A. F.; *Acta Amazonia*, **2006**, 36, 229.
12. Silva Jr., R. O.; Dall'Agnol, R.; Oliveira, E. P.; *Geoch. Brasiliensis*, **1999**, 13(2), 163.
13. Dillon, W. R.; Goldstein, M.; *Multivariate analysis. Methods and applications*. New York, USA, 1984.
14. Moura, L. H. A.; Boaventura, G. R.; Pinelli, M. P.; *Quim. Nova*, **2010**, 33, 97.
15. <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>>. accessed in May 2012.
16. Soares Neto, J. P.; Souza, N. M.; *Magistra*, **2007**, 19, 104.
17. Amorim Junior, V.; Lima, O. A. L.; *R. Bras. de Geogr.* **2007**, 25, 117.
18. Morais, W. C. J. & Muraro, C. C. In: *Âmbito Jurídico, Rio Grande*, XVI, n. 117, october, **2013**. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=13723>, accessed in June 2014.
19. CPRM. **2008**. Carta geológica do Brasil ao milionésimo. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br>> Acesso em 10 de junho de 2013.
20. Campos, J.E.G. & Dardenne, M.A. *Rev. Bras. de Geociências*. **1997**, 27(3): 269-283.
21. Campos, J.E.G. & Dardenne, M.A. *Geociências*. **1999**,18(2): 481-499.
22. Castro, K. B.; Martins, E. S.; Gomes, M. P.; Reatto, A.; Lopes, C. A.; Passo, D. P.; Lima, L. A. S.; Cardoso, W. S.; Carvalho Junior, O. A.; Gomes, R. A. T.; *Bol. de Pesquisa e Desenvolvimento/ Embrapa Cerrado*. **2010**. 288. 32p.

23. Miranda, H. Sato, M. N. *In Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado*; Miranda, H.; Sato, M., Scario, A.; Souza-Silva, J.C.; Felfili, J.M. eds.;) Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2005.
24. Clesceri, L. S.; Greenberg, A. E.; Eaton, A. D.; *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. 20th ed.; APHA, AWWA, WEF, Washington, 1998.
25. Stafsoft, Inc., STATISTICA for Windows (Computer Program Manual), Tulsa, 2005.
26. <http://www.in.gov.br/visualiza/index.jsp?data=18/03/2005&jornal=1&pagina=58&totalArquivos=192>, accessed in April 2012.
27. Soma, G.; Abhay Kumar, S.; *J. Hazard. Mater.*, Doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.09.067.
28. Olias, M.; Nieto, J. M.; Sarmiento, A. M.; Ceron, J. C.; Canovas, C. R.; *Sci. Total Environ.* **2004**, 333, 267.
29. Li, S.; Zhang, Q.; *J. Hazard. Mater.* **2010**, 181, 1051.
30. Hair Jr. J. F.; Anderson, R. E.; Tatham, R. L.; Black, W. C.; *Multivariate Data Analysis*, 5th ed.;. New Jersey, USA, 1998.
31. <http://www.ufrgs.br/sbmqanaisq04qapresenta4junho.pdf>, accessed in April 2014.
32. Carvalho, C. E. V.; *Environ. Geol.* **1999**, 37, 297.



CAPÍTULO 6 - ESTUDO GEOQUÍMICO DO SEDIMENTO DE FUNDO AO LONGO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DE ONDAS (BHRO) - REGIÃO OESTE DA BAHIA



ESTUDO GEOQUÍMICO DO SEDIMENTO DE FUNDO AO LONGO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DE ONDAS (BHRO) - REGIÃO OESTE DA BAHIA

Enoc Lima do Rêgo¹
Geraldo Resende Boaventura¹
Edi Mendes Guimarães¹
Oldair Donizeti Leite²

¹Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas- Universidade de Brasília. E-mail: el.enoc.lima@gmail.com; rxedi@unb.br; grbunb@unb.br;

²Universidade Federal do Oeste da Bahia. E-mail: oldair@ufba.br

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo identificar a composição química e mineralógica para amostras de sedimento de fundo da BHRO, com determinação de valores de referência geoquímica e formulação de índices de geo-acumulação (Igeo). A BHRO está localizada na área territorial dos municípios de Luís Eduardo Magalhães e Barreiras, oeste da Bahia, com geologia correspondente a rochas Grupo Urucuia, que estão sobrepostas a rochas do Grupo Bambuí. A identificação dos minerais foi realizada por meio do difratômetro de Raios-X e a determinação dos elementos químicos com a Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP/OES) e a Espectroscopia de Absorção Atômica (EAA). O *background* e Igeo foram calculados para obtenção de informação de referência ambiental. Os resultados mostraram que a composição dos sedimentos são compostos basicamente de quartzo e caulinita. Em alguns pontos foram encontrados picos relacionados à anatase, goethita, ilita e esmectita. Com relação à determinação dos elementos químicos a concentração de SiO₂ é mais abundante, obtendo variação de 65,14% a 85,98%, pois a geologia desta região corresponde em sua maior parte de arenitos quartzosos. Com resultado obtidos na determinação dos elementos químicos foram determinados os valores de referência (*background*) e calculado o Igeo. Para a maioria dos metais e óxido determinados obtiveram pouca ou nenhuma poluição, com exceção do Ba e MgO (P08) e Zn (P09) que obtiveram poluição moderada. A constituição mineralógica desta área mostra que com composição



predominante de quartzo, em função da formação geológica da área e os valores de referência (*background*) servirá de base bibliográfica para o monitoramento e estudos na região.

Palavras-chave: Argilominerais, Sedimentos de Fundo e *background*.

ABSTRACT

The purpose of this study is to identify the chemical and mineralogical composition in samples of bottom sediment from the BHRO, with determination of geochemical reference values and formulation of geo-accumulation indices (Igeo). The BHRO is located in the territorial area of the cities of Luis Eduardo Magalhaes and Barreiras, in western Bahia, its geology corresponding to rocks Urucuia, which are superposed by rocks of the group Bambui. Minerals were identified by X-Ray diffractometer and chemical elements were determined by Optical emission spectrometry with inductively coupled plasma (ICP/OES) and atomic absorption spectroscopy (EAA). The background and Igeo were calculated in order to collect information of environmental reference. Results demonstrated that sediments were compounds basically made of quartz and kaolinite. At some point peaks related anatase, goethite, illite and smectite were found. Regarding determination of chemical elements, the concentration of SiO₂ is more abundant, obtaining variation of 65,14% a 85,98%, for the geology of this region is made up mostly of quartz sandstone. With the results obtained in the determination of the chemical elements, the reference values (*background*) were determined and the Igeo was calculated. Most of the metals and oxides obtained little or no pollution with the exception of Ba, MgO (P08) and Zn (P09) that obtained moderate pollution. The mineralogical constitution of this area shows that the predominant composition of quartz due to the geological formation of the area and the reference values (*background*) will serve as bibliographic database for the monitoring and the studies in this region.

Keywords: Clay minerals; Bottom sediment, *background*.



INTRODUÇÃO

A identificação dos argilominerais presentes em amostras de solo e/ou sedimento permitem identificar informações sobre o transporte, deposição de matéria e possibilidade de trocas de elementos com a coluna de água, além de ser uma ferramenta muito importante para diagnósticos geológicos e ambientais (SALLUN, 2010; LEMES, et. al., 2003). Os processos de intemperismo e erosão são fatores que atuam na intemperização de rochas e outros produtos que fornecem características sobre a mineralogia do sistema fluvial (MAIA, et. al., 2005). A erosão pode ocorrer de forma direta ou indireta, sob diversos fatores que envolvem as características geológicas, geomorfológicas, solos, clima, vegetação e também as ações antrópicas que ocorrem na região, que modifica as condições naturais de cada um desses fatores (SOARES NETO, 2005).

Para a caracterização dos diferentes minerais e identificação dos elementos químicos presentes no sedimento são utilizados as técnicas de Difração de Raios-X, ICP OES (Espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado) e a AAS (espectroscopia de absorção atômica). Os raios-x são radiações eletromagnéticas que, como tais, podem ser polarizadas, difratadas, refratadas e refletidas (GOMES, 1984). Esta técnica permite a caracterização microestrutural de materiais cristalinos sendo bastante aplicado em diversas áreas do conhecimento (KAHN, 2012). A análise por emissão atômica (ICP/OES e FAAS) são técnicas que permitem análises elementares ou multielementares de diversos tipos de amostras, amplamente utilizadas em atividades de rotina em laboratórios de química analítica (GINÉ-ROSIAS, 1998; HARPER & OLIVEIRA, 2006).

A composição geoquímica do cerrado é variada, e para ser realizado uma avaliação geoquímica dos recursos naturais deste ecossistema, é necessário que seja realizada uma comparação de resultados disponíveis na literatura (valores de referência ou *background*).

É a partir do *background* geoquímico ou natural, que obtêm a medida relativa para distinção entre as concentrações naturais de um elemento ou composto (geogênica e/ou biogênica) e as concentrações influenciadas por ações antrópicas (RODRIGUES & NALINI JÚNIOR, 2009).

Por meio do *background* é possível, também, calcular o índice de geo-acumulação (Igeo). O Igeo estabelece a relação entre os teores de metais encontrados na região em análise e um valor referencial à média mundial para metais associados a argilas. O tratamento estatístico utilizado por Moreira & Boaventura (2003) mostrou-se ser bastante eficiente,



possibilitando uma melhor caracterização sobre a qualidade dos sedimentos associados as alterações do ambiente aquático.

O objetivo deste trabalho foi determinar a composição química do sedimento de fundo da BHRO, com a obtenção de informações sobre as características mineralógicas desta região e definição de valores de referência ambiental para a região.

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A BHRO está localizada na área territorial das cidades de Luís Eduardo Magalhães (LEM) e Barreiras, no Oeste da Bahia, com área de 5.157 km², e inserida no contexto regional da Bacia do Rio São Francisco.

Os principais afluentes da BHRO são: rio das Pedras, rio Borá e o rio Vereda das Lages (SOARES NETO & SOUZA, 2007). A Figura 01 pode ser observada a localização da área de estudo.

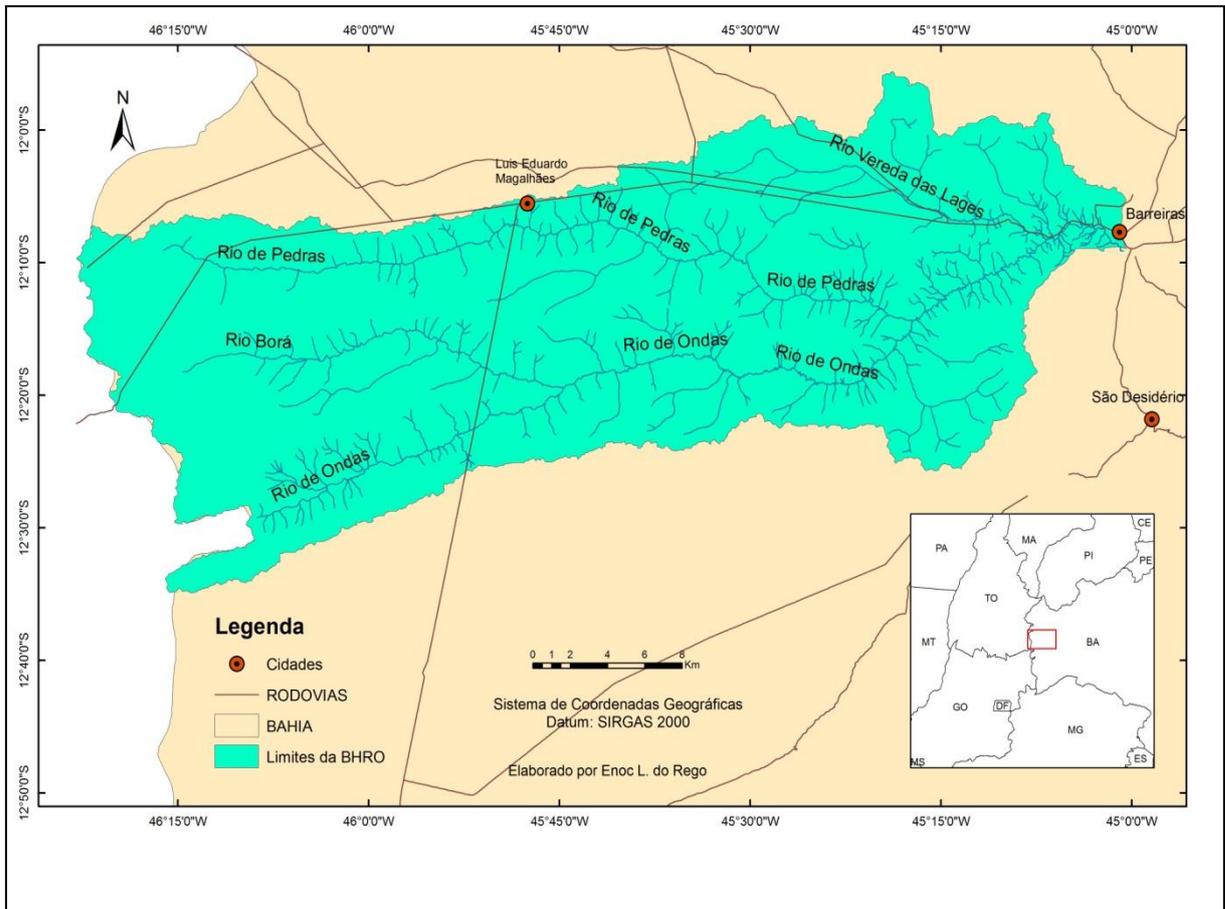


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo (Fonte: IBGE).

Geologia e Geomorfologia

Em estudos realizados por Amorim Júnior e Lima (2007), a geologia desta região corresponde ao Grupo Urucua, onde em sua maior parte composição predomina arenitos quartzosos de cores variadas, prevalecendo castanho-avermelhados, róseos e amarelos esbranquiçados. Segundo a CPRM (2008) as rochas do Grupo Urucua desta região estão sobrepostas às rochas do grupo bambuí, que funcionam como embasamento dos arenitos. As calhas dos maiores cursos d'água são preenchidas por depósitos aluvionares, onde o sedimentos são compostos por areia e cascalho (CASTRO, et. al., 2010).

As rochas do Grupo Urucua abrangem maior parte da área com 97,76%, compreendendo toda parte da chapada, e o Bambuí possui 1,58% da área e as coberturas detríticas ocupando uma pequena área de 0,19%. As rochas carbonáticas do Grupo Bambuí



ocupam pequenas áreas na porção mais oriental da bacia e os poucos afloramentos mostram a predominância de rochas argilosas sobre o calcário ou outros carbonatos (CAMPOS & DARDENNE, 1997). O Grupo Urucuia é representado por arenito maduro eólico, fluvial e conglomerado. O arenito e o conglomerado menor mostra apenas cimento silicoso e, na maioria dos casos baixos teores de argila matriz ou matriz pseudo. Apenas localmente pode ser observado ferro ou minerais de óxido de manganês, bem desenvolvido (cimentos). Estes tipos de cimento ocorrem em leitos de arenito, mostrando uma fase diagenética recente (CAMPOS & DARDENNE, 1999).

O solo superficial é desenvolvido pela decomposição do arenito resultando predominantemente em capas de areia de diferentes colorações (CPRM, 2008). Poços profundos para a produção de água subterrânea (até 300 metros) mostram a presença de arenito, argilito e conglomerados finos associados ao Grupo Areado. As rochas do Grupo Areado mostra comumente cimento carbonato como uma fase mineral diagenético.

De acordo com CPRM (2008) os maiores canais de cursos de água são preenchidos por depósitos aluviais e sedimentos compostos por areia e seixos (CAMPOS & DARDENNE, 1997).

O levantamento demográfico padrão de drenagem da BHRO levantado por Damasceno (2011), verificou-se que a hierarquia dos canais variam de primeira a quarta ordem, com 459 (quatrocentos e cinquenta e nove) canais, sendo que 372 são de primeira ordem.

O solo da BHRO é bem homogêneo, com 88,41% da área ocupada por Latossolo Vermelho-Amarelo e Neossolo Quartzarenico órtico, mostrando ser favorável para a ocupação agrícola (SOARES NETO & SOUZA, 2007).

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e Identificação dos Pontos

Foram coletados aproximadamente 1,5Kg de amostras de sedimento de fundo com auxílio de uma draga de Eckman e uma pá comum, sendo acondicionadas em sacos plásticos



de polietileno, lacrados e acondicionados. Posteriormente, colocadas para secar a temperatura ambiente. Após a secagem, as amostras foram desagregadas e peneiradas em sua fração menor que 2mm para a retirada de plantas, pedregulhos e objetos maiores. Em seguida, o material foi dividido em duas sub-amostras. Uma reservada para a avaliação mineralógica e a outra, passada em peneira de fração menor que $63\mu\text{m}$ para ser utilizada na determinação dos elementos químicos, matéria orgânica e sólidos voláteis.

Foram coletados 09 (nove) amostras, em pontos distintos, distribuídos ao longo da BHRO, identificados no mapa ilustrado na Figura 02 e na Tabela 1. A posição geográfica dos pontos de coleta foi feita com o auxílio do GPS *etrex legend*, da GARMIN.

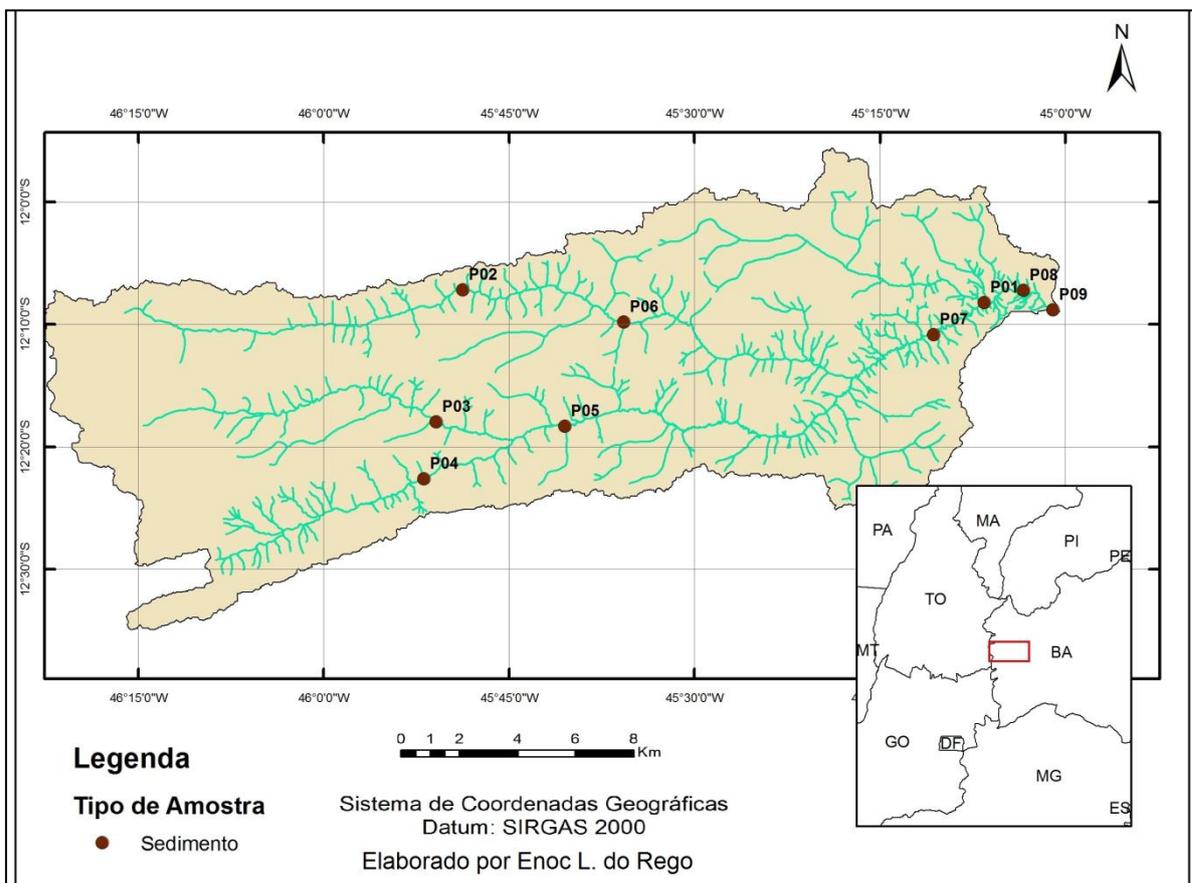


Figura 2: Mapa de localização dos pontos amostrais (Fonte: IBGE).



Tabela 1: Coordenadas geográficas de localização dos pontos de coleta

Pontos	Coordenadas	
P01 – Rio Vereda das Lages	12° 8'14.14"S	45°06'32.57"O
P02 – Rio das Pedras BR 020 (próximo a montante)	12° 7'10.98"S	45°48'45.61"O
P03 – Rio Bora BR 020 (próximo a montante)	12°17'58.99"S	45°50'54.63"O
P04 – Rio de Ondas BR 020 (próximo a montante)	12°22'36.30"S	45°51'55.12"O
P05 – Ponte sobre o Rio de Ondas (médio curso do rio)	12°18'20.32"S	45°40'30.79"O
P06 – Ponte sobre o Rio das Pedras (médio curso do rio)	12° 9'49.61"S	45°35'44.56"O
P07 – Ponte do Rio de Ondas (Vale da Boa Esperança)	12°10'51.60"S	45°10'37.92"O
P08 – Ponte da Cotia sobre o Rio de Ondas (próximo à foz)	12° 7'13.29"S	45° 3'23.00"O
P09 – Ponte da Prainha sobre o Rio de Ondas (próximo à foz)	12° 8'49.45"S	45° 0'58.55"O

Análise Mineralógica

Para a identificação dos argilominerais presente nas amostras de sedimento de fundo foi utilizado o difratômetro da Rigaku (modelo Ultima IV), operando com tubo de cobre com 35 kV e 15mA, com velocidade de varredura 5°/minuto, intervalo de medida de 0.05° e intervalo de varredura de 3 a 80°total e argila 3 a 40°, seguindo as técnicas de rotina do laboratório, empregada para a identificação dos argilominerais. As análises consistiram em quatro varreduras: uma da amostra total (AT) e três da fração argila: orientada e seca ao ar (FF), solvatada em etileno glicol (FG) e aquecida (FA). Os resultados foram obtidos por meio dos difratogramas e os minerais presentes identificados com o auxílio do software JADE 9.0, da *Materials Datas, Inc.* – MDI com pesquisa de possíveis minerais no banco de dados mineralógicos – PDF2 do “*International Centre for Diffraction Data*” (ICCD).

Elementos Químicos

Para a determinação dos elementos químico (Si, Al, Fe, Ca, Mg, Ti, Na e K) empregou-se a metodologia de Boaventura (1991), por meio da fusão com metaborato de lítio. Em seguida as amostras foram submetidas ao Espectrômetro de Emissão Atômica com Plasma indutivamente acoplado (ICP/AES) modelo Spectroflame *FVM03* da marca Spectro



Analytical Instruments. A determinação de Na^+ e K^+ foi realizada com Espectrofotômetro de Absorção Atômica (EAA) da marca Perkin Elmer, modelo Analyst 200.

Perda ao Fogo (PF) por Calcinação

A determinação PF consistiu na calcinação de 1g de amostra a 1000°C em cadinhos de porcelana no período de uma hora em mufla. Em seguida, as amostras foram novamente pesadas calculando o percentual de matéria orgânica e sólidos voláteis a partir da diferença entre o peso inicial e final das amostras (Moreira & Boaventura, 2003).

Índice de geo-acumulação

Por meio do índice de acumulação é possível determinar os níveis de poluição nos sedimentos (MALM, 1986), através de valores de background, com a seguinte fórmula (Muller, 1979 apud NTEKIN et al., 1993):

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{1,5 \times C_b}$$

Onde:

C_n = concentração do elemento a ser classificado;

C_b = concentração média de "background" (folhelho médio padrão);

1,5 = fator de correção para possíveis variações do "background" causadas por diferenças litológicas.



Os valores de background estabelecidos neste estudo foram comparados com valores estipulados na bacia do Lago Paranoá (DF), Estados Unidos, BG –BHP (bacia hidrográfica do rio das Pacas e com a média mundial de folhelhos (rocha argilosa), devido a área em estudo não possuir valores de referência com formação geológica semelhante. Por meio dos valores de background foi calculado o índice de geoacumulação para cada ponto amostral dado que as amostras de sedimento foram coletadas em áreas sob influência antrópica, dificultando o estabelecimento de uma área controle (MOREIRA & BOAVENTURA, 2003). Na Tabela 3 estabelece a classificação de acordo com os índices obtidos.

Tabela 2: Classes do índice de geo-acumulação.

Classificação	Classe	Igeo
Extremamente poluído	6	Igeo > 5
Fortemente poluído a muito fortemente poluído	5	4 < Igeo < 5
Fortemente poluído	4	3 < Igeo < 4
Moderadamente poluído a fortemente poluído	3	2 < Igeo < 3
Moderadamente poluído	2	1 < Igeo < 2
Não poluído a moderadamente poluído	1	0 < Igeo < 1
Praticamente não poluído	0	Igeo < 0

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Difração de Raios -X

Os difratogramas dos pontos 02 e 09 estão expostos nas Figuras 02 e 03, respectivamente. As análises das amostras AT, apresentaram como constituinte principal o quartzo, associado à geologia da área de estudo, em que os depósitos aluvionares têm sedimentos compostos por areia e cascalho, com forte resistência ao intemperismo. Nas análises da FA, formada praticamente de argilominerais, os picos do quartzo reduziram, sendo possível a observação de outros minerais, como a caolinita presente em todos os difratogramas com reflexões basais d001: 7,1Å e d002: 3,57Å, para amostra orientada e glicolada, sendo que nesta fração foi o mineral principal, com desaparecimento ou redução

das reflexões (picos) após a queima. Este mineral apresenta baixa capacidade de troca catiônica, quando comparado com outros argilominerais, podendo afetar a qualidade da água da bacia (Lemes, et al., 2003).

A goethita, presente na maioria das amostras, ocorreu na FA e FG, identificada pela reflexão em $d \sim 4\text{Å}$, não expansivo sob tratamento com etileno-glicol e desaparecimento sob aquecimento a 490°C , que indica existência de Fe_2O_3 .

A illita encontrada nos P06 e P07 (Anexo) está associada às pequenas mudanças da geologia da área de estudo, principalmente, pela presença do bambuí, que também justifica a presença da montmorilonita nos pontos P08 e P09, em concordância com a muscovita, apresentando uma expansão com tratamento com etileno glicol, resultando no deslocamento da reflexão (pico) de 1ª ordem (d_{001} : $14,7\text{Å}$ para: $16,7\text{Å}$). A presença desta esmectita faz com que os cátions trocáveis se hidratam e torna-se susceptível a troca cationica. Este mineral pode está relacionada alteração do grupo bambuí, devido as ações intempéricas da área.

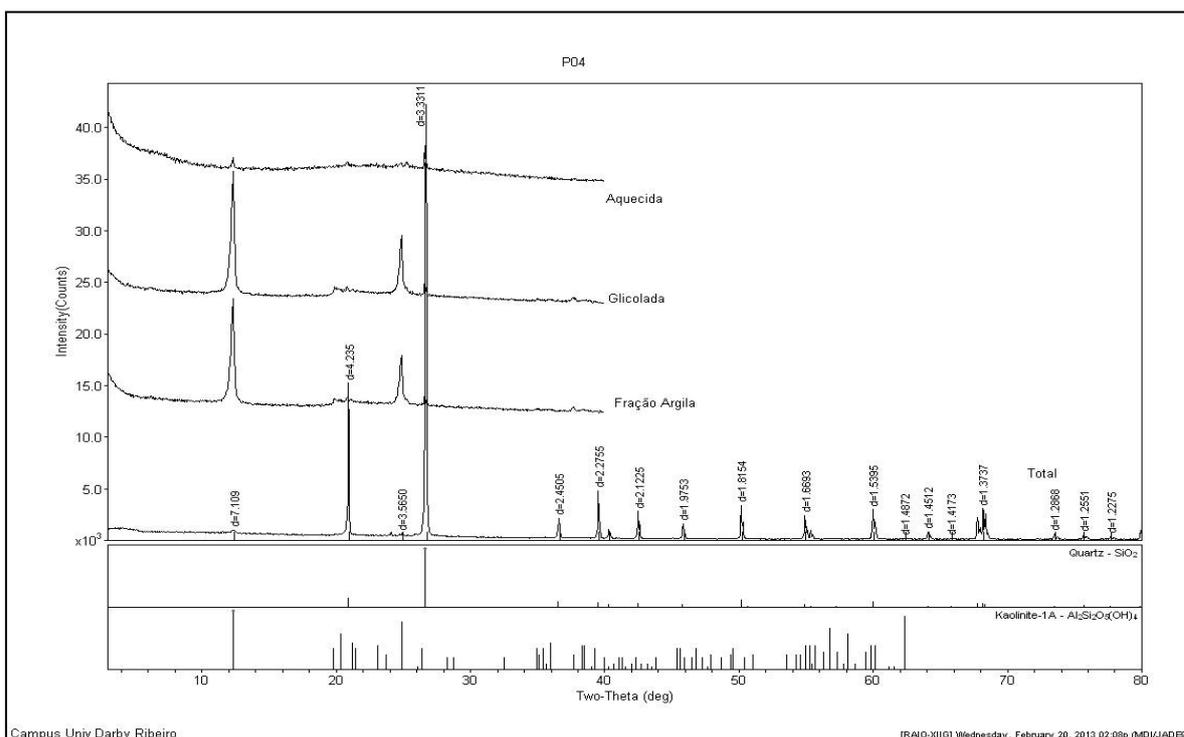


Figura 3: Difratoograma de raios X do Ponto 02 da fração argila de amostras coletadas em sedimento de fundo, no intervalo entre 2 a 30° (escala 2 θ): sob amostras total (AT), fração argilosa (FA), amostra aquecimento (AA) e solvatação com etilenoglicol (EG).

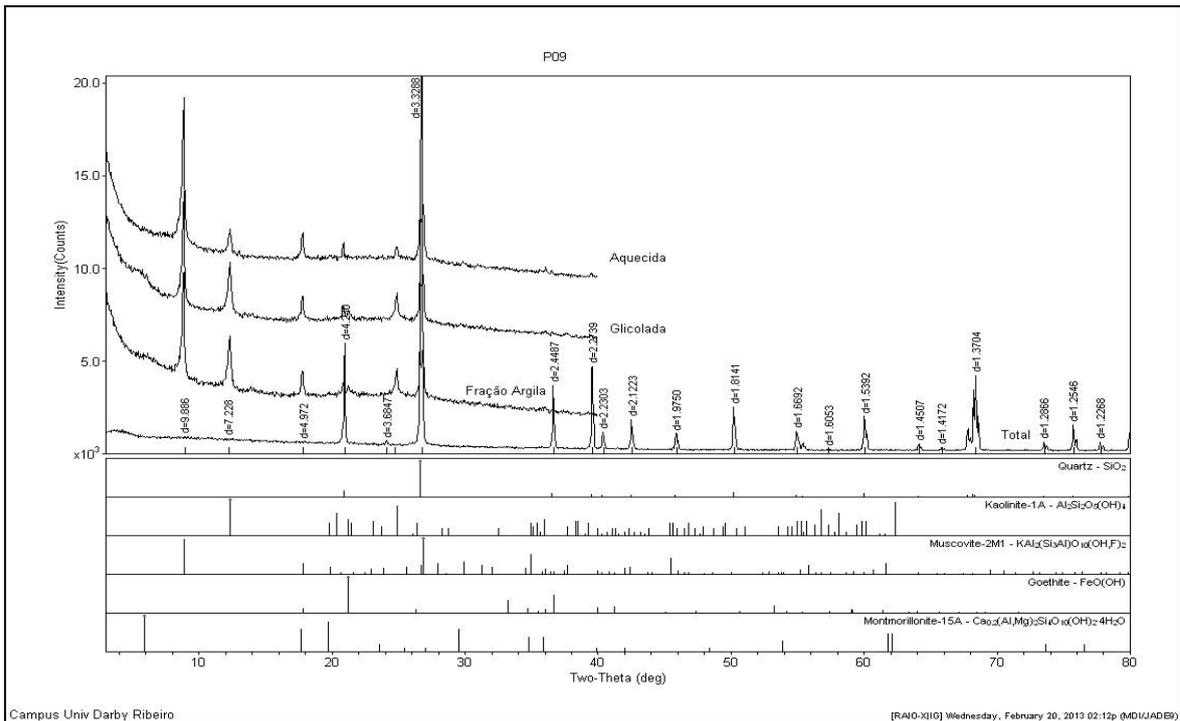


Figura 4: Difratoograma de raios X do Ponto 09 da fração argila de amostras coletadas em sedimento de fundo, no intervalo entre 2 a 30° (escala 2θ): sob amostras total (AT), fração argilosa (FA), amostra aquecimento (AA) e solvatação com etilenoglicol (EG).

Análise Química

Na Tabela 3 estão os resultados da composição química do sedimento de fundo da BHRO. Os teores de SiO_2 variaram entre 65,14% (P02) a 85,98% (P07), sendo que a sua concentração aumentou em direção ao curso do rio (nascente) e diminuiu de Al_2O_3 e materiais voláteis (P04, P05, P08 e P09). Esta variação pode ser explicada pela redução da mata ciliar, pela presença de áreas agrícolas em direção a montante, que reduz a presença de matéria orgânica nos rios, e maior composição de arenitos quartzosos nesta direção. As concentrações dos metais, em geral, decrescem em direção ao topo, porque estas frações são predominantemente formadas por compostos de quartzo com baixos teores de metais (JESUS et al., 2004).

O teor de TiO_2 foi encontrado em baixa concentração na forma de anatásio, mas pode estar sendo diluído pelo acúmulo de Materiais voláteis (P03, P05 e P06). Os valores de K_2O



(0,05 a 0,11%) podem está associados à muscovita, sendo evidentes nos difratogramas do P08 e P09.

Os valores médios indicam que os sedimentos de fundo da BHRO são ricos em SiO₂, porem, pobres em Al₂O₃, Fe₂O, CaO, MgO, TiO₂, Na₂O, K₂O e PF (representada por materiais voláteis). Essa composição química reflete o domínio de quartzo nos sedimentos que foram depositados na bacia, nos quais, possuem baixa CTC (capacidade de troca catiônica) (COSTA, et al., 2007).

Tabela 3: Resultados dos elementos maiores e sólidos voláteis nos sedimentos de fundo da BHRO.

Amostras	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO%	MgO%	TiO ₂ %	Na ₂ O%	K ₂ O%	PF%	Total%
P01	83,09	3,27	0,69	0,20	<LD	1,07	0,23	0,09	9,2	97,85
P02	65,14	13,43	11,84	0,24	<LD	1,38	0,13	0,05	4,78	96,99
P03	70,82	17,93	1,16	0,21	<LD	1,69	0,13	0,05	8,81	100,80
P04	82,21	7,31	3,19	0,19	<LD	1,26	0,13	0,05	5,38	99,72
P05	79,49	10,44	2,05	0,14	<LD	1,72	0,13	0,05	7,91	101,94
P06	74,66	11,01	2,87	0,39	<LD	1,33	0,16	0,06	9,86	100,34
P07	85,98	3,67	2,52	0,20	<LD	1,53	0,12	0,05	8,00	102,08
P08	66,95	12,78	7,29	0,87	1,28	1,16	0,3	0,11	8,49	99,22
P09	74,73	9,39	6,71	0,33	0,60	1,01	0,22	0,08	6,31	99,37

Índice de Geo-acumulação - I_{Geo}

Em função das características da área estudada, por meio, das imagens de satélite e em campo não foi possível estabelecer uma área de controle para a determinação do *background* e realização dos cálculos índice de geo-acumulação. Neste estudo, foi utilizado a média obtida em cada parâmetro para todos os pontos coletados, a fim de obter uma caracterização regional como referencia geoquímica. Para os pontos onde a concentração dos metais foram menores que o limite de quantificação foi utilizado a metade do valor de Lq, para que informações não fossem perdidas (CHEN, et al., 2007; MULHOLLAND, 2009).

Para validar os valores de background estabelecidos para este estudo, foi realizado uma comparação com valores definidos da média mundial de folhelhos (rocha argilosa),



Estados Unidos, Bacia Hidrográfica do Rio das Pacas (BH-BHP) e bacia do Lago Paranoá (Tabela 4).

Tabela 4: Valores de background de metais em sedimentos utilizados em demais estudos e de referência de qualidades de sedimentos.

	Média Mundial ⁽¹⁾	EUA ⁽²⁾	Lago Paranoá ⁽³⁾	BH-BHP ⁽⁴⁾	BHRO
SiO ₂ (%)	69,1	-	-	66,63	75,9
Al ₂ O ₃ (%)	13,5	5,5	-	55,85	9,91
Fe ₂ O ₃ (%)	5,9	2,8	-	7,86	4,26
CaO (%)	2,6	-	0,2	1,07	0,31
TiO ₂ (%)	0,72	-	1,2	2,73	1,35
Na ₂ O (%)	3	-	0,09	0,42	0,17
K ₂ O (%)	2	-	6,41	-	0,73
MgO (%)	2,3	-	-	0,44	0,94
Cu (mg/L)	24	20	40	18	12,94
Zn (mg/L)	76	88	48,7	25	55,3
Zr (mg/L)	302	-	-	286	230,22
Ba (mg/L)	426	-	227	11	168,21
V (mg/L)	98	-	113	210	95,71
Y (mg/L)	26	-	23,18	-	9,61

(1) WEDEPOHL (1995); (2) GROSBOIS et al. (2001); (3) MOREIRA & BOAVENTURA (2003).; (4) MARTFELD (2012).

A Tabela 5 mostra os pontos amostrados de acordo com o índice de geo-acumulação que foi obtido. Avaliando a tabela em questão observa-se, com destaque, os pontos P08 e P09 por possuir comportamento diferenciado em relação aos outros pontos coletados com classes 0, 1 e 2, seguido dos P01, P02 e P07 com classes 0 e 1. O P08 e P09 estão localizados próximos a foz da bacia (Figura 2), que possui área com presença de chácaras, pousadas e bares. O P08 apresentou classe 1 (com contaminação ausente a moderada) de Igeo para Fe₂O₃, CaO, Na₂O, K₂O, Cu, Zn e Y e classe 2 (moderada) para Ba e MgO. O P09 obteve classe 1 de Igeo para Fe₂O₃, K₂O, Cu, Ba e MgO e classe 2 para Zn.

Os CaO e MgO possuem forte correlação positiva entre si, indicando provavelmente uma mesma fonte, que deve a rochas com carbonato. O Mg também, na agricultura, é um importante macronutriente secundário, que possui forma disponível Mg²⁺ adsorvida aos colóides do solo. Pela troca de cátions, o íon Mg²⁺ passa para a solução do solo.

O K é retido pelos colóides do solo pela capacidade de troca catiônica (CTC). Como K em solos argilosos permanece, a lixiviação ocorre com maior intensidade devido à presença



de solos arenosos, os quais também possuem baixa CTC, com a deposição do sedimento no fundo do rio.

O Ba pode ser encontrado em quantidades-traços de rochas sedimentares. O Zn encontra-se naturalmente no ar, água e solo, podendo ser mobilizado e transportado no ambiente, como resultados de processos erosivos e incêndios florestais, mas também pode estar relacionado ao uso de fertilizantes e agrotóxicos contendo zinco.

Tabela 5: Classificação das amostras de acordo com índice de geo-acumulação.

Amostra	Índice de Geo-acumulação						
	0	1	2	3	4	5	6
P01	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, TiO ₂ , Na ₂ O, Zr, V, MgO, Y	K ₂ O, Cu, Ba, Zn					
P02	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , CaO, TiO ₂ , Na ₂ O, K ₂ O, Zr, Cu, Ba, MgO, Zn, Y	Fe ₂ O ₃ , V					
P03	SiO ₂ , Fe ₂ O ₃ , CaO, TiO ₂ , Na ₂ O, K ₂ O, Zr, V, Cu, Ba, MgO, Zn, Y	Al ₂ O ₃					
P04	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, TiO ₂ , Na ₂ O, K ₂ O, Zr, V, Cu, Ba, MgO, Zn, Y						
P05	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, TiO ₂ , Na ₂ O, K ₂ O, Zr, V, Cu, Ba, MgO, Zn, Y						
P06	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, TiO ₂ , Na ₂ O, K ₂ O, Zr, V, Cu, Ba, MgO, Zn, Y						
P07	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , CaO, TiO ₂ , Na ₂ O, K ₂ O, V, Cu, Ba, MgO, Zn	Zr, Y					
P08	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , TiO ₂ , Zr, V, Cu	Fe ₂ O ₃ , CaO, Na ₂ O, K ₂ O, Cu, Zn, Y	Ba, MgO				
P09	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , CaO, TiO ₂ , Na ₂ O, Zr, V, Cu, Y	Fe ₂ O ₃ , K ₂ O, Cu, Ba, MgO	Zn				

O Al₂O₃ no ponto 03 é justificado pelas características mineralógicas da região como composição secundária caulinita confirmada no difratograma (Anexo).

Os pontos 04, 05 e 06 foram classificados como não poluídos para todos os metais e óxidos determinados. Este resultado pode ser justificado pela presença de mata ciliar e pouca influência antrópica.

CONCLUSÃO

Cada área da BHRO apresentou proporções bem semelhantes de constituintes minerais. Os resultados obtidos por difração de raios X evidenciaram que em todos os pontos as amostras são compostas basicamente de quartzo, refletidos da natureza quartzosa da área



de estudo, concluindo em conjunto com as análises química que a capacidade de troca dos minerais desta área é baixa, com pequena retenção de metais pelo sedimento, que pode afetar a qualidade da água do rio.

O *background* determinado contribui para calcular o índice de geo-acumulação e identificar alterações existentes com relação a média dos pontos coletados. Os resultados mostraram que a maioria dos metais e óxidos determinados obtiveram pouca ou nenhuma poluição, com exceção do Ba e MgO (P08) e Zn (P09) que obtiveram poluição moderada. Além disso, estes dados serviram de referência geoquímica (*background*) para a identificação e monitoramento do sistema aquático em futuros estudos.

Agradecimentos

Ao apoio recebido pela Fapesb, Capes, UnB e UFBA para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

Amorim Junior, V., Lima, O. A. L. 2007. Avaliação hidrogeológica da aquífero Urucuia na bacia do rio das Fêmeas – BA, usando resistividade e polarização elétrica induzida. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 25, n. 2, São Paulo.

Boaventura G. R. 1991. Performance do Espectrometro de Emissão com Plasma Spectroflame Fvm03, para Determinação de 20 Elementos Químicos nas Amostras de Referência Geoquímica DCN-1, W-2, UNB-B1 e UNB-G1. *In: III Anais Congresso Geoquímica. 3 ed., São Paulo:SBGq. 423-426p.*

Campos, J. E. G. & Dardenne, M. A. 1997. Estratigrafia e sedimentação da Bacia Sanfranciscana. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 27(3): 269-283.

Campos, J. E. G. & Dardenne, M. A. 1999. Distribuição, estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Urucuia - Cretáceo Superior da Bacia Sanfranciscana. *Geociências*, Rio Claro, 18(2): 481-499.



Chen, K.; Jiao, J. J.; Huang, J.; Huang, R. 2007. Multivariate statistical evaluation of trace elements in groundwater in a coastal area in Shenzhen, China. *Environmental Pollution*. 147(3):771-780.

Costa, C. N.; Meurer, E. J.; Bissani, C. A.; Tedesco, M. J. 2007. Fracionamento sequencial de cádmio e chumbo em solos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.37, n.5, p.1323-1328.

CPRM. 2008. Carta geológica do Brasil ao milionésimo. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br> Acesso em 10 de junho de 2013.

Damasceno, O. S. 2011. Geomorfologia Fluvial da Bacia Hidrográfica do Rio de ondas. *Revista Caminhos da geografia*. Uberlândia v. 12, n. 39, p. 126 – 136.

Giné-Rosias, M. F. 1998. Espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente. (ICP-AES) - - Piracicaba: CENA, 148P.:il. (Série Didática, v.3).

Grosbois, C. A., Horowitz, A. J., Smith, J. J & Elrick, K. A. 2001. The effect of mining and related activities on the sediment trace element geochemistry os Lake Coeur D_Alene, Idaho, USA. Part III: the Spokane River Basin. *Hydro. Process*, 15:855-875.

Harper, Karen & Oliveira, Adriana Paiva. 2006. Determinação de Elementos-Traço em solos e lodos de esgoto por ICP OES. *Revista Analytica*. n. 23.

Jesus, H. C.; Costa, E. A.; Mendonça, A. S. F; Zandonade E. 2004. Distribuição de metais Pesados em Sedimentos do Sistema Estuarino da Ilha de Vitória-ES. *Quimica Nova*, Vol. 27, No. 3, 378-386.

Maia, P. D.; Guimarães, E. M.; Moreira, C. A. M.; Boaventura, G. R. 2005. Estudo Mineralógico dos Sedimentos de Fundo do Lago Paranoá, Distrito Federal. *Revista Brasileira de Geociências* 35(4):535-541, dezembro de 2005.

Ntekim, E.E.V, Ekere, S. J., Ukpong E. E. 1993. Heavy metals distribution in sediments from Calabar River, Southeastern Nigeria. *Environmental Geology*, 21:237-241.

Gomes, C. B. 1984. Técnicas Analíticas Instrumentais Aplicadas à Geologia. *Ed. Edgard Blucher LTDA. São Paulo*.

Kahn, Henrique. [Online]. 2012. Difração de Raios-X. Disponível em: <www.angelfire.com/crazy3/.../1_multipart_xF8FF_2_DIFRACAO.pdf>. Acesso em 10 de junho de 2013.

Lemes, M. J. de L.; Figueiredo Filho, P. M.; Pires, M. A. F. 2003. Influência da Mineralogia dos Sedimentos das Bacias Hidrográficas dos Rios Mogiguaçu e Pardo na Composição Química das Águas de Abastecimento Público. *Química Nova*, Vol. 26, No. 1, 13-20.



Malm, O. 1986. Estudo da poluição ambiental por metais pesados no sistema rio Paraíba do Sul - rio Guandu (RPS-RG) através da metodologia de abordagem pelos parâmetros críticos. Rio de Janeiro, 1986. Dissertação de Mestrado - Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Martfeld, M. I. D. 2012. Avaliação da Qualidade de Água no Alto Curso do Rio Xingu: Bacia do Rio Pacas, Querência, MT. *Dissertação de Mestrado*, Universidade de Brasília. p. 53, Brasília.

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

Mulholland, D. S. 2009. Geoquímica aplicada à avaliação da qualidade de sistemas aquáticos da bacia do rio Paracatu (MG). *Dissertação de Mestrado*. Instituto de Geociências. Universidade de Brasília. 95 p.

Rodrigues, A. S. L., Nalini Júnior, H. A. 2009. Valores de background geoquímico e suas implicações em estudos ambientais. *Revista Esc. Minas, Ouro Preto*, 62(2): 155-165.

Sallun, A. E. M. 2010. Argilominerais da Aloformação Paranavaí. *Geociências*, UNESP, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 311-319.

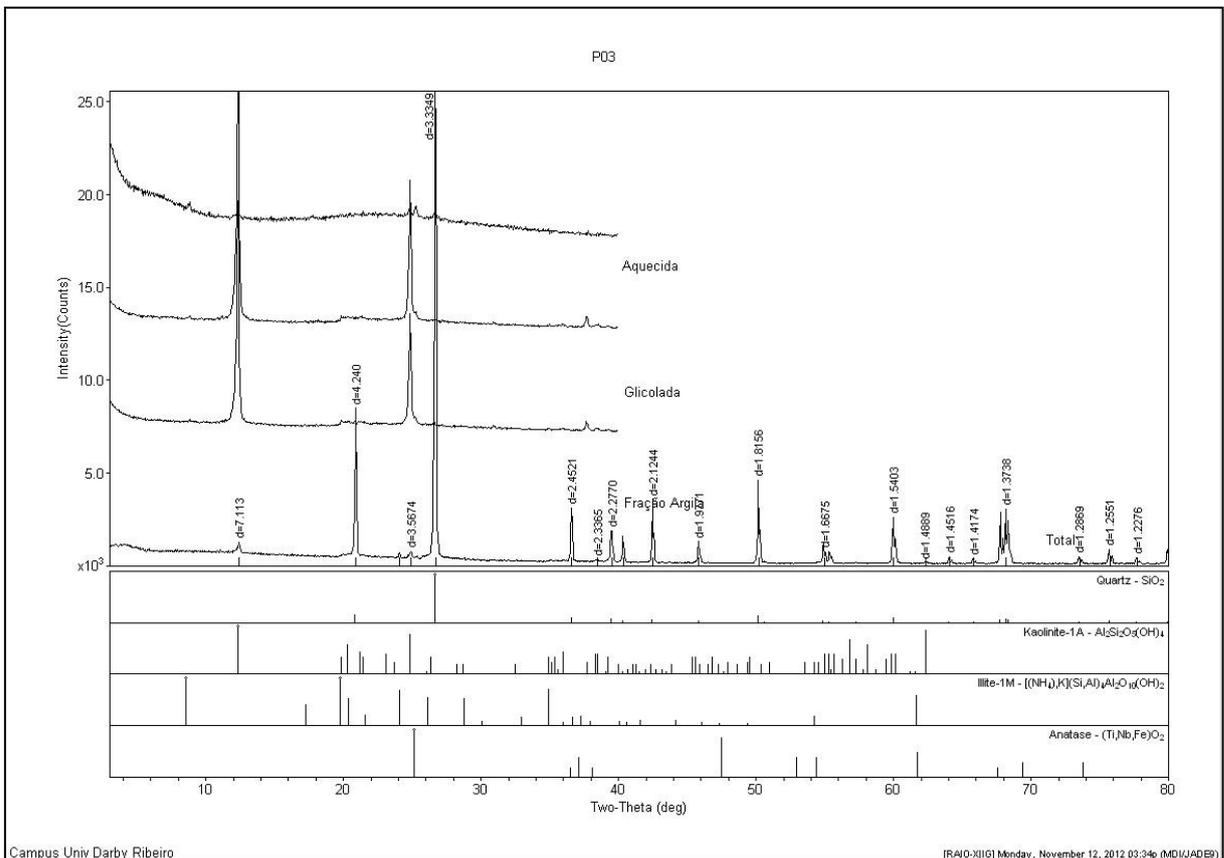
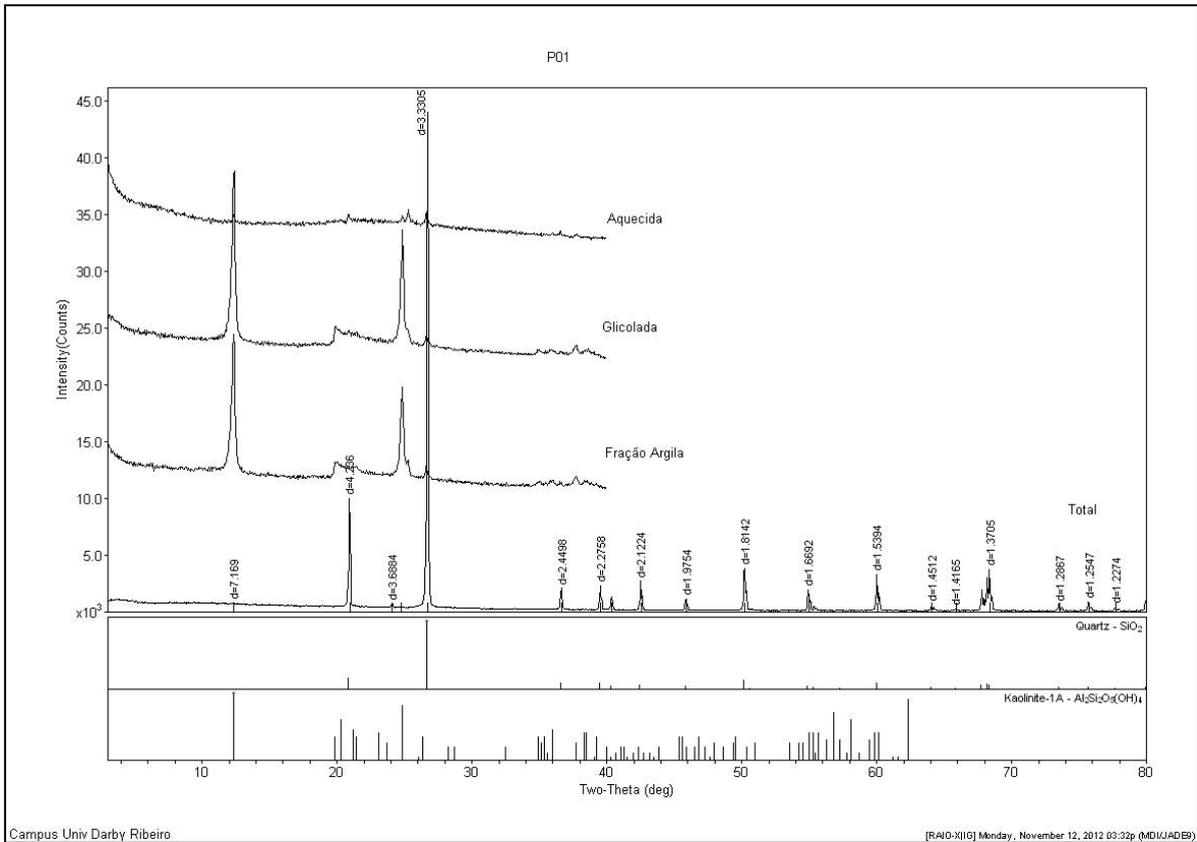
Soares Neto J. P. 2005. Avaliação Geoambiental da Bacia do Rio das Ondas no Oeste da Bahia. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 72p.

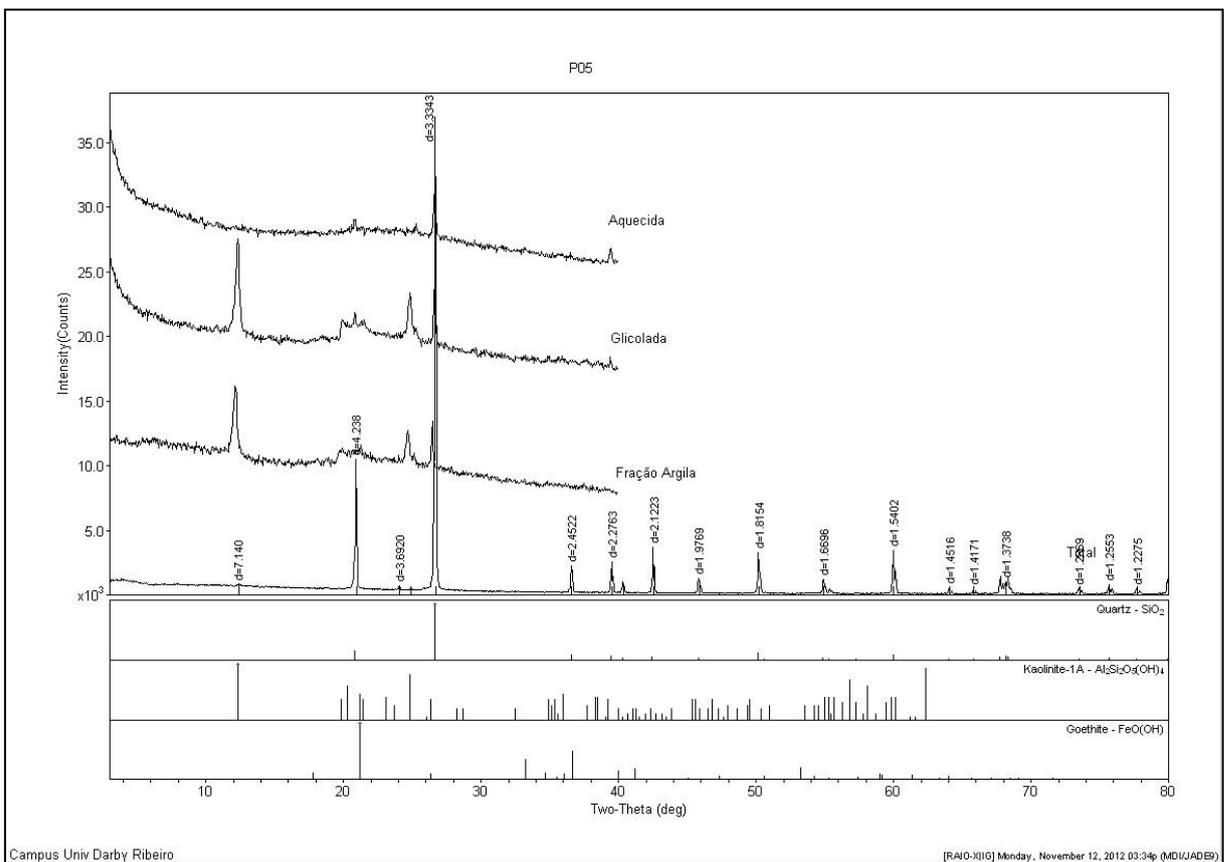
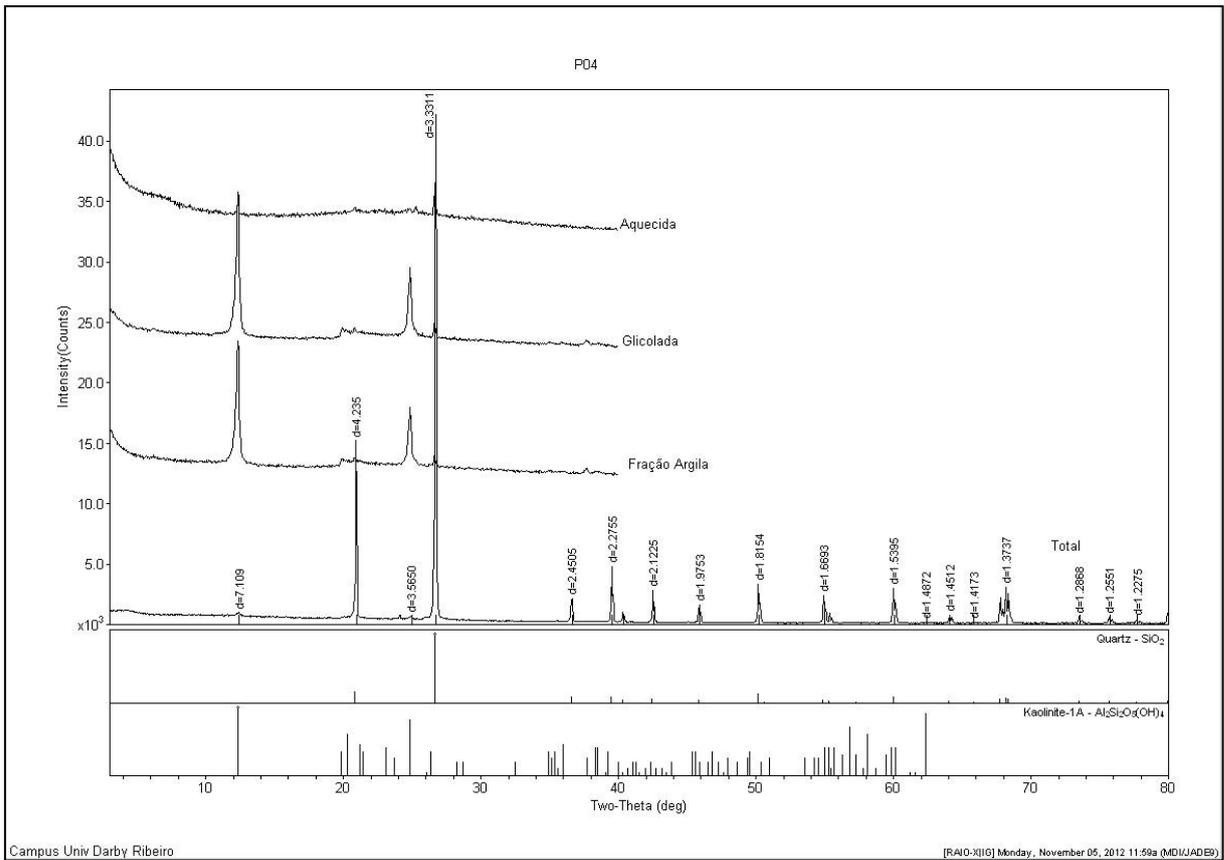
Soares Neto & Souza. 2007. Características Fisiográficas ao Longo da sub-bacia do rio de Ondas ao longo do tempo e suas Relações ambientais. *Magistra, Cruz das Almas-BA*, v. 19, n. 2, p. 104-111.

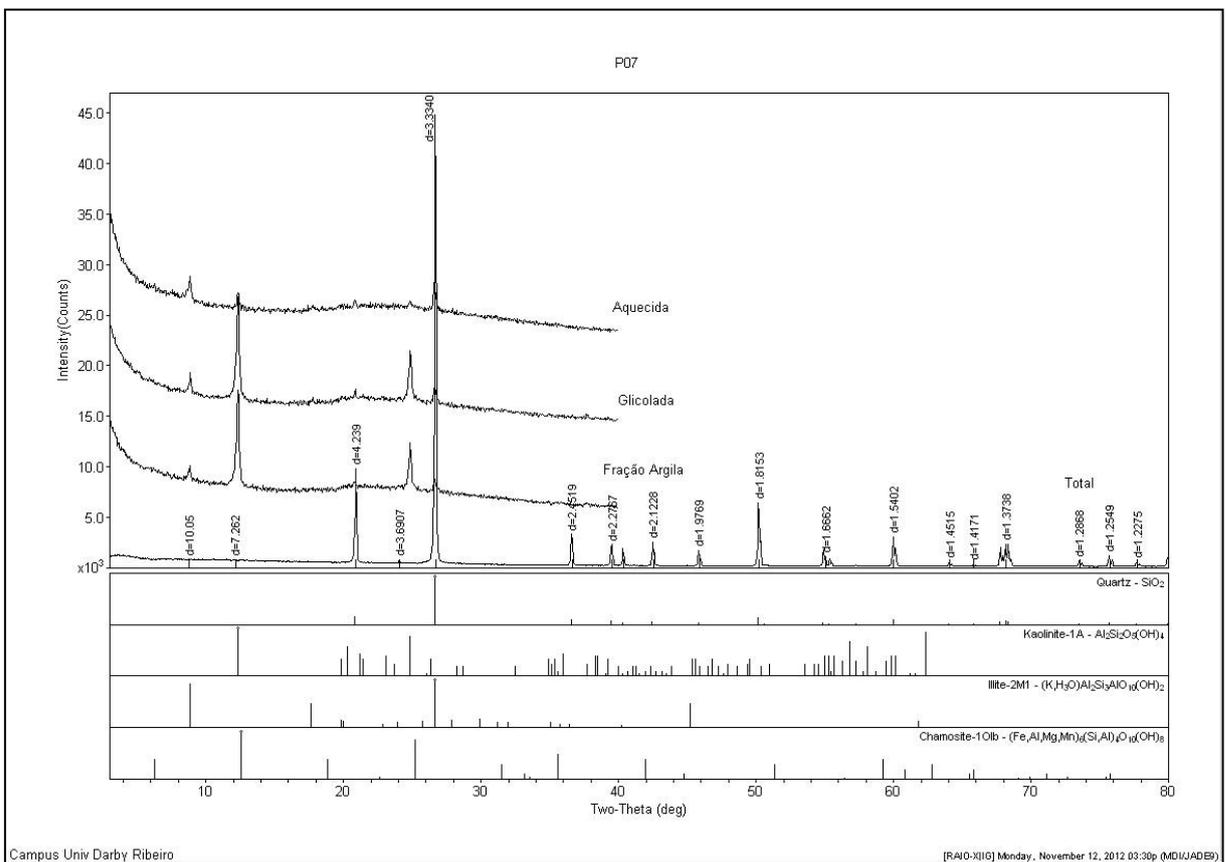
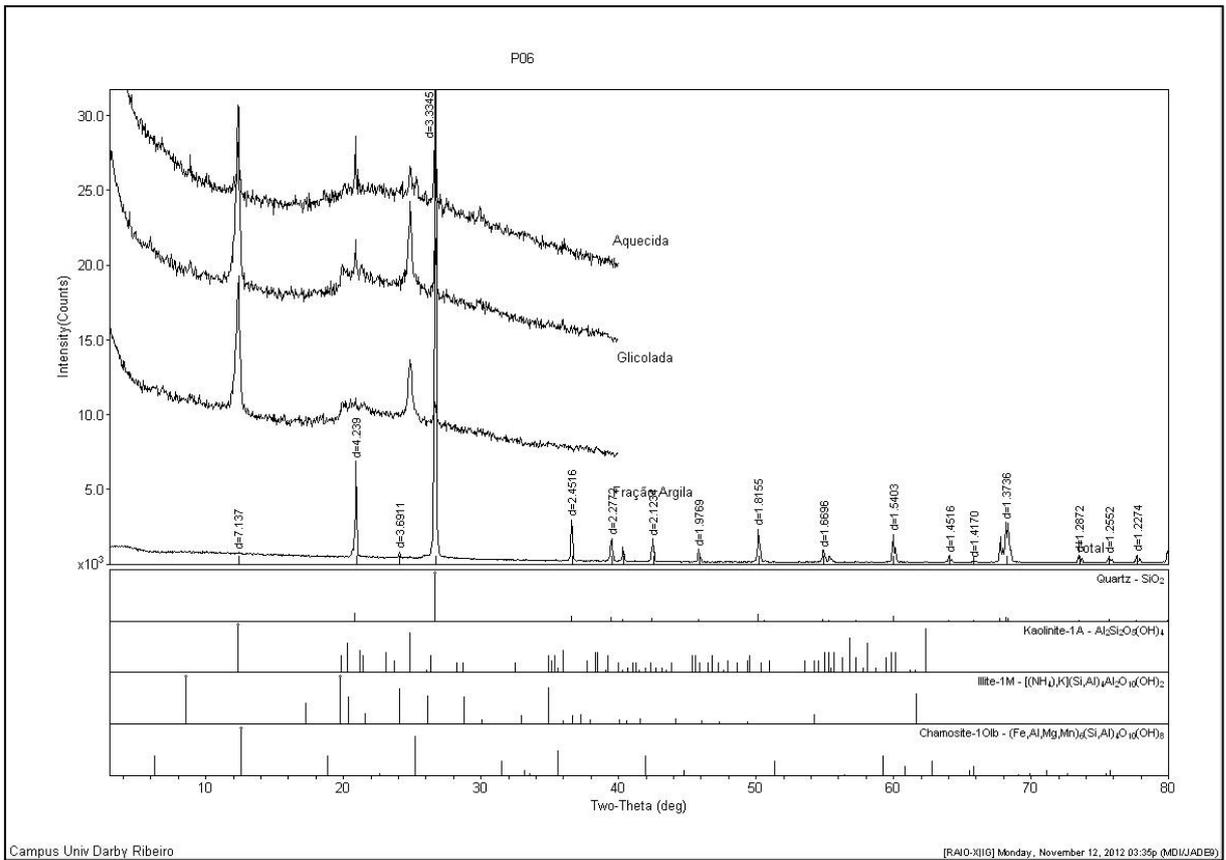
Wedepohl, K. H. 1995. The composition of the continental crust. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 59(7):1217-1232.

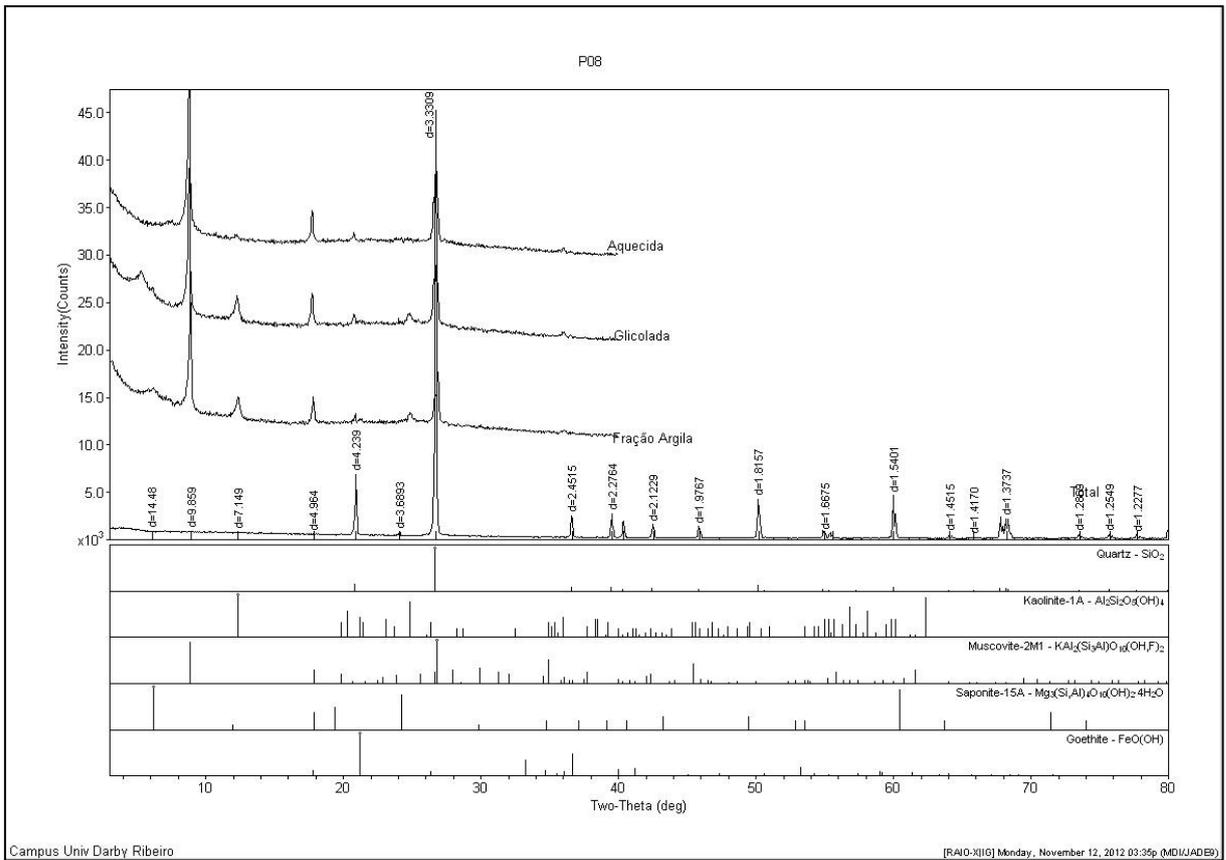


Anexo











CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação dos parâmetros físico-químicos e metais da água e do sedimento da BHRO foram importantes para verificar e correlacionar as atividades antrópicas e naturais com as contaminações que poderia existir nesta área. Os resultados obtidos para os parâmetros físico-químicos da água, em geral, mostraram-se baixa condutividade elétrica, turbidez e pouco material em suspensão para as duas estações de coleta, não havendo valores significativos de alteração da qualidade da água no períodos sazonais. A utilização do PCA e HCA contribuiu para que fosse a realização de uma melhor interpretação dos dados e investigar a distição das concentrações dos parâmetros nos dois períodos coletados e.

Para a água, apenas o P01 se distanciou dos outros pontos em todos os parâmetros, se tratando desta forma *outline*. Este ponto está localizado em uma área com mata ciliar nativa, mas há a presença de várias chácaras que não possuem tratamento de esgoto sendo lançados *innatura* no corpo d'água.

As características mineralógicas foram confirmadas, por meio, das análises realizadas no DRX identificando o quartzo como componente principal e caulinita componente secundário em todos os pontos amostrados. Esta mesma análise foi possível após a determinação dos elementos márcimicos no ICP/OES e EAA.

A metodologia aplicada para este estudo a fim de obter um modelo geoquímico referencial (*background*), possibilitou a identificação de um modelo geoquímico de estudo para a região. Novos estudos são importantes, a fim de monitorar a área, em virtude das complicações antrópicas crescente existentes na região que, estão relacionadas ao uso e ocupação do solo, principalmente, pela atividade agrícola. Os resultados obtidos também servirão de base para futuros estudos na região, tendo em vista que a modelagem estatística apresenta características íntisecas à área analisada.



CAPÍTULO 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anuário Região Oeste da Bahia: safra 2005/06. Barreiras: Aiba, Abrapa, Fundação Bahia, FUNDEAGRO, 2005. Disponível em <http://www.aiba.org.br/informaiba/ANUARIO_05_06.pdf>. Acesso em setembro de 2007.

Aguiar, M. R. M. P., Novaes, A. C., Guarino, A. W. S. 2002. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. Química Nova, Vol. 25, N°. 6B, 1145-1154.

Alencar, Bernardo Jeunon. 2009. A análise multivariada aplicada ao tratamento da informação espacial: uma abordagem matemático-computacional em análise de agrupamentos e análise de componentes principais. 200f. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Geografia- Tratamento da Informação Espacial.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21. ed. Washington, 2005. 2462 p.

Aneel - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. RESOLUÇÃO ANEEL NO 394, DE 4 DE DEZEMBRO DE 1998.

Araújo, R., Goedert, W. J., Lacerda, M. P. C. 2007. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 31:1099-1108.

Araújo, R. M. M. 2010. Análise de Componentes Principais e Análise de Agrupamentos – Aplicação em Variáveis de Educação e Renda no Estado de Pernambuco Principal Component Analysis and Cluster Analysis applied to Educational and Income Variables for the state of Pernambuco (BRAZIL). Revista exacta, v. 3, n. 01.

Azrina, M. Z.; Yap, C. K.; Ismail, A. R.; Tan, S. G. 2006. Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 64, n. 3, p. 337-347.

Bakken, T. H., Sundt, H., Ruud, A., Harby, A. 2012. Development of small versus large hydropower in Norway - comparison of environmental impacts. Energy Procedia 20, p. 185 – 199.

Barrero, F. M. C. 2008. Plano de Recuperação e Prevenção das Ocupações em área de Prservação Permanente da Sub-bacia do Rio de Ondas. Inga – Instituto de Gestão das Águas e Clima, Salvador-BA.



Boaventura, G. R. ; Hirson, J. R. 1987. Amostras de Referência Geoquímica Para Controle de Análise de Rochas. I Congresso Brasileiro de Geoquímica, 1987, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre-RS-Brasil, v. 1. p. 321-325.

Boaventura, G. R. Caracterização Geoquímica de Águas e Sedimentos de Corrente do Distrito Federal. Relatório Final. FAPDF/FINATEC. 455 p., 1997.

Bonnet, B. R. P.; Ferreira, L. G.; Lobo, F. C. Sistema de Reserva Legal Extra-Propriedade no Bioma Cerrado: uma análise preliminar no contexto da bacia hidrográfica. Revista Brasileira de Cartografia, v.58, n.2, 2006.

Borges, M. J., Galbiatti, J. A., Ferraud, A. S. 2003. Monitoramento da Qualidade Hídrica e Eficiência de Interceptores de Esgoto em Cursos d'Água Urbanos da Bacia Hidrográfica do Córrego Jaboticabal. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 8 n.2, p. 161–171.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: < <http://www.in.gov.br/visualiza/index.jsp?data=18/03/2005&jornal=1&pagina=58&totalArquivos=192> > Acesso em 16 abr. 2012.

BRASIL. 2009. Ministério do Meio Ambiente. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado – PPCerrado. Brasília, setembro de 2009.

Caires, E. F., Chueiri, W. A., Madruga, E. F., FIGUEIREDO, A. 1998. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 22:27-34.

Campos, J. E. G. & Dardenne, M. A. 1997. Estratigrafia e sedimentação da Bacia Sanfranciscana. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, 27(3): 269-283.

Campos, J. E. G. & Dardenne, M. A. 1999. Distribuição, estratigrafia e sistemas deposicionais do Grupo Urucuaia - Cretáceo Superior da Bacia Sanfranciscana. Geociências, Rio Claro, 18(2): 481-499.

Cardoso, H.E.A.; Mantovani, E.C.; Costa, L.C. As águas da agricultura. Agroanalysis. Instituto Brasileiro de Economia/Centro de Estudos Agrícolas. Rio de Janeiro. 1998. p.27-28.

Carneiro, M. A. C., Souza, E. D., Dos Reis, E. F., Pereira, H. S., Azevedo, W. R. 2009. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 33:147-157.



Carpenter, S. R., Caraco, N.F., Correll, D. L., Howarth, R. W., Sharpley, A. N., Smith, V. H. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecol Appl.* 8: 559–68.

Carvalho, C. F., Ferreira, A. L., Stapelfeldt, F. 2004. Qualidade das águas do ribeirão Ubá-MG. *R. Esc. Minas, Ouro Preto*, 57(3): 165-172.

Carvalho, E. M., Pinto, A. L., Silva, P. V. 2006. A evolução do uso e ocupação do solo na bacia do córrego Porteira, Aquidauana, MS. *Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, Brasil, Embrapa Informática Agropecuária/INPE*, p.438-446.

Cerqueira, L. F. F. 2006. Os impactos dos assentamentos informais de baixa renda nos recursos hídricos e na saúde coletiva: O caso da bacia hidrográfica da baixada de Jacarepaguá. *Dissertação de Mestrado. Centro de Tecnologia e Ciência. Universidade do Estado do Rio de Janeiro.*

COPEL – Companhia Paraense de Energia. 2009. Estudo de impacto ambiental e relatório de impacto ambiental (EIA/RIMA) da PCH Carvenoso II. Volume II – Análise dos Impactos Ambientais, medidas de compensação e mistigação. 84 p.

Cunha, F. G., Machado, G. J. 2005. Projeto APA Sul RMBH: geoquímica ambiental, mapas geoquímicos escala 1:225.000. Ed. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Belo Horizonte: SEMAD/CPRM. 80p., v. 7: 17.

Cunha, E. Q., Stone, L. F., Ferreira, E. P. B., Didonet, A. D., Moreira, J. A. A. 2012. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo sob produção orgânica impactados por sistemas de cultivo. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.16, n.1, p.56–63.

Damasceno, O. S. 2011. Geomorfologia Fluvial da Bacia Hidrográfica do Rio de ondas. *Revista Caminhos da geografia. Uberlândia* v. 12, n. 39, p. 126 – 136.

Farnham, I. M.; Johannesson, K. H.; Sing, A. K.; Hodge, V. F. & Stezenbach, K. J. 2003. Factor analytical approaches for evaluating groundwater trace element chemistry data. *Analytica Chimica Acta.* 490: 123-138.

Friessl W, Horak O, Wenzel W. 2004. Immobilization of heavy metals in soils by the application of bauxite residues: pot experiments under field conditions. *J Plant Nutr Soil Sci*, p. 167:54–9.

Frizzo, S.J., Licht, O.A.B. 2007. Estatística uni e bivariadas aplicadas à prospecção geoquímica. In: LICHT, O.A.B., DE-MELLO, C.S.B., DA-SILVA, C.R. (eds). *Prospecção geoquímica de depósitos minerais metálicos, não-metálicos, óleo e gás.* Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geoquímica (SBGq) e Serviço Geológico do Brasil (CPRM). 788p.



Gorayeb, A., Lombardo, M. A., Pereira, L. C. C. 2009. Condições Ambientais em Áreas Urbanas da Bacia Hidrográfica do Rio Caeté – Amazônia Oriental – Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada* 9(2), p. 59-70.

Guerra, A. J. T.; Silva, A. S. da; Botelho, R. G. M. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340 p.

Guidolini, J. F., Pedroso, L. B., Araújo, M. V. N. 2013. Análise temporal do uso e ocupação do solo na microbacia do Ribeirão do Feijão, município de São Carlos - SP, entre os anos de 2005 e 2011. *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE.

GUIMARÃES, D. M. S.; ALMEIDA, P. S. A função ecológica das matas ciliares para a manutenção das Bacias Hidrográficas: “Zona de Chácaras” no baixo curso do Rio de Ondas, Barreiras, Bahia, Brasil. 2004. Monografia.

Gurgel, B. S. 2008. Avaliação de impactos ambientais por estudo geoquímico na bacia do córrego rico, Paracatu – MG. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade de Brasília. 120 p.

Hirschmann, A., Majolo, M. A., Grillo, H. C. Z. 2008. Alterações na ictiocenose do rio Forqueta em função da instalação da Pequena Central Hidrelétrica Salto Forqueta, Putinga, Rio Grande do Sul. *Iheringia, Sér. Zool.*, Porto Alegre, 98(4), p. 481-488.

IBGE. Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=29&dados=0>> Acesso em 20 de março de 2014.

Ilario, C. G. 2013. A região agrícola competitiva do Oeste da Bahia. *Boletim Campineiro de Geografia*, v. 3, n. 1.

Kelley, K.D., Taylor, C.D. 1997. Environmental geochemistry of shalehosted Ag-Pb-Zn massive sulfide deposits in northwest Alaska: natural background concentrations of metals in water from mineralized areas. *Applied Geochemistry*, v. 12, p. 397-409.

Kelley, D.I., Hall, G.E.M., Class, G., Hamilton, I.C., Mccwen, R.M. 2003. The use of partial extraction geochemistry for copper exploration in northern Chile. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, v. 3, p. 85-104.

Kentel, E., Alp, E. 2013. Hydropower in Turkey: Economical, social and environmental aspects and legal challenges. *environmental science & policy* 31, p. 34 – 43.

Kucukali, S., Baris, K. 2009. Assessment of small hydropower (SHP) development in Turkey: Laws, regulations and EU policy perspective. *Energy Policy* 37, p. 3872–3879.



Krusche, A. V., Ballester, M. V. R., Victoria, R. L., Bernades, M. C., Leite, N. K., Hanada, L., Victoria, D. C., Toledo, A. M., Ometto, J. P., Moreira, M. Z., Gomes, B. M., Bolson, M. A., Gouveia Neto, S., Bonelli, N., Deegan, L., Neill, C., Thomas, S., Aufdenkampe, A. K., Richey, J. E. 2005. Efeitos das mudanças do uso da terra na biogeoquímica dos corpos d'água da bacia do rio Ji-Paraná, Rondônia. *Acta Amazonica*. v. 35(2), p. 197 – 205.

Leão, L. L. 2008. Considerações sobre impactos socioambientais de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) – modelagem e análise. Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. 240 p.

Lima, E. A. M. 2008. Avaliação de qualidade dos sedimentos e prognóstico geoquímico ambiental da zona estuarina do Rio Botafogo, Pernambuco. Tese de Doutorado. Centro de Tecnologia e Geociências. Universidade Federal de Pernambuco. 172 p.

Linhares, C. A.; SOARES, J. V.; BATISTA, G. T. 2005. Influência do desmatamento na dinâmica da resposta hidrológica na bacia do Ji-Paraná. *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, Brasil, INPE, p. 3097- 3105.

Leonardo, H. C. L. 2003. Dissertação de Mestrado. Indicadores de qualidade de solo e água para a avaliação do uso sustentável da microbacia hidrográfica do rio de Passo Cue, Região Oeste do Estado do Paraná. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 121 p.

LEPELTIER, C. A simplified treatment of geochemical data by graphical representation. *Economic Geology*, v. 64, p. 538-550, 1969.

Libânio, M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas: Átomo, 2010. 494p.

Li, C.H., Ma, T., Junfa, S. 2003. Application of a fractal method relating concentrations and distances for separation of geochemical anomalies from background. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 77, p. 167-175.

Li, J., Dong, S. Peng, M., Yang, Z., Liu, S., Li, X., Zhao, C. 2013. Effects of damming on the biological integrity of fish assemblages in the middle Lancang-Mekong River basin. *Ecological Indicators* 34, p. 94–102.

Louzada, F. R. O. L.; Prirovani, D. B.; Loungon, M. S.; Santos, A. R. 2009. Caracterização do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do ribeirão Vala do Souza-ES. XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica. Universidade do Vale do Paraíba, Alegre – ES.

Malm, O. 1986. Estudo da poluição ambiental por metais pesados no sistema rio Paraíba do Sul - rio Guandu (RPS-RG) através da metodologia de abordagem pelos parâmetros críticos.



Rio de Janeiro, 1986. Dissertação de Mestrado - Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Marimon Junior, B. H., Haridasan, M. 2005. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerradão e um cerrado *sensu stricto* em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. Acta bot. bras. 19(4): 913-926.

Marouelli, R. P. 2003. O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro. Monografia de Especialização *Latu Sensu*. ISEA-FGV/ ECOBUSINESS SCHOOL, 54 p.

Marques, M. N., Cotrim, M. B., Pires, M. A. F., Beltrame Filho, O. 2007. Avaliação so Impacto da Agricultura em Áreas de Proteção Ambiental, Pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape, São Paulo. Quim. Nova, Vol. 30, No. 5, 1171-1178.

Martfeld, M. I. D. 2012. Avaliação da qualidade de água no alto curso do rio Xingu: Bacia do rio das Pacas, Querência-MT. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade de Brasília. 89 p.

Mcmahon, G.; Harned, D. A. 1998. Effect of environmental setting on sediment, nitrogen, and phosphorus concentrations in Albemarle-Pamlico Drainage Basin, North Carolina and Virginia, USA. Environmental Management, v. 22, n. 6, p. 887-903.

Merten, G. H. Impacto da mecanização do solo. In:IN: Simpósio sobre impacto ambiental por uso agrícola do solo, Campinas, 1994. Anais. Campinas: Instituto Agrônômico, 1994. p. 47-58.

Merten, G. H., Minella, J. P. 2002. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent. Porto Alegre, v.3, n.4, p. 33-38.

Moraes, D. S. L., Jordão, B. Q. 2002. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. Rev Saúde Pública,36(3), p. 370-374.

Moreira, J. C., Peres, F., Simões, A. C., Pignati, W. A., Dores, E. C., Vieira, S. N., Strüssmann, C., Mott, T. 2012. Contaminação de águas superficiais e de chuva por agrotóxicos em uma região do estado do Mato Grosso. Ciência & Saúde Coletiva, 17(6):1557-1568.

Moura, L. H. A. 2008. Estudo Geoquímico da bacia do Gama e avaliação da qualidade de água. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade de Brasília. 104 p.

Mulholland, D. S. 2009. Geoquímica aplicada à avaliação da qualidade de sistemas aquáticos da bacia do rio Paracatu (MG). Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências. Universidade de Brasília. 95 p.



Murni, S., Whale, J., Urmee, T., Davis, J. K., Hariies, D. 2013. Learning from experience: A survey of existing micro-hydropower projects in Ba'Kelalan, Malaysia. *Renewable Energy* 60, p. 88 – 97.

Nahas, R. L. L. 2010. PCHs – Viabilidade e Inventário Hidrelétrico. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 32 p.

Neal, C., Jarvie, H. P., Neal, M., Love, A. J., Hill, L., Wickham, H. 2005. Water quality of treated sewage effluent in a rural area of the upper Thames Basin, southern England, and the impacts of such effluents on riverine phosphorus concentrations. *Journal of Hydrology* 304. p. 103–117.

Nilton, C. L. 2009. O impacto das pequenas centrais hidrelétricas – PCHS no meio ambiente. Trabalho de Conclusão em Especialização. Universidade Federal de Lavras. 10 p.

Nirenberg, L. P. & Ferreira, O. M. 2005. Tratamento de Águas Residuárias de Indústria de Laticínios: Eficiência e Análise de Modelos Matemáticos do Projeto da Nestlé. *Boletins de Análise Físico-Química da Nestlé*. p. 1-18.

Ntekim, E.E.V, Ekere, S. J., Ukpong E. E. 1993. Heavy metals distribution in sediments from Calabar River, Southeastern Nigeria. *Environmental Geology*, 21:237-241.

O'Connor G, Elliott H, Basta N, Bastian R, Pierzynski G, Sims R. 2005. land application: an overview. *J Environ Qual*; 34:p. 7-17.

Oliveira, A. U. 1986. Modo Capitalista de Produção e agricultura. In: J. L. S. Ross. (org.). *Geografia do Brasil*. São Paulo, Ática, p.: 465-523.

Oliveira, G. C., Dias Junior, M. S., Resck, D. V. S., Curi, N. 2004. Caracterização química e físico-hídrica de um latossolo vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 28:327-336.

Oliveira, G. C. 2009. Solos da região dos cerrados: Reconhecimento na paisagem, potencialidades e limitações para uso agrícola. Curso de Qualificação Profissional a distância Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras – MG. Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão – FAEPE. Centro de Editoração/FAEPE. 69 p.

Pan, Y.; Herlihy, A.; Kaufmann, P.; Wigington, J.; Van Sickle, J.; Moser, T. 2004. Linkages among land-use, water quality, physical habitat conditions and lotic diatom assemblages: A multi-spatial scale assessment. *Hydrobiologia*, v. 515, p. 59-73.

Parron, L. M., Muniz, D. H. F., Pereira, C. M. Embrapa Florestas. 2011. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. Colombo – PR, p. 9-11.



Pignati, W. A., Machado, J. M. H., Cabral, J. F. 2007. Acidente rural ampliado: o caso das “chuvas” de agrotóxicos sobre a cidade de Lucas do Rio Verde –MT. *Ciência & Saúde Coletiva*, 12(1):105-114.

Pinho, P., Maia, R., Monterroso, A. The quality of Portuguese Environmental Impact Studies: The case of small hydropower projects. 2007. *Environmental Impact Assessment Review* 27 p. 189–205.

Queiroz Filho, A. P. 2005. O vôo virtual: metáfora e representação cartográfica tridimensional. Tese de doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. p. 199-200.

Resende, A. L. 2002. Agricultura e Qualidade da Água: Contaminação da Água por Nitrato. Planaltina: Embrapa Cerrados, INSS, 1517 – 5111, n. 57, 29 p.

Rhodes, A.; Robert, M. N.; Puffal, A. Influences of land use on water quality of a diverse New England watershed *Environ. Sci. Technol.*, v. 35, p. 3640-3645. 2001.

Rodrigues, A. S. L., Nalini Júnior, H. A. 2009. Valores de background geoquímico e suas implicações em estudos ambientais. *Revista Esc. Minas, Ouro Preto*, 62(2): 155-165.

Rohde, G. M. 2004. A geoquímica ambiental. In: *Geoquímica ambiental e estudos de Impacto*. 2 ed. São Paulo: Signus. p. 36-45.

Rorig, L. R. 2005. Usos múltiplos e qualidade das águas da bacia do baixo Itajaí-Açu-SC: Elementos para gerenciamento integrado. Tese de Doutorado. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de São Carlos. 295 p.

Rostagno CM, Sosebee RE. 2001. Biosolids application in the Chihuahuan Desert: effects on runoff water quality. *J Environ Qual*, 30, p. 160–70.

Santos, I. N., Horbe, A. M. C., Silva, M. S. R., Miranda, S. A. F. Influência de um aterro sanitário e de efluentes domésticos nas águas superficiais do Rio Tarumã e afluentes – AM. *Acta Amazonia*. v. 36(2), p. 229 – 236.

Santos, P. S. & Rodrigues J. C. N. 2009. Avaliação histórica da expansão agrícola sobre o Cerrado no município de Luís Eduardo Magalhães, Bahia. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil. INPE, p. 6181-6188.

Santos, S. S. M. dos. 1993. Saneamento básico. In: IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Recursos naturais e meio ambiente: uma visão do Brasil*. Rio de Janeiro, cap. 9, p. 101-112.

São Paulo. 2006. Secretaria do Meio Ambiente. Relatório de qualidade ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente. 498p.



São Paulo (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. Relatório de qualidade das águas superficiais. Apêndice C. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade. São Paulo, 2011. 36p.

Scanlon, B. R.; Jolly, I.; Sophocleous, M.; Zhang, L. Global impacts of conversions from natural to agricultural ecosystems on water resources: Quantity versus quality. *Water Resour. Res.*, v. 43, W03437. 2007. (edição eletrônica).

Sebusiani, H. R. V., Bettini, S. C. 2011. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*. v. 7, n. 1, p. 256-285, Taubaté, SP, Brasil.

Selinus O.S., Esbensen, K. Separating anthropogenic from natural anomalies in environmental geochemistry. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 55, p. 55-66, 1995.

Silva, Bárbara-Christine Nentwig. Atlas escolar Bahia: espaço geo-histórico e cultural. 2ª ed. João Pessoa: Grafset, 2004.

Silva, D. F., Souza, F. A. S., Kayano, M. T. 2007. Avaliação dos impactos da poluição nos recursos hídricos da bacia do rio Mundaú (AL e PE). *Revista de Geografia*. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 24, n. 3, p. 210-223.

Singh, K. P., Malik, A., Sinha, S. 2005. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques – a case study. *Analytica Chimica Acta*. 538:355-374p.

Smith, K. S.; Huck, H. L. O. Em *The Environmental Geochemistry of Mineral Deposits Part A*, Plumlee, G. S.; Logsdon, M.J., eds.; Society of Economic Geologists, Reviews in Economic Geology, 1999, cap. 2.

Soares, M. C. C., Mizusaki, A. M. P. Guerra, T., Vignol M. L. 2004. Análise Geoquímica dos sedimentos de fundo do Arroio Salso, Porto Alegre – RS – Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 31 (1), 39-50.

Soares Neto, J. P. 2005. Avaliação Geoambiental da Bacia do Rio das Ondas no Oeste da Bahia. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 72p.

Soares Neto & Souza. 2007. Características Fisiográficas ao Longo da sub-bacia do rio de Ondas ao longo do tempo e suas Relações ambientais. *Magistra, Cruz das Almas-BA*, v. 19, n. 2, p. 104-111.



Soares, W. L. 2010. Uso dos agrotóxicos e seus impactos à saúde e ao ambiente: uma avaliação integrada entre a economia, a saúde pública, a ecologia e a agricultura. Tese de Doutorado. Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca. Rio de Janeiro. 150 p.

Atrazina, 2013 – Disponível em http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/defis/DFI/Bulas/Herbicidas/ATRAZINA_NO_RTOX_500_SC.pdf. Acesso em 28 de maio de 2013.

Tarvainen, T.; Kallio, E. *Appl. Geochemistry*. 2002, 17, 975.

TOBIAS, F.J., BECH, J., ALGARRA, P.S. 1997. Establishment of the background levels of some trace elements in soils of NE Spain with probability plots. *Science of the Total Environment*, v. 206, p. 255-265.

UDEIGWE, T. K., Eze, P. N., Teboh, J. M., Stietiy a, M. H. 2011. Application, chemistry, and environmental implications of contaminant-immobilization amendments on agricultural soil and water quality. *Environment International* 37 , p. 258–267.

Vanzela, L. S., Hernandez, F. B. T., Franco, R. A. M. 2010. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v.14, n.1, p.55–64.

Vasconcelos, E. M. G. Conceito de Geoquímica. Disponível em <http://www.geologia.ufpr.br/graduacao/geoquimica/geoquimica.pdf>. Acessado em 28 de maio de 2013.

Vieira, Eliane. 2012. Impacto ambiental em área com aplicação de agrotóxicos no município de Brotas-SP. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Agronomicas. Universidade Estadual Paulista. 114 p.

Xiaocheng, F., Tao, T., Wanxiang, J., Fengqing, L., Naicheng, W., Shuchan, Z., Qinghua, C. 2008. Impacts of small hydropower plants on macroinvertebrate communities. *Acta Ecologica Sinica* , 28(1), p. 45–52.

Xie, X.; Norra, S.; Berner, Z.; St. Uben, D. A. 2005. GIS-supported multivariate statistical analysis of relationships among stream water chemistry, geology and land use in BadenW'Urttemberg, Germany. *Water, Air, and Soil Pollution*, v. 167, p. 39-57.

Xin, Z., Kinouchi, T. 2013. Analysis of stream temperature and heat budget in an urban river under strong anthropogenic influences. 489, p. 16–25.

Wantzen, K. M.; Siqueira, A.; Cunha, C. N.; Sá, M. F. P. 2006. Stream-valley systems of the Brazilian Cerrado: impact assessment and conservation scheme. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.*, v. 16, p. 713-732.



Warren J, Phillips S, Mullins G, Zelazny L. 2006. Impact of alum-treated poultry litter applications on fescue production and soil phosphorus fractions. *Soil Sci Soc Am J*;70:1957–66.



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS APLICADAS

ANEXOS



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS APLICADAS

Anexo 1: Balanço Iônico dos parâmetros na estação chuvosa.

Pontos/Período	CATIONS										ANIONS						BALANÇO IÔNICO							
	Ph	Ca		Mg		Na		K		F		Cl		NO ₃		PO ₄		SO ₄		HCO ₃		Soma Anions	C. E. μS	Soma cations
		mg/L	meq	mg/L	Meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq											
P01 CHUVA	6,11	1,91	0,10	0,43	0,04	1,49	0,06	1,30	0,03	0,07	0,00	2,55	0,07	1,50	0,02	0,49	0,02	0,00	0,00	4,10	0,07	0,18	20,00	0,23
P02 CHUVA	3,80	1,05	0,05	0,19	0,02	0,28	0,01	0,03	0,00	0,00	0,00	0,53	0,01	0,59	0,01	0,97	0,03	0,00	0,00	1,54	0,03	0,08	6,00	0,08
P03 CHUVA	4,07	0,91	0,05	0,16	0,01	0,28	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,52	0,01	0,49	0,01	0,00	0,00	0,90	0,02	1,71	0,03	0,07	6,00	0,07
P04 CHUVA	5,00	0,91	0,05	0,16	0,01	0,20	0,01	0,05	0,00	0,00	0,00	0,31	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,46	0,02	0,03	7,00	0,07
P05 CHUVA	4,35	1,12	0,06	0,24	0,02	0,37	0,02	0,31	0,01	0,00	0,00	0,55	0,02	0,00	0,00	1,10	0,03	0,00	0,00	2,07	0,03	0,08	6,00	0,10
P06 CHUVA	4,16	1,18	0,06	0,20	0,02	0,41	0,02	0,33	0,01	0,00	0,00	0,55	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,81	0,05	0,06	7,00	0,10
P07 CHUVA	5,15	1,16	0,06	0,18	0,01	0,42	0,02	0,37	0,01	0,00	0,00	0,48	0,01	0,52	0,01	0,00	0,00	2,90	0,06	2,27	0,04	0,12	7,00	0,10
P08 CHUVA	5,53	1,11	0,06	0,23	0,02	0,54	0,02	0,43	0,01	0,00	0,00	0,45	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,22	0,05	0,07	8,00	0,11
P09 CHUVA	5,60	1,05	0,05	0,16	0,01	0,45	0,02	0,43	0,01	0,00	0,00	0,94	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,12	0,05	0,08	7,00	0,10

Anexo 02: Balanço Iônico dos parâmetros na estação seca.

Pontos/Período	CATIONS										ANIONS						BALANÇO IÔNICO							
	pH	Ca		Mg		Na		K		F		Cl		NO ₃		PO ₄		SO ₄		HCO ₃		Soma Anions	C. E. μS	Soma cations
		mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq	mg/L	meq											
P01 SECA	5,68	1,39	0,07	0,00	0,00	0,96	0,04	0,34	0,01	0,00	0,00	1,72	0,05	1,40	0,02	0,00	0,00	0,25	0,01	3,80	0,06	0,14	14,00	0,12
P02 SECA	5,10	0,78	0,04	0,00	0,00	0,12	0,01	0,06	0,00	0,00	0,00	0,60	0,02	0,85	0,01	0,00	0,00	0,36	0,01	1,23	0,02	0,06	5,00	0,05
P03 SECA	4,65	0,68	0,03	0,00	0,00	0,10	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,35	0,01	1,19	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	2,01	0,03	0,06	5,00	0,04
P04 SECA	4,36	0,68	0,03	0,00	0,00	0,09	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,34	0,01	1,21	0,02	0,00	0,00	0,18	0,00	1,87	0,03	0,06	5,00	0,04
P05 SECA	4,63	0,74	0,04	0,00	0,00	0,13	0,01	0,10	0,00	0,00	0,00	0,44	0,01	1,43	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1,89	0,03	0,07	3,00	0,04
P06 SECA	4,81	0,79	0,04	0,00	0,00	0,09	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,37	0,01	0,36	0,01	0,00	0,00	0,25	0,01	2,45	0,04	0,06	4,00	0,04
P07 SECA	5,91	0,77	0,04	0,00	0,00	0,17	0,01	0,16	0,00	0,00	0,00	0,58	0,02	0,76	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	2,02	0,03	0,06	6,00	0,05
P08 SECA	6,08	0,98	0,05	0,16	0,01	0,20	0,01	0,18	0,00	0,00	0,00	0,56	0,02	0,36	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	3,34	0,05	0,08	7,00	0,08
P09 SECA	6,80	1,03	0,05	0,00	0,00	0,32	0,01	0,29	0,01	0,00	0,00	0,65	0,02	1,30	0,02	0,00	0,00	0,42	0,01	2,57	0,04	0,09	7,00	0,07



Anexo 03: Resultado dos elementos traços no sedimento de fundo.

Pontos Coletados	Sr (mg/L)	Cu (mg/L)	Zn (mg/L)	Y (mg/L)	Zr (mg/L)	Be (mg/L)	Co (mg/L)	Ba (mg/L)	Mn (mg/L)	V (mg/L)	Ni (mg/L)	Cr (mg/L)
P01	<LQ	28,45	44,04	3,97	154,96	<LQ	<LQ	184,53	<LQ	88,42	<LQ	<LQ
P02	<LQ	5,1	<2,5	<0,05	170	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	206	<LQ	<LQ
P03	<LQ	2	<2,5	11	260	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	82	<LQ	<LQ
P04	<LQ	0,9	<2,5	2,2	226	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	44	<LQ	<LQ
P05	<LQ	3,0	<2,5	7,0	184	<LQ	<LQ	5,5	<LQ	77	<LQ	<LQ
P06	<LQ	9,0	<2,5	2,7	164	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	73	<LQ	<LQ
P07	<LQ	8,0	<2,5	19,0	410	<LQ	<LQ	33	<LQ	80	<LQ	<LQ
P08	<LQ	30	50	24	312	<LQ	<LQ	415	<LQ	120	<LQ	<LQ
P09	<LQ	30	71	7,0	191	<LQ	<LQ	203	<LQ	91	<LQ	<LQ