

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

William Fortes Rodrigues

**CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS EM SEDIMENTOS FLUVIAIS DE
LEITO COMO SINALIZADORES DE PRESSÕES ANTRÓPICAS NO
ENTORNO DO PARQUE NACIONAL DO CAPARAÓ**

Belo Horizonte

2015

William Fortes Rodrigues

**CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS EM SEDIMENTOS FLUVIAIS DE
LEITO COMO SINALIZADORES DE PRESSÕES ANTRÓPICAS NO
ENTORNO DO PARQUE NACIONAL DO CAPARAÓ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Análise Ambiental

Linha de pesquisa: Geomorfologia e Meio Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Adolf Heinrich Horn

Belo Horizonte

2015

R696c
2015

Rodrigues, William Fortes.

Concentrações de metais pesados em sedimentos fluviais de leito como sinalizadores de pressões antrópicas no entorno do Parque Nacional do Caparaó [manuscrito] / William Fortes Rodrigues. – 2015.

150 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Adolf Heinrich Horn.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Geografia, 2015.

Área de concentração: Análise Ambiental.

Linha de pesquisa: Geomorfologia e Meio Ambiente.

Bibliografia: f. 119-137.

Inclui anexos.

1. Parque Nacional do Caparaó (MG e ES) – Teses. 2. Áreas de conservação de recursos naturais – Teses. 3. Sedimentos fluviais – Teses. 4. Metais pesados – Contaminação – Teses. I. Horn, Adolf Heinrich. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Geografia. III. Título.

CDU: 628.39 (815.1/2)

Dissertação intitulada, Concentrações de metais pesados em sedimentos fluviais de leito como sinalizadores de pressões antrópicas no entorno do Parque Nacional do Caparaó, de autoria do mestrando William Fortes Rodrigues, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Geociências da UFMG como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Análise Ambiental.

Aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Adolf Heinrich Horn- IGC/UFMG
Orientador

Prof. Dr. Antônio Pereira Guimarães Júnior - IGC/UFMG

Prof. Dr. Fábio Soares de Oliveira – IGC/UFMG

Prof. Dr. Hubert Mathias Peter Roeser – DEAMB/UFOP

Belo Horizonte, 29 de Maio de 2015.

Aos meus pais, e guias de luz,

Dedico

AGRADECIMENTOS

Em primeira ordem, agradeço ao meu pai Oxalá, pela oportunidade de existência, por me fazer compreender as etapas que passamos na vida e me dar força para colocar meus os objetivos em prática: *“Agradeço a toalha de renda de bico de meu Pai Oxalá”*.

Agradeço ao Professor Adolf Heinrich Horn pela orientação, conhecimento e paciência. Sou grato aos professores da Pós-Graduação Antônio Magalhães, Bernardo Gontijo, pelas experiências compartilhadas e ensinamentos valiosos e, em especial, ao professor Fabio Soares, por estar presente na minha trajetória acadêmica desde a graduação e, principalmente, por me inspirar a seguir o caminho da docência em Geografi

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFMG, agradeço a oportunidade de consolidação do mestrado. Agradeço ao Professor Hernando Baggio pelas contribuições em algumas análises e, também, aos técnicos de laboratório William (CPMTC-IGC/UFMG), Abraão (Lipivale/UFVJMJ) e Juliana (DRX-ICEX).

À equipe ICMBIO do Parque Nacional do Caparaó, em especial o Waldomiro, expresse minha gratidão pela recepção, presteza nas informações e pelas estadias no alojamento. Sou igualmente grato aos brigadistas pelos momentos de descontrações noturnas e pelo brilhante trabalho que dedicam ao PARNA Caparaó.

Agradeço de forma especial à Elizêne por ter sido uma “mãe” na academia, ao Wallace, pelas valiosas sugestões, compartilhamento e companhia no grupo de pesquisa e à Márcia Nunes, pela parceria na pesquisa, coletas e recepção em Vitória-ES.

Agradeço aos colegas da Pós-Graduação, em especial Leonardo e Luiza, pelos demasiados “helps”.

Aos grandes amigos Rosilene e Eude, agradeço por estarem sempre por perto, mesmo longe, e obrigado também por compreenderem a minha ausência. Aos amigos do peito Sérgio e Jessé, agradeço os ombros amigos, os momentos de incertezas partilhados e por me incentivarem a seguir até o final. Não posso ainda me esquecer do auxílio do Jessé e do Diego nos trabalhos de campo, nos dias chuvosos, frios e na subida ao Pico da Bandeira.

E, não deixando de agradecer minha família, à minha querida mãe, aos meus irmãos, ao Danilo Rodrigues e a um grande amigo e considerado como Pai, o Luciano: a eles agradeço as palavras de conforto, abraços e por acreditarem em mim.

E todos aquelas que direta e indiretamente contribuíram para a realização de mais uma importante etapa em minha vida.

A todos meu Muito Obrigado!

“Tivesse eu os tecidos adornados do céu, ornamentados com luzes d’ouro e prata...” “Os tecidos azuis, indistintos e escuros da noite, a luz e os meios-tons, espalhá-los-ia a teus pés...” Mas eu, sendo pobre, tenho apenas meus sonhos. “Espalhei-os, então, a teus pés; pisa com delicadeza, pois caminhas sobre meus sonhos.”

William Butler Yeats

RESUMO

Estudos ambientais em unidades de conservação brasileiras, sobretudo os planos de manejo, têm se desenvolvido, em sua maior parte, no interior das áreas protegidas. Em geral, não se leva em consideração as interfaces com seu entorno, constituído por áreas denominadas Zona de Amortecimento, onde ocorrem as atividades antrópicas que podem afetar a área protegida. Sob o ponto-de-vista que compreende a zona de amortecimento do Parque Nacional do Caparaó como uma unidade territorial, um estudo da situação atual das condições naturais e das atividades humanas nela desenvolvidas é oportuno porque esses fatores podem comprometer a qualidade ambiental do parque. Assim sendo, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar a influência dos fatores naturais e pressões antrópicas na zona de amortecimento do Parque Nacional do Caparaó e sua relação com a qualidade dos sedimentos fluviais. Para efetuar esse objetivo, foram amostrados sedimentos em 45 pontos no interior e nas bordas leste e oeste da zona de amortecimento durante a estação úmida. Em campo, foram determinados parâmetros físico-químicos como pH e temperatura. Em laboratório, estabeleceram-se a distribuição granulométrica, a composição mineral por DRX e a composição química total por FRX e os elementos disponíveis (Co, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb, Cd) em extratos com água deionizada e ácido HNO₃ 10%. As aberturas químicas foram feitas com forno de micro-ondas seguindo a norma método SW-846-3051 – US EPA. Os sedimentos são principalmente classificados como sedimentos arenosos com 94% de areia média, são compostos principalmente por quartzo, muscovita, argilominerais (caulinita, gibbsita), óxidos de Fe (goethita) e óxidos de titânio (anatásio e rutilo). Quanto à composição química total, os maiores teores foram óxidos de alumínio. Pelas análises de ICP-OES, foi possível determinar elevadas concentrações de Cr (236,3 mg/kg), Cu (1.270 mg/kg), Ni (41,92 mg/kg), Zn (589 mg/kg) e Pb (119,3 mg/kg), as maiores concentrações foram registradas na borda oeste do Parque. Em seguida, esses teores foram comparados com os limites estabelecidos pela resolução CONAMA nº 344/04. Os mesmos se registram a acima do nível II, são, portanto, classificados como limiar acima do qual se prevê um provável efeito adverso à biota. Os níveis elevados das concentrações obtidas possuem estreita relação com as atividades antrópicas da área de estudo, como cafeicultura, pastagem e piscicultura, sendo assim esses resultados alertam para um programa de monitoramento e um estudo mais aprofundado para área de estudo e assim propor intervenção na zona de amortecimento para que os problemas ambientais sejam erradicados.

Palavras chave: Parque Nacional do Caparaó. Unidade de conservação. Sedimentos. Metais pesados. Background. Contaminação.

ABSTRACT

Environmental studies in Brazilian protected areas, especially the management plans have been developed, for the most part, within the protected areas. In general, do not take into account the interfaces with its surroundings, made up of areas called Buffer Zone, where there are human activities that may affect the protected area. From the point of view that includes the buffer zone of Caparaó National Park is a territorial unit, a study of the current situation of natural conditions and human activities developed it is appropriate because these factors may affect the environmental quality of the park. Therefore, the main objective of this study was to evaluate the influence of natural factors and human pressures in the buffer zone of Caparaó National Park and its relation with the quality of river sediments. To make this goal, sediments were sampled at 45 points between the interior and the eastern and western edges of the buffer zone during the wet season. In the field, were determined physico-chemical parameters such as pH and temperature. In the laboratory, set up the particle size distribution, mineral composition by XRD and the total chemical composition by XRF and the available elements (Co, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb , Cd) of extracts with deionized water and 10% HNO₃ acid. The chemical opening were made with a microwave oven following the standard method SW-846-3051 - US EPA. The sediments are mainly classified as sandy sediments with 94 % of medium sand. By XRD, the sediments are mainly composed of quartz, muscovite, clay minerals (kaolinite, gibbsite), iron oxides (goethite) and titanium oxide (anatase and rutile). As for the total chemical composition, the highest levels were aluminum oxides. Through ICP-OES analysis, it was determined high point concentration of Cr (236.3 mg/kg), Cu (1.270 mg/kg), Ni (41.92 mg/kg) Zn (589 mg/kg) Pb (119.3 mg/kg), the highest concentrations were recorded west edge of the park. Then, these levels were compared with the limits established by Resolution CONAMA 344/04. They enroll the above level II, are therefore classified as threshold above which provides a likely adverse effect on the biota. The high levels of the concentrations have close relationship with human activities in the study area, such as coffee, pasture and fish, therefore these results call for a monitoring program and a further study to study area and thus facilitate the impact assessment environmental.

Keywords: Caparaó National Park. Protected area. Sediments. Heavy metals. Background. Contamination.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
1.1. Trabalhos Prévios.....	20
2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	22
2.1. Localização e acessos.....	22
2.2. Características fisiográficas	23
2.2.1. Clima	23
2.2.2. Vegetação	24
2.2.3. Solo.....	26
2.2.4. Hidrografia.....	28
2.2.5. Geomorfologia	29
2.2.6. Geologia.....	31
2.2.7. Usos do solo	34
2.2.7.1. População.....	41
3. UNIDADE DE CONSERVAÇÃO: PARQUE NACIONAL DO CAPARAÓ E AVALIAÇÃO DA ZONA DE AMORTECIMENTO	44
3.1. Unidade de Conservação	44
3.3. O Parque Nacional do Caparaó e seu entorno: Estruturação e importância da zona de amortecimento	47
3.3.1. Zona de Amortecimento	48
3.3.3. Problemas ambientais em Unidades de conservação	55
4. GEOINDICADORES AMBIENTAIS, QUALIDADE DOS SEDIMENTOS E ELEMENTOS SELECIONADOS E POTENCIALMENTE TÓXICOS	58
4.1. Geoindicador	58
4.2. Sedimentos fluviais.....	62
4.2.1. Fração Granulométrica dos sedimentos	64
4.3. Elementos potencialmente tóxicos (“metais pesados”)	65
4.3.1. Principais características dos “metais pesados”	68
4.3.1.1 Alumínio.....	68
4.3.1.2. Ferro	69
4.3.1.3. Manganês	69
4.3.1.4. Magnésio	69
4.3.1.5. Cálcio (Ca)	70
4.3.1.6. Cobalto (Co).....	70

4.3.1.7. Titânio (Ti)	70
4.3.1.8. Bário (Ba)	71
4.3.1.9. Cromo (Cr)	71
4.3.1.10. Cádmio (Cd)	71
4.3.1.11. Cobre (Cu)	72
4.3.1.12. Chumbo	72
4.3.1.13. Níquel (Ni)	73
4.3.1.14. Zinco (Zi)	73
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	74
5.1. Requisitos preliminares	77
5.1.1. <i>Autorização do ICMBio</i>	77
5.2. Elaboração dos Mapas	77
5.3. Planejamento da Pesquisa	77
5.3.1. <i>Diferenciação de Ambientes e descrição dos pontos de amostragem</i>	78
5.3.1.1 <i>Seção I – Porção Centro-Norte no núcleo do Parque, altitude mais elevada e vegetação de campos de altitude, amostragem dos pontos mais próximos às cabeceiras de drenagem das bacias</i>	78
5.3.1.2 <i>Seção II: Porção no interior do Parque entre os limites da Zona de Amortecimento, pontos com cachoeiras de atração turística, vegetação ombrófila densa.</i>	80
5.3.1.3 <i>Seção III: Porção na zona de amortecimento ao longo da borda leste do parque com pressão antrópica de cafeicultura, pastagem, silvicultura, criação de gado e pequenas propriedades rurais:</i>	81
5.3.1.3 <i>Seção IV: Porção na zona de amortecimento ao longo da borda oeste do parque com pressão antrópica de cafeicultura, pastagem, silvicultura, criação de gado, e pequenas propriedades rurais:</i>	83
5.4. Procedimentos de coleta e conservação das amostras.....	85
5.5. Preparação das amostras para o laboratório.....	86
5.5.1. <i>Secagem das amostras</i>	86
5.5.2. <i>Separação Granulométrica</i>	86
5.6. Análise química dos elementos selecionados.....	86
5.6.1. <i>Digestão Ácida das Amostras.....</i>	87
5.6.2. <i>Espectrometria de Emissão Óptica - ICP-OES.....</i>	87
5.7. Difração de Raio X	88
5.8. Fluorescência de Raio X	88
5.9. Interpretação dos Resultados.....	89
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	90

6.1. Interpretações da distribuição granulométrica nas amostras de sedimentos de fundo.....	91
6.2. Caracterização mineralógica dos sedimentos	93
6.3. Parâmetros físico-químicos da água.....	96
6.3.1. <i>Variações do potencial Hidrogeniônico (pH)</i>	96
6.3.2. <i>Temperatura (°C) da água dos locais de amostragem.....</i>	98
6.4. Composição química total dos sedimentos.....	99
6.4.1. <i>Ferro, Manganês, Alumínio e Silício.</i>	99
6.4.2. <i>Cálcio, Titânio, Potássio, Fósforo, Zircão e Enxofre</i>	100
6.5. Concentração e distribuição dos elementos selecionados (Co, Cr, Cu, Pb, Zn, Ni) obtidos por ICP-OES	103
6.5.1. <i>Concentrações de Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu na Seção I.....</i>	103
6.5.2. <i>Concentrações de Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu na Seção II</i>	105
6.5.3. <i>Concentrações de Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu na Seção III:.....</i>	107
6.5.4. <i>Concentrações de Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu na Seção IV:.....</i>	110
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	117
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
ANEXO A: MAPAS COM AS CONCENTRAÇÕES DOS ELEMENTOS ANALISADOS	138
ANEXO B: CONCENTRAÇÕES (mg/kg) DE METAIS PESADOS EM SEDIMENTOS POR MEIO DE DIGESTÃO EM ÁCIDO NÍTRICO.....	144
ANEXO C: CONCENTRAÇÕES (mg/kg) DE METAIS PESADOS EM SEDIMENTOS POR MEIO DE DIGESTÃO EM ÁGUA DEIONIZADA	146
ANEXO D: CONCENTRAÇÕES DOS ELEMENTOS DETERMINADOS POR FLUORESCENCIA DE RAIOS X	148
ANEXO E: PARAMETROS FISICOS QUIMICOS DA ÁGUA.....	150

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1: Mapa de Localização do Parque Nacional do Caparaó entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo indicando também os municípios que pertencem à zona de amortecimento..... 23
- FIGURA 2: Gráfico de pluviosidade e temperatura média para a região do município de Caparaó entre os anos de 1973 a 2013. Fonte: (INMET, 2014)..... 24
- FIGURA 3: Observa-se a mata ripária no PARNA Caparaó no córrego Pedra Roxa..... 25
- FIGURA 4: Vegetação típica localizada para os vales e entre escarpas a 1.300 m de altitude aproximadamente no PARNA Caparaó na porção capixaba..... 25
- FIGURA 5: Vegetação de campo de altitude a aproximadamente 2.380 metros de altitude, próximo ao Pico da Bandeira. 26
- FIGURA 6: Exemplo de uma turfeira de altitude com Organossolos localizado a, aproximadamente, 2.400 m de altitude no PARNA Caparaó..... 27
- FIGURA 7: O mapa mostra as principais redes de drenagem formadas no Parque Nacional do Caparaó, bem como as bacias hidrográficas: Rio Doce, Rio Itapemirim e Rio Itabapoama..... 29
- FIGURA 8: A foto mostra um relevo típico do PARNA Caparaó com escarpas íngremes e topos aguçados..... 30
- FIGURA 9: Modelo Digital de Terreno mostrando a diferença abrupta do relevo do PARNA Caparaó. Fonte: Nunes (2013). 31
- FIGURA 10: Mapa geológico da região da Serra do Caparaó com áreas vizinhas. Fonte: Horn *et al.* 2006..... 34
- FIGURA 11: Vista do Mirante do PARNA Caparaó MG (1.500m): observam-se plantações de café nas colinas do município de Alto Caparaó. A área florestal se encontra no parque, não sendo possível ver nesta figura áreas de APP'S. Ainda nas colinas, os topos com maior vegetação constituem silvicultura. 35
- FIGURA 12: Plantação de café nos arredores de Alto Caparaó. Observa-se o replantio e a técnica de capina. Há nas áreas solo exposto, visíveis mais ao fundo da fotografia, áreas desmatadas e o limite distinto entre a mata secundária/primária e as plantações de café. 37
- FIGURA 13: Área de re-plantio de café em curva de nível em área de alta inclinação. Observa-se e o solo exposto, facilitando a erosão superficial e o aparecimento de sulcos e ravinas. 38
- FIGURA 14: Produto em fase de teste de aplicação no cafezal de uma fazenda em Alto Caparaó/MG. Este agrotóxico utilizado neste plantio é um fungicida sistêmico, usado em pulverizações preventivas, para o controle de doenças da parte aérea do café. O produto é classificado como Muito Perigoso ao Meio Ambiente (CLASSE II), sendo altamente tóxico para organismos aquáticos. 40
- FIGURA 15: Empreendimento localizado no interior do PARNA Caparaó em Ibitirama/ES. Os tanques são utilizados para criação de trutas. Além de estar localizado dentro de uma UC, toda a água é captada de nascentes do Parque. 41

FIGURA 16: Gráfico da população dos municípios pertencentes ao PARNA Caparaó. Fonte: IBGE (2010).....	42
FIGURA 17: Gráfico da evolução da população Rural e Urbana dos municípios localizados na Zona de Amortecimento-PARNA Caparaó MG/ES. Fonte IBGE (2010).	43
FIGURA 18: Limite de 10 km estabelecido pela Resolução CONAMA 13/90 no PARNA Caparaó. A linha amarela representa o limite estabelecido pelo Parque; a linha vermelha o raio de 10 km estabelecido pela legislação definindo a zona de amortecimento do Parque.	53
FIGURA 19: Arcabouço Pressão- Estado- Resposta. Fonte: OCDE, (1993).....	61
FIGURA 20: Esquema geral do projeto metodológico. Diagrama demonstrativo dos procedimentos e atividades realizadas durante as diferentes etapas do projeto.	74
FIGURA 21: Mapa com todos os pontos de amostragem na área de estudo.	76
FIGURA 22: Mapa com a localização dos pontos de amostragem da Seção I, no interior do PARNA Caparaó.....	79
FIGURA 23: Mapa com a localização dos pontos de amostragem da Seção II, dentro do PARNA Caparaó.....	80
FIGURA 24: a, b, c, d, e, f: Concentrações dos elementos traços Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu obtidas por digestão em HNO ₃ e água deionizada nas amostras de sedimentos do Parque Nacional do Caparaó.	82
FIGURA 25: Mapa com a localização dos pontos de amostragem da Seção IV, da borda oeste na zona de amortecimento do PARNA Caparaó.....	84
FIGURA 26: Distribuição granulométrica das amostras de sedimentos de fundo coletadas em riachos do PARNA Caparaó. Não há grande variação na distribuição de frações granulométricas entre os diferentes locais de amostragem.	91
FIGURA 27 a e b: a) O mapa mostra a distribuição percentual da fração areia média (0,250mm) nos sedimentos. b) O mapa mostra a distribuição da fração silte grosso (< 0,063mm) nas amostras dos mesmos pontos. Observa-se que os pontos P1 e P10 localizam-se fora do limite do parque (zona de amortecimento), que são em áreas com baixas altitudes, explicando a grande acumulação de sedimentos mais finos.	92
FIGURA 28 a e b: Ocorrência de quartzo e muscovita nos sedimentos na área de estudo. a) Grãos de quartzo ocorrem em todos os pontos em quantidade variada. b) Plaquinhas de muscovita ocorrem somente nas amostras P5, P17, P18, P28, P29, P30, P31, P33, P34, P35 e P36, que podem ser conectadas a ocorrências de granitoides e rochas pegmatoides.	93
FIGURA 29 a e b: Ocorrência de anatásio e rutilo em sedimentos da área de estudo. a) Anatásio ocorre nas amostras: P1, P2, P26, P30, P31, P32, P33, P34, P35, P36, P37, P39, P40. b) O rutilo com maior distribuição entre os pontos, sendo as amostras: P1, P10, P12, P14, P15, P16, P18, P33, P25, P27, P28, P41.....	94
FIGURA 30: Ocorrência de caulinita e ilita em sedimentos na área de estudo. a) Presença de caulinita em maior proporção na porção oeste e em quatro pontos na porção leste, sendo os pontos: P14, P15, P16, P17, P18, P25, P26, P27, P28, P29, P30, P31, P32, P33, P36, P37, P39, P40, P41. b) Ilita na porção leste somente nas amostras: P14, P15, P16 e P17.....	95

FIGURA 31: ocorrência de gibbsita e goethita em sedimentos da área de estudo. a) A gibbsita foi determinada nos pontos de amostragem: P3, P4, P5, P7, P9, P11, P12, P13, P21, P22, P23, P24 e PN3. b) A goethita registrou-se principalmente nos pontos menos elevados do parque nas amostras: P1, P2, P10, P12, P14, P15, P16, P17, P18, P25, P26, P27, P28, P29, P30, P31, P32, P33, P34, P35, P36, P37, P39, P40.	96
FIGURA 32 a e b: Valores de pH da água dos locais da coleta dos sedimentos. a) Figura com a localização e a distribuição dos valores de pH no PARNA Caparaó. b) Gráfico com a variação dos valores de pH da água dos pontos de amostragem.	97
FIGURA 33 a e b: Distribuição da temperatura superficial da água nos locais da coleta de sedimentos. a) Figura com a localização e distribuição dos valores de pH no PARNA Caparaó. b) Gráfico com a variação dos valores de pH da água dos pontos de amostras.	98
FIGURA 34 a, b, c e d: Concentrações dos óxidos Al ₂ O ₃ , SiO ₂ e MnO, nas amostras de sedimentos da área de estudo. Os valores de a, b, c, e d apresentam resultados em porcentagem.	99
FIGURA 35 a, b, c, d, e, f: Gráficos com concentrações dos elementos maiores cálcio e titânio, potássio, zircão, fósforo e enxofre obtidas na determinação da composição química de sedimentos por FRX. Resultados em porcentagem.	101
FIGURA 36 a, b, c, d, e, f: Concentrações dos elementos traços Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu obtidas por digestão em HNO ₃ e água deionizada, nas amostras de sedimentos do Parque Nacional do Caparaó.	104
FIGURA 37: a, b, c, d, e, f: Concentrações dos elementos traços Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu obtidas por digestão em HNO ₃ e água deionizada nas amostras de sedimentos do Parque Nacional do Caparaó.	107
FIGURA 38: a, b, c, d e f: Concentrações dos elementos traços Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu obtidas por digestão em HNO ₃ e água deionizada nas amostras de sedimentos da borda leste do Parque Nacional do Caparaó.	108
FIGURA 39: Localização do ponto de amostragem P20 na região Iúna-ES. Nota-se que nas vertentes e colinas há a cafeicultura e entre o plantio está o rio. Fonte: Google Earth 2014. Em destaque de vermelho estão as plantações de café.	109
FIGURA 40: a, b, c, d, e, f: Concentrações dos elementos traços Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu obtidas por digestão em HNO ₃ e água deionizada nas amostras de sedimentos do Parque Nacional do Caparaó.	111
FIGURA 41: Localização do ponto de amostragem P2 na região de Pedra Menina ES. Nota-se que nas vertentes e colinas do distrito há a cafeicultura e entre o plantio e a urbanização está o rio. Fonte: Google Earth 2014. Em destaque de vermelho são as plantações de café; em amarelo o distrito de Pedra Menina.	112
FIGURA 42: Gráfico da variação das concentrações de cobre e zinco nas amostras dos sedimentos do PARNA Caparaó evidenciando a semelhança na distribuição dos teores dos dois elementos.	113
FIGURA 43: Mapa de uso do solo na zona de amortecimento do PARNA Caparaó, modificado, destacando as áreas de cafeicultura no entorno do Parque, onde foram coletadas as amostras de sedimentos.	115

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Principais problemas ambientais e relação com o uso do solo do PARNA Caparaó.....	37
TABELA 2: Número e área total das diferentes categorias de unidades de conservação estaduais e federais no Brasil em 2005.....	45
TABELA 3: Escala de classificação granulométrica segundo Wentworth (1922).	64
TABELA 4: Valores-guia estabelecidos pelo “Canadian Council of Ministers of the Environment” TEL e PEL.	67
TABELA 5: Descrição dos pontos de amostragem- Seção I.....	79
TABELA 6: Descrição dos pontos de amostragem- Seção II.	81
TABELA 7: Descrição dos pontos de amostragem- Seção III.....	82
TABELA 8: Descrição dos pontos de amostragem- Seção IV.....	84
TABELA 9:Valores orientadores previamente estabelecidos pelo Conama 344/04....	103
TABELA 10: Comparação das concentrações dos elementos das rochas com elementos de análise total dos sedimentos por FRX. Dados de rochas de Novo et al. (2010).	105
TABELA 11: Tipo de produto disponível e elementos existentes em fertilizante utilizados pela cooperativa de agricultores no ES.	113

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
APA - Área de Proteção Ambiental
ARIE - Área de Relevante Interesse Ecológico
CCME - Canadian Council of Ministers of the Environment
CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRM - Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais
CPMTC - Centro de Pesquisa Manoel Teixeira da Costa
Cwb - clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado
DRX - Difração de Raio X
FRX – Florescência de Raio X
GPS - Global Positioning System
IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
IBC – Instituto Brasileiro do Café
IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICEX – Instituto de Ciências Exatas
ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
ICP-OES - Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectroscopy
IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IGC - Instituto de Geociências
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia
IUCN – Internacional Union Of Pure And Applied Chemistry
IUPAC – Internacional Union Of Pure And Applied Chemistry
MMA - Ministério do Meio Ambiente
NBR - Normas Brasileiras de Regulamentação
NNE - North- northeast
NNE-NE- North-northeast-Northeast
NNE-SSW - North-northeast- South-southwest
OMEE - Ontário Ministry of the Environment and Energy
ONG - Organizações não Governamentais
PARNA - Parque Nacional do Caparaó
PEL- Probable Effect Level
RDS - Reserva de Desenvolvimento Sustentável
SISBIO – Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade
SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SGE – Serviço Geográfico do Exército
SRTM – Shuttle Radar Topographic Mission
TEL - Threshold Effect Level
UC - Unidade de Conservação
UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais
UFVJM - Universidade Federal do Vale Jequitinhonha e Mucuri

US EPA- United States. Environmental Protection Agency

USGS - United States Geological Survey

ZA – Zona de Amortecimento

ZAUC - Zona de Amortecimento da Unidade de Conservação

1. INTRODUÇÃO

É objeto de preocupação da Geografia de hoje conhecer cada dia mais o ambiente natural de sobrevivência do homem, bem como entender o comportamento das sociedades humanas, suas relações com a natureza e suas relações socioeconômicas e culturais. É, portanto de interesse da Geografia apreender como cada sociedade humana estrutura e organiza o espaço físico-territorial em face das imposições do meio natural, de um lado, e da capacidade técnica, do poder econômico e dos valores socioculturais, de outro (ROSS, 1994, p.16).

A transformação do espaço natural pelas atividades antrópicas, quando realizada indiscriminadamente, pode ocasionar a degradação da qualidade ambiental e a redução dos recursos naturais. Essa degradação ocorre em um contexto em que o avanço tecnológico e as relações sociais, econômicas e políticas que dele decorrem, possuem mais força do que as vozes e ações pontuais em busca da preservação ambiental. Isso se torna cada vez mais preocupante, pois a demanda por recursos cresce em um ritmo superior ao ciclo natural, o que, em longo prazo, necessariamente leva ao esgotamento destes e ao agravamento dos impactos sobre o meio, tais como a poluição do ar e das águas. Neste contexto, a análise ambiental pode contribuir com diagnósticos das reais situações em que se encontram o meio ambiente face às intervenções humanas. Para tanto, é preciso compreender o homem como ator social das modificações e analisar sua relação com a natureza.

Em relação ao uso intensivo dos recursos naturais e a necessidade de proteger áreas com potencialidades naturais, foram criadas as Unidades de Conservação no Brasil. As Unidades de Conservação são espaços territoriais com recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais (com características naturais relevantes), legalmente instituídos pelo Poder Público, possuem objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (MMA, 2000). Para garantir e atingir esse objetivo, nessas unidades as atividades humanas são proibidas ou restritas, sobretudo nas Unidades de Proteção Integral.

Como medida de proteção à unidade, foram criadas as Zonas de Amortecimento, áreas com atividades antrópicas que ocorrem no entorno da UC. Sendo assim, é necessário que essas atividades sejam controladas e monitoradas com a finalidade de reduzir e evitar impactos/pressões nas unidades de conservação, uma vez que estão expostas aos chamados

vetores de pressão, pois o uso e a ocupação do solo em seu entorno gera algum tipo de pressão (MARTINS *et al.* 2013).

De acordo com Martins *et al.* (2013), os vetores de pressão são ações antrópicas no meio ambiente (positivas ou negativas), normalmente associadas às atividades socioeconômicas, como urbanização acelerada; especulação imobiliária e turística; desmatamentos ligados a áreas de pastos e cultivo; invasões e assentamentos irregulares (problemas fundiários) e, por fim, precariedade das condições de saneamento. Essa afirmação contesta a ideia de que uma área especialmente protegida seria capaz de conter, de forma eficaz, as agressões antrópicas.

Em se tratando do PARNA Caparaó localizado na região sudeste do Brasil entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo, existem atividades antrópicas em seu interior, o que cria focos pontuais de pressão. Isso porque, antes de se tornar uma UC, a área do Parque era ocupada por propriedades rurais basicamente voltadas para atividades de agricultura familiar e pastagem. Com a criação do Parque Nacional, nem todas as propriedades foram indenizadas e retiradas do seu interior. Dessa forma, além das atividades na zona de amortecimento, existem ainda algumas no interior do Parque.

De acordo com o gestor do parque, “*a preocupação atual está no núcleo do mesmo (qualidade da água, controle das queimadas) e não na zona de amortecimento*”. No entanto, a literatura e a legislação do SNUC (2000) e CONAMA 13/90 (1990) indicam que devem existir programas de intervenção entre a UC e a zona de amortecimento por meio de um plano de manejo.

Um estudo realizado por Oliva e Magro (2004) aponta que o PARNA Caparaó não aborda questões sobre o entorno e não possui programas de manejo para o mesmo. Diante deste problema os mesmos autores citam que:

O fato do entorno não ter sido destacado nos Planos de Manejo no período anterior aos anos de 1980, pode estar ligado a dois fatores principais: a pressão no entorno não ser suficiente a ponto de ser considerada um problema de manejo relevante; a metodologia para a elaboração de Planos de Manejo do IBDF não contemplar um diagnóstico mais detalhado do entorno. Os primeiros planos realizados nos anos de 1970 pouca ou nenhuma menção fizeram aos impactos advindos do entorno sobre as Unidades. O foco das análises estava voltado para o interior da Unidade. Além disso, não havia a Resolução 13/90 que, de certa maneira, passou a ser um motivo legal para a inclusão do entorno nas análises realizadas nos Planos de Manejo.

Embora, conforme ressaltam os autores acima, não exista um plano de manejo atualizado, há um em fase final de elaboração e que poderá contemplar a zona de

amortecimento, uma vez que problemas como a questão fundiária e o uso indiscriminado de agrotóxicos estão gerando impactos ambientais.

Dessa forma, o estudo ambiental na zona de amortecimento do PARNA Caparaó – tendo em vista a pressão do uso do solo pela cafeicultura, pastagem e parcelas de silvicultura, atividades essas responsáveis não só pelo desmatamento, como também pelo uso de agroquímicos – poderá ser indicado pela análise da concentração de elementos potencialmente tóxicos por meio dos sedimentos de fundo. O estudo em análise ambiental envolvendo os sedimentos tem ocorrido com mais frequência, pois a avaliação por métodos analíticos permite apontar a assinatura geoquímica de locais específicos nas escalas histórica e geológica e tempo, o que torna possível identificar as condicionantes antropogênicas, já que os sedimentos também cumprem uma função na regulação da qualidade da água por sua capacidade de reter e liberar poluentes (GOLTERMAN, 1983).

Sendo assim, este estudo tem como objetivo principal avaliar a influência dos fatores naturais e das pressões antrópicas na zona de amortecimento do Parque Nacional do Caparaó MG/ES e a qualidade dos sedimentos fluviais como indicador/sinalizador da qualidade ambiental da área.

São objetivos específicos deste trabalho:

- Identificar as pressões antrópicas relacionadas às concentrações dos elementos potencialmente tóxicos e derivados das atividades humanas (uso e ocupação do solo);
- Determinar a composição química e mineralógica dos sedimentos de fundo;
- Realizar análises para quantificação dos seguintes elementos determinados pela legislação CONAMA 344/04 nos sedimentos: Cr, Cu, Co, Ni, Pb e Zn;
- Espacializar as informações, gerando mapas dos níveis de contaminação por elementos potencialmente tóxicos.

Este estudo busca contribuir com as pesquisas realizadas no PARNA Caparaó, dialogando com elas para, assim, estimar a qualidade ambiental da sua zona de amortecimento. Sua relevância do ponto de vista social e acadêmico se justifica principalmente se for levada em consideração a carência de estudos com focos em elementos potencialmente tóxicos em unidades de conservação. Este estudo dá continuidade à pesquisa de Nunes (2013) sobre a qualidade da água, na qual foi demonstrado que todos os resultados de análises estão abaixo das concentrações definidas pela legislação ambiental vigente. No entanto, os resultados levantados nesta pesquisa

(destinada à análise da qualidade dos sedimentos) indicam as pressões do uso do solo e elementos que estão acima do limite estabelecido pela legislação. Desta forma, este estudo atesta que os sedimentos possuem a capacidade de estocar elementos tóxicos e a partir daí, pode-se deduzir que são mais representativos para avaliações ambientais, pois, além do contexto atual e transitório, refletem o histórico de contaminação, seja de ordem natural ou antrópica. Espera-se, ainda, que as informações possam contribuir com a gestão do Parque, possibilitando o direcionamento de ações no Plano de Manejo que incluam, por exemplo, um programa de monitoramento ambiental na zona de amortecimento do mesmo.

1.1. Trabalhos Prévios

Dentre os trabalhos já desenvolvidos na região, Gobbo (2013), que efetuou um estudo que caracterizou as propriedades rurais inseridas na zona de amortecimento do PARNA Caparaó. O trabalho teve como objetivo mapear as práticas de uso da terra e do fogo, bem como conhecer a percepção dos agricultores quanto ao espaço natural e à Unidade de Conservação.

Nunes (2013), realizou um estudo visando determinar as concentrações de elementos selecionados (Al, Ba, Ca, Cd, Cr, Cu, Co, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Ti, Zn) e os parâmetros existentes nos fluxos de água superficial dos córregos da região do Parque Nacional do Caparaó, a fim de avaliar os fatores naturais e antropogênicos que influenciam nas propriedades destes elementos.

Machado (2012) realizou levantamento florístico e o tratamento taxonômico das espécies de *Bromeliaceae* no Parque Nacional do Caparaó, tomando como foco uma área de campo de altitude inserida numa matriz florestal de Mata Atlântica com o objetivo de entender os padrões na distribuição das espécies de *Bromeliaceae* nas serras do sudeste do Brasil e avaliar a influência das variáveis climáticas na composição de espécies.

Rodrigues (2011) estudou as características micromorfológicas de dois perfis de solo do PARNA Caparaó-MG e os atributos físico químicos e mineralógicos dos solos de duas topossequências, em dois parques nacionais, Caparaó e Itatiaia, estabelecendo as relações entre pedogênese, as variações litoestruturais, a morfologia e a cobertura vegetal.

Drumond (2009) efetuou um estudo para aplicar no projeto Fundo de Investimento para Proteção da Mata Atlântica, que teve como objetivo maior garantir que as UC's cumpram as funções para as quais foram criadas. Além disso, o projeto destaca, também,

ações a serem implementadas não somente nas unidades de conservação, mas nas suas zonas de entorno.

Carmo (2009) efetuou um estudo de caso em uma comunidade de agricultores do entorno do PARNA Caparaó a fim de apontar a contribuição da etnopedologia para o planejamento das terras para alcançar o objetivo. A pesquisa se desenvolveu em quatro momentos principais: a identificação dos solos da comunidade; a avaliação da aptidão agrícola; a estratificação dos ambientes segundo os agricultores e o cruzamento da estratificação com a aptidão agrícola.

Cunha (2006) investigou a lógica da atuação entre as instituições que atuam no PARNA Caparaó e no seu entorno, bem como a incidência delas sobre a população e a forma como a população se relaciona com essas instituições, especificamente, nos municípios de Manhumirim, Alto Caparaó e Espera Feliz, situado em Minas Gerais

Oliveira (2006) elaborou um diagnóstico em nível de paisagem de fragmentos florestais e identificação das eventuais ocorrências de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente, realizado no entorno do Parque, em áreas pertencentes aos municípios de Alto Jequitibá, Alto Caparaó e Espera Feliz.

2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Neste capítulo são apresentados os principais aspectos fisiógrafos da área de estudo, que são fundamentais para compreender a relação dos aspectos naturais com os sedimentos fluviais. Isso porque suas características, sejam elas geológicas ou pedológicas, podem estar interligadas com a área fonte, bem como com as condições de temperatura influenciada não só pelas variações climáticas locais, mas também pelo relevo marcado, altitudes elevadas e, ainda, pela vegetação que atua na disponibilidade de matéria orgânica e com o controle das condições do pH da água. Não menos importante, o uso do solo e as pressões que exercem no meio podem influenciar diretamente ou indiretamente na distribuição e concentração de elementos nos sedimentos fluviais.

2.1. Localização e acessos

O Parque Nacional do Caparaó localiza-se a cerca de 380 km a leste de Belo Horizonte – MG, e de 250 km ao oeste de Vitória – ES. O acesso à região por Belo Horizonte é feito através da BR-262 e BR-381, e, pelo lado capixaba, dá-se pela BR-262 e ES-482.

Seu território faz divisa com o estado de Minas Gerais e Espírito Santo (Fig. 1). O parque é limitado pelos municípios de Alto Caparaó, Alto Jequitibá, Espera Feliz, Caparaó, localizados no Estado de Minas Gerais e Divino de São Lourenço, Dores do Rio Preto, Irupi, Iúna e Ibitirama, localizados no Espírito Santo, Estado onde aproximadamente 70% das terras do parque estão concentradas (IBAMA, 2005). Esses municípios possuem características em comum como a agropecuária principal atividade econômica da região (IBDF, 1981).

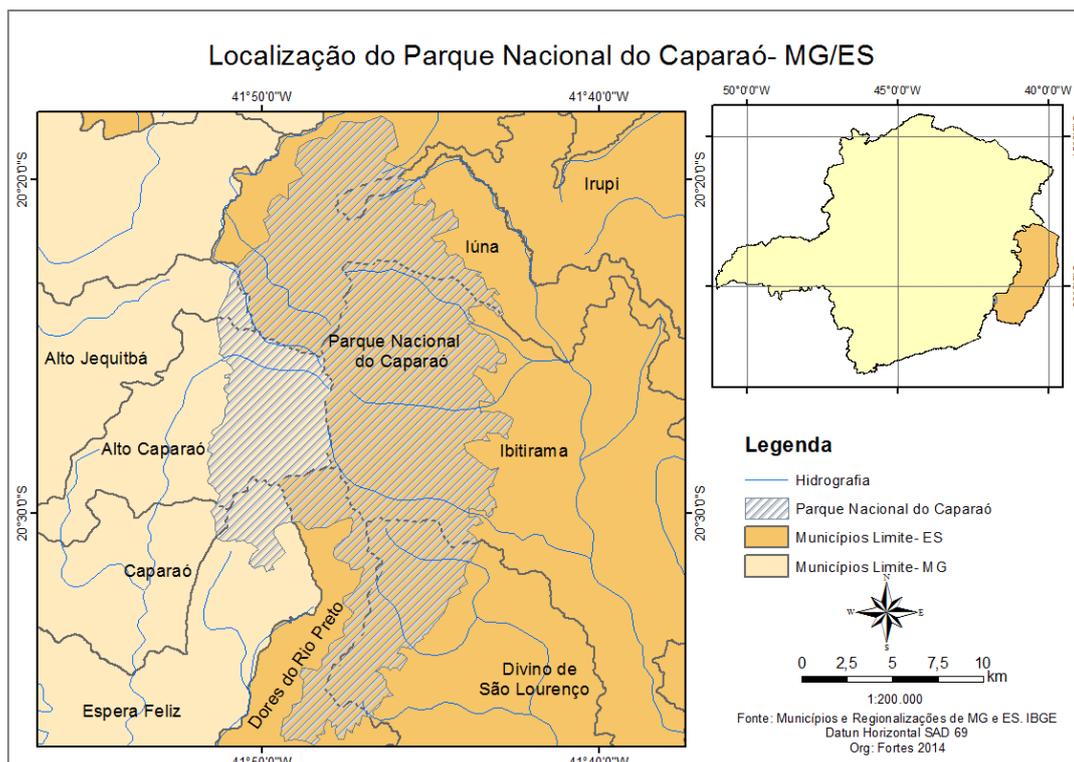


FIGURA 1: Mapa de Localização do Parque Nacional do Caparaó entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo indicando também os municípios que pertencem à zona de amortecimento.

2.2. Características fisiográficas

2.2.1. Clima

O clima predominante da região é o tropical de altitude (Cwb). A região possui temperaturas amenas, com médias anuais entre os 19°C e os 22° C. A máxima absoluta atinge os 36°C e a mínima absoluta, nos picos mais altos do Parque, pode chegar a 4°C negativos. Alguns pontos das partes mais elevadas do Parque são considerados os lugares mais frios do Brasil, com temperaturas que podem variar de 25°C a 10°C, sendo que, no inverno, as cotas acima de 2.000 m registram queda de geada e temperaturas de -4°C (IBAMA, 1997).

Quanto aos dados pluviométricos, a maior parte do Parque apresenta concentração da precipitação no trimestre de novembro a janeiro, com o restante das chuvas distribuído igualmente pelo ano (Fig. 2). Existe uma oscilação entre 1.000 mm a 1.500 mm. A umidade do ar na região apresenta uma média de 80% ao ano (CPRM, 2003). A figura 2 demonstra a média da precipitação na região. No período de novembro a dezembro, são os meses preferenciais para aplicação de abudos na plantação de café.

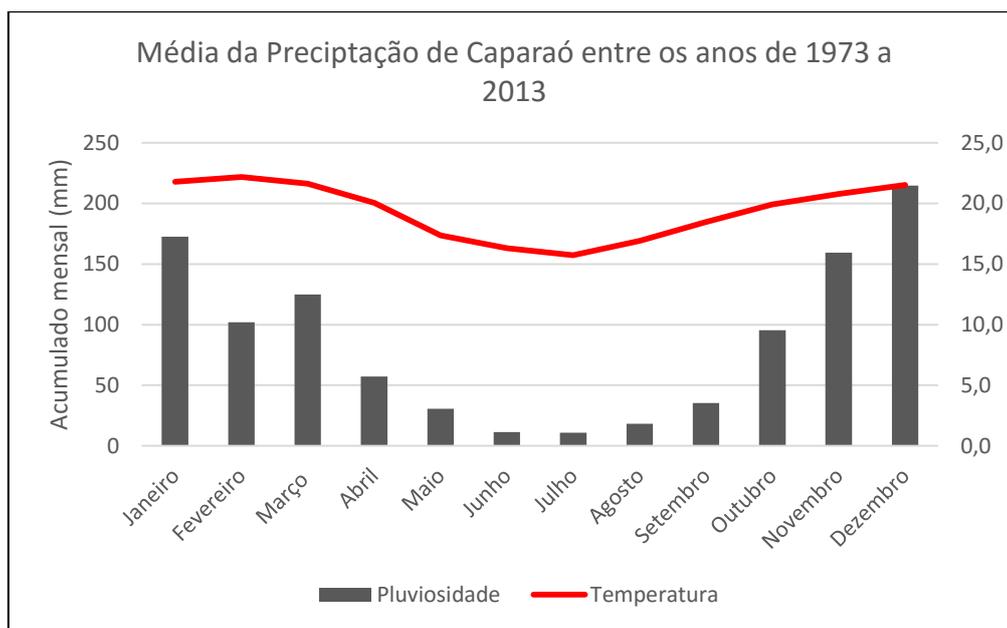


FIGURA 2: Gráfico de pluviosidade e temperatura média para a região do município de Caparaó entre os anos de 1973 a 2013. Fonte: (INMET, 2014).

2.2.2. Vegetação

A área de estudo é pertencente ao Domínio da Mata Atlântica com predominância de Floresta Ombrófila Densa e vegetação rupícola típica dos campos de altitude (OLIVEIRA-FILHO *et al.*, 2006; MAZINE e SOUZA (2008, p.58). De acordo com a altitude e proximidade de curso de água pode-se identificar dentro da fisionomia Floresta Ombrófila Densa três tipos de ambientes:

- I. As matas ripárias, entre 900 a 1.300 m de altitude beirando os cursos de água pedregosos e encachoeirados (Fig. 3). Apresentam grande umidade, dossel superior a 20 m, sub-bosque denso;

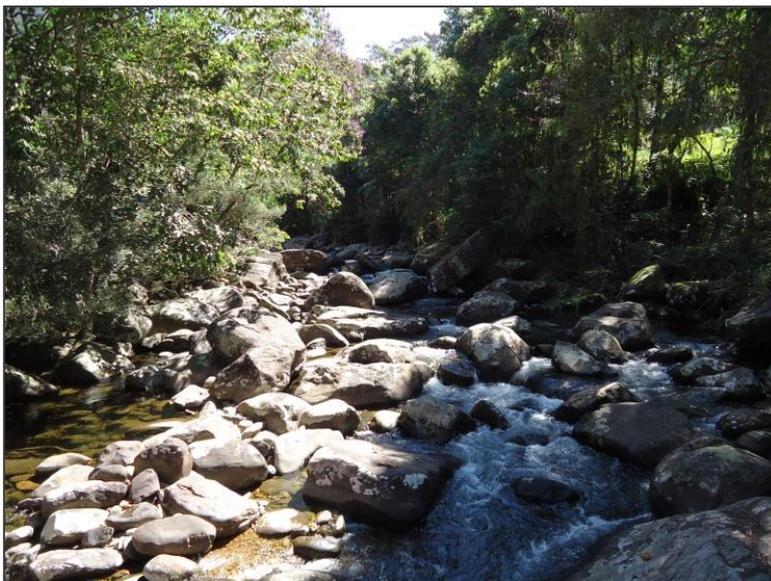


FIGURA 3: Observa-se a mata ripária no PARNA Caparaó no córrego Pedra Roxa.

- II. As matas de encosta, entre 1.350 a 1.500 m de altitude, cobrindo os vales encaixados de encostas íngremes (Fig. 4). Apresentam dossel com cerca de 15m de altura, sub-bosque menos denso (IBDF, 1981);

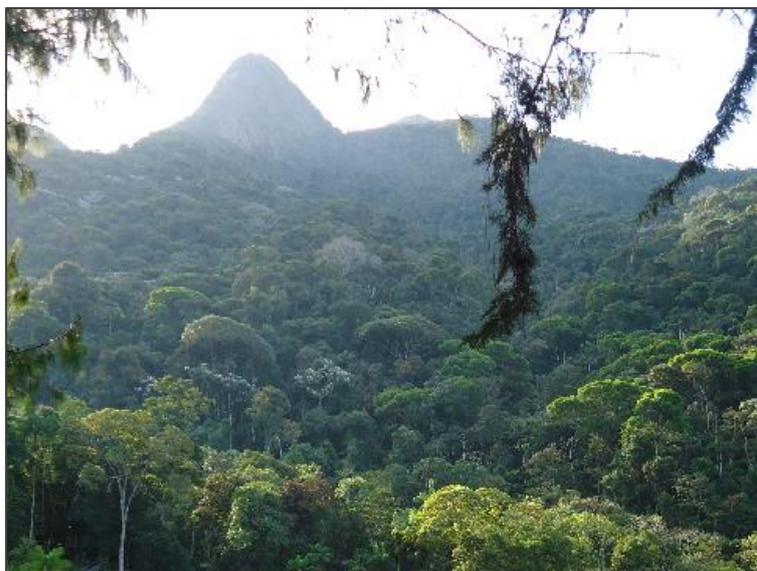


FIGURA 4: Vegetação típica localizada para os vales e entre escarpas a 1.300 m de altitude aproximadamente no PARNA Caparaó na porção capixaba.

- III. Matas nebulares, entre 1.500 a 1.900 m de altitude, representam a transição para as formações campestres (Fig. 5). Apresentam espécies arbóreas, arbustiva com troncos finos, folhas miúdas e coriáceas, grande diversidade de epífitas, e não há

formação de dossel e estratificação definidos (VELOSO *et al.*, 1991; OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2006).



FIGURA 5: Vegetação de campo de altitude a aproximadamente 2.380 metros de altitude, próximo ao Pico da Bandeira.

As áreas florestais do Parque são de formação secundária, tendo sido alteradas pela ação do fogo, extração de madeiras nobres e desmatamento. A ocorrência de mata primária é restrita aos locais com difícil acesso, especialmente devido à formação de vales íngremes e relevo escarpado (IBAMA, 2011).

A porção voltada para o leste (Espírito Santo) possui florestas em estágio mais avançado de regeneração e, além disso, mais úmidas, devido à retenção da água das massas de ar úmido vindas do mar que se condensam em suas escarpas (IBAMA, 1996).

2.2.3. Solo

Os tipos de solo da região do Parque variam de acordo com a altitude, substrato e pluviosidade, Segundo Lani *et. al.* (2001, p. 252, na base do Pico da Bandeira predominam os Cambissolos Distróficos associados ao Latossolos Vermelhos Distróficos, em relevo montanhoso a forte ondulado. Em cotas mais elevadas predominam afloramentos rochosos associados ao Cambissolos distróficos com relevo predominantemente escarpado.

Em um estudo realizado por Rodrigues (2011), constatou-se que a pedogênese na área do PARNA Caparaó é influenciada pela vegetação, topografia (posição na paisagem) e pelas feições lito-estruturais. Por consequência formaram-se de solos rasos como Neossolos Litólicos Húmicos, até solos profundos como o Latossolo Amarelo Distrófico

Húmico e, em vales estruturais suspensos, a formação de turfeiras de altitude com Organossolos quimicamente muito pobres (DIAS *et al.*, 2002; SCHAEFFER e SIMAS, 2007; BRANDÃO *et al.*, 2009) (Fig. 6).

De um modo geral solos característicos de regiões como a área de estudo são rasos, arenosos, pobres em nutrientes e ricos em ferro e alumínio trocáveis (VOLKOFF *et al.*, 1994, BENITES *et al.*, 2001). Em virtude das condições adversas do meio, os organismos apresentam adaptações morfológicas e fisiológicas para resistir à deficiência hídrica e nutricional.

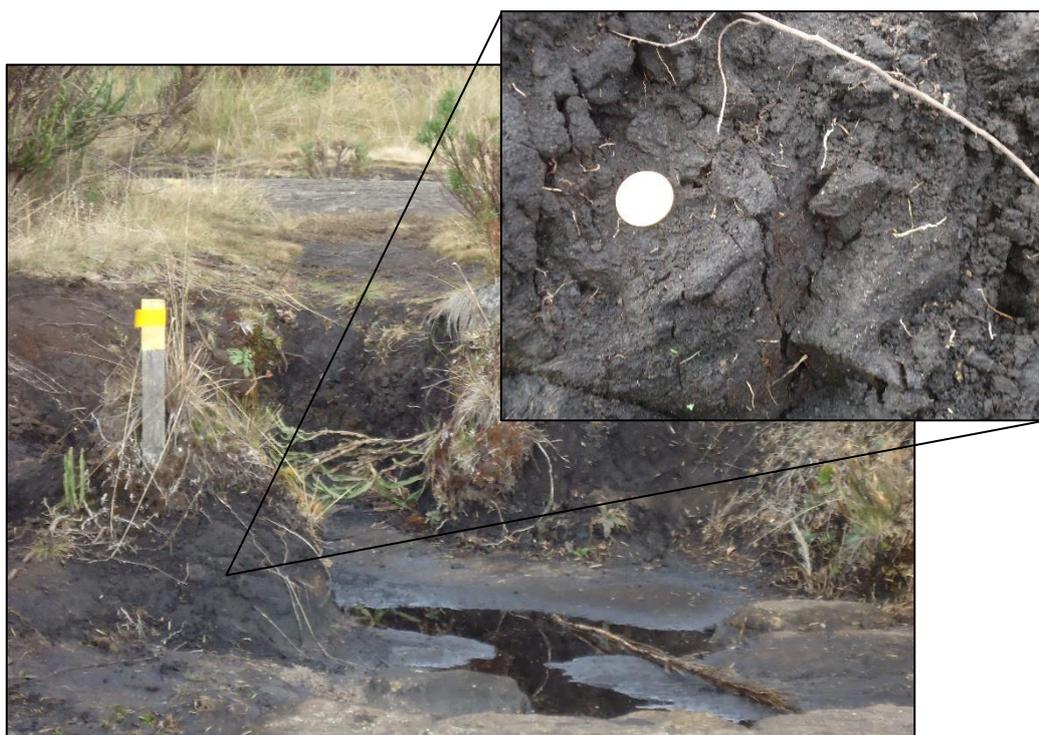


FIGURA 6: Exemplo de uma turfeira de altitude com Organossolos localizado a, aproximadamente, 2.400 m de altitude no PARNA Caparaó.

Quanto à formação dos Organossolos, a matéria orgânica se acumula em virtude da condição desfavorável ao ataque por microorganismos. A falta de nutrientes e a toxidez por alumínio causam a redução das taxas de decomposição promovendo seu acúmulo. Isso pode também ser justificado pelas condições de baixa temperatura e alta umidade, como nas porções mais elevadas (acima de 2000m), ou quando, por controle estrutural, são formados ambientes mais hidromórficos favoráveis ao acúmulo de matéria orgânica, ocorrendo os Organossolos (BENITES, 2001).

Em relação aos Neossolos Litólicos Húmicos, Benites (2001) cita que são solos predominantes nos complexos rupestres de altitude. Nas formações rupestres, estes solos

ocorrem na forma de um horizonte A húmico diretamente assentado sobre a rocha, sendo classificados como Neossolos Litólicos Húmicos. Os Neossolos Liotólitos Húmicos típicos, de acordo com Rodrigues (2011), são localizados em áreas de morfogênese acentuada (Mosaico de Serra, Cristas e Pontões) e com forte dissecação em detrimento da pedogênese mais lenta.

Os Latossolos Amarelo Distrófico húmico predominam às encostas montanhosas ravinadas, cujo ambiente aponta boa retenção de água em relação aos demais solos. Rodrigues (2011) caracteriza-os como oligrotóxicos, associados ao profundo grau de intemperismo da rocha (migmatito).

2.2.4. Hidrografia

O principal divisor de água do Parque é formado pelos Picos Três Lagoas e dos Calçados cuja linha de crista é seguida pela divisa entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo.

Devido à extensão do PARNA Caparaó e ao relevo íngreme e escarpado, os vales profundos contribuem para a drenagem para as principais bacias: Bacia do Itabapoana, RJ, Bacia do Itapemirim, ES, e Bacia do Rio Doce, MG (Fig. 7). Estima-se que o Parque possua mais de 1000 nascentes em sua área total (IBAMA, 2011).

Na parte oeste, nascem rios que contribuem para a bacia do Rio Itabapoana. Nessa porção, ao sudeste e sul formam-se o rio Preto e os córregos Capivara e São Domingos junto com o Ribeirão Santa Marta e o córrego dos Calçados, também tributários do Itabapoana. A bacia hidrográfica do Rio Itabapoana possui uma área de drenagem de 3.800 km², e inclui parcelas dos Estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo (SEMADS, 2001).

Na porção leste do Parque, os rios como o rio do Norte, o córrego do Meio e o córrego da Pedra Roxa, formados pelos córregos Cutuba, do Pico, Forquilha, dos Monos e da Lage drenam para o rio Itapemirim. A bacia hidrográfica do Rio Itapemirim corresponde a uma área de 5.913,68 km², abastece 17 municípios, atendendo, segundo o censo demográfico a (IBGE) de 2010, uma população de cerca de 410 mil habitantes, o que corresponde a quase 25% da população do Estado do Espírito Santo (SEAMA, 2009).

No oeste do parque correm o rio Manhuaçu, tributário da bacia do rio Doce; os rios Claro, José Pedro e o córrego Vargem Alegre ou Caparaó, que possuem nascentes próximo ao Pico da Bandeira; o córrego Aleixo e córrego Inácio. A bacia hidrográfica do rio Doce apresenta uma significativa extensão territorial, cerca de 83.400 km², dos quais 86%

pertencem ao Estado de Minas Gerais e o restante ao Estado do Espírito Santo (CPRM, 2003).

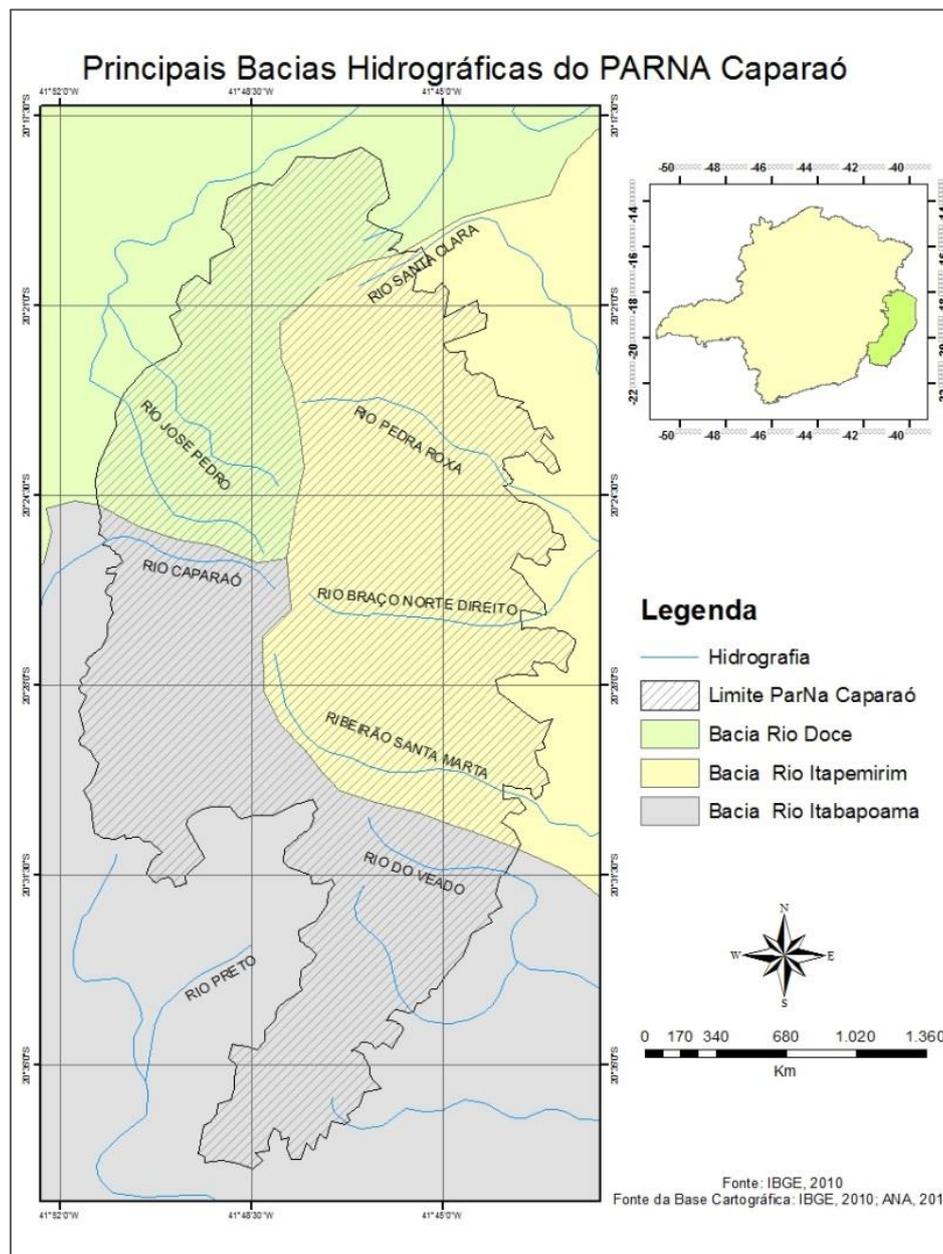


FIGURA 7: O mapa mostra as principais redes de drenagem formadas no Parque Nacional do Caparaó, bem como as bacias hidrográficas: Rio Doce, Rio Itapemirim e Rio Itabapoama.

2.2.5. Geomorfologia

A Serra do Caparaó é parte do domínio geomorfológico das Serras da Zona da Mata Mineira (Gatto *et al.* 1983), caracterizada por relevos de formas alongadas com escarpas íngremes (Fig. 8) e topos aguçados, formando um conjunto de serras principalmente orientadas a NNE.

A região do Parque pode ser definida por duas Unidades Geomorfológicas: os Maciços do Caparaó I e II caracterizam-se por um modelado intensamente dissecado com altitudes médias em torno de 600m, destacado por grandes elevações maciças, algumas superiores a 2.000 metros de altitude. A conjugação de influências dos eventos tectônicos sobre essas rochas e de climas predominantemente úmidos é percebida nas formas de dissecação intensamente orientadas por falhas intercruzadas, escarpas adaptadas e falhas e elevações residuais (COELHO *et al.* 2013).

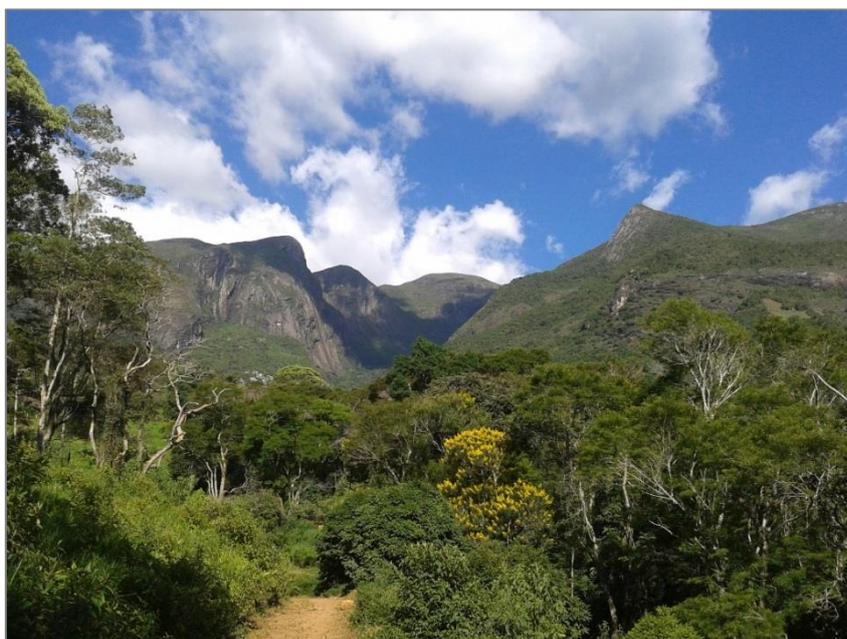


FIGURA 8: A foto mostra um relevo típico do PARNA Caparaó com escarpas íngremes e topos aguçados.

O relevo é fortemente ondulado a escarpado, apresentando, em geral, grandes altitudes (Fig. 9) como o morro do Calçado (2.766 m), o pico do Cristal (2.769 m), o morro do Cruzeiro (2.861 m), culminando com o pico da Bandeira (2.891 m), o terceiro ponto mais alto do Brasil e o maior do lado leste da América do Sul. Entre estas cristas altas encaixam-se vales profundos, estreitos e de encostas íngremes, dos quais, aparece o leito rochoso de rios, como por exemplo, no Vale Verde, que possui 997 metros de altitude e desníveis aproximadamente de 1500m (IBDF, 1981; IBGE, 2011).

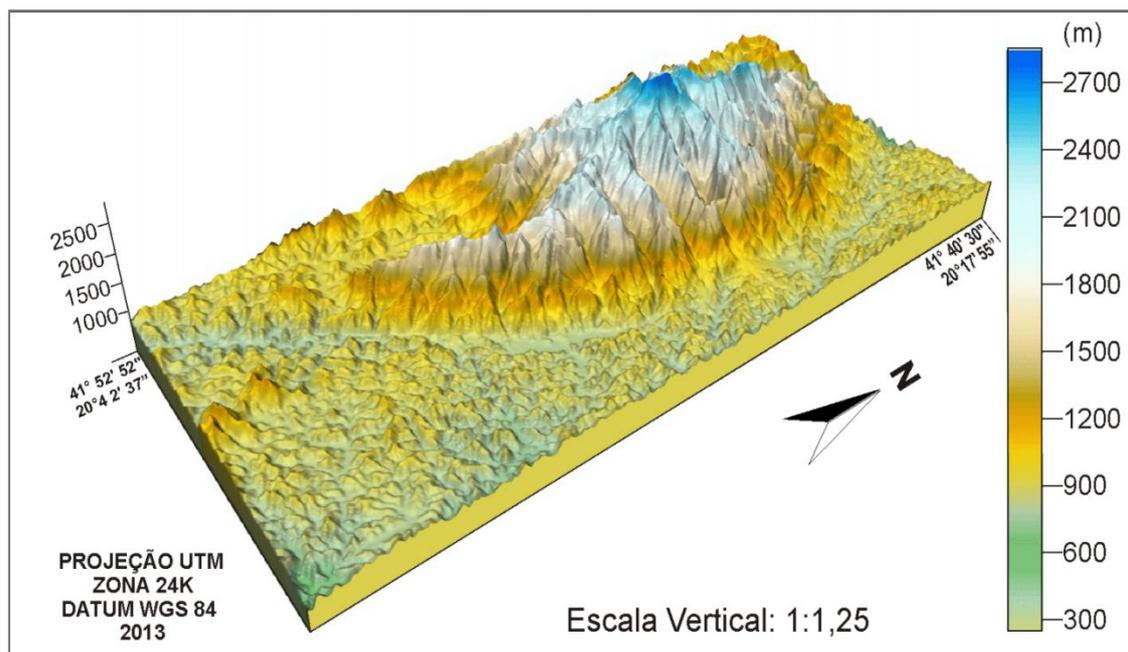


FIGURA 9: Modelo Digital de Terreno mostrando a diferença abrupta do relevo do PARNA Caparaó. Fonte: Nunes (2013).

Os maiores picos ficam no Espírito Santo, onde se destacam o Pico da Bandeira, com 2.892 m; o Pico do Cruzeiro, com 2.852 m; o Pico do Calçado, com 2.849 m e o Pico do Calçado Mirim, com 2.818 m. O Pico do Cristal, com 2.770m fica exclusivamente em território mineiro. O Parque abriga, ainda, outros picos, menores em tamanho, mas também de altitudes consideráveis, como o Morro da Cruz do Negro (2.658 m), o Pico dos Balaios (2.649 m), o Pico do Tesouro (2.620 m), o Pico do Tesourinho (2.584 m) e o Morro da Pedra Menina (2.037 m).

2.2.6. Geologia

A Suíte Caparaó é compreendida pelo embasamento Arqueano e Paleoproterozóico do Orógeno Araçuai, representando parte do embasamento ortoderivado riaciano (ca. 2,19 Ga) da porção setentrional da Província Mantiqueira (CAMPO-NETO e FIGUEIREDO 1990, SILVA *et al.* 2002, 2005, HORN *et al.* 2006, NOCE *et al.* 2007a,b, NOVO *et al.* 2010, 2011). A maior exposição da Suíte Caparaó, na serra homônima, tem uma extensão de aproximadamente 300 km².

A Província Mantiqueira é uma unidade geotectônica instalada a leste dos crátons São Francisco e Rio Paraná, ao final do Neoproterozóico e início do Paleozóico. Estende-se por cerca de 3.000 km com orientação NNE–SSW ao longo da costa atlântica, de Montevideu (Uruguai) ao sul da Bahia. A província guarda o registro de uma longa e

complexa evolução do Neoproterozóico na América do Sul (900–520 Ma) preservando também remanescentes de unidades paleotectônicas arqueanas, paleoproterozóicas e mesoproterozóicas. Constitui, juntamente com a extremidade meridional da Província Tocantins, o arcabouço pré-cambriano do sudeste brasileiro desenvolvido em resposta ao “Ciclo Brasileiro” de Almeida (1967).

O orógeno Araçuaí é constituído por um embasamento Pré-Neoproterozoico, cujas unidades são mais velhas que 1Ga, por suas unidades lito-estratigráficas características, de idade neoproterozoica (900 Ma a 560 Ma) a cambriana (535 Ma a 490 Ma) (Pedrosa-Soares et al. 2007). O Orógeno Araçuaí é interpretado como um dos componentes do supercontinente de Gondwana e pode ser definido como a zona orogênica neoproterozoico-cambriana contida na ampla reentrância delimitada pelos crátons do São Francisco (PEDROSA-SOARES *et al.*, 2007). O embasamento do Orógeno Araçuaí evoluiu a partir da aglutinação de blocos crustais arqueanos durante um processo orogênico paleoproterozóico que se estendeu, aproximadamente, entre 2,2 e 2,0 Ga (NOCE *et al.* 2007).

A suíte é uma associação de granulitos de composição enderbítica, charnoquítica, quartzo diorítica e gabróica que ocorre no núcleo de uma grande estrutura antidormal na serra homônima (NOCE *et al.* 2007a). A origem dessas rochas é controversa. Para alguns autores, elas seriam derivadas de protólito supracrustal (SOLLNER et al. 1991, SEIDENSTICKER e WIEDMANN 1992); para outros seriam ortoderivadas (CAMPOS NETO e FIGUEIREDO 1990). A origem ígnea de parte dos litotipos seria reforçada pelas características dos zircões de um gnaiss charnoquítico, cuja idade de cristalização magmática se deu em torno de 2195 Ma (SILVA *et al.* 2002 e 2005).

De acordo com Horn (2007), a Suíte Caparaó é um conjunto de rochas de fácies granulito e transição anfíbolito-granulito, de composição félsica a máfica, incluindo granulitos e gnaisses com ortopiroxênio, variavelmente migmatizados, cujos protólitos são norito, jutonito, charnockito, charno-enderbitito e enderbitito. Para este autor, trata-se de rochas do Complexo Juiz de Fora, afetadas e parcialmente fundidas com a atuação do Evento brasileiro. Devido à intensa tectônica, existem pequenos boudins/lentes do Crupo Andrelândia que foram incorporados mecanicamente a esta Suíte.

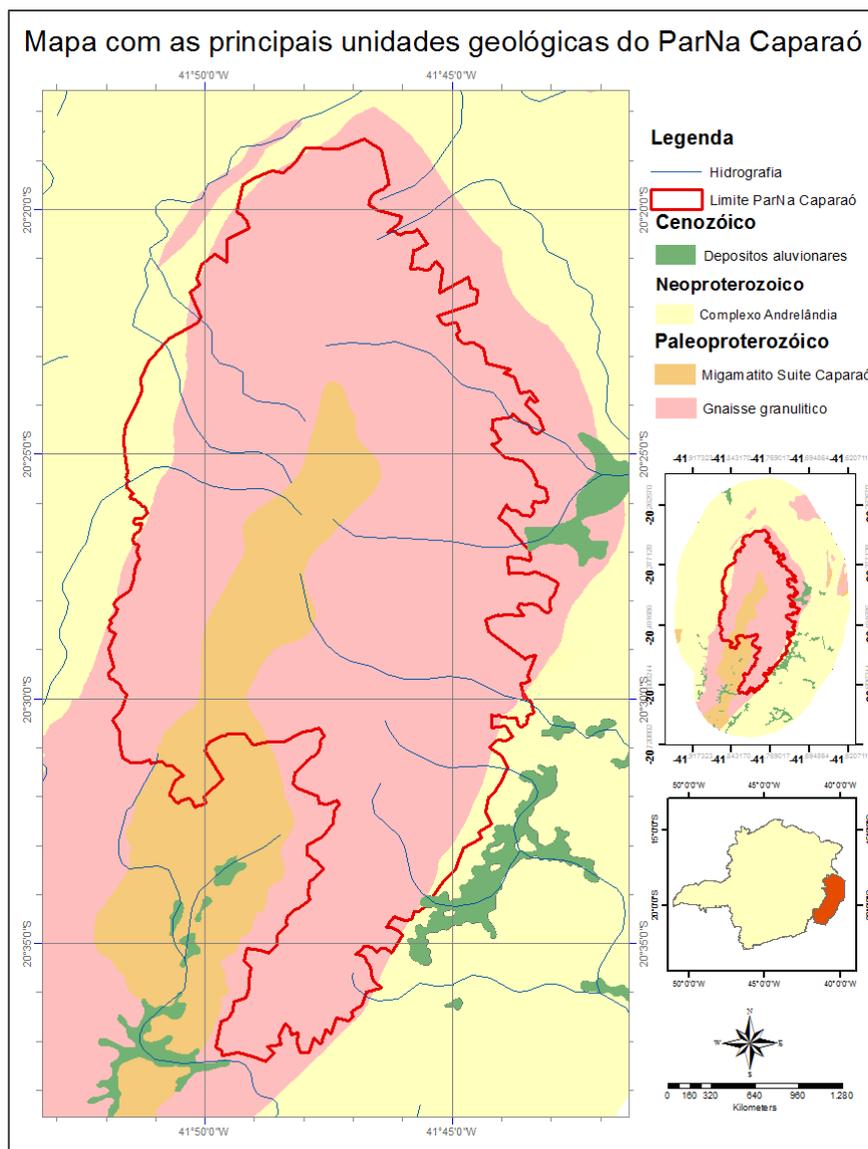
Para Novo *et al.* (2011), o litotipo predominante na Suíte Caparaó é um gnaiss ortoderivado, bandado, diorítico a granítico, de granulação média a fina de textura granoblástica com enclaves máficos centimétricos a métricos *boudinados* na direção do

bandamento. A associação mineralógica essencial é dada por feldspato potássico, quartzo, plagioclásio, ortopiroxênios e hornblenda. Já os enclaves máficos são constituídos por plagioclásio, ortopiroxênio e clinopiroxênio, caracterizando a fácies granulito (NOVO *et al.* 2011). No migmatito, o leucossoma tem composição granítica e granulação grossa; o melanossoma possui composição tonalítica e granulação fina a média, sendo rico em piroxênios, hornblenda e plagioclásio, com feldspato potássico, quartzo e biotita ocorrendo em menor quantidade (NOVO *et al.* 2011). A origem ígnea de pelo menos parte dos litotipos é reforçada pelo estudo das características dos zircões (NOCE *et al.* 2007).

Ainda de acordo com o estudo organizado por Novo *et al.* (2011, p. 72), a Serra do Caparaó podem ser individualizadas três unidades maiores com relativa homogeneidade litológica: o embasamento, a cobertura metassedimentar neoproterozóica e os granitóides neoproterozóico-cambrianos (NOCE *et al.* 2003, 2007a). O embasamento é representado pelos gnaisses granulíticos e migmatitos da Suíte Caparaó, os quais sustentam a serra homônima e, geralmente, mostram contatos tectônicos com a cobertura metassedimentar neoproterozóica.

A cobertura metassedimentar é composta por gnaisses paraderivados, como o Grupo Andrelândia e Complexo Paraíba do Sul (HORN *et al.*, 2006). Os granitóides foliados a gnaissificados são correlacionados com os estágios pré-colisional e sincolisional do Orógeno Araçuaí. Os granitóides livres da deformação regional são do tipo I e correlacionam-se ao plutonismo tardio, cambriano, do Orógeno Araçuaí (PEDROSA-SOARES *et al.* 2007).

O conjunto rochoso e as feições geomorfológicas da serra seguem a orientação do bandamento gnáissico de direção NNE-NE. O Pico da Bandeira foi esculpido sobre os migmatitos que dominam o núcleo da serra, a qual tem as bordas sustentadas pelos gnaisses granulíticos (Fig. 10).



2.2.7. Usos do solo

O uso do solo pode ser compreendido como ocupação antrópica do espaço natural que é transformado pelo homem que o modifica de acordo com suas necessidades, seja pela urbanização, agricultura ou uso dos recursos naturais, etc. Neste contexto, Corrêa (1989) destaca que o uso do solo apresenta-se como uma expressão das relações socioeconômicas do território, que revelam a apropriação da natureza pelo homem e as alterações impostas a ela que, se feitas de forma irregular e sem planejamento, podem causar pressões sobre o uso do solo.

Oliveira (2007) afirma que a expansão antrópica, aliada ao uso indevido do solo, é uma das grandes responsáveis pelas pressões sobre os recursos naturais. Uma das causas

dessa expansão é a fragmentação florestal (Fig. 11), a qual tem gerado consequências negativas nos diferentes compartimentos ambientais.



FIGURA 11: Vista do Mirante do PARNA Caparaó MG (1.500m): observam-se plantações de café nas colinas do município de Alto Caparaó. A área florestal se encontra no parque, não sendo possível ver nesta figura áreas de APP'S. Ainda nas colinas, os topos com maior vegetação constituem silvicultura.

Os municípios pertencentes ao Parque apresentam terras distribuídas em pequenas propriedades, dedicadas, em sua maioria, à agricultura familiar, conforme constatado nos trabalhos de campo. Entre as principais culturas agrícolas, destaca-se o café arábico e canelão, além de outros cultivos como feijão e silvicultura. Uma atividade com menor expressão econômica é a criação de gado, com predomínio da pecuária leiteira. Outras culturas como plantios de subsistência são cultivados nas entrelinhas do café, sendo mais frequentes o feijão e o milho, além de abóbora e taioba, entre outras espécies (PROJETO DOCE MATAS, 2001).

A Agência 21 (2006, p. 71) relata que “a própria identidade cultural do território e de seus moradores está intimamente vinculada às paisagens da região, em especial àquelas preservadas nas unidades de conservação como o Parque Nacional do Caparaó e o Parque Estadual da Cachoeira da Fumaça. O trabalho de diversas ONGs reafirma o valor atribuído de forma coletiva aos recursos naturais. Além disso, ressalta-se também o fato de a região estar inserida em três bacias hidrográficas (do Rio Itapemirim, do Rio Itabapoana e do Rio Doce), sendo uma das regiões capixabas de maior potencial hídrico”. Sendo assim, na

relação do uso histórico do solo na região do Parque, destaca-se a exploração de madeira, a criação de gado e cafeicultura.

De acordo com Santos (2014), o desenvolvimento da exploração madeireira foi impulsionado pela instalação da Companhia Ferroviária Leopoldina Railway em Manhumirim e, posteriormente, em Caparaó, que possibilitou a exportação, uma vez que o transporte até o litoral tornou-se mais rápido e viável. No entanto, pode-se dizer que esse desenvolvimento, à época, aumentou a devastação da Mata Atlântica em função da exploração da madeira, aproveitada, dentre outros fins, para o uso dos dormentes utilizados na construção da ferrovia.

Quanto à criação de gado, segundo Santos (2014), a cidade de Alto Caparaó, por exemplo, era dividida em pequenos sítios, não havia espaço para pasto dentro das propriedades. Isso fez com que locais do Parque passassem a ser utilizados como área de pastagem. Essa atividade perdurou até a efetivação do Parque como unidade de conservação, em 1979.

Em relação ao café, ainda de acordo com Santos (2014), antes mesmo do início do século XX, ele já era plantado nas partes mais baixas de Alto Caparaó, mas em pequena escala. Nas maiores altitudes, o produto não se desenvolvia devido às baixas temperaturas e à incidência de geadas. No entanto, ao decorrer dos anos, o aumento da temperatura e a diminuição das geadas até 1.200m de altitude, percebido pelos moradores, propiciou uma expansão das plantações (PROJETO CAPARAÓ, 2010).

De acordo com Valverde (1958), os cafeicultores de Manhumirim ao Caparaó foram os renunciadores de um regime de propriedade baseada em pequenos sítios, ou seja, as propriedades cafeicultoras, em sua maioria, eram pequenas.

Um dos problemas ambientais do plantio do café está nas técnicas de cultivo que ainda são rudimentares. Valverde (1958, p. 43) relata que na região da zona da mata, incluindo nos estudos desse autor o município de Espera Feliz, até a década de 1960, o café era plantado “morro acima”. Esse tipo de cultivo gera a instabilidade dos solos que, localizados em encostas íngremes, favorecidas pelo plantio das fileiras de café segundo as linhas de maior declive, provocaram um esgotamento rápido dos solos, eliminando o seu horizonte A (VALVERDE, 1958, p. 44).

À medida que os solos se iam esgotando, novas áreas de mata, em regiões mais elevadas, na encosta dos morros, eram derrubadas e postas em cultivo. Isso ocasionou a erosão acelerada, em ravina e voçorocas. Deve-se destacar, ainda, que o cultivo é realizado

nas vertentes o que acelera o escoamento superficial. Finalmente, há que se destacar o solo exposto pela pastagem e os solos que são preparados para novos plantios de café (Fig. 12).



FIGURA 12: Plantação de café nos arredores de Alto Caparaó. Observa-se o replantio e a técnica de capina. Há nas áreas solo exposto, visíveis mais ao fundo da fotografia, áreas desmatadas e o limite distinto entre a mata secundária/primária e as plantações de café.

Diante do exposto, pode-se considerar que a cafeicultura e a pastagem são as principais pressões do uso solo no entorno do parque. Reafirmando essa consideração, no Projeto Doces Matas, foram levantados os principais problemas no parque e todos eles estão relacionados com essas atividades, como pode ser observado na Tabela 1.

TABELA 1: Principais problemas ambientais e relação com o uso do solo do PARNA Caparaó.

PROBLEMAS	USO
<i>Desmatamentos</i>	Cafeicultura e Pecuária
<i>Fogo</i>	Cafeicultura e Pecuária
<i>Erosão, perda de fertilidade dos solos e assoreamento dos rios</i>	Cafeicultura e Pecuária
<i>Redução e poluição dos cursos d'água</i>	Cafeicultura, pecuária e esgoto doméstico
<i>Uso indiscriminado de agrotóxicos</i>	Cafeicultura e Pecuária

Fonte: Projeto Doces Matas, 2001.

Com o solo exposto, começam a aparecer erosões (Fig. 13), causando, assim, enfraquecimento da terra o que exige cada vez mais uso de adubos.



FIGURA 13: Área de re-plantio de café em curva de nível em área de alta inclinação. Observa-se o solo exposto, facilitando a erosão superficial e o aparecimento de sulcos e ravinas.

Para combater as pragas e doenças, que se tornam cada vez mais frequentes nessas condições, aumenta-se o uso de agrotóxicos e eles se tornam um impacto negativo na zona de amortecimento. De acordo com Projeto Doces Matas (2001), o uso indiscriminado de agrotóxicos é outro sério problema no entorno dos parques e reservas, principalmente no entorno do Parque Nacional do Caparaó, cujos agricultores usam granulados de solo extremamente tóxicos na cafeicultura e herbicidas seletivos nas pastagens. No projeto, é salientado que, embora não haja estudos aprofundados sobre o tema, pode-se dizer que esse uso, sem controle dos órgãos responsáveis, tem causado muitos prejuízos ambientais, como a mortandade de animais silvestres e domésticos e, até mesmo, a contaminação dos rios.

A partir da leitura de uma ata realizada na reunião do Conselho Consultivo do Parque Nacional do Caparaó – Gestão 2005 – 2007, foram encontradas pautas sobre a apresentação da empresa de consultoria que iria revisar o Plano de Manejo do PARNA Caparaó e a escolha dos conselheiros que iriam acompanhar a revisão do Plano de Manejo. Nessa reunião foi salientado que precisava ser feito o diagnóstico físico, biótico e social da região para o bom planejamento dos usos e que a ZA funciona como um filtro, normatizando atividades para minimizar os impactos na UC. Um dos conselheiros informou, ainda, a existência de 90 mil pessoas no entorno da UC, 1 milhão de pés de café e 2 milhões de pés de eucalipto plantados.

Nos estudos realizados pelo Projeto Doces Matas (2001), foi observado que, no entorno do Parque Nacional do Caparaó, a cafeicultura segue métodos de produção tradicionais, com pouca ou nenhuma mecanização. É relatado, ainda, que com a extinção do Instituto Brasileiro do Café (IBC), o plantio em curvas de nível ficou menos frequente e a assistência técnica aos cafeicultores, mais precária. O mesmo projeto relata que é comum o uso de adubos químicos sem análise do solo. A implantação dos cafezais da região nunca respeitou os limites impostos pela legislação florestal que proíbe a agricultura em áreas de declividade superior a 45°. As áreas de preservação permanente – próximas às nascentes e aos cursos d'água, e os topos de morros – também são pouco respeitadas.

Além dos solos e da água, a presença de mais da metade da população do entorno vivendo na área rural também tem contribuído para a pressão sobre os recursos naturais, por meio das atividades agropecuárias. Ao mesmo tempo, exige um planejamento das ações de manejo não só dentro do parque, mas no seu entorno. Sobre a pressão antrópica na região do Parque, o Projeto Doce Matas, (2001) relata que:

A relação da cafeicultura com as matas é conflitante. O café, com raras exceções, é cultivado em monocultura, seguindo uma imposição do antigo IBC que, para conceder financiamentos, não admitia a presença de árvores nem de cultivos intercalares. Um fenômeno relativamente recente é o uso indiscriminado de agrotóxicos. Trata-se, sobretudo de herbicidas, que não são considerados agrotóxicos pela maioria dos agricultores, e de organofosforados sistêmicos principais problemas ambientais ligados ao uso dos recursos naturais por agricultores no entorno do Parque Nacional do Caparaó.

Durante os trabalhos de campo realizados nos entornos do Parque, foi possível observar uma área que estava em teste de tratamento de agrotóxicos, para evitar a proliferação de pragas e ferrugens na folha de café. Segundo um funcionário da fazenda, como uma exigência dos fornecedores, o agrotóxico estava sendo aplicado nessa área pela quarta vez para demonstrar a sua eficiência (Fig. 14). Os pés de café são pulverizados e adubados uma ou duas vezes ao ano, na estação úmida de novembro a janeiro.



FIGURA 14: Produto em fase de teste de aplicação no cafezal de uma fazenda em Alto Caparaó/MG. Este agrotóxico utilizado neste plantio é um fungicida sistêmico, usado em pulverizações preventivas, para o controle de doenças da parte aérea do café. O produto é classificado como Muito Perigoso ao Meio Ambiente (CLASSE II), sendo altamente tóxico para organismos aquáticos.

Outra atividade em crescimento é a criação de trutas (Tecno Truta). O ambiente é propício à criação desta espécie graças a aspectos como temperatura adequada, devido à altitude do local e nível de oxigenação e temperatura da água favorável (Fig. 15).

Esse empreendimento localiza-se dentro das propriedades do Parque, embora o PARNA Caparaó seja uma UC de Proteção Integral e atividade alguma é permitida no interior do mesmo. Em uma conversa com o gestor do Parque, foi informado que eles têm ciência desta e de outras atividades, como a plantação de café, dentro do parque. Porém, como a gestão ainda não teve meio de indenizar os produtores, essas atividades continuam existindo.

De acordo com Beveridge (1996), o principal fator que possibilita a criação intensiva de organismos em sistemas de tanques-rede é a sua estrutura física, que permite fluxo contínuo de água, aumentando a oxigenação, remoção das excretas e de outros resíduos metabólicos dos peixes, além de propiciar a retirada das sobras de alimento.

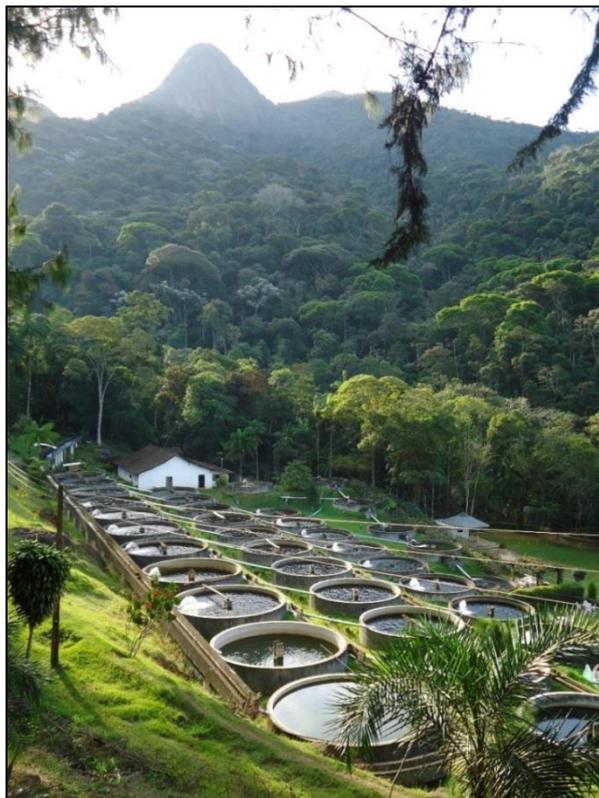


FIGURA 15: Empreendimento localizado no interior do PARNA Caparaó em Ibitirama/ES. Os tanques são utilizados para criação de trutas. Além de estar localizado dentro de uma UC, toda a água é captada de nascentes do Parque.

No sistema de tanques rede (Fig. 15), há contínua acumulação de matéria orgânica (ração). Beveridge (2004) e Pillay (2004) relatam que até 30% da ração destinada à produção do pescado nesses sistemas não é aproveitada, fazendo com que quantidade considerável de matéria orgânica seja disponibilizada no ecossistema aquático através de efluentes. Henry e Nogueira (1999) citam que estes efluentes, ao serem disponibilizados, podem gerar danos ao ecossistema aquático local, como o aumento do grau de trofia da água. Isso ocorre porque, de acordo com Carvalho *et al.* (2008), as rações comerciais brasileiras possuem um percentual de fósforo orgânico que varia entre 0,50 a 3%, sendo quantidades relativamente altas deste nutriente associado à outras formas de nitrogênio.

2.2.7.1. População

O crescimento populacional dos municípios pertencentes à área de estudo vem acompanhando o modelo de crescimento demográfico da população brasileira, marcadamente nos últimos 50 anos.

Pela Figura 16, abaixo, é notável o crescimento nas cidades de Espera Feliz-MG e Iúna- ES. Destaca-se que Iúna é, dentre os municípios que abrigam o parque, o de maior

extensão territorial. Na década de 1980, este município teve um aumento da população. Contudo, no ano 2000, a população foi reduzida. Quanto aos municípios de Alto Caparaó-MG, Irupi e Ibitirama, no ES, não existem registros históricos da população nas décadas de 1970 a 1990. É notável, também, o pouco crescimento no município de Divino São Lourenço-ES durante os últimos cinquenta anos. Destaca-se, ainda, em Caparaó-MG, um aumento no ano de 1991 e estabilidade em 2010.

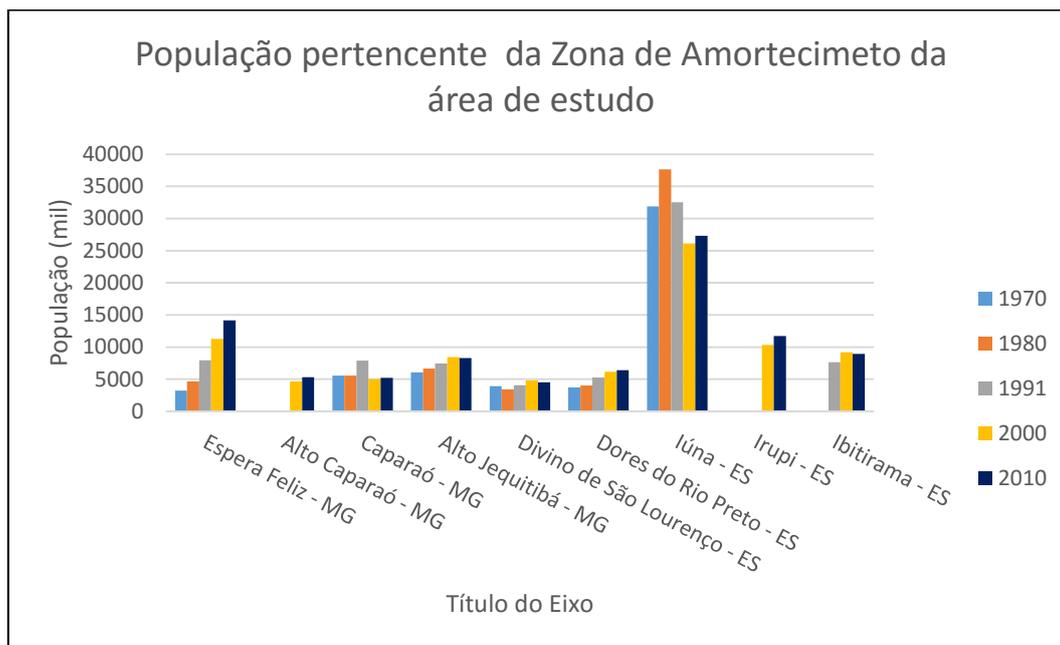


FIGURA 16: Gráfico da população dos municípios pertencentes ao PARNA Caparaó. Fonte: IBGE (2010).

No ano de 2010, nota-se que os municípios de Caparaó-MG, Divino de São Lourenço e Ibitirama no ES possuem um aumento da população rural em relação à população urbana.

O entorno do Parque é compreendido, em boa parte, por municípios que possuem metade de sua população vivendo na área rural, destacando Caparaó, em Minas Gerais e Irupi e Iúna no Espírito Santo (Fig. 17).

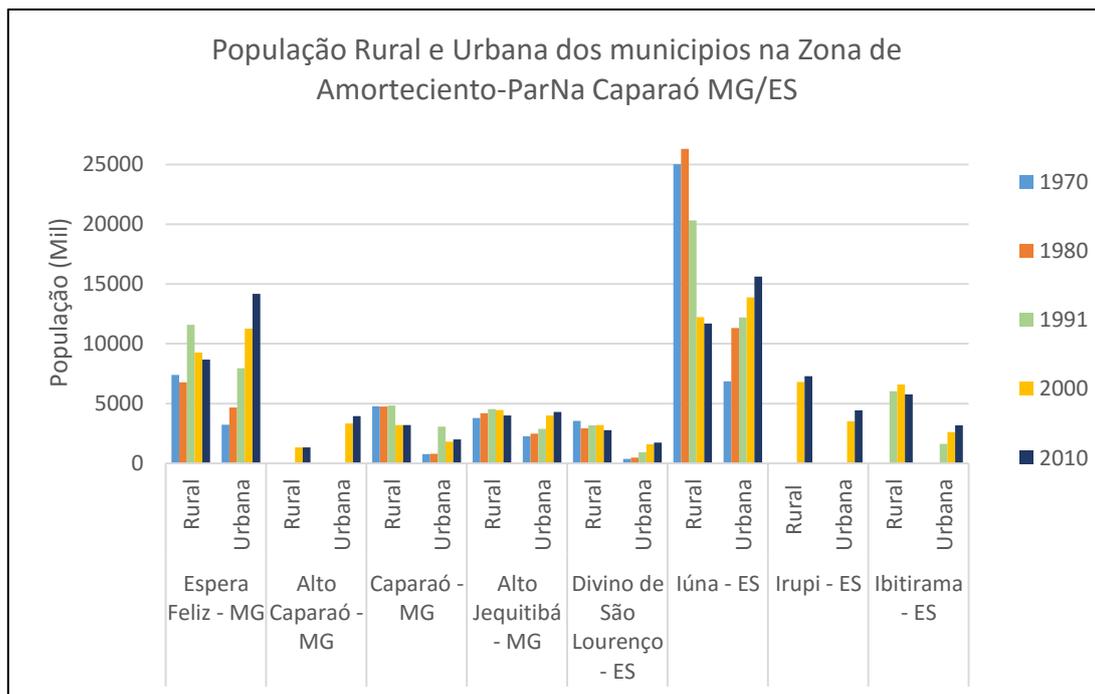


FIGURA 17: Gráfico da evolução da população Rural e Urbana dos municípios localizados na Zona de Amortecimento-PARNA Caparaó MG/ES. Fonte IBGE (2010).

O eixo dinâmico da economia das comunidades centra-se no setor primário, especialmente na cafeicultura, que mobiliza de 70% a 95% da população economicamente ativa da zona rural.

3. UNIDADE DE CONSERVAÇÃO: PARQUE NACIONAL DO CAPARAÓ E AVALIAÇÃO DA ZONA DE AMORTECIMENTO

3.1. Unidade de Conservação

Nos últimos tempos, em estudos voltados para diferentes áreas do conhecimento, a preocupação com as mudanças ocorridas no espaço natural tem se mostrado cada vez mais presente, uma vez que o homem, responsável pela transformação/modificação do espaço e, sobretudo, da utilização cada vez mais intenso dos recursos naturais, fez com que eles fossem degradados, sofrendo uma drástica redução.

Diante dos efeitos de degradação causados pelo uso dos recursos naturais, movimentos de cunho ambiental, preocupados com o futuro da humanidade, estão procurando meios de proteção e conservação para garantir um ambiente adequado à humanidade.

Importante contribuição para este fim foi a criação de espaços protegidos (unidades de conservação; parques ecológicos, reservas biológicas, etc) que, ainda hoje, visam assegurar a diversidade de seres vivos e a proteção dos seus habitats ameaçados. As unidades de conservação têm sido consideradas, desde que foram criadas, a melhor estratégia a ser adotada por todos os países (IUCN, 1994).

Segundo Diegues e Arruda (2001), o processo de degradação das relações socioambientais imposto pela racionalidade econômica impulsionou, em 1960, o discurso ambientalista, respaldado pelas teorias conservacionistas e preservacionistas, as quais apresentam como caminho para a conservação dos recursos naturais a criação de áreas protegidas por legislações específicas.

Diante das demandas e solicitações da transformação das áreas protegidas em UC's, em 1988, a organização não governamental (ONG) Fundação Pró-Natureza com sede em Brasília, foi solicitada a formular um Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) consolidado. Mas, somente no ano 2000, o (SNUC) foi apresentado ao Conama e ao Congresso Nacional e oficialmente estabelecido (Lei 9.985, de 19 de julho de 2000) (MMA SNUC, 2000). Sua responsabilidade é definir e regulamentar as categorias de Unidades de nas instâncias federal, estadual e municipal (Tabela 2), (RYLANDS e BRANDON, 2005).

TABELA 2: Número e área total das diferentes categorias de unidades de conservação estaduais e federais no Brasil em 2005.

Unidade de Conservação Federais	Nº	Área (Hectares)	Unidades de Conservação Estaduais	Nº	Área (Hectares)
Proteção Integral			Proteção Integral		
Parque nacional	54	17.493.010	Parque nacional	180	7.697.662
Reserva biológica	26	3.453.528	Reserva biológica	46	217.453
Estação ecológica	30	7.170.601	Estação ecológica	136	724.127
Refúgio de vida silvestre	1	128.521	Refúgio de vida silvestre	3	102.543
Monumento natural	0	0	Monumento natural	2	32.192
Subtotal	111	28.245.729	Subtotal	367	8.773.977
Uso Sustentável			Uso Sustentável		
Floresta nacional	58	14.471.924	Floresta nacional	58	2.515.950
RDS	0	0	RDS	9	8.277.032
Reserva extrativista	36	8.012.977	Reserva extrativista	28	2.880.921
APA	29	7.666.689	APA	181	30.711.192
ARIE	18	43.394	ARIE	19	12.612
Subtotal	141	30.194.984	Subtotal	295	44.397.707
Total	242	58.440.704	Total	662	53.171.684

Fonte: (Rylands e Brandon, 2005).

De acordo com Magalhães *et al.* (2010), a Lei 9.985 enfatiza a importância da participação da sociedade no processo de criação, implantação e gestão das áreas protegidas, assegurando o que preconiza a Constituição Brasileira no que se refere ao conceito de bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida saudável (BRASIL, 1965).

Sobre o conceito de Unidade de Conservação, Brito (2000) define as UCs como áreas espacialmente definidas, terrestres ou marinhas, estaduais, federais ou municipais, criadas e regulamentadas por meio de leis ou decretos específicos. Seus objetivos são a conservação *in situ* da biodiversidade e da paisagem, bem como a manutenção do conjunto dos seres vivos em seu ambiente, ou seja, plantas, animais, microrganismos, rios, lagos, cachoeiras, morros, picos e outros, de maneira que possam existir sem sofrer grandes impactos das ações humanas.

O Artigo 2º do Sistema Nacional de Unidades de Conservação define Unidade de Conservação como “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” (SNUC, 2000).

As unidades de conservação são subdivididas pelo SNUC, conforme o artigo 7º da lei, em Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso sustentável, sendo esta subdivisão fruto das visões conservacionistas e socioambientalistas, respectivamente (MORAIS, 2014).

O objetivo das **Unidades de Proteção Integral** é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Estas unidades são divididas nas seguintes categorias: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio da Vida Silvestre. Nestas unidades, ainda são admitidas atividades educacionais, científicas e recreativas.

Quanto aos Parques Nacionais (PARNAS), estes constituem áreas de domínio público, formadas por ecossistemas naturais, em geral de grande beleza cênica e têm como objetivo preservar a natureza, em especial, a fauna, a flora e os monumentos naturais, além de proporcionar oportunidade para a pesquisa científica, a educação ambiental, o lazer e o turismo. É uma Unidade de Conservação de uso indireto, sendo esta a categoria da área de estudo. As Unidades de Conservação de Proteção Integral e, portanto, de uso indireto, possuem em seu plano de manejo uma área que tem como objetivo amenizar os impactos ambientais sofridos principalmente pelos efeitos de borda. Estas áreas funcionam como tampões ou zona de amortecimento, estando sujeita a restrições sobre todas as atividades que degradem o meio ambiente (RODRIGUES, 1998).

As **Unidades de Uso Sustentável**, por sua vez, têm a função de compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela de seus recursos naturais (GUERRA e COELHO, 2009, p. 179).

Dessa forma, as unidades de conservação foram adotadas com o objetivo maior de preservação dos recursos naturais ali existentes, face à atual aceleração da degradação do meio natural. Estes espaços, portanto, passaram a se tornar ilhas para que se possa alcançar a preservação. São vários contextos e processos, em muitos casos conflituosos, para que alguns espaços naturais se tornassem uma UC. Como muitos deles eram áreas de ocupação antrópica e tinham seus recursos naturais utilizados, muitas vezes, a instalação de UCs gerou conflitos socioambientais.

Para Barreto (1997), as Unidades de Conservação ou as áreas protegidas têm se constituído em importantes instrumentos da política ambiental dos Estados nacionais. O estabelecimento de medidas jurídicas e administrativas para a proteção de áreas *naturais* de excepcionalidade ecológica e/ou que escapam à banalidade topográfica e paisagística,

como instrumento de preservação ou conservação da diversidade biológica e da paisagem *natural*, tem se revelado uma importante faceta das políticas públicas territoriais – isto é, das ações estatais de modulação do espaço, qualificando-o como condição para outras e futuras espacializações (MORAES, 1994, p. 30).

3.3. O Parque Nacional do Caparaó e seu entorno: Estruturação e importância da zona de amortecimento

A criação do Parque Nacional do Caparaó passou por um processo histórico até que se tornasse uma Unidade de Conservação, devido à sua beleza cênica, aos seus recursos naturais e ao fato de abrigar o Pico da Bandeira. Além disso, àquela época, como cita o IBDF (1981), o parque já estava vulnerável a ocupações irregulares crescentes devido à especulação imobiliária.

Antes denominada Serra do Caparaó, o primeiro processo legal iniciou-se em 1948 quando a serra passou a ser considerada “Reserva Florestal do Pico da Bandeira”, pelo Decreto lei (Estadual) nº 55 em 20 de Setembro de 1948 (IBDF, 1981).

Em 1953, a Câmara Municipal de Espera Feliz já se dirigia ao Presidente República Jânio Quadros solicitando a criação do Parque no Alto do Caparaó. No ano de 1957, de acordo com Fernandes (1974), iniciou-se a campanha para o desenvolvimento do turismo na região. Segundo o autor, a campanha surgiu devido à publicação de um trecho da indicação 462 apresentada à Assembleia Legislativa de Minas Gerais pelo Deputado João Bello em 25 de outubro de 1955 e publicada em O JORNAL do Rio de Janeiro, dizendo:

A criação do Parque Nacional do Caparaó é medida urgente e reclamada pelo interesse nacional. Se outros motivos, além dos que se relacionem com a organização de um parque desse gênero e atinentes à preservação do solo, da fauna e da flora precisassem ser invocados deveríamos lembrar que, na Serra do Caparaó, se encontra o mais alto ponto do Brasil – O Pico da Bandeira (naquela época). Somente desse motivo poderia recomendar a providência da criação do Parque Nacional, porque ele inspiraria o turismo. Além, entretanto, do Pico da Bandeira, a Serra do Caparaó ainda apresenta, altaneira, dois outros picos, quaisquer deles desafiando em alturas o das Agulhas Negras. Criado o Parque Nacional do Caparaó, iriam tonificar os rios que nascem na Serra do Caparaó- quase todos eles demandando o Espírito Santo, seja correndo diretamente para o território daquela unidade federativa, seja percorrendo parte do território mineiro, para, afinal lançarem – se no Rio Doce. Tonificados, esses rios passariam a propiciar melhores quedas d’água para aproveitamento hidroelétrico, água potável para consumo da população e para o maior benefício das culturas. Com

estas considerações, apresentamos à consideração da Assembleia esta indicação”(O JORNAL do Rio de Janeiro apud FERNANDES, 1974, p. 7).

No entanto, foi somente em 1961, pelo Decreto nº 50.646, que o Parque Nacional do Caparaó foi criado, passando a integrar o Sistema de Unidades de Conservação do Brasil. Além disso, estava subordinado ao regime jurídico previsto pelo Código Florestal sobre sua utilização e manejo, no qual foram incluídas inúmeras restrições legais com o objetivo de impedir quaisquer alterações do ecossistema protegido. A partir daí, qualquer dano ambiental feito àquela região passou a constituir contravenção penal (BRASIL, 1965).

O primeiro passo para se criar o Parque Nacional do Caparaó, de acordo com Brasil (2000), foi a criação de um Plano de Manejo¹, elaborado em 1981 com uma revisão em andamento com publicação planejada para 2014.

Ao analisar os objetivos definidos na primeira versão do Plano de Manejo, constata-se que o foco de proteção era voltado, principalmente, para os limites internos da Unidade, especificamente relacionado aos aspectos naturais e culturais. Prevalencia uma visão “preservacionista” entre os que lidavam com o manejo dos recursos ambientais que reforçava a perspectiva de Parque como “ilha” e refletia na ausência de preocupação com a proteção nos arredores da Unidade (CARMO, 2009).

A região do entorno no Parque, denominada como a zona de amortecimento, foi considerada, principalmente, como área para minimizar os impactos negativos das atividades humanas sobre as áreas a serem protegidas. Atualmente não existe um plano de monitoramento efetivo da ZA do PARNA Caparaó, de acordo com o gestor do Parque a nova versão do plano poderá vir a compreender a zona de amortecimento.

3.3.1. Zona de Amortecimento

Zona de amortecimento são áreas no entorno de uma unidade de conservação, que se formaram a partir do momento que foram estabelecidos os limites da UC, caracterizando a unidade como uma “ilha” cercada de atividades antrópicas. Sendo assim, a ZA passou ser

¹ O plano de manejo é o documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma unidade de conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias a gestão da unidade (MMA, 2000).

interpretada como amortecimento pelo fato de se tornar um filtro das atividades negativas (pressões antrópicas) e, sobretudo, do avanço dessas atividades na UC.

O pensamento conceitual sobre a gestão da zona de amortecimento passou por três fases de desenvolvimento (Ebregt e Greve, 2000):

1. Na primeira, as ZA's foram definidas, principalmente, como um meio para proteger as pessoas e as suas culturas de animais, deixando as áreas de preservação e florestas;

2. Nos anos iniciais da criação da ZA, foi aplicada como uma solução para proteger áreas de conservação de influências humanas negativas;

3. Atualmente, zonas de amortecimento são mais frequentemente aplicadas para minimizar o impacto humano sobre áreas de conservação e, simultaneamente, atender às necessidades socioeconômicas e desejos dos afetados populacionais (ex-usuários de recursos da área de conservação).

Das fases de desenvolvimento citadas, a que se aplica ao PARNA Caparaó é a terceira, ou seja, sua Zona de Amortecimento visou evitar a expansão agrícola a fim de conter o desflorestamento, as queimadas, dentre outras atividades.

Ebregt e Greve (2000) afirmam que o termo “zonas de amortecimento” passou por duas abordagens conceituais, uma do ponto de vista de conservação e, outra, do ponto de vista de conservação voltada para comunidades, sendo elas:

a) Do ponto de vista de Conservação:

– Wind e Prins (1989): As áreas fora da área protegida, que são projetados para proteger parques;

– Sayer (1991): A zona periférica de um parque nacional ou reserva equivalente, onde as restrições são colocadas sobre a utilização de recursos ou medidas especiais de desenvolvimento, são realizadas para melhorar o valor de conservação da área;

b) Do ponto de vista da conservação e comunidades:

– Wild e Mutebi (1996): Qualquer território, muitas vezes periférico a uma área protegida, no qual as atividades são implementadas, ou é administrado com o objetivo de

reforçar o lado positivo e reduzir os impactos negativos da conservação em comunidades vizinhas.

Pode-se dizer que o segundo ponto de vista citado aproxima-se mais da realidade, uma vez que propõe uma redução dos conflitos que ocorrem entre a comunidade e a UC, fazendo com que área protegida e a comunidade no entorno estejam, ambas, com um propósito de conservação.

Outro autor que desenvolve uma boa análise acerca deste conceito é Vio (2001), que afirma que Zonas de Amortecimento são territórios situados na periferia das UC's, que admitem atividades antrópicas que não prejudiquem o objetivo de conservação.

Dios e Marçal (2009) defendem que esses dois conceitos refletem a ambiguidade existente quando se estuda uma zona de amortecimento, neste caso uma visão antropocêntrica defendida pelo Sayer (1991) e uma visão ecocêntrica defendida por Vio (2001). Apesar das diferentes abordagens, os dois conceitos são aplicáveis, cabe à gestão de cada unidade decidir qual caminho seguir e como as áreas protegidas serão gerenciadas.

Na legislação brasileira, o conceito de zona de amortecimento é definido pelo CONAMA 13/90 como “áreas circundantes das Unidades de Conservação num raio de 10 km”.

Pelo SNUC, o termo zona de amortecimento é definido como: “o entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas com o propósito de minimizar os impactos sobre a unidade”.

Quanto aos objetivos da delimitação das ZA's, Vio (2001) afirma que devem se cumprir os seguintes aspectos:

- Formação, como o próprio nome define, de uma área de amortecimento no entorno da comunidade de conservação, que segure as pressões de borda promovidas pelas atividades antrópicas;
- Proteção dos mananciais, resguardando a qualidade e a quantidade da água;
- Promoção da manutenção da paisagem em geral e do desenvolvimento do turismo ecológico, com a participação da iniciativa privada;
- Ampliação das oportunidades de lazer e recreação para a população do entorno das unidades de conservação;
- Educação ambiental servindo como base para consolidar a atitude de respeito às atividades e necessidades ligadas à conservação ambiental e à qualidade de vida;
- Contenção da urbanização contínua e desordenada;

– Consolidação de usos adequados e de atividades complementares à proposta do plano de manejo da unidade de conservação;

De acordo com Oldfield (1998), as zonas de amortecimento são efetivas na proteção da área interna das unidades de conservação. Existe uma grande discussão na literatura sobre o papel da ZAUC, os seus objetivos e qual deve ser a relação da população residente com as Unidades de Conservação.

A zona de amortecimento deve servir como elo entre os gestores da unidade de conservação e os habitantes locais (Li *et al.*, 1999) e, para um êxito real da conservação da biodiversidade, é necessária a implementação de um pacto social com as populações locais e regionais, principalmente com os moradores das unidades de conservação e do seu entorno (DIEGUES, 1996).

No caso do PARNA Caparaó, o entorno é coexistente em ambos os estados e constituído por municípios rurais que apresentam como economia a cafeicultura. Em alguns casos, as áreas de plantação de café ocupam limites do Parque, como citado anteriormente no Plano de Manejo.

Quando o Parque Nacional do Caparaó foi instituído como UC, seu entorno já era ocupado e a economia, até os dias atuais, se baseia na cafeicultura. Na elaboração do Plano de Manejo em 1981, não foi criado um planejamento para essas áreas. É importante cogitar que, devido a essa falta de planejamento desde a criação do Parque, possa ter ocorrido algum efeito de borda em seu sistema natural.

De acordo com o Plano de Manejo (IBDF, 1981), o PARNA Caparaó foi dividido em Zonas. Tal divisão constituiu um meio de alocar os programas de manejo para áreas definidas de modo a eliminar conflitos e realizar os objetivos do Parque. São elas:

– Zona Primitiva: é aquela onde tenha ocorrido pequena ou mínima intervenção humana;

– Zona de Uso Extensivo: constituída, em sua maior parte, por áreas naturais, podendo apresentar alguma alteração humana;

– Zona de Uso Intensivo: constituída por áreas naturais ou alterações feitas pelo homem, o ambiente é mantido o mais próximo possível do natural, devendo conter: centro de visitantes, museus, outras facilidades e serviços;

– Zona Histórico-Cultural: é aquela onde são encontradas manifestações históricas e culturais ou arqueológicas, que serão preservadas, estudadas, restauradas e interpretadas para o público, servindo à pesquisa, à educação e ao uso científico.

– Zona de Recuperação: contém áreas consideravelmente alteradas pelo homem, denominada zona provisória, uma vez restaurada, será incorporada novamente a uma das zonas permanentes.

– Zonas de Uso especial: essa área contém locais necessários à administração, manutenção e serviços do Parque, abrangendo habitações, oficinas e outros.

Fica claro, portanto, a partir das zonas criadas no Plano de Manejo, que o entorno não foi inserido no planejamento.

Nos trabalhos de campo realizados para coleta de sedimentos, foram observadas algumas situações ilegais na área do Parque como a retirada de madeiras. Considerando que o PARNA Caparaó é uma Unidade de Conservação Integral, ou seja, é proibido quaisquer extrações no meio, tal fato aponta para a necessidade de monitorar o que se passa em sua zona tampão.

A situação aqui exposta serve para exemplificar umas das dificuldades enfrentadas pela gestão ainda na área pertencente ao parque. Porém, se pensarmos no gerenciamento do seu entorno, isto é, na zona de amortecimento, essas dificuldades seriam consideravelmente maiores, uma vez que o PARNA Caparaó possui uma área de 31.762 hectares, na qual compreende um o raio de 10 km de zona de amortecimento (Figura 18) estabelecido pelo CONAMA 13/90.

Orlando (1997) considera que a questão do raio de alcance 10 km para extensão de zona de amortecimento é discutível, pois o tamanho pode ser ideal ou não. Segundo ele, o ideal deveria ser sempre proporcional ao tamanho da zona-núcleo e respeitar, também, a realidade da região.

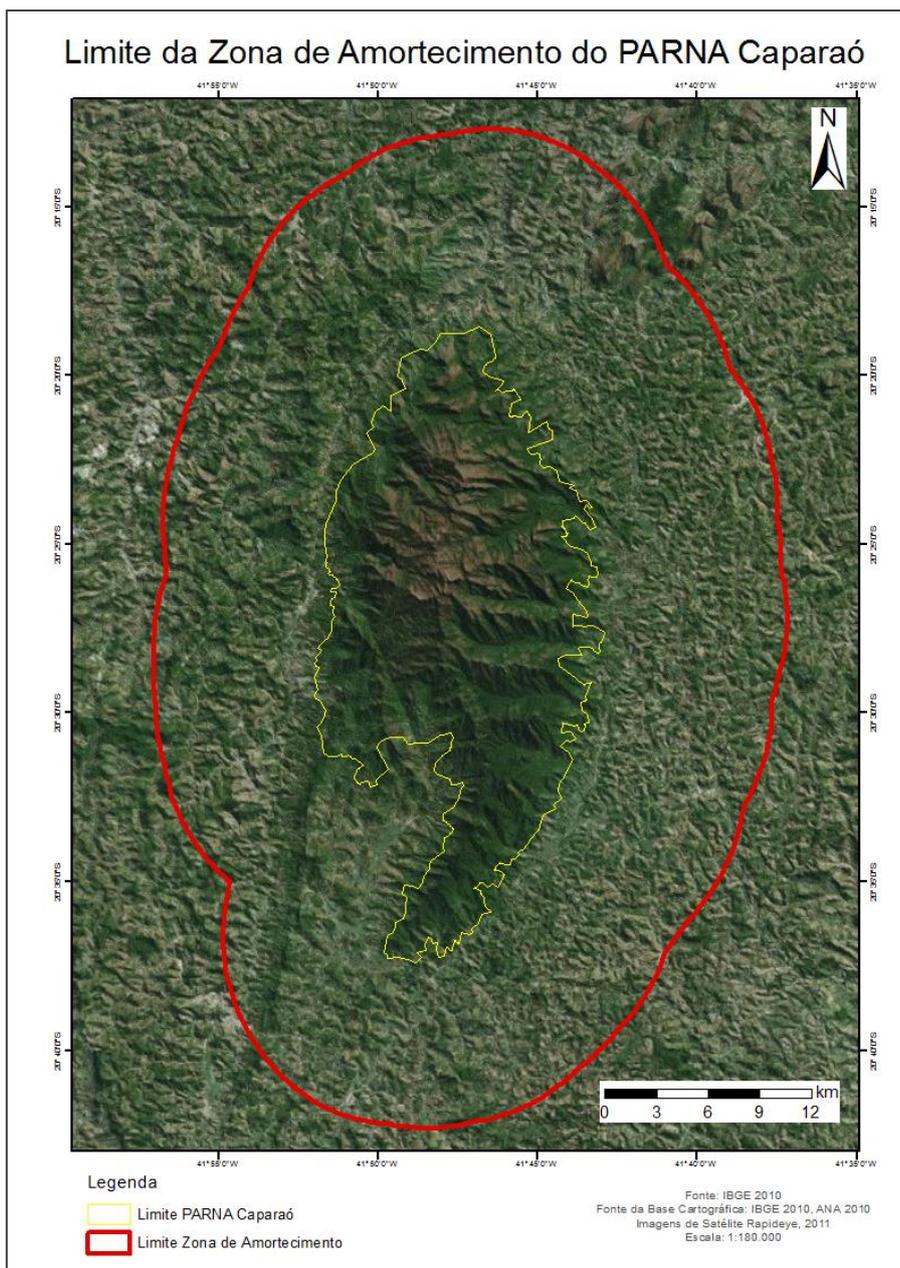


FIGURA 18: Limite de 10 km estabelecido pela Resolução CONAMA 13/90 no PARNA Caparaó. A linha amarela representa o limite estabelecido pelo Parque; a linha vermelha o raio de 10 km estabelecido pela legislação definindo a zona de amortecimento do Parque.

A pensar no raio de 10 km no PARNA Caparaó, faz sentido discutir a problemática apresentada por Orlando (1997), uma vez que esses limites são linhas imaginárias. Geograficamente, a questão é outra, pois se observa na realidade que a interferência antrópica ocorre dentro do parque em algumas áreas. Além disso, em todo o resto do entorno há a presença intenso do uso do solo sobretudo, pela cafeicultura, dentre outras atividades. Dessa forma, a mesma atividade cafeicultora que ocorre na borda e interior do

Parque, embora com mais intensidade, ocorre também na borda dos 10 km estabelecido pelo Conama.

Figueiredo e Leuzinger (2001) apontam que faltam critérios para a delimitação da zona de amortecimento, e que isso está levando ao entendimento errôneo de que a mesma deveria compreender os 10 km referidos na resolução.

Tanto para esses autores, quanto para Dios e Maçal (2009), a resolução corresponde ao licenciamento de atividades potencialmente poluidoras. Isso porque as zonas de amortecimento envolveriam todo um processo de planejamento socioambiental e, portanto, deveriam se adequar à realidade da região.

Com a criação das Unidades de Conservação, um dos primeiros problemas de gestão inicial se relacionava ao limite da unidade, pois os conflitos iniciais se davam tanto com os ocupantes desapropriados quanto com aqueles que habitavam no entorno das mesmas. Há que se pensar, ainda, que a forma de organização e apropriação do espaço imposta pela criação de parques é naturalmente potencializadora de conflitos, visto que sobrepõe diversas territorialidades, ou seja, “lugares” de poder e de subjetividade que vão além das noções de espaço físico e geográfico, considerados espaços de sentido, de ação e de transformação, tanto no campo pessoal e privado, quanto na esfera da coletividade (GUANAES, 2006).

Sobre essa questão no PARNA Caparaó, esse limite não interfere na economia local. No entanto, cabe questionar o monitoramento dessas atividades que já existiam antes da implantação do PARNA, assim como de algumas que, nos dias atuais, avançam para dentro dos seus limites.

Outro problema relatado pela gestão está no limite da área de preservação e a ocupação no entorno, uma vez que, no início da criação, o limite foi originalmente definido pela quota 1.300 m. Isso significava que as terras com altitude superior a 1.300 m pertenciam ao parque e as terras mais baixas, ao entorno. Na fixação dos novos limites, iniciada em 1998 a divisa ficou mais flexível, englobando áreas de interesse real para a UC (PROJETO DOCE MATAS, 2010, p. 13).

Dessa forma é preciso que se examine como se articulam, na realidade, os limites de território, não somente do Parque, mas também dos estados que o abrigam (MG e ES) e das propriedades privadas. Pois, foi observado durante os trabalhos de campo que o Parque é visto pelos dois Estados MG e ES, fazendo com que cada município tem o PARNA

Caparaó, e o mesmo deixa de ser uma única unidade territorial, neste caso podendo gerar conflitos.

De acordo com Acelrad (2004, p. 26), os conflitos constituem embates “envolvendo grupos sociais com modos diferenciados de apropriação, uso e significado do território” e despontam com a iminência de uma ameaça proveniente de “impactos indesejáveis – transmitidos pelo solo, água, ar ou sistemas vivos – decorrentes do exercício das práticas de outros grupos”.

Um exemplo de conflito social no interior do PARNA Caparaó se relaciona ao impasse referente ao seu uso e ocupação. De acordo com o IBDF (1981), havia, naquele ano, 103 ocupantes dentro da área do Parque entre proprietários e posseiros. No plano foi afirmado que, àquela época, o processo de indenização a essas pessoas estava na fase final. Contudo, havia uma série de dificuldades em função de muitos ocupantes possuírem terras irregulares.

Na reunião do conselho consultivo do Parque em 1995 foi abordada, também, a questão fundiária, uma vez que havia sido levantada a existência de 100 propriedades no parque e, até aquele momento, apenas 25 tinham sido avaliadas. Não havia previsão da continuidade do levantamento. Segundo foi dito, a demarcação seria determinada pelo GPS e, a partir daí, seria feito um decreto. Então, a fiscalização de campo passaria em cada propriedade para fazer o comunicado. Atualmente, não se tem dados sobre os números de propriedades que permanecem no Parque.

Pode-se dizer que é um desafio para a gestão de uma UC erradicar esses conflitos, no entanto, com um devido planejamento, o mesmo pode ocorrer através de projetos paralelos com a comunidade em torno da UC. Uma das questões que desafiam a gestão de áreas especialmente protegidas, notadamente a das unidades de conservação, é saber como torná-la efetivamente participativa e inclusiva dos segmentos da comunidade, os quais, de forma significativa, são afetados ou podem afetar as unidades de conservação (MMA, 2004).

3.3.3. Problemas ambientais em Unidades de conservação

O Decreto Estadual Nº 39.424, de 5 de fevereiro de 1998, define a poluição ou degradação ambiental como quaisquer alterações das qualidades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente que possam:

- i. Prejudicar a saúde ou bem-estar da população;
- ii. Criar condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- iii. Ocasionalmente danos relevantes à flora, à fauna e a qualquer recurso natural;
- iv. Ocasionalmente danos relevantes aos acervos histórico, cultural e paisagístico.

Segundo o DITT (2002), os distúrbios causadores de degradação podem ter origem no interior das UC's ou nas áreas de entorno. As principais ações no interior de UC's, capazes de causar impacto, e consequente degradação ambiental, são:

- i. Incêndios, que podem ocorrer por focos iniciais no interior ou no entorno;
- ii. Extração seletiva de espécies animais e vegetais;
- iii. Áreas degradadas antes da criação da unidade;
- iv. Ecoturismo.
- v. Dentre dos distúrbios causados pelo entorno, pode-se citar:
- vi. Efeito de borda (fragmentação);
- vii. Contaminação biológica;
- viii. Contaminação química.

Das ações citadas as mais observáveis na área de estudo são os incêndios e a contaminação química, esta última proposta de análise deste trabalho.

Os incêndios florestais e as queimadas, segundo o Instituto Estadual de Floresta de Minas Gerais (IEF-MG, 2006) interferem no ciclo hidrológico, tanto por impedir a redução da velocidade e a força do impacto das gotas d'água no solo, quanto por provocar o endurecimento e a impermeabilização do solo, o que reduz a infiltração e aumenta a velocidade de escoamento das águas, provocando enxurradas que causam erosão, inundações, perdas de vidas humanas e prejuízos econômicos.

O histórico da ocorrência do fogo no PARNA Caparaó tem causas similares às presentes em outras unidades de conservação, como, por exemplo, a utilização da queima para renovação da pastagem.

Com a ocupação da terra para agricultura e pecuária, quase que a totalidade destas florestas foi destruída, com isso, a fauna do Parque se resume a pequenos animais relativamente comuns, como gambás, cuícas, alguns roedores e predadores menos exigentes quanto ao espaço vital, como cachorro-do-mato e gato-do-mato (ICMBIO, 2010).

Conforme Toresan (1998), para a utilização do solo agrícola, os agricultores dispõem de um grande número de práticas relacionadas ao preparo e manejo da fertilidade e ao gerenciamento de cultivos. Estas práticas são combinadas de diferentes formas, determinando ampla variação entre agricultores quanto ao grau de adequação para a manutenção e melhoria da capacidade produtiva do solo, o que implica no uso de fertilizantes e agrotóxicos, gerando a contaminação química.

Segundo Porfirio (2006) as principais causas de contaminação química em UC's são a poluição atmosférica e a contaminação de ecossistemas aquáticos por metais pesados. Em se tratando da poluição atmosférica, a mesma tem afeto UC's em áreas urbanas.

4. GEOINDICADORES AMBIENTAIS, QUALIDADE DOS SEDIMENTOS E ELEMENTOS SELECIONADOS E POTENCIALMENTE TÓXICOS

As pesquisas geográficas partem do cunho das transformações provocadas pelo homem e pelas mutações naturais do meio, onde são diariamente calculadas, medidas e armazenadas em banco de dados para prognósticos e possíveis previsões (JUNIOR e DALLA VILLA, 2011). Diversas são as variáveis para averiguar as transformações naturais: dados climatológicos, hidrológicos, morfométricos, granulométricos, datações de sedimentos, entre outros.

Cunha e Guerra (1996) pontuam que a degradação ambiental não pode ser analisada apenas sob o ponto de vista físico, uma vez que deve ser entendida de forma global, integrada, holística, levando-se em conta as relações existentes entre a degradação natural e a sociedade, que pode ser a causadora dessa degradação ambiental.

Em estudos de análise ambiental, muito tem se utilizado dos indicadores para a qualidade de sedimentos. É importante destacar que eles são importantes para o estudo da qualidade ambiental, pois podem indicar tendências de poluição, contaminação e vulnerabilidade ambiental.

Neste contexto, os indicadores ganharam importância, já que fornecem informações sobre elementos e fenômenos da realidade. Magalhães Jr. (2003, 2007) os caracteriza como informações quantitativas de uma situação pontual ou evolutiva. Não são informações explicativas ou descritivas, mas pontuais, no tempo e no espaço, cuja integração e evolução permitem o acompanhamento dinâmico da realidade.

Dessa forma, o desenvolvimento de indicadores e índices ambientais pode auxiliar na identificação de um determinado problema, apontar suas causas e orientar as ações sociais que poderão ser utilizadas para combater tal problema, possibilitando, aos gestores públicos uma ótima oportunidade para fazerem uma reavaliação das políticas ambientais adotadas (RUFINO, 2002).

4.1. Geoindicador

Os geoindicadores ambientais destacam-se por serem investigadores dos problemas naturais ou antropogênicos, neste caso pelo uso inadequado dos recursos disponibilizados pela natureza. Eles apontam diferentes índices de degradação para diferentes localidades, em um espaço de tempo limitado. São considerados, segundo Coltrinari (2001), como

instrumentos de pesquisa, de conhecimento das condições do ambiente e das alterações que nele ocorrem. Dessas alterações Cunha e Guerra (1996) citam:

Considera-se como ambiente o espaço onde se desenvolve os processos naturais e antrópicos gerando neste sentido um processo histórico de ocupação desse espaço, bem como as transformações em uma determinada época provocada pela sociedade. Dessa forma, o ambiente é alterado pelas atividades humanas e o grau de alteração de um espaço, em relação a outro, é avaliado pelos seus diferentes modos de produção e/ou diferentes estágios de desenvolvimento da tecnologia.

Assim, os geoindicadores podem ser um bom instrumento para melhorar as pesquisas interdisciplinares, focalizando as mudanças naturais e induzidas pelo homem na paisagem e constituindo um caminho para a conexão com outros assuntos ambientais, econômicos e sociais (REGO-NETO, 2003, p. 110). Dessa forma, os geoindicadores trazem informações que poderão ser interpretadas de maneira que se possa conhecer as conexões, inter-relações e efeitos entre os problemas ambientais apontados (RUFINO, 2002).

O sedimento serve para avaliação da qualidade do ecossistema como uma importante ferramenta a ser utilizada, pois este se relaciona diretamente aos processos e padrões dos ecossistemas em questão e serve como mecanismo confiável para detectar fragilidades ambientais. (POLETO e MERTEN, 2006).

Dessa forma, destaca-se importância de se fazer um estudo sobre o uso do sedimento como geoindicador, uma vez que a avaliação das variáveis físicas e químicas (elementos potencialmente tóxicos) dos sedimentos podem integrar os efeitos de variáveis ambientais sobre um longo período de tempo e permitem a detecção de perturbações ocasionais.

Para que as informações e interpretações ocorram, é necessário, de acordo com Berger (1996, p. 36), que os geoindicadores contribuam para responder quatro questões básicas:

- 1- O que está acontecendo no ambiente? (condições e tendências);
- 2- Por que está acontecendo? (causas, humanas e/ou naturais);
- 3- Por que é importante? (efeitos ecológicos, econômicos e na saúde);
- 4- O que se pode fazer acerca disso? (implicações no planejamento e nas políticas)

Ao se pensar sobre estas questões na área de estudo, a primeira pergunta está relacionada com as pressões do uso do solo na zona de amortecimento do Parque,

sobretudo o uso demasiado de fertilizantes industriais e agrotóxicos que podem contaminar o solo e água.

Na questão “por que está acontecendo?”, pode-se apontar como possível resposta a falta de informação no uso dos agroquímicos, na zona de amortecimento do PARNA Caparaó.

A terceira questão, que trata da importância, está relacionada ao fato de que os contaminantes inorgânicos têm ganhado uma visibilidade maior com o estudo da contaminação por metais pesados, tendo em vista a toxicidade desses elementos. A mudança dos padrões dos metais pesados nos corpos hídricos tem impactos significativos na saúde humana e na biota aquática.

O principal problema da contaminação dos metais pesados no ambiente está relacionado à capacidade de concentração na cadeia trófica que afeta principalmente os seus níveis mais altos, onde se situam os seres humanos. Os efeitos na saúde humana estão relacionados a problemas no sistema nervoso e efeitos cancerígenos, além disso, esses elementos podem causar mutações genéticas e afetar o sistema reprodutivo.

Quanto a quarta e última questão, o que se pode fazer acerca disso, sugere-se que ocorram projetos de educação ambiental, de modo que as comunidades possam valorizar o meio em que elas vivem, sobretudo por residirem em torno da unidade de conservação. Em relação ao cultivo de café, podem ocorrer acompanhamentos de pessoas especializadas no uso de defensivos agrícolas orgânicos e análises químicas do solo para correta adubagem para que o uso e manejo do solo sejam adequados.

Além dessas perguntas, para melhor se fazer uso dos geoindicadores nas pesquisas geográficas, eles podem ser classificados nos grupos “Pressão-Estado-Resposta” (Fig. 19), que foi criado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 1993), caracterizando-se por grande aceitabilidade devido a sua simplicidade, facilidade de uso e possibilidade de aplicação em diferentes níveis e escalas.

Pelo arcabouço elaborado, compreende-se que o fator pressão ocorre pelas alterações que as atividades antrópicas estão provocando ou podem vir a provocar no meio físico. No item estado, destacam-se as condições nas quais se encontram os atributos do meio físico. Finalmente, na resposta, encaixam-se projetos elaborados a fim de buscar a sustentabilidade das áreas que estão passando por um processo de degradação.

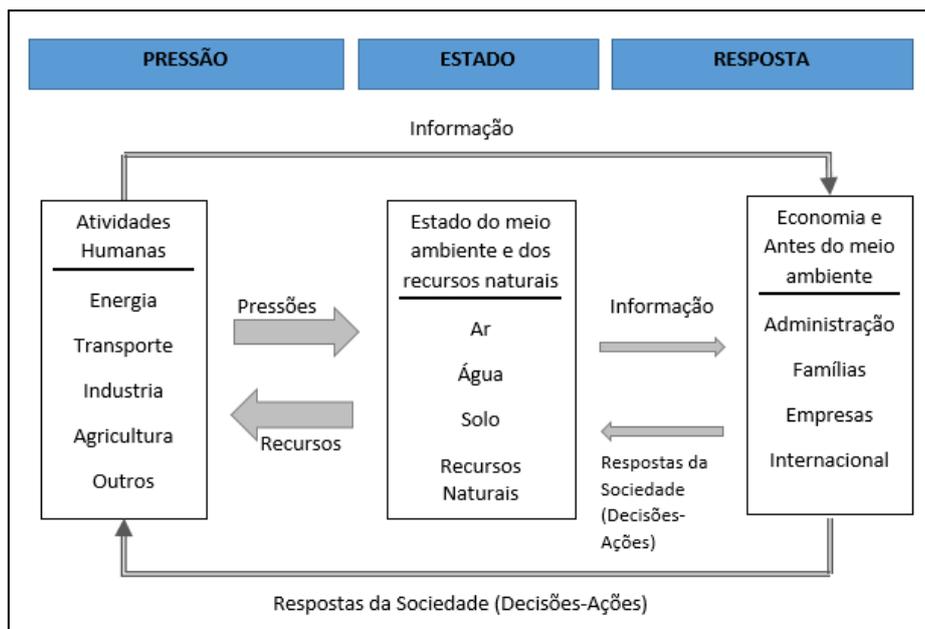


FIGURA 19: Arcabouço Pressão- Estado- Resposta. Fonte: OCDE, (1993).

Desse modo, os geoindicadores passam a ser uma proposta de avaliação do meio natural diante das ações da própria natureza e das ações antrópicas. Conforme afirma Berger (1997), o emprego deste conceito é uma proposta de avaliação das mudanças ocorridas nos componentes abióticos das paisagens e dos ecossistemas. Este autor elaborou uma lista com os vinte e sete principais geoindicadores, caracterizados como uma coleção de ferramentas para avaliar as alterações ocorridas em diferentes ambientes, dentro de qualquer sistema terrestre ou litorâneo, destacando-se algumas características do meio físico e suas respectivas suscetibilidades à influência natural e humana. Nesta lista proposta pelo autor, destacam-se estudos da qualidade da água, não indicando a qualidade os sedimentos.

Entretanto, para Berger (1996), a referida lista tem a necessidade de ser revisada, de maneira que possam ser adicionados geoindicadores, para que sejam registradas todas as questões ambientais que caracterizam e identificam as mudanças ocorridas nos componentes do meio físico de uma determinada região em estudo.

Diante do exposto, considera-se que, neste estudo, a avaliação de elementos potencialmente tóxicos em sedimentos fluviais pode ser adicionada como um indicador na avaliação das condições naturais e antropogênicas. Naturais, por poderem expressar valores de *background* e, pressões antrópicas, pelo uso do solo, processos industriais, agrícolas no uso de defensivos químicos. Portanto, a análise ambiental utilizando os

sedimentos fluviais pode ajudar a trazer informações, bem como interpretações da situação real da qualidade ambiental da escala de análise estudada.

4.2. Sedimentos fluviais

Em ambientes fluviais são encontrados sedimentos de diferentes tamanhos, natureza e podem ser de composição inorgânica e orgânica. Essas variações na composição físico-química são decorrentes de vários fatores naturais, como a composição petrológica da fonte, o clima e ação antrópica, como o uso do solo de lançamento ou não de efluentes. Além das partículas minerais, as partículas orgânicas também são consideradas parte dos sedimentos. Quando os sedimentos são transportados por fluxos fluviais, passam a ser denominados de sedimentos fluviais (EDWARDS, 2007).

Em se tratando dos poluentes orgânicos e inorgânicos, Santos et al. (2006, p. 181) citam que considerar a reatividade de sedimentos no ambiente e sua interação com os poluentes é conhecer a maneira de melhor inferir sobre suas consequências à qualidade do ambiente e da vida do homem.

De acordo com os autores, poluente é uma substância ou elemento químico fora do seu local de origem, em concentrações capazes de promover efeitos adversos aos seres vivos. No entanto, a maioria das substâncias inorgânicas e elementos químicos classificados como poluentes estão naturalmente presentes em solos e sedimentos, pois são derivados de minerais que compõem a rocha e que, por sua vez, origina o solo. A ocorrência dessas substâncias pode se dar em baixas concentrações e só se torna preocupante como poluentes quando entram na cadeia alimentar, integrando partes comestíveis de plantas e, por isso, ingeridos por animais e seres humanos. Nessas situações, manifestam-se os prejuízos maiores.

O estudo dos sedimentos através de métodos analíticos de geoquímica ambiental permite examinar a maior quantidade possível de metais pesados, especialmente em concentrações elevadas, uma vez que são motivo de grande preocupação ambiental, principalmente por não serem degradáveis, o que permite a eles perseverar por longo tempo no meio ambiente (COTTA *et al.* 2006).

Nas drenagens, as espécies químicas, provenientes da alteração destes materiais rochosos e solos, bem como de poluentes, ficam estocadas, em sua grande maioria (99%), nos sedimentos (AXTMANN e LUOMA, 1991; PEREIRA *et al.*, 2007). Ressalta-se, desta forma, a importância da utilização de sedimentos como ferramenta de análise da qualidade

dos recursos hídricos e de detecção das fontes de poluição (CALMANO e FORSTNER, 1996; ROBAINA *et al.*, 2002). Sendo assim, a análise dos sedimentos poderá caracterizar a qualidade ambiental na bacia do parque, bem como as atividades antrópicas que contribuem para alteração da qualidade, sendo assim possível apontar medidas mitigadoras.

Poleto e Merten (2006) citam que, tradicionalmente, a preocupação com sedimentos fluviais nos ecossistemas aquáticos tem sido abordada, preferencialmente, como um problema físico relacionado com os processos deposicionais e com as questões de estabilidade da calha fluvial. Mais recentemente, tem sido reconhecido que os sedimentos (especialmente de granulometria fina) atuam também como vetores que transferem nutrientes e poluentes dos ecossistemas terrestres para os ecossistemas aquáticos. Além disso, os sedimentos também cumprem uma função na regulação da qualidade da água por sua capacidade de reter e liberar poluentes (Golterman *et al.* 1983), tornando-se, assim, importantes para o estudo da qualidade da água e da qualidade ambiental.

Mello (2006, p. 39) afirma que a necessidade de preservação da qualidade da água deu origem à pesquisa da qualidade de sedimentos. Segundo a autora, apenas a quantidade de sedimentos presente num corpo hídrico não explica a redução de sua qualidade, tornando necessário entender o grau de contaminação exercido pelos sedimentos que entram no padrão de drenagem.

Para tanto, Rodrigues (2007, p.18) cita que o diagnóstico da qualidade dos sedimentos fluviais representa uma importante ferramenta para avaliação do impacto ambiental sofrido por uma bacia hidrográfica ao longo do tempo. Os sedimentos integram todas as contribuições antropogênicas e permitem reconstruir o histórico de contaminação por agentes tóxicos de natureza conservativa. No meio aquático, o sedimento representa o principal compartimento de acumulação, reprocessamento e transferência de metais, ocorrendo, através da interface com a água, contínuo processo de imobilização e remobilização desses elementos, ainda que tenha cessado a descarga de poluentes e significativas melhorias tenham ocorrido na qualidade da água.

De acordo com Mudroch e Macknight (1991), os processos de acumulação, reprocessamento e transferência dos constituintes do sedimento se dão por precipitação através dos processos químicos e biológicos nos rios, lagos e águas oceânicas. Dessa forma, o sedimento é constituído basicamente por:

- Águas intersticiais, que preenchem os espaços entre as partículas e equivale a cerca de 50% do sedimento;
- Material inorgânico, rochas, fragmentos de conchas e grãos resultantes da erosão natural do material da crosta terrestre;
- Material orgânico que, embora ocupe pequeno volume, é um componente importante, em função da característica de sorção e biodisponibilidade de muitos contaminantes;
- Material de origem antrópica.

A avaliação da qualidade dos sedimentos é, conseqüentemente, essencial para a compreensão dos processos que ordenam a disponibilidade e a destinação dos poluentes dispostos nos corpos hídricos, uma vez que é o compartimento preferencial de armazenamento e transformação da maioria dos poluentes lançados pelo homem (ALMEIDA e ROCHA 2006, p. 142).

4.2.1. Fração Granulométrica dos sedimentos

De acordo com Dias (2004), a análise granulométrica consiste na determinação das dimensões das partículas que constituem as amostras (presumivelmente representativas dos sedimentos) e no tratamento estatístico dessa informação.

A escala granulométrica mais utilizada em geociências é a de Wentworth (1992), que apresenta uma classificação nominal dos sedimentos mais grosseiros até os mais finos (Tabela 3) – respectivamente, de matacões até argilas (Teixeira *et al.* 2000).

TABELA 3: Escala de classificação granulométrica segundo Wentworth (1922).

Intervalo Granulométrico (mm)	Classificação Nominal			
	Proposição original (inglês)		Tradução usual (português)	
>256		<i>Boulder</i>		Matacão
256-64	<i>Gravel</i>	<i>Cobble</i>	Cascalho	Bloco ou calhau
64-4,0		<i>Pebble</i>		Seixo
4,0-2,0		<i>Granule</i>		Granulo
2,0-1,0	<i>Sand</i>	<i>Very coarse sand</i>		Areia muito grossa
1,0-0,50		<i>Coarse sand</i>		Areia grossa
0,50- 0,250		<i>Medium sand</i>	Areia	Areia media
0,250- 0,125		<i>Fine sand</i>		Areia fina
0,125- 0,062		<i>Very fine sand</i>		Areia muito fina

0,062- 0,031		<i>Coarse silt</i>		Silte grosso
0,031-0,016	<i>Silt</i>	<i>Medium silt</i>	Silte	Silte médio
0,016-0,008		<i>Fine silt</i>		Silte fino
0,008-0,004		<i>Very fine silt</i>		Silte muito fino
< 0,004	<i>Clay</i>	<i>Clay</i>	Argila	Argila

Uma vez que os elementos não se encontram homogeneamente distribuídos nas frações granulométricas, a separação das frações permite a determinação dos elementos traços adsorvidos naquela com a sua maior concentração. Segundo Salomons e Forstner (1984), normalmente, os metais pesados são encontrados nas frações mais finas dos sedimentos, constituída por silte e argila.

4.3. Elementos potencialmente tóxicos (“metais pesados”)

O termo “metal pesado” é frequentemente usado na literatura e nem sempre é acompanhado de uma definição clara. Segundo alguns autores, entre eles, Adriano (1986) e Csuros e Csuros (2000), designa-se por “metal pesado” o grupo de elementos cuja densidade atômica é superior a 5 g/cm³. Ainda de acordo com a *International Union of Pure and Applied Chemistry* (2002), a definição correta do termo “metais pesados” pode estar relacionada a uma classe de elementos químicos com peso específico maior que 5g.cm³ ou com número atômico maior que 20 (MALAVOLTA, 1994).

Para Duffus (2002), o termo “metal pesado” deve ser abandonado, pois não apresenta uma base terminológica ou científica válida. O seu uso implica que o metal puro ou o semimetal puro e os seus compostos apresentem as mesmas propriedades físico-químicas, biológicas e toxicológicas, o que não é verdade. Segundo este autor, para evitar o uso deste termo é necessário uma nova classificação baseada na tabela periódica. Na generalidade, o termo é usado para um grupo de metais e semimetais (metalóides) que estão associados a contaminação e toxicidade, como por exemplo chumbo, cádmio, cromo, cobre, mercúrio, níquel e zinco, são comumente denominados como metais pesados (ALLOWAY e AYRES, 1993).

O termo metal pesado, de acordo com Ribeiro (2010, p.72), engloba metais, semimetais e, até mesmo, não metais; sustentando a utilização desse termo nos diversos trabalhos, neste inclusive, que têm sido realizados e a afirmação deste na literatura ambiental, sendo amplamente reconhecido e frequentemente aplicado a elementos associados a problemas de contaminação e toxidade.

De acordo com Salomons (1995), os metais são de ocorrência natural na natureza. Ao receber corpos de água, podem se originar tanto de fontes naturais quanto antropogênicas. Dependendo do tipo de solos e das rochas presentes ao longo do leito do rio, podem ser encontrados mesmo em águas superficiais. Em pequenas quantidades vestigiais, muitos metais são necessários nutrientes para a vida aquática e a saúde humana.

Os metais se acumulam no sedimento e é indispensável que se investigue a quantidade acumulada para se estimar o grau de contaminação ambiental. As principais variáveis que interferem na concentração de metais nessa matriz são: o tamanho dos grãos, as ligações existentes entre metais e os sólidos finos através dos óxidos e hidróxidos de Fe, Al e Mn, matéria orgânica que pode formar compostos organometálicos e os argilominerais. Esses, por sua vez, podem formar complexos argila-poluentes, os quais se mobilizam por erosão sendo transportados e depositados no hidrossistema (GROOT *et al.*, 1982; LORING e RANTALA, 1992).

Para Novotny (1995), 59 elementos presentes na tabela periódica podem ser classificados como metais pesados e são potencialmente tóxicos. Contudo, o mesmo autor propõe uma distinção dos metais, segundo sua toxicidade. Neste sentido, aponta que 17 metais que são considerados muito tóxicos (As, Co, Bi, Ni, Cu, Zn, Sn, Se, Te, Pd, Ag, Cd, Pt, Hg, Tl, Pb e Sb) e disponíveis em lugares específicos com concentrações em nível de toxicidade. Dentre os 17 metais tóxicos, dez (Ag, As, Cd, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Sn e Zn) são, principalmente, mobilizados no ambiente pelo homem, em taxas que excedem às dos processos geológicos naturais.

Em relação aos processos geológicos naturais, Oliveira (2007) afirma que os minerais primários e secundários diferem amplamente no conteúdo de seus elementos traços. Assim, rochas ígneas e sedimentares nas quais os minerais se formam, também mostram uma ampla variação em seu conteúdo em relação aos metais pesados.

Em estudos de qualidade ambiental é necessário avaliar, também, as concentrações de metais com respeito a valores de referência ou *Guidelines*, possibilitando uma avaliação da extensão da poluição e seus possíveis impactos ecológicos. Segundo CCME (1995), os *Guidelines* são limites numéricos ou recomendações narrativas para dar suporte ou conservar designados usos do meio ambiente aquático. Segundo OMEE (1993), o propósito dos *Guidelines* de qualidade de sedimentos é proteger o ambiente aquático propondo níveis seguros para concentrações de metais.

De acordo com Trindade (2010), até o presente momento, o Brasil não possui uma legislação específica para a determinação de metais e da qualidade dos sedimentos que considere os efeitos nocivos à biota. No entanto, os trabalhos realizados no território nacional geralmente são balizados pela CONAMA nº 344/04, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras.

A leitura da CONAMA nº 344/04 permite entender que os níveis de classificação do material a ser dragado citados para As, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Ni e Zn têm como referência a legislação canadense (Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life) elaborada pelo CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) em 1995. Neste protocolo, são encontrados os valores-guias de qualidade dos sedimentos (Tabela 4), representados por dois valores: TEL (*threshold effect level*) e PEL (*probable effect level*).

Esses valores são respectivamente Nível-1 e Nível- 2 no CONAMA nº 344/04. Segundo o CCME (1995), os valores-guias foram gerados a partir de informações químicas e toxicológicas disponíveis na América do Norte onde, por meio dos resultados dos dados químicos e biológicos, estabeleceram-se relações existentes entre a concentração de cada composto medido no sedimento e algum efeito adverso na biota.

TABELA 4: Valores-guia estabelecidos pelo “Canadian Council of Ministers of the Environment” TEL e PEL.

PARÂMETROS	TEL (mg/kg)	PEL (mg/kg)
Cádmio	0,6	3,5
Cobre	35,7	197
Chumbo	35	91,3
Níquel	18,0	35,9
Zinco	123	315
Cromo	37,3	90

Fonte: Adaptado de CCME 1995.

Além dos valores de referência dos *Guidelines*, para a determinação de áreas contaminadas ou de níveis elevados de elementos químicos, é preciso considerar a geodisponibilidade e os valores de *background* de cada elemento. Lima (2008, p. 2) explica que geodisponibilidade ou disponibilidade geológica é entendida como um conteúdo total ou parcial de uma espécie química integrante de um material geológico que é passível de ser liberada na superfície terrestre por processos físicos, químicos ou biológicos. Ainda de acordo com Lima (2008, p. 3), o nível de geodisponibilidade de uma

espécie química depende da susceptibilidade do material litológico à ação intempérica, além de outros fatores relacionados às condições geoquímicas ambientais, topografia, clima e estrutura geológica.

Para Mattoso e Formoso (2007), os níveis de *background* descrevem uma faixa de valores normais para rochas, solos, sedimentos e seus derivados. Portanto, uma avaliação ambiental consistente deve passar, inicialmente, pelo entendimento dos aspectos geoambientais de cada área.

4.3.1. Principais características dos “metais pesados”

Os micropoluentes inorgânicos são, em sua maioria, elementos ou compostos tóxicos, dentre os quais se destacam os metais pesados (RIBEIRO, 2010). As características nocivas desses elementos estão associadas, principalmente, à sua dissolução na água e à concentração na cadeia alimentar.

Alguns elementos químicos, muitos dos quais podendo ser venenosos para os seres humanos, diferenciam-se dos compostos orgânicos tóxicos por serem absolutamente não degradáveis, de maneira que podem acumular-se nos componentes do ambiente onde manifestam sua toxicidade (BAIRD, 2002).

Quanto aos óxidos e hidróxidos de Fe, Al, Mg e Mn, funcionam como elementos suporte, influenciando na concentração dos metais em solução, assim como nos processos de remoção e disponibilidade. Atuam carreando os metais, entre as fases dissolvida e particulada, por processos de adsorção e coprecipitação (DORNFELD, 2002; TOMAZELLI, 2003).

4.3.1.1 Alumínio

O alumínio está presente em elevadas concentrações na bauxita e na crosta terrestre, os minerais típicos deste elemento são os hidróxidos e os óxidos de alumínio, dos quais se destacam a gibbsita, a caulinita, a andaluzita/disteniú/silimanita, o córindon, entre outros. Os possíveis minerais mais abundantes e hospedeiros deste elemento são: os feldspatos, as micas e os minerais de argila (DEER *et al.*, 1966; REIMANN e CARITAT, 1998).

4.3.1.2. Ferro

O ferro é naturalmente encontrado em concentrações elevadas na crosta, sendo que os principais minerais de origem sedimentar são a hematita, goethita e pirita.

Segundo Cortecci (2002), é um elemento essencial, constituinte da hemoglobina, da mioglobina e de complexos enzimáticos; além de ser fundamental para a geração de energia em nível celular e para a integridade do sistema imunológico.

O ferro, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos entraves para o abastecimento público de água. Além de conferir cor e sabor à água, traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição (CETESB, 2012).

4.3.1.3. Manganês

O manganês naturalmente é encontrado em altas concentrações na litosfera (Quadro 3), com teores variando de 350mg/kg a 2.000mg/kg, principalmente em rochas máficas (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1992). Em rochas sedimentares, como as encontradas na área de estudo, os teores de Mn são controlados tanto pela geoquímica quanto pelas condições de oxidação-redução do ambiente deposicional (WEDEPOHL, 1978).

De acordo com CETESB (2012), o manganês inorgânico (retirado de rochas) é usado na fabricação de ligas metálicas, especialmente aços, em pilhas, palitos de fósforo, vidros, fogos de artifício, na indústria química, de couro e têxtil e, também, como fertilizante.

4.3.1.4. Magnésio

Quanto à disponibilidade desse elemento na natureza, os minerais que concentram a maior quantidade de magnésio são a magnesita, dolomita, biotita, granada, piroxênio, clorita e alanita (WEDEPOHL, 1978). As rochas ultramáficas, carbonáticas sedimentares e suas equivalentes metamórficas são as que concentram maiores quantidades de magnésio.

4.3.1.5. Cálcio (Ca)

Presente em concentrações elevadas na crosta terrestre, o cálcio (Ca) é constituinte da maioria dos minerais formadores de rochas. Os possíveis minerais hospedeiros deste elemento são: os carbonatos, os feldspatos, as anfíbolas e os piroxênios (DEER *et al.*, 1966; REIMANN e CARITAT, 1998).

Para Silva *et al.* (2006), o cálcio é o metal mais abundante no corpo humano, com quantidade média de 1.200mg de fosfato de cálcio encontrados nos ossos e dentes. É considerado essencial na regulação da atividade de membranas celulares, especialmente na contração muscular e na condução dos estímulos nervosos; além de participar da coagulação sanguínea, divisão celular e liberação de hormônios.

4.3.1.6. Cobalto (Co)

O cobalto é encontrado naturalmente em rochas, solos, águas, plantas e animais em quantidades-traço. As fontes naturais de emissão do composto para a atmosfera são vulcões e incêndios florestais. As fontes antropogênicas incluem queima de combustíveis fósseis, uso de biossólidos e fertilizantes fosfatados, mineração e fundição de minérios contendo cobalto e processos industriais que utilizam compostos de cobalto.

Os minerais típicos do cobalto são a cobaltita, a entre outros. Os possíveis minerais hospedeiros deste elemento são: a olivina, os piroxênios, as anfíbolas, as micas, as granadas, a pirite e a blenda (REIMANN e CARITAT, 1998).

É considerado também um nutriente essencial, sendo fundamental na produção da vitamina B12, envolvida na manutenção da integridade do sistema nervoso e na produção de glóbulos vermelhos. No entanto, em altas concentrações, torna-se tóxico e carcinogênico aos seres humanos.

4.3.1.7. Titânio (Ti)

Na natureza, o titânio é um metal branco e brilhante, com uma baixa densidade, boa resistência mecânica e uma excelente resistência à corrosão; podendo ser encontrado principalmente no rutilo, ilmenita, loparita, perovskita e esfênio. Em rochas sedimentares, a concentração de TiO_2 é determinada pela abundância de óxidos detríticos, argilominerais e fases diagenéticas, como o anatásio (Branco, 1982).

4.3.1.8. Bário (Ba)

A principal fonte mineral de bário é a barita e a witherita (BRANCO, 1982). Em rochas sedimentares, as concentrações de Ba estão relacionadas à abundância dos feldspatos potássicos de Fe e Mn, que podem adsorver esse elemento. Nos sedimentos de drenagem, as micas e a barita são os principais portadores de Ba (WEDEPOHL, 1978).

4.3.1.9. Cromo (Cr)

Na natureza, os minerais típicos do crômio são a cromita e a crocoita. Os possíveis minerais hospedeiros deste elemento são: os piroxênios, os anfibólios, as micas, as granadas e os espinélios (DEER *et al.*, 1966; REIMANN e CARITAT, 1998).

Segundo o CETESB (2012), a maior parte das emissões de crômio para o ambiente é de origem antropogênica, principalmente emissões industriais, como produção da liga ferrocrômio, refino de minério e seu tratamento químico. Cerca de 40% do metal está disponível na forma hexavalente e a maior parte advém das atividades humanas. Ele é derivado da oxidação industrial do crômio obtido da mineração e, possivelmente, da queima de combustíveis fósseis, madeira e papel.

4.3.1.10. Cádmio (Cd)

Na natureza, o cádmio geralmente ocorre associado aos minérios de zinco, como a esfalerita; sendo que a greenockita (CdS) é um dos poucos minerais conhecidos por conter cádmio (WINTER, 1998). As principais fontes antrópicas de cádmio são as baterias, pigmentos de tintas e atividades de mineração de Zn e Pb (BAIRD, 1999).

As principais fontes ambientais deste elemento são a combustão de carvão; as escombrelas e a fundição de zinco, cobre e chumbo; os moinhos de ferro; os cromados e niquelados; os fertilizantes; os pneus; as lamas de efluentes e a incineração de resíduos (REIMANN e CARITAT, 1998).

4.3.1.11. Cobre (Cu)

Os minerais típicos do cobre são cuprita, a malaquita ($\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$), a tetraedrita, entre outros. De todas estas ocorrências, é na calcopirita que o cobre ocorre em maior quantidade (DEER *et al.*, 1966; REIMANN e CARITAT, 1998). Na natureza o cobre é o que possui maior teor em argilitos e xistos.

De acordo com o CETESB (2012), as principais fontes antropogênicas do metal são: mineração, fundição, queima de carvão como fonte de energia e incineração de resíduos municipais. As emissões por uso como agente antiaderente em pinturas e na agricultura, excreção de animais e lançamento de esgotos são menos relevantes.

As atividades agropecuárias também são importantes fontes de cobre para os ecossistemas aquáticos. Os metais oriundos dessas atividades provêm do uso de fertilizantes e agrotóxicos que possuem cobre em suas formulações tanto como princípios ativos quanto como impurezas (GUNTHER, 1998). Por exemplo, a calda bordalesa ou mistura de Bordeaux, o oxiclreto de cobre e o sulfato de cobre pentahidratado são utilizados como fungicidas (AMBRUS, *et al.*, 2003).

Quando encontrado em concentrações elevadas, esse elemento pode ser letal aos animais. Em seres humanos, os teores no sangue são de $1,01\text{mg}/\text{dm}^3$, nos ossos de 1 a $26\text{mg}/\text{kg}$, no fígado de $30\text{mg}/\text{kg}$ e nos músculos de $10\text{mg}/\text{kg}$. Em uma pessoa de 70 kg a quantidade de Cu não deve ser maior que 72mg (WINTER, 1998).

4.3.1.12. Chumbo

Os minerais típicos do chumbo são a galena, entre outros. Os possíveis minerais hospedeiros deste elemento são: os feldspatos-K, os plagioclásios, as micas, o zircão e a magnetita (DEER *et al.*, 1966; REIMANN e CARITAT, 1998). As maiores concentrações desse elemento apresentam em sedimentos.

Segundo Alloway (1995), o chumbo encontra-se em solos não contaminados em concentrações inferiores a $20\text{ mg}/\text{kg}$ e muitas das concentrações elevadas citadas em determinadas áreas são consequência das emissões antropogênicas, acumuladas ao longo dos anos.

4.3.1.13. Níquel (Ni)

Quando encontrado na natureza, o níquel é um metal prateado que admite um elevado grau de polimento; no entanto, é considerado um mau condutor de calor e eletricidade (KOLJONEN, 1992).

Os minerais típicos do níquel são a niquelita (NiAs), a garnierita, a pentlandita, entre outros. Os possíveis minerais hospedeiros deste elemento são: a olivina, os piroxênios, os anfíbólios, as micas, as granadas, a pirite e a calcopirita (DEER *et al.*, 1966; REIMANN e CARITAT, 1998).

O níquel é bastante utilizado na agricultura, em particular nas monoculturas de soja, o elemento pode aumentar a atividade da uréase foliar, impedindo a acumulação de quantidades tóxicas de ureia. Os fertilizantes fosfatados aumentam a disponibilidade do níquel enquanto que os fertilizantes com potássio ou a correção dos solos com cal provocam a diminuição da sua disponibilidade. A maioria dos compostos de níquel é relativamente solúvel a pH inferior a 6,5 mas insolúvel a pH superior a 6,7 (REIMANN e CARITAT, 1998).

4.3.1.14. Zinco (Zi)

Na natureza, o zinco tem como principais minerais a esfalerita, smithsonita, hemimorfita (silicato básico hidratado de Zn) e franklinita. Em rochas sedimentares, sua distribuição é, em princípio, controlada pela abundância de silicatos ferromagnesianos, magnetita e argilominerais (WEDEPOHL, 1978).

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos desta pesquisa incluíram quatro fases principais: planejamento, trabalhos de campo, análises laboratoriais e atividades em gabinete (Fig. 20).

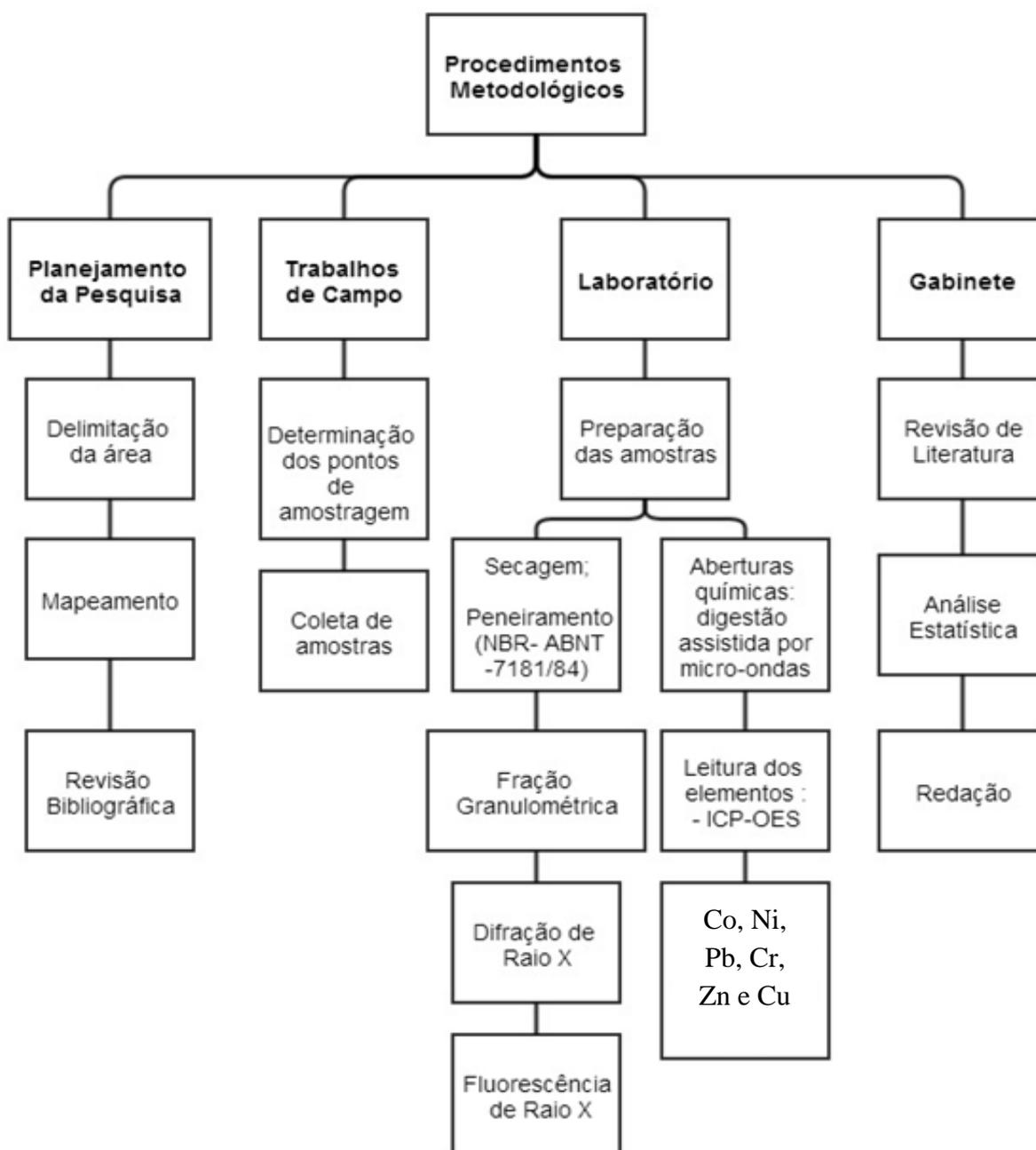


FIGURA 20: Esquema geral do projeto metodológico. Diagrama demonstrativo dos procedimentos e atividades realizadas durante as diferentes etapas do projeto.

A pesquisa bibliográfica desenvolveu-se durante todas as etapas da pesquisa: desde a caracterização dos aspectos fisiográficos da área de estudo até a discussão acerca dos conceitos de unidades de conservação, zona de amortecimento, qualidade dos sedimentos e da contaminação dos elementos tóxicos. O objetivo da revisão conceitual foi obter suporte para a discussão sobre os resultados obtidos no estudo.

As realizações dos trabalhos de campo foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa na medida em que possibilitaram a identificação dos pontos de coleta, a compreensão do limite do Parque e a zona de amortecimento, a elaboração dos mapas de uso do solo e a identificação da pressão dos usos do solo e ocupações que permanecem dentro da unidade de conservação, possibilitando a delimitação da área de estudo.

Os pontos de coleta ao longo do Parque foram determinados em sua zona de amortecimento e em seu interior (Fig. 21), distribuídos na zona leste e oeste do mesmo, entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Levamos em consideração o contexto ambiental, uso e ocupação do solo, bem como rios e córregos que disponibilizavam sedimentos.

As análises laboratoriais incluíram a preparação das amostras, iniciando pela secagem do material, a separação granulométrica, a pesagem do material final em 0,05 g para digestão no micro-ondas, e preparação para as amostras na leitura de ICP-OES, Difração de Raio X e Fluorescência de Raio X. Os procedimentos metodológicos basearam-se em técnicas de geoquímica ambiental, por meio das análises em sedimentos fluviais (fundo), para indicar concentrações de tóxicos (Cr, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Pb).

As análises acima permitem identificar níveis de contaminação dos elementos, sejam de ordem natural ou antropogênica. Os elementos maiores são identificados como suporte e têm importância quanto à concentração dos outros elementos. Quanto aos elementos tóxicos, os mesmos são comparados com a Legislação Ambiental CONAMA 13/90, que estabelece níveis de concentração aceitáveis. Ressalta-se que concentrações elevadas desses elementos, são prejudiciais ao sistema aquático bem como aos humanos.

5.1. Requisitos preliminares

5.1.1. Autorização do ICMBio

A IN 154/07 do ICMBio institui o SISBIO, sistema para cadastro de projetos que são realizados em unidades de conservação. Após cadastro e submissão de projeto, deve-se aguardar o período de avaliação para que os responsáveis pela gestão da unidade de conservação avaliem a sua relevância para o manejo da unidade.

O pedido de execução deste projeto foi feito em 29 de Julho de 2013, a autorização para pesquisa foi obtida em agosto de 2013 e está registrada sob o número 40576-1.

Antes do período de aprovação do projeto, foram realizadas coletas somente na zona de amortecimento do Parque, uma vez que nesta área não se faz necessária a aprovação do órgão ambiental.

5.2. Elaboração dos Mapas

O mapa de localização da área de trabalho foi elaborado a partir da base de dados do Geominas, utilizando as macrorregiões de planejamento (1994) e a divisão municipal de Minas Gerais e Espírito Santo (1996).

A base de dados das bacias hidrográficas federais e da hidrografia de Minas Gerais do IGAM e as cartas topográficas do SGE também foram utilizadas na elaboração dos mapas do contexto hidrográfico. O mapa de pontos de amostragem foi elaborado a partir dos dados levantados em campo com GPS.

Os dados SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) e as cartas topográficas do Serviço Geográfico do Exército foram utilizados na geração do MDE (Modelo Digital de Elevação), das bacias de drenagem, das áreas de contribuição e na delimitação da área de estudo. Para a elaboração foi utilizado o software ArcGis 10.

5.3. Planejamento da Pesquisa

Para determinação dos pontos de coleta, foram observadas as características ambientais e os tipos de uso do solo da área de estudo que podem influenciar no resultado

das amostras. Com este levantamento inicial, foi possível fazer a relação da influência desses fatores nos níveis de concentração dos metais pesados. Assim sendo, foram determinados pontos de coleta na Zona de Amortecimento do Parque e algumas amostragens foram coletadas no interior do mesmo.

Foi coletado um total de 45 amostras, aqui determinados P1 a PN4. O ponto 1 (P1) até o ponto 24 (P24) estão localizados na borda Leste do Parque e o ponto P2, P25 ao 41 (P41) localizam-se na borda Oeste. Os pontos nomeados de PN (pontos de nascente) PN1 ao PN4, são localizados no interior do PARNA Caparaó, isto é, em áreas preservadas de ocupação antrópica atualmente, salvo pelo turismo.

5.3.1. Diferenciação de Ambientes e descrição dos pontos de amostragem

Foram agrupadas áreas que possuíam semelhança de usos e ocupação do solo, topografia e preservação da vegetação, observadas em porções mais preservadas. Dessa forma, foram definidos quatro tipos de ambientes:

Seção I: Porção Centro-Norte no núcleo do Parque, altitude mais elevada e vegetação de campos de altitude, amostragem dos pontos mais próximos às cabeceiras de drenagem das bacias pertencentes ao Parque.

Seção II: Porção na zona de amortecimento ao longo da borda oeste do parque com pressão antrópica de cafeicultura, pastagem, silvicultura, criação de gado, e pequenas propriedades rurais;

Seção III: Porção no interior do Parque entre os limites da Zona Amortecimento, pontos com cachoeiras de atração turística, vegetação ombrófila densa;

Seção IV: Porção na zona de amortecimento ao longo da borda leste do parque com pressão antrópica de cafeicultura, pastagem, silvicultura, criação de gado, e pequenas propriedades rurais;

5.3.1.1 Seção I – Porção Centro-Norte no núcleo do Parque, altitude mais elevada e vegetação de campos de altitude, amostragem dos pontos mais próximos às cabeceiras de drenagem das bacias

Esta seção compreende os pontos de amostragem na Porção Centro-Norte no núcleo do Parque, com altitudes mais elevadas e cercados por vegetação de campos de altitude. Os pontos de amostragem são próximos às cabeceiras de drenagem das bacias do Parque (Fig. 22).

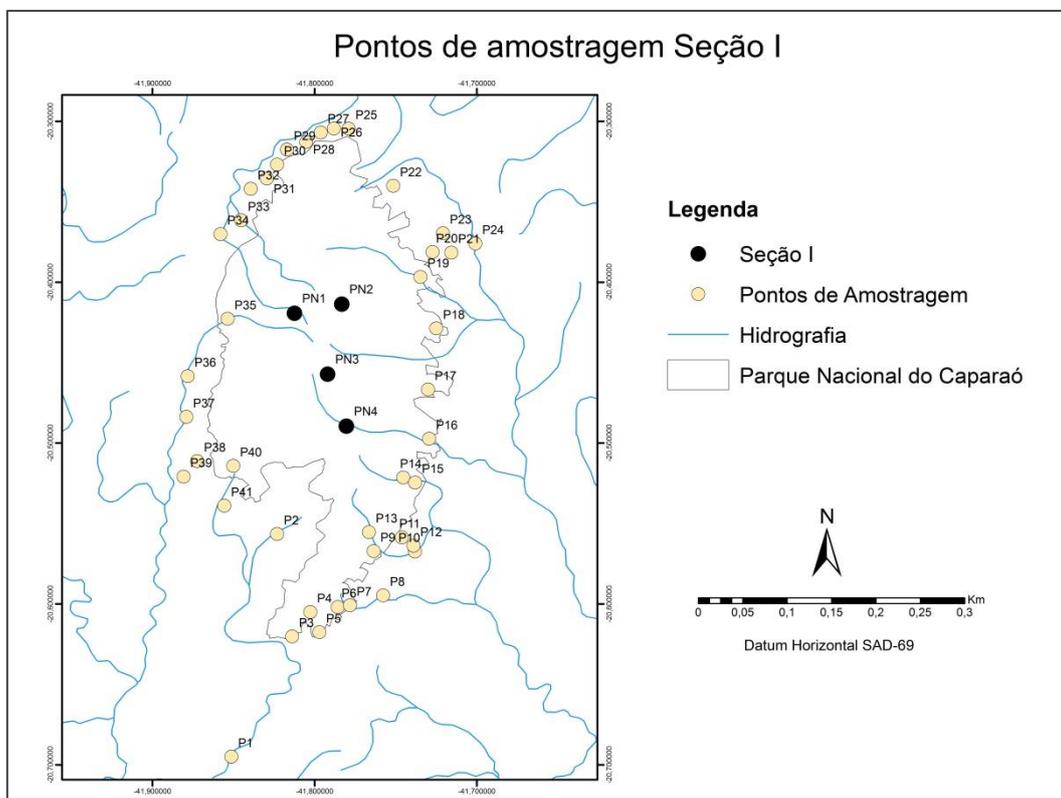


FIGURA 22: Mapa com a localização dos pontos de amostragem da Seção I, no interior do PARNÁ Caparaó.

As amostras desta seção (Tabela 5) foram coletas no núcleo do Parque, são pontos mais próximos das cabeceiras de drenagem, sem interferência antrópica, com exceção da amostra PN1, onde a montante do ponto localiza-se o terreirão, espaço destinado para acampamento de turistas com infraestrutura para banheiro e banho.

TABELA 5: Descrição dos pontos de amostragem- Seção I.

Ponto	UTM 23 K	Altitude	Localização
PN1	206460 7739556	2323	Rio José Pedro
PN2	209496 7740234	1902	Rio Pedra Roxa
PN3	208663 7735403	2077	Córrego do Calçado
PN4	209935 7731844	1752	Ribeirão Santa Marta

5.3.1.2 *Seção II: Porção no interior do Parque entre os limites da Zona de Amortecimento, pontos com cachoeiras de atração turística, vegetação ombrófila densa.*

Esta seção compreende pontos de amostragem na porção leste, dentro do limite estabelecido pelo PARNA Caparaó. Esta área inclui alguns dos pontos de interesse turístico com cachoeiras e vegetação ombrófila densa. Ela é pouco influenciada por atividades humanas (Fig. 23).

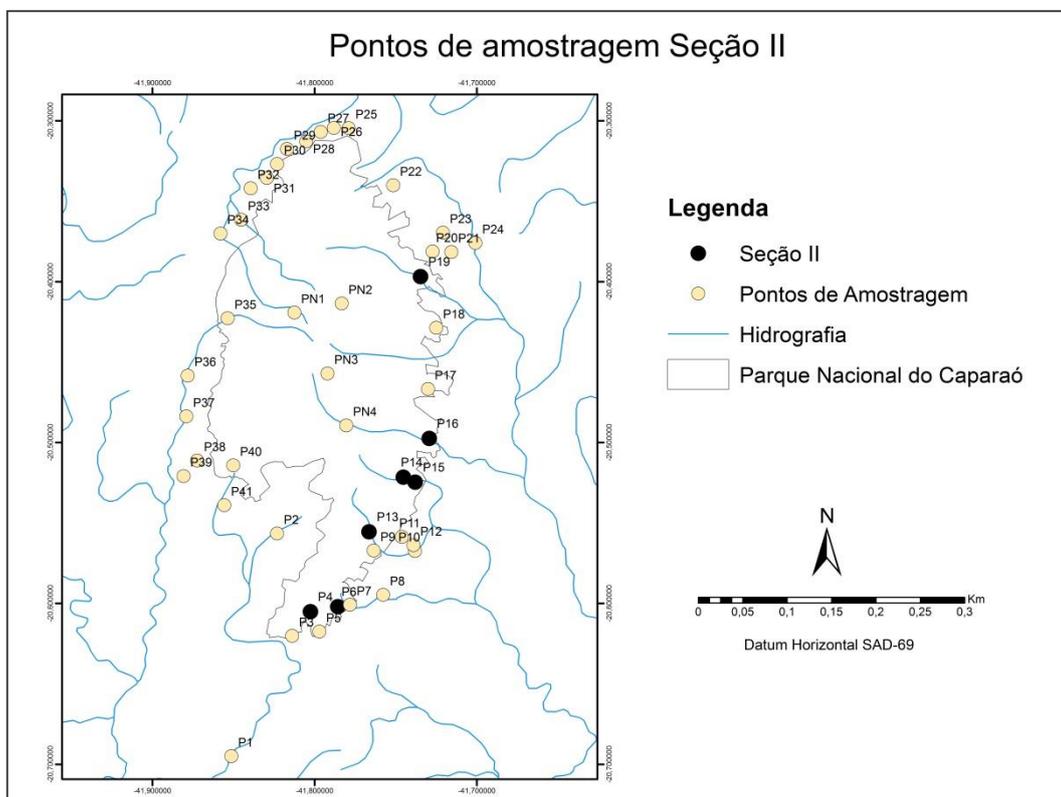


FIGURA 23: Mapa com a localização dos pontos de amostragem da Seção II, dentro do PARNA Caparaó.

As amostras desta seção localizam (Tabela 6) dentro do limite estabelecido pelo Parque, com vales mais profundos, e percurso fluvial mais encachoeirado, com algumas cachoeiras que são atrativa turística vegetação mais densa e livre de interferência antrópica. Devido às características naturais destes pontos, houve mais dificuldade na coleta de sedimentos, apresentando mais seixos e cascalheiras.

TABELA 6: Descrição dos pontos de amostragem- Seção II.

Ponto	UTM 23 K	Altitude	Localização
4	207840 7719001	995	Córrego Frio – Afluente do Rio Preto
6	209596 7719371	940	Córrego do Moinho afluente do Rio do Veado
13	211519 7724563	816	Córrego Jacutinga – Afluente Rio do Veado
14	213665 7728359	1061	Rio do Veado – Afluente Rio Itabapoama
15	214430 7728031	978	Rio do Veado
16	215282 7731052	953	Ribeirão Santa Marta
19	214542 7742186	1065	Rio Pedra Roxa – Afluente Rio Braço Norte Direito
22	212681 7748425	1093	Rio Pedregulho – Afluente Rio Santa Clara

5.3.1.3 Seção III: Porção na zona de amortecimento ao longo da borda leste do parque com pressão antrópica de cafeicultura, pastagem, silvicultura, criação de gado e pequenas propriedades rurais:

Esta seção engloba a zona de amortecimento ao longo da borda oeste do parque (Fig. 24). Nesta porção, ocorrem as principais influências de atividades humanas como cafeicultura, pastagem, silvicultura, criação de gado dividida entre fazendas maiores e propriedades familiares.

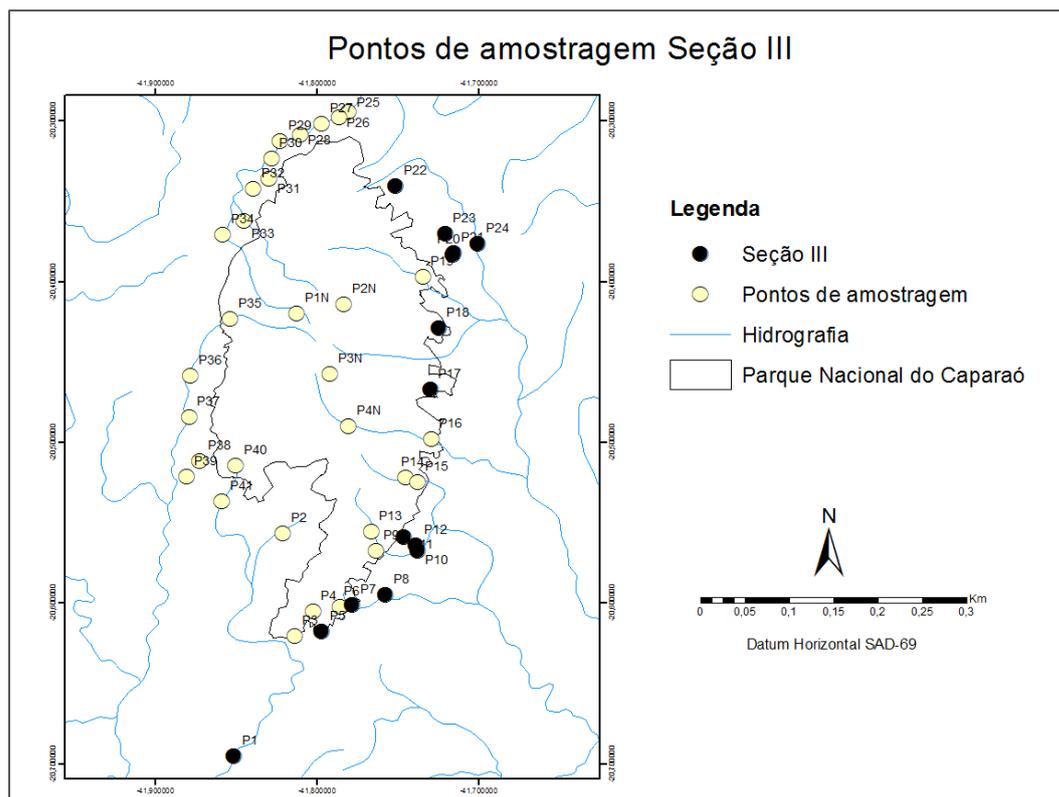


FIGURA 24: FIGURA 24: a, b, c, d, e, f: Concentrações dos elementos traços Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu obtidas por digestão em HNO₃ e água deionizada nas amostras de sedimentos do Parque Nacional do Caparaó.

Nesta seção os pontos de amostragem localizam todos no Estado do ES (Tabela 7), são pontos intermediários entre o limite do Parque e a zona de amortecimento, são pontos localizados em altitudes menos elevadas, mais distantes de vegetação densa, mais próximos de pequenas moradias rurais, maior presença de pastagem, plantio de café e criação de gado.

A amostra P1 localiza-se no município de Dores do Rio Preto, a coleta foi realizada no Rio Preto à jusante do PARNA Caparaó, com intensa influência urbana. Neste município, destacam-se a cafeicultura e outras culturas perenes como o feijão. De acordo com informação dos moradores, existe tratamento de esgoto e o mesmo é canalizado, mas por meio das características visuais, devido à turbidez da água, a percepção é de que esgoto doméstico é disposto no rio.

TABELA 7: Descrição dos pontos de amostragem- Seção III.

Ponto	UTM 23 K	Altitude	Localização
1	0202932 7708951	775	Rio Preto
3	206703 7717295	936	Córrego Azul- Afluente Rio Preto
5	208449	836	Córrego Frio-

	7717617		Afluentes Rio Preto
7	210379 7719501	871	Córrego Veadinho- Afluentes Rio do Veadó
8	212509 7720219	811	Córrego do Veadinho- Afluentes Rio do Veadó
9	211845 7723260	962	Córrego Jacutinga - Afluentes Rio do Veadó
10	214499 7723278	838	Córrego Limo Verde- Afluentes Rio do Veadó
11	213634 7724233	871	Córrego Limo Verde Afluentes Rio do Veadó
12	214399 7723675	821	Córrego Jacutinga- Afluentes Rio do Veadó
17	215151 7734443	1044	Córrego do Calçado- Afluentes Rio Braço Norte Direito
18	215612 7738658	1090	Rio Braço Norte Direito
20	216420 7743748	908	Córrego Boa Sorte- Afluentes Rio Santa Clara
21	216497 7743895	900	Córrego do Pilões- Afluentes Rio Santa Clara
23	215940 7745219	884	Córrego do Pilões- Afluentes Rio Santa Clara
24	218040 7744542	823	Rio Santa Clara -Afluentes do Rio Braço Norte Direito

5.3.1.3 Seção IV: Porção na zona de amortecimento ao longo da borda oeste do parque com pressão antrópica de cafeicultura, pastagem, silvicultura, criação de gado, e pequenas propriedades rurais:

Esta seção engloba a zona de amortecimento ao longo da borda oeste do Parque (Fig. 25). Ela sofre também importantes influências antrópicas como de cafeicultura, pastagem, silvicultura, criação de gado em fazendas maiores e pequenas propriedades rurais.

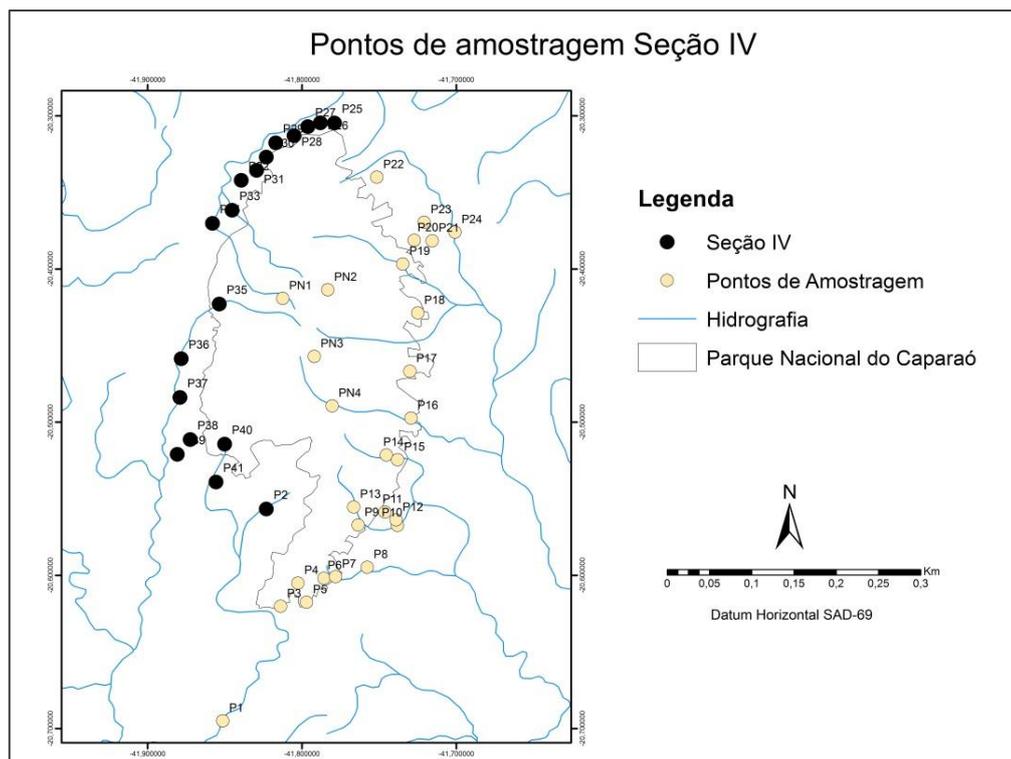


FIGURA 25: Mapa com a localização dos pontos de amostragem da Seção IV, da borda oeste na zona de amortecimento do PARNA Caparaó.

Nesta seção de amostragem são pontos localizados (Tabela 8) na ZA do Parque entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo. São também característicos pelo intenso cultivo de café, no entanto com maiores propriedades (fazendas) nestes pontos há mais presença de solos expostos, devido ao plantio de café, possuindo menos vegetação.

A amostra P2 localiza-se em Pedra Menina, sendo um dos afluentes do Rio Pedro, contribuição para Bacia do Rio Itabapoana. Entre a planície de inundação, do rio localizam-se casas, boa parte delas despeja esgoto neste rio. Ao redor das vertentes, observam-se plantio de café e áreas de pastagem. Este distrito é um dos acessos para a portaria do Parque no lado capixaba.

TABELA 8: Descrição dos pontos de amostragem- Seção IV.

Ponto	UTM 23 K	Altitude	Localização
2	202097 7726535	1117	Rio Preto
25	0209531 775350	530	Córrego Espirito Santo- Afluente Rio José Pedro
26	0208946 7753131	555	Córrego São Jose das Três Pontes
27	0207852 7752662	604	Córrego Maximiano Marques Afluente Rio José Pedro

28	0206450 7751885	601	Ribeirão do Brás Afluente Rio José Pedro
29	0205174 7751395	608	Ribeirão do Brás
30	0204648 7750217	650	Córrego do Príncipe Afluente Rio José Pedro
31	0204525 7748795	830	Não identificado
32	0203497 7748060	848	Rio Claro Afluente Rio José Pedro-
33	0202920 7745887	861	Rio Jose Pedro Afluente Rio Manhuaçu
34	0201610 7744915	817	Não identificado
35	020174 7739086	826	Rio Caparaó Tributário Rio Itabapoama
36	0199667 7735098	883	Córrego Algodão
37	0199631 7732288	887	Córrego do Aleixo
38	0200374 7729258	908	Rio Caparaó
39	0199524 7729176	862	Rio Caparaó
40	0202704 7728970	857	Ribeirão São Domingos Afluente Rio Preto
41	0202172 7726214	1257	Ribeirão São Domingos

5.4. Procedimentos de coleta e conservação das amostras

A coleta de sedimentos procedeu-se em pontos aquáticos que sofriam diminuição de energia ao longo do curso d'água próximo à margem, o que levou ao acúmulo dos sedimentos.

Em campo, foram determinadas análises dos parâmetros físico-químicos (pH e temperatura) que podem influenciar na adsorção ou dessorção dos metais, uma vez que os “metais pesados” em sedimentos apresentam maior capacidade de adsorção em condições ambientais específicas. Tais parâmetros foram determinados através de leitura direta utilizando um medidor multiparâmetros HANNA – modelo HI 98129. Todo o material coletado foi identificado, acondicionado em sacos plásticos, conservado em caixa térmica com gelo, em campo e, posteriormente, em geladeira, à temperatura de 4°C.

5.5. Preparação das amostras para o laboratório

5.5.1. Secagem das amostras

Após a coleta das amostras, as amostras foram colocadas em tabuleiros de plástico previamente descontaminados com HNO_3 e água deionizada (1:1), depositadas sobre a bancada e secas à temperatura ambiente e à sombra, para não haver perdas de metais por volatilização.

5.5.2. Separação Granulométrica

Na avaliação dos teores de metais nos sedimentos é de grande importância a realização de análise granulométrica das amostras, visto que os elementos não se encontram homogeneamente distribuídos nas frações granulométricas do sedimento. Normalmente são encontrados níveis maiores de metais nas frações mais finas do sedimento, constituídas por silte e argila, devido à sua maior área de contato (SALOMONS e FORSTNER, 1984).

Para a quantificação dos metais em sedimentos, a utilização da fração mais fina (< 0,063mm) é destacada, devido à relação da área específica dos sedimentos com a capacidade de adsorver os metais pesados.

Os procedimentos da separação granulométrica foram norteados pela NBR 7181, de 1984 – Análise Granulométrica de Solos (ABNT, 1984) –, que consiste na pesagem de 500 g da amostra e separação mecânica por 30 minutos, com a utilização de um agitador dedicado Fritsch e cinco peneiras nas malhas 60 mesh (0,25 mm) até 220 mesh (0,063 mm). Esta etapa foi realizada no laboratório de Geoquímica Ambiental do CPMTIC-IGC-UFG. O resultado da separação granulométrica indicará aspectos gerais da distribuição e deposição de sedimentos ao longo do perfil longitudinal estudado

5.6. Análise química dos elementos selecionados

A terceira etapa do projeto metodológico engloba a fase analítica realizada nos laboratórios de Geoquímica Ambiental, espectrometria de emissão óptica – ICP-OES – do CPMTIC-IGC-UFG, bem como o tratamento estatístico dos dados geoquímicos.

Procedimentos analíticos para a determinação da concentração de metais pesados em sedimentos através de espectrometria de emissão óptica necessitam de digestão prévia das amostras.

5.6.1. Digestão Ácida das Amostras

A digestão foi realizada no micro-ondas MARS-CEM por meio do método SW-846-3051 – US EPA (US EPA, 1998), que trata da digestão ácida de solos e sedimentos para obtenção da fração extraível dos metais.

Depois de peneirada, 0,50 g da fração mais fina (220mesh-0,063mm) das amostras, juntamente com 10 ml de ácido nítrico concentrado (HNO_3) – acrescentados com o objetivo de avaliar comportamento dos metais sob outras formas de concentrações – as amostras foram digeridas com água deionizada. Logo após, foram transferidas para tubos de digestão de Teflon do tipo X-Press; sendo os tubos fechados, travados e levados à digestão ácida assistida por micro-ondas em sistema fechado, com monitoramento de temperatura e pressão.

Para a digestão em água deionizada, é utilizado como um ensaio para avaliar as concentrações dos elementos em condições naturais nos corpos de água, dado às variações de temperatura e ph da água do local permitindo, desse modo, analisar prováveis disponibilidade dos elementos.

O método SW-846-3051 – US EPA consiste em um aquecimento gradual por radiação de micro-ondas por 10 minutos (tempo de rampa) e estabilização da temperatura a 180°C e pressão (350 psi) por 4' 30" (tempo de "Hold"), até a digestão da amostra. Ao término da programação e resfriamento procedeu-se à filtragem em filtros de nitrato de celulose 0,45µm e transferência para balões volumétricos de 50ml com adição de água deionizada, para completar o volume.

5.6.2. Espectrometria de Emissão Óptica - ICP-OES

A leitura dos elementos selecionados (Magnésio, Alumínio, Cálcio, Cromo, Ferro, Cobalto, Cobre, Cádmio, Manganês, Níquel, Zinco, Bário e Chumbo) nos sedimentos foi realizada através de ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma-Optical Emission*

Spectroscopy), com chama de argônio, que foi utilizada para leitura de todos os elementos. Os metais elementos analisados foram Co, Cu, Zn, Cr, Cd, Ni, Pb).

Os valores encontrados foram comparados com a Resolução do CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004, que estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras para os elementos (Nível-1 e Nível-2), sendo os elementos tóxicos (Cr, Cu, Pb, Zn, Cd e Ni). Para o Nível I, a legislação estabelece como limiar abaixo do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos adversos à biota, quanto o Nível II, limiar acima do qual se prevê um provável efeito adverso à biota.

5.7. Difração de Raio X

Os sedimentos encontrados nos corpos hídricos decorrem geralmente da ação direta do intemperismo sobre a rocha, litogênicos ou clásticos e do carreamento dos solos e sedimentos pedogenéticos. De acordo com Trindade (2010), tais sedimentos carregam em sua composição mineralógica informações que podem ser correlacionadas com a mineralogia dos litotipos e solos adjacentes na tentativa de determinar sua área fonte. Além disso, os minerais que ocorrem na fração argila, denominados argilominerais, exibem características físico-químicas que influenciam na mobilização e concentração dos metais pesados em corpos hídricos.

Diante do exposto, foram realizadas análises de Difração de raios X (DRX) para determinar o grau de cristalinidade dos sedimentos. As análises de difração de raios X foram conduzidas à temperatura ambiente em aparelho XRD-7000 Shimadzu, utilizando radiação $K\alpha$ do cobre (1,5418 Å), tensão de 40kv e corrente 30mA, pertencente ao Laboratório do ICEX-QUIMICA-UFGM.

5.8. Fluorescência de Raio X

Objetivando-se conhecer a composição química das amostras de sedimentos, foram realizadas análises por fluorescência de raio X, as análise de FRX foram realizadas pelo aparelho de espectrômetro Shimadzu Energy-dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer EDX-720, sendo este operado com 50 kV no tubo de raios X, alvo de Rh, 10 mA,

pertencente ao Laboratório Lipivale/UFVJM. Amostras de 10g foram colocadas em recipientes de polietileno lacradas e travadas no disco do EDX onde se processou a leitura.

5.9. Interpretação dos Resultados

Para representar os resultados das análises químicas e físico-químicas dos sedimentos e com o intuito de mostrar as influências pontuais de ordem natural ou antropogênica nas concentrações dos elementos analisados, foram realizados gráficos simples permitindo comparar os valores em diferentes séries, cruzando as informações de acordo com a quantidade presente em determinado ponto de amostragem.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho apresentam a distribuição e a disponibilidade dos elementos selecionados (Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu) em amostras de sedimentos da área de estudo. As concentrações desses elementos obtidas por digestão com HNO₃ e água deionizada, foram comparadas com a Resolução CONAMA 344/04.

Por meio da discussão dos dados obtidos, busca-se compreender os efeitos das condições naturais e das atividades antrópicas sobre os níveis das concentrações desses elementos nos sedimentos. Para tanto, a apresentação dos resultados foi subdividida em quatro itens para facilitar a compreensão:

- I. Distribuição granulométrica dos sedimentos;
- II. Determinação da mineralogia dos sedimentos da área de estudo por DRX, bem como composição química por FRX;
- III. Avaliação dos parâmetros físicos pH e da temperatura da água;
- IV. Tratamento e interpretação dos dados de digestão química das amostras de sedimento coletadas, por meio de HNO₃ e água deionizada; e comparação dos resultados com a legislação CONAMA 344/04 para elementos selecionados indicativos.

6.1. Interpretações da distribuição granulométrica nas amostras de sedimentos de fundo.

Foi realizada a separação granulométrica dos sedimentos em três níveis de frações ($>0,250\text{mm}$; $>0,125\text{ mm}$; $>0,063\text{ mm}$; menor que $0,063\text{ mm}$) para classificar os sedimentos da área de estudo e analisar os elementos selecionados extraíveis na fração fina.

Os sedimentos da área de estudo apresentam maior quantidade da fração areia ($0,250\text{mm}$) registrando uma média de $93,9\%$ (Fig. 26). As demais frações apresentam a seguinte distribuição: maior que $0,125\text{ mm}$, $3,81\%$; na fração maior $0,063\text{mm}$, $1,15\%$ e na fração menor que $0,063\text{mm}$, somente $0,62\%$.

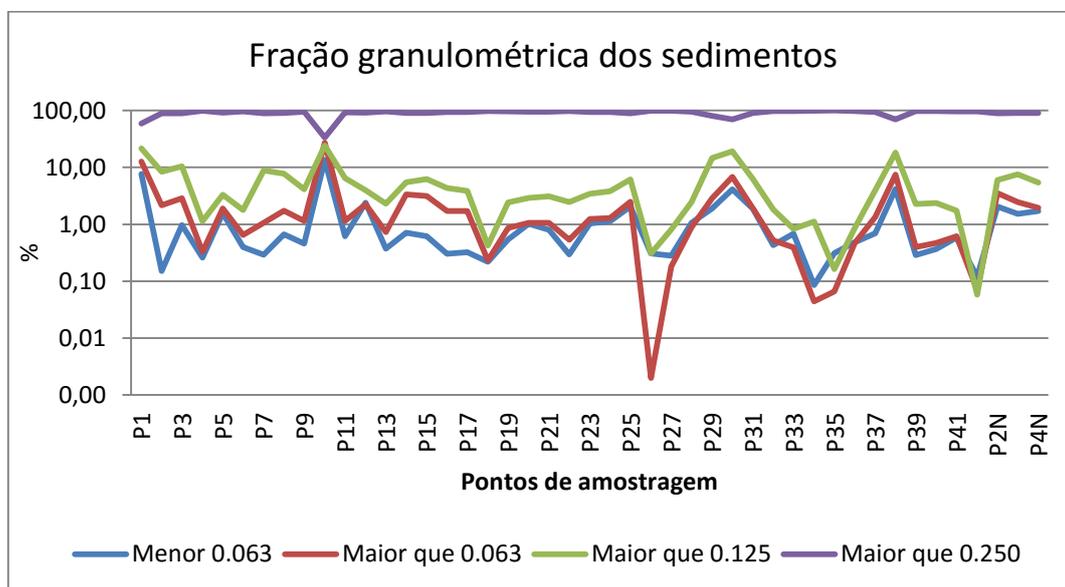


FIGURA 26: FIGURA 26: Distribuição granulométrica das amostras de sedimentos de fundo coletadas em riachos do PARNA Caparaó. Não há grande variação na distribuição de frações granulométricas entre os diferentes locais de amostragem.

Observa-se na Fig. 26, uma predominância na fração areia média ($>0,250\text{mm}$) nos pontos de amostragem, sobretudo nas amostras P26 e P35, respectivamente $99,42\%$ e $99,25\%$ (Fig. 27a). Fato esse que pode ser explicado pela alta energia dos sistemas fluviais da área de estudo, devido à diferença de altitude e dos vales encaixados.

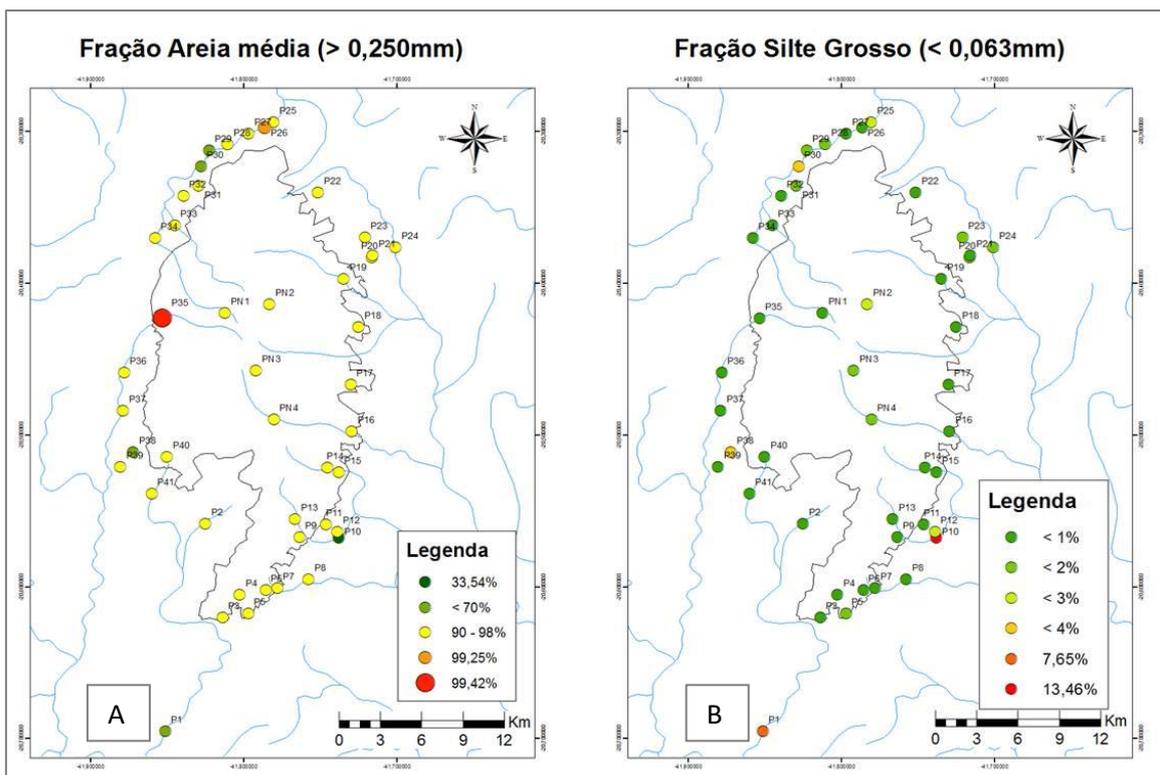


FIGURA 27 a e b: a) O mapa mostra a distribuição percentual da fração areia média (0,250mm) nos sedimentos. b) O mapa mostra a distribuição da fração silte grosso (< 0,063mm) nas amostras dos mesmos pontos. Observa-se que os pontos P1 e P10 localizam-se fora do limite do parque (zona de amortecimento), que são em áreas com baixas altitudes, explicando a grande acumulação de sedimentos mais finos.

As amostras que apresentam uma quantidade maior da fração areia muito fina (>0,063 mm), são os pontos P1, P10, P30 e P38, indicando ambientes de energia reduzida do sistema fluvial. Estes são localizados em planícies de inundação com baixa variação de cota altimétrica e com maior grau de deposição de material fino (Fig. 27b).

Por meio da distribuição granulométrica realizada, é possível classificar os sedimentos da área de estudo como arenosos, pois 94% das amostras foram classificadas como areia média, e somente 0,63 % como silte e argila. A última fração foi utilizada para analisar as concentrações dos elementos selecionados. Sobre a escolha deste método,

De acordo com o autor, pode-se dizer que sedimentos mais arenosos terão menor potencial de retenção dos elementos, pois o elemento permanecerá solúvel na coluna de água, ao contrário de sedimentos mais argilosos, que poderão reter maior concentração de metais e funcionar como depósito de metais tóxicos (SOARES, 2006).

Sendo assim, pode-se inferir que os sedimentos da área de estudo, por serem arenosos, possuem menor retenção dos metais pesados, de modo que condições de variação

de outros elementos como pH, Eh, OD e temperatura, facilitarão a disponibilidade dos elementos analisados para o corpo d'água.

6.2. Caracterização mineralógica dos sedimentos

Os principais minerais encontrados nos difratogramas das amostras da área de estudo são quartzo, muscovita, óxido de titânio (anatásio e rutilo), hidróxido de ferro (goethita), hidróxido de alumínio (gibbsita) e argilominerais (caulinita e illita).

A presença de quartzo (SiO_2) está em todos os pontos de amostragem, e muscovita ($\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH},\text{F})_2$) aparece principalmente em algumas amostras ao norte da porção leste do Parque (Figs. 28 a e b). A presença desses dois minerais pode ser ligado à composição mineralógica do material de origem da Suíte Caparaó.

O mineral anatásio foi determinado em doze amostras de sedimentos da porção leste do Parque. Ele pode ser proveniente das rochas mais máficas compostas por piroxênios e anfíbolio, que ocorrem em camadas das cotas mais altas na parte da anticlinal Serra do Caparaó (Fig. 29a) (HORN, 2007). O rutilo (Fig. 29b) ocorre junto a rochas com quartzo, micas titaníferas, feldspatos e hornblendas, sendo estas também encontradas nas rochas piribolíticas a charnoquíticas da Serra do Caparaó (NOVO, 2010).

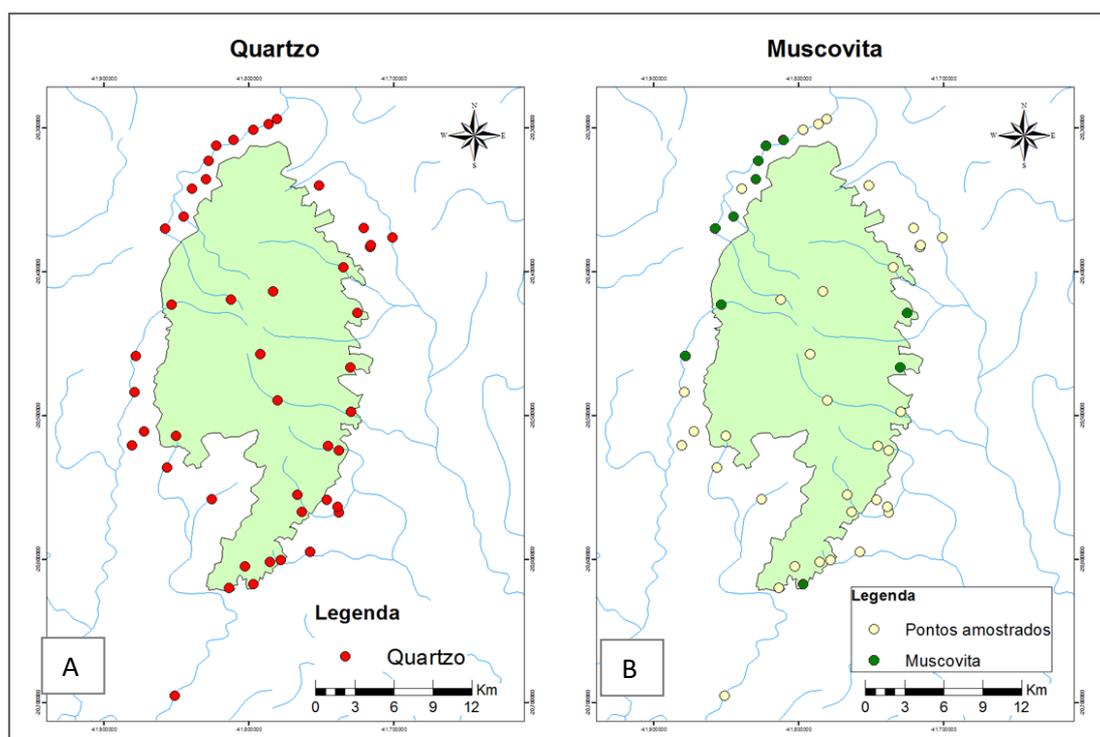


FIGURA 28 a e b: Ocorrência de quartzo e muscovita nos sedimentos na área de estudo. a) Grãos de quartzo ocorrem em todos os pontos em quantidade variada. b) Plaquinhas de muscovita

ocorrem somente nas amostras P5, P17, P18, P28, P29, P30, P31, P33, P34, P35 e P36, que podem ser conectadas a ocorrências de granitoides e rochas pegmatoides.

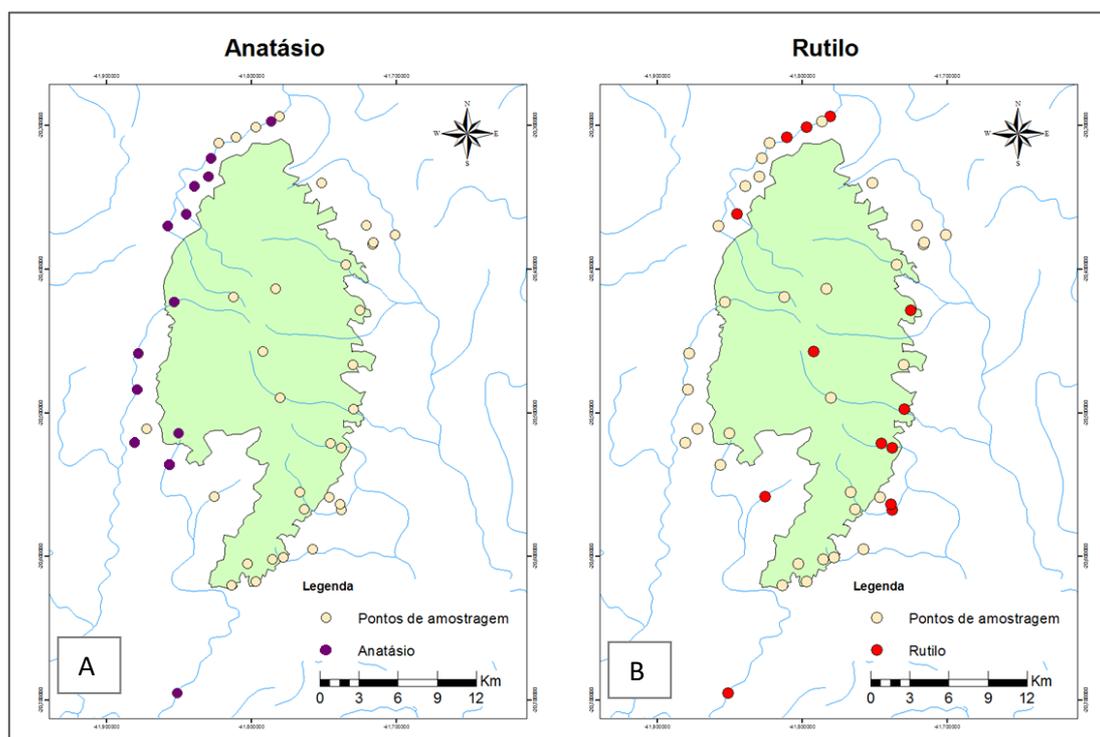


FIGURA 29 a e b: Ocorrência de anatásio e rutilo em sedimentos da área de estudo. a) Anatásio ocorre nas amostras: P1, P2, P26, P30, P31, P32, P33, P34, P35, P36, P37, P39, P40. b) O rutilo com maior distribuição entre os pontos, sendo as amostras: P1, P10, P12, P14, P15, P16, P18, P33, P25, P27, P28, P41.

Os óxidos de titânio são minerais herdados de rochas ígneas e metamórficas e são resistentes ao intemperismo, os minerais rutilo e anatásio comumente ocorrem como minerais detríticos em sedimentos nos quais o anatásio geralmente é autigênico (DEER et al., 1992).

Os argilominerais são, principalmente, a caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) e a illita ($\text{Al}_2\text{H}_2\text{KO}_{12}\text{Si}_4$) (Figs. 30 a e b). Eles foram determinados nas amostras coletadas no entorno do Parque, como pertencentes à área de deposição (cotas mais baixas). A illita foi encontrada em quatro amostras na borda leste do parque (Fig. 30b).

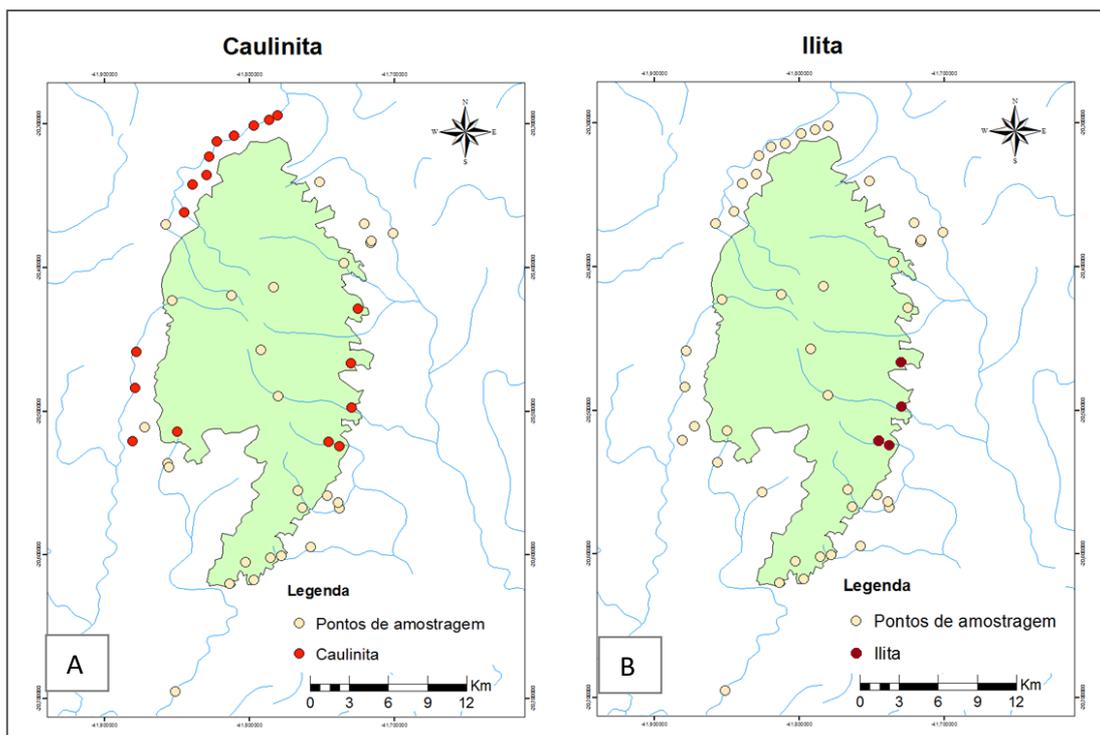


FIGURA 30: Ocorrência de caulinita e ilita em sedimentos na área de estudo. **a)** Presença de caulinita em maior proporção na porção oeste e em quatro pontos na porção leste, sendo os pontos: P14, P15, P16, P17, P18, P25, P26, P27, P28, P29, P30, P31, P32, P33, P36, P37, P39, P40, P41. **b)** Ilita na porção leste somente nas amostras: P14, P15, P16 e P17.

A presença dos argilominerais caulinita e ilita facilita a captação dos metais pesados e a sua interação em equilíbrio com a água. Estes argilominerais em conjunto com óxidos e hidróxidos como Mn e Fe são os mais importantes agentes na liberação e/ou captação de íons (FORSTNER e WITTMAN, 1981).

A gibbsita ($\text{Ca}_8\text{O}(\text{SO}_4)_2\text{H}_2\text{O}$) foi determinada em sedimentos coletados no núcleo do Parque e em pontos ao sul e ao norte da sua borda leste (Fig. 31a). As fontes de gibbsita e caulinita são também provenientes dos solos da área de estudo, cuja predominância é de gibbsita, traços de caulinita, derivadas do intemperismo direto de plagioclásios e K-feldspatos (RODRIGUES, 2011).

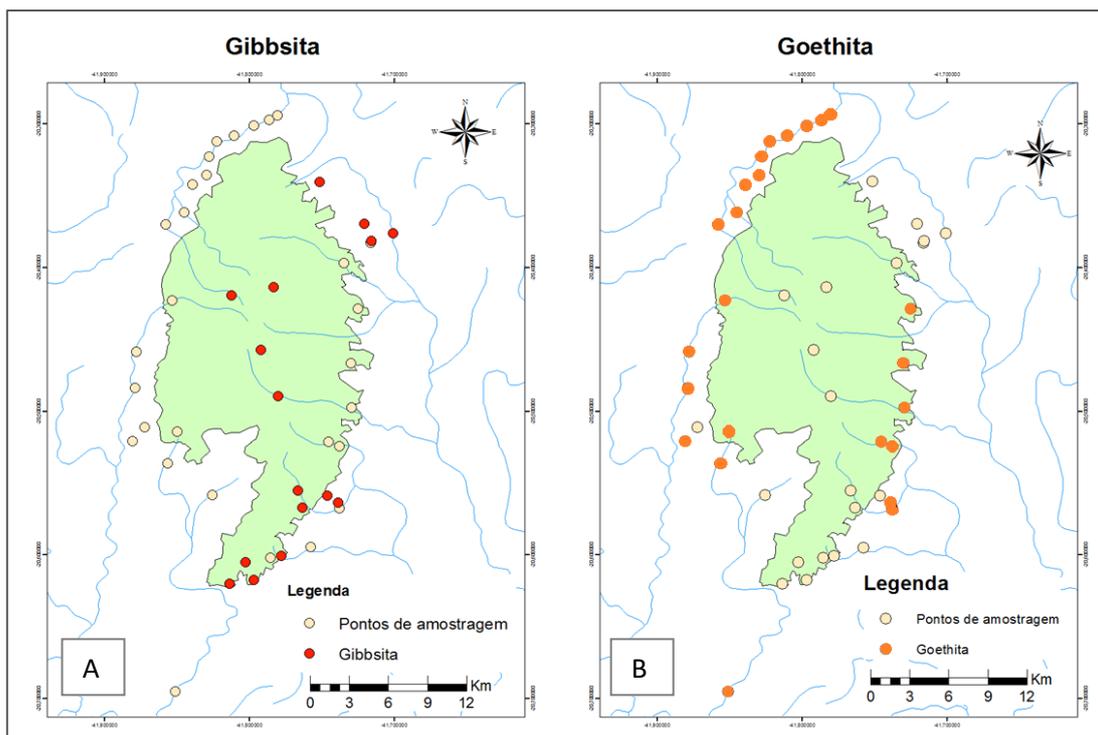


FIGURA 31: ocorrência de gibbsita e goethita em sedimentos da área de estudo. a) A gibbsita foi determinada nos pontos de amostragem: P3, P4, P5, P7, P9, P11, P12, P13, P21, P22, P23, P24 e PN3. b) A goethita registrou-se principalmente nos pontos menos elevados do parque nas amostras: P1, P2, P10, P12, P14, P15, P16, P17, P18, P25, P26, P27, P28, P29, P30, P31, P32, P33, P34, P35, P36, P37, P39, P40.

A goethita (FeO.OH) é presente em todas as amostras coletadas nos vales que margeiam o Parque (Fig. 31b). A fonte são os minerais como anfibólio, piroxênio e micas fornecendo o Fe^{++} e Fe^{+++} por intemperização posteriormente a sua precipitação em ambientes oxidativos de baixa energia (HORN, 2007). Além disso, ela está presente também nos solos do Parque (Rodrigues, 2011) e é possivelmente produto da bauxita originada de gnaiss granulito, da série charnokítica, denominado charno-enderbitito pertencente a Suíte Caparaó (SOARES, 2013).

6.3. Parâmetros físico-químicos da água

6.3.1. Variações do potencial Hidrogeniônico (pH)

A adsorção de metais em sedimentos é diretamente determinada pela variação do pH. Em ambientes ácidos, poucos metais são adsorvidos; enquanto que em ambientes mais alcalinos, a maioria deles é adsorvida na água (SOUZA 2007). Os valores pH da água dos ambientes nos pontos coletados estão representados na Fig. 32.

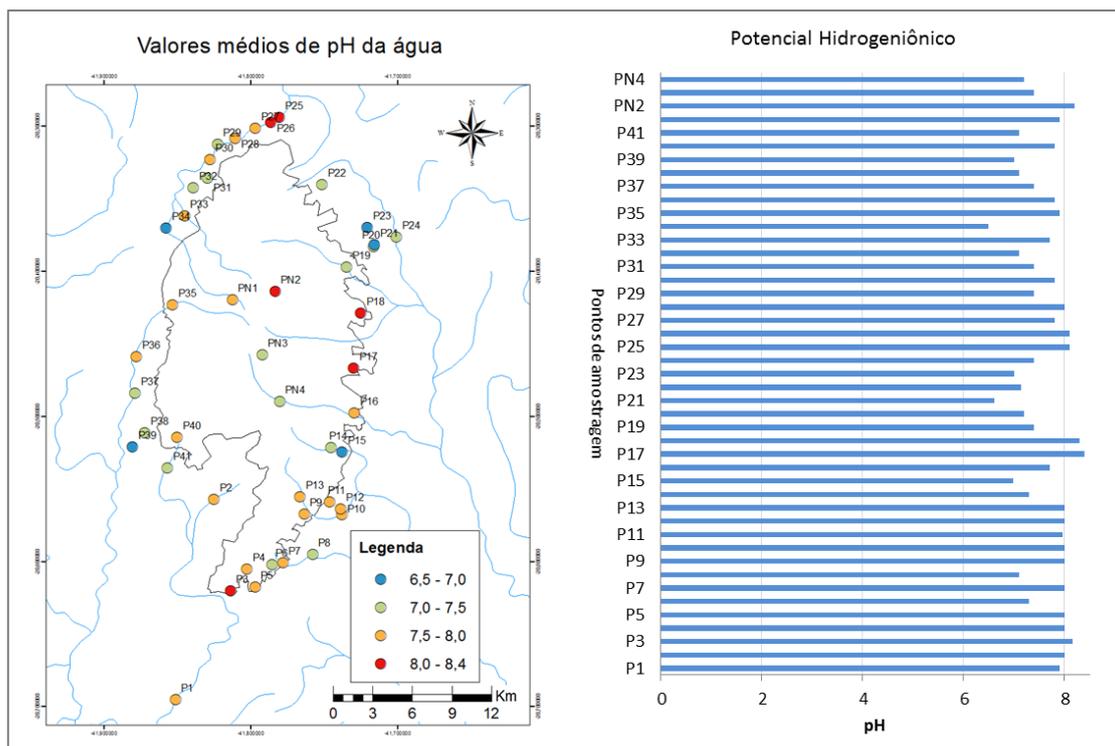


FIGURA 32 a e b: Valores de pH da água dos locais da coleta dos sedimentos. a) Figura com a localização e a distribuição dos valores de pH no PARNA Caparaó. b) Gráfico com a variação dos valores de pH da água dos pontos de amostragem.

Os menores valores de pH foram registrados nos pontos P21 (6,6), P34 (6,5) indicando condições levemente ácidas. São pontos localizados ao norte do Parque com pequenas moradias e plantio de café.

Os valores de pH neutro foram registrados no pontos P8, P15, P22, P32, P38, P39, P41, PN3, PN4, mantendo uma média de pH 7,2.

Os demais pontos como P17, P18 e PN3, apresentam valores de pH ligeiramente alcalinos, destacando o valor de 8,4 na amostra P17.

A diferença de pH entre os pontos de amostragem pode ser explicada pela variação da vegetação. Florestas bem próximas podem acidificar a água, bem como os sedimentos, de modo que possa facilitar a dissolução de metais e sua mobilização, aumentando a disponibilidade e consequentemente, a sua absorção pelas plantas, ou ainda sua liberação para a água (YANG *et al.* 2005).

De acordo com os dados apresentados, os valores de pH das amostras estão acima de 6, fato que pode contribuir com a concentração de metais, uma vez que os valores de pH acima de 6 mostram que a composição do sedimento encontra-se com carga negativa, favorecendo a adsorção de cátions metálicos (ARAÚJO *et al.*, 2006).

Em relação ao pH neutro (pH 7,3), pode ser devido à entrada de materiais ricos em nutrientes, principalmente, carbonato de cálcio, seja advindo do calcário aplicado na correção dos solos de plantio, seja derivado das rochas e do relevo local que favorece a entrada de calcário no ecossistema aquático (SOARES, 2006).

6.3.2. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) da água dos locais de amostragem

A determinação da temperatura do meio aquático é uma importante variável, no qual pode alterar os processos bioquímicos, a densidade, a viscosidade e a tensão superficial; além de ser uma variável que atua de forma diretamente proporcional na solubilidade dos sais minerais e, inversamente, na solubilidade dos gases (MCCUTCHEON *et al.* 1993).

Os valores de temperatura da água estão de acordo com o tipo do ambiente (úmido, relevo de altitude e vegetação ombrófila densa), estes variam entre $23,1\text{ C}^{\circ}$ e 9 C° (Fig. 33a), registrando uma média de $7,6\text{ C}^{\circ}$ da água (Fig. 33b).

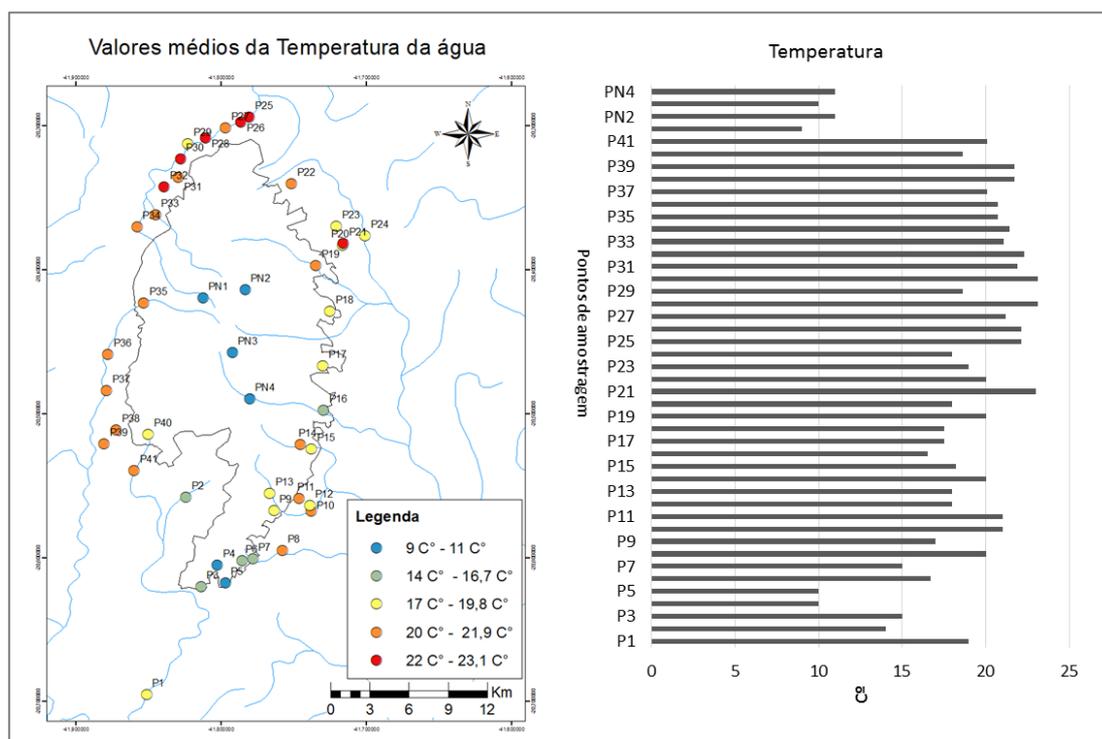


FIGURA 33 a e b: Distribuição da temperatura superficial da água nos locais da coleta de sedimentos. a) Figura com a localização e distribuição dos valores de pH no PARNA Caparaó. b) Gráfico com a variação dos valores de pH da água dos pontos de amostras.

Os valores mais baixos são dos pontos de amostragem com cotas altimétricas. Os locais dos pontos de amostragem se encontram em vales bastante encaixados, com densa

cobertura vegetal (mata ciliar), diminuindo a intensidade de radiação solar atuante sobre as correntes e reduzindo a temperatura da água.

Os valores da temperatura variaram de acordo com a topografia e a cobertura vegetal, onde há maior altitude e maior cobertura, menor é a temperatura, as maiores estão em áreas com mais intensa incidência solar e o horário de coleta. Ressalta-se que a pequena variação existente de temperatura da água, pode influenciar na composição química do ambiente, podendo ser observadas diferenças no comportamento do metal nos pontos de amostragem.

6.4. Composição química total dos sedimentos

6.4.1. Ferro, Manganês, Alumínio e Silício.

O alumínio, o silício e o ferro apresentam as maiores concentrações entre os elementos maiores nas amostras de sedimentos analisadas por FRX. As médias da composição são: Al_2O_3 (40,1%), SiO_2 (31,8%) e Fe_2O_3 (23,1%) (Fig. 34).

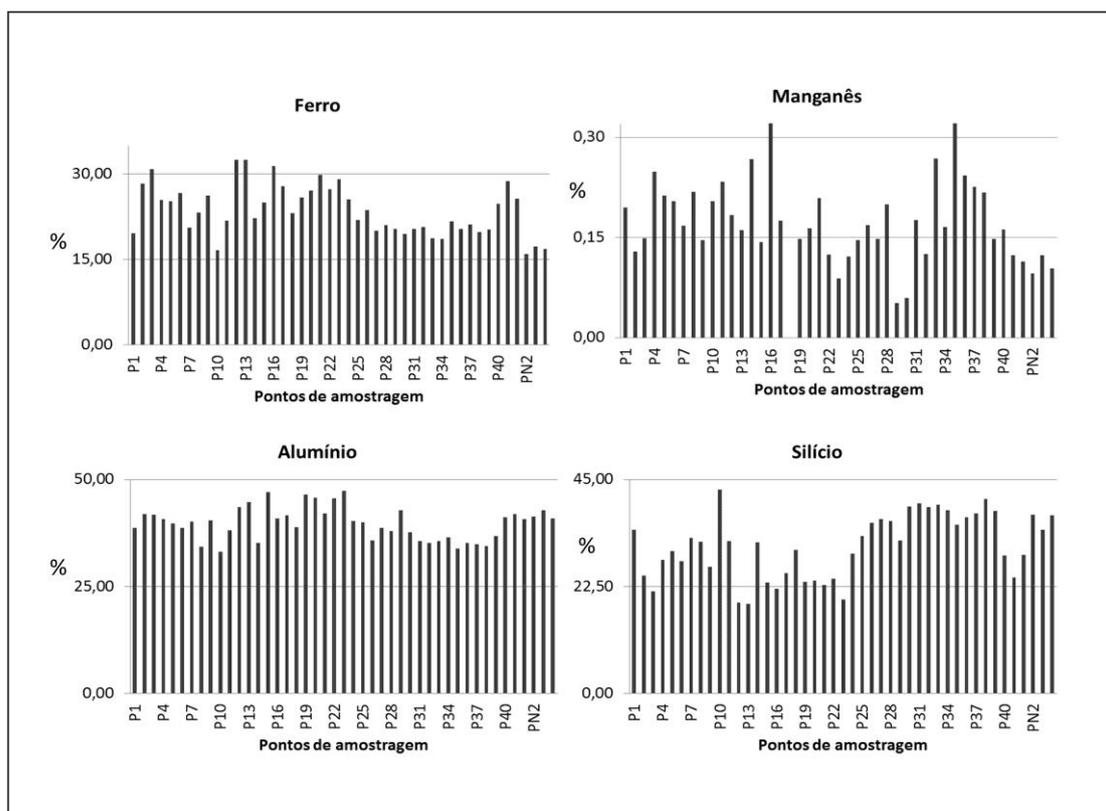


FIGURA 34 a, b, c e d: Concentrações dos óxidos Al_2O_3 , SiO_2 e MnO , nas amostras de sedimentos da área de estudo. Os valores de a, b, c, e d apresentam resultados em porcentagem.

O composto MnO registra concentrações relativamente baixas em todos os pontos de amostragem neste caso, especialmente nos pontos PN1 a PN4.

As concentrações de Al_2O_3 são mais elevadas nos pontos de amostragem P23 (47,37 %), P15 (47,06%) e P19 (46,45%); as de SiO_2 , nas amostras P10 (42,86 %) e P38 (40,92%); e as do Fe_2O_3 , nas amostras dos pontos P12 (32,44 %) P13 (32, 47%). Todos estes pontos pertencem a uma área limitada, e possivelmente são enriquecidos por intemperismo de rochas fontes como ortogneisse e migmatitos.

O teor de alumínio relaciona-se com os minerais dos sedimentos determinados por DRX, como o hidróxido e o alumínio, dos quais se destacam a gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$), a caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), pois de acordo com Deer *et al.*, (1966); Reimann e Caritat, (1998), os possíveis minerais mais abundantes e hospedeiros deste elemento são: os feldspatos, as micas e os minerais de argila.

Quanto ao teor de silício, o mesmo associa-se com as concentrações de quartzo (SiO_2) determinadas pelo DRX, além disso outros minerais ricos em silício são os feldspatos, as micas, entre outros silicatos (DEER *et al.*, 1966; REIMANN e CARITAT, 1998).

6.4.2. Cálcio, Titânio, Potássio, Fósforo, Zircão e Enxofre

Para os valores de CaO, as concentrações mais elevadas em ordem crescente estão nas amostras P35 (2,49%), P18 (2,57%), P8 (3,30%) e P14 (4,84%) (Fig. 35a).

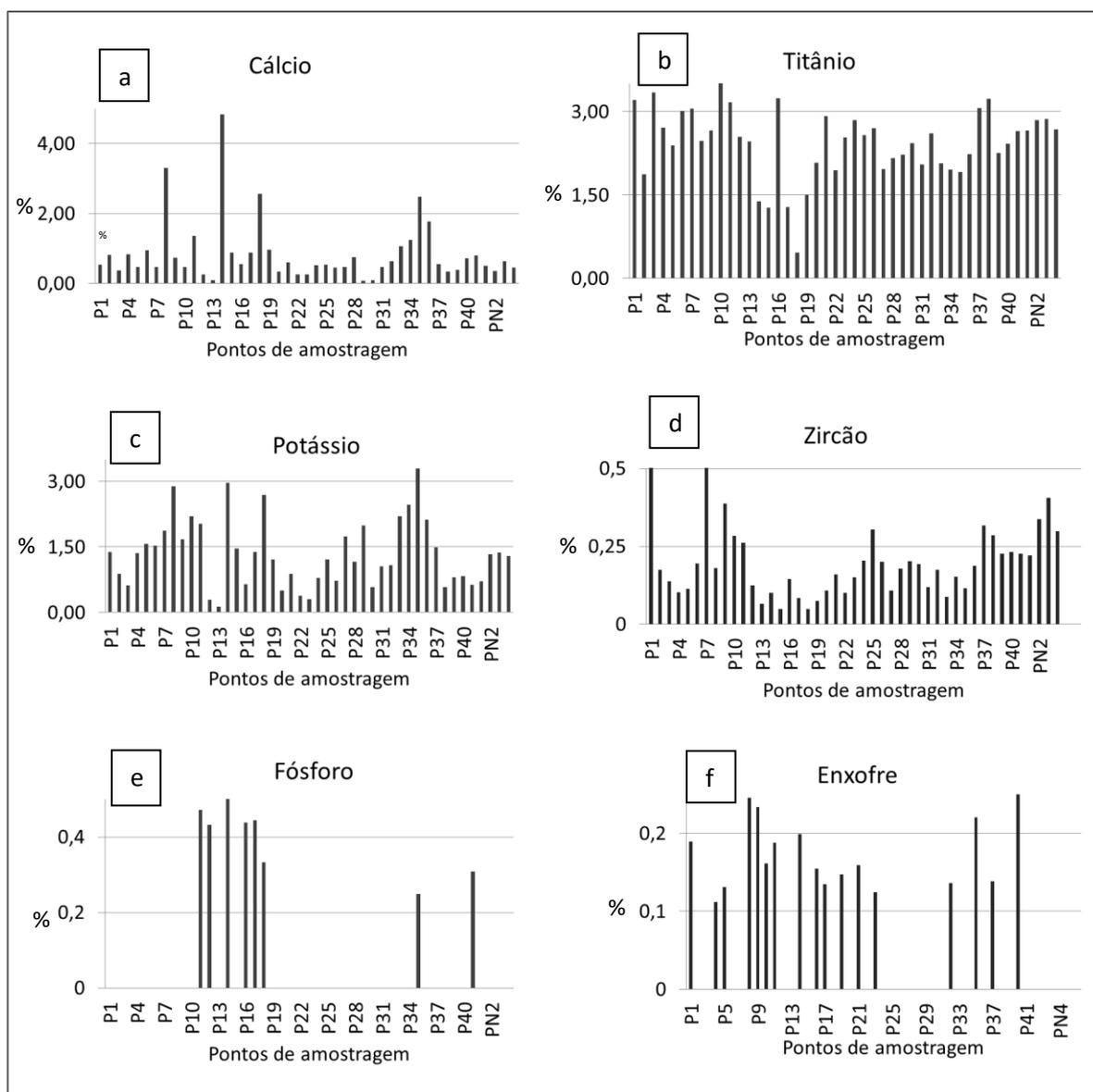


FIGURA 35 a, b, c, d, e, f: Gráficos com concentrações dos elementos maiores cálcio e titânio, potássio, zircão, fósforo e enxofre obtidas na determinação da composição química de sedimentos por FRX. Resultados em porcentagem.

O TiO_2 apresenta maiores concentrações, registrando uma média de 2,5%, sendo que o valor mais elevado está na amostra P10 (3,93%) e P38 (3,22%) (Fig. 35b).

O K_2O apresenta concentrações entre 0,13 a 3,30 % nas amostras, sendo as maiores em ordem crescente nos pontos P18 (2,68%), P8(2,89%), P14(2,96%) e P35(3,30%). Observa-se que estes pontos são os mesmos para as concentrações elevadas de CaO (Fig. 35c).

As concentrações de ZrO_2 variaram entre 0,04% a 0,58%, os maiores valores se concentram nas amostras P1(0,58%), P7(0,52%) e PN3 (0,40%) (Fig. 35d).

Quanto ao P_2O_5 foram registrados apenas em oito das 45 amostras, e todas de pontos de amostragem em áreas de uso do solo, sobretudo nas áreas de piscicultura nas amostras P14 (0,53%) e P17 (0,44%) (Fig. 35e).

O enxofre foi registrado em alguns pontos de amostragem, sendo ausente principalmente nos pontos localizados no núcleo do Parque (PN1 à PN4), os maiores valores estão nas amostras P8 (0,24%), P9(0,23%), P35 (0,22%) e P40 (0,25%) (Fig. 35f).

As concentrações de ZrO_2 e TiO_2 , possivelmente são provenientes dos minerais acessórios como zircão e titanita, o anatásio, o rutilo dos gnaisses e migmatitos da Suíte Caparaó (Novo *et al.* 2011).

As concentrações de fósforo e potássio também podem estar relacionadas com o enriquecimento dos minerais apatita e feldspato da área de estudo, e, por outro lado, podem ter uma relação com as atividades antrópicas, pois de acordo com Mainstone e Parr (2002), as maiores proporções de fósforo nos ecossistemas aquáticos são provenientes de excrementos animais ou de fertilizantes inorgânicos solúveis, que são carregados pela erosão do solo após a aplicação, como por exemplo, o superfosfato simples geralmente contém até 18% de P_2O_5 (VALLE, 2012). O superfosfato simples chega a conter também 12% de S-sulfato, o que pode contribuir para os valores de enxofre, bem como o sulfato de amônio (24% de S-sulfato), compostos estes que são os mais utilizados na adubação (HOROWITZ e NEURER, 2005).

Para as concentrações de K_2O obtidas nas amostras de sedimentos, as mesmas podem estar relacionadas com as atividades de cafeicultura, uma vez que os teores elevados foram determinados em áreas ocupadas por cafezais. Effgen (2006), ao estudar os solos da região sul do Espírito Santo, sobretudo municípios da área de estudo, observou que os valores elevados de K eram esperados não só pela utilização de fertilizantes NPK, mas também em função da utilização da palha de café. Considerando que a casca do café (pergaminho) é rica em K_2O (3,0% N, 0,15% P_2O_5 , 3,9% K_2O), e o pergaminho dos grãos (0,6% N, 0,06% P_2O_5 , 0,37% K_2O) (Zoca, 2012), sendo assim, tanto a casca quanto o pergaminho do café, possivelmente estaria promovendo o incremento deste nutriente no solo (EFFGEN, 2006).

6.5. Concentração e distribuição dos elementos selecionados (Co, Cr, Cu, Pb, Zn, Ni) obtidos por ICP-OES

Os elementos considerados poluentes são aqueles elementos que podem estar em níveis considerados tóxicos e que, de alguma forma, entram na cadeia alimentar, na qual o homem é o consumidor final. Dentre esses elementos, os apresentados neste estudo e comparados com a legislação CONAMA 344/04 são: chumbo, cobre, cromo, níquel, zinco, e cobalto. O cobalto, apesar de não ter limite estabelecido pela legislação, foi escolhido neste estudo por estar associado ao uso de agroquímicos.

A leitura da CONAMA nº 344/04 permite entender os níveis de classificação do material a ser dragado citados para As, Cd, Pb, Cu, Cr, Hg, Ni e Zn. Além disso, a legislação tem como referência a legislação canadense (Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life) elaborada pelo CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) em 1995.

Para efeito de classificação do material a ser dragado, são definidos critérios de qualidade, a partir de dois níveis (Tabela 9):

I – Nível 1: limiar abaixo do qual prevê-se baixa probabilidade de efeitos adversos a biota.

II – Nível 2: limiar acima do qual prevê-se um provável efeito adverso a biota.

TABELA 9: Valores orientadores previamente estabelecidos pelo Conama 344/04.

PARÂMETROS	Nível I	Nível II
Cádmio	0,6	3,5
Cobre	35,7	197
Chumbo	35	91,3
Níquel	18,0	35,9
Zinco	123	315
Cromo	37,3	90

Fonte: Adaptado de CONAMA 344/04.

6.5.1. Concentrações de Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu na Seção I

Dos resultados obtidos nas extrações realizadas com HNO₃, em ordem crescente de concentração dos elementos, estão o Ni, Co, Pb, Cr, Zn e por fim Cu (Fig. 36). Destes elementos, as amostras PN2, PN3 e PN4 apresentam concentrações aproximadas.

Para todos os elementos, a maior variação das concentrações é descrita no PN1, sendo respectivamente Ni (3,08 mg/kg), Co (9,7 mg/kg), Pb (69,50 mg/kg), Cr (179,80 mg/kg) Zn (315,70 mg/kg) e Cu (730 mg/kg) (Figura 36 a, b, c, d, e, f).

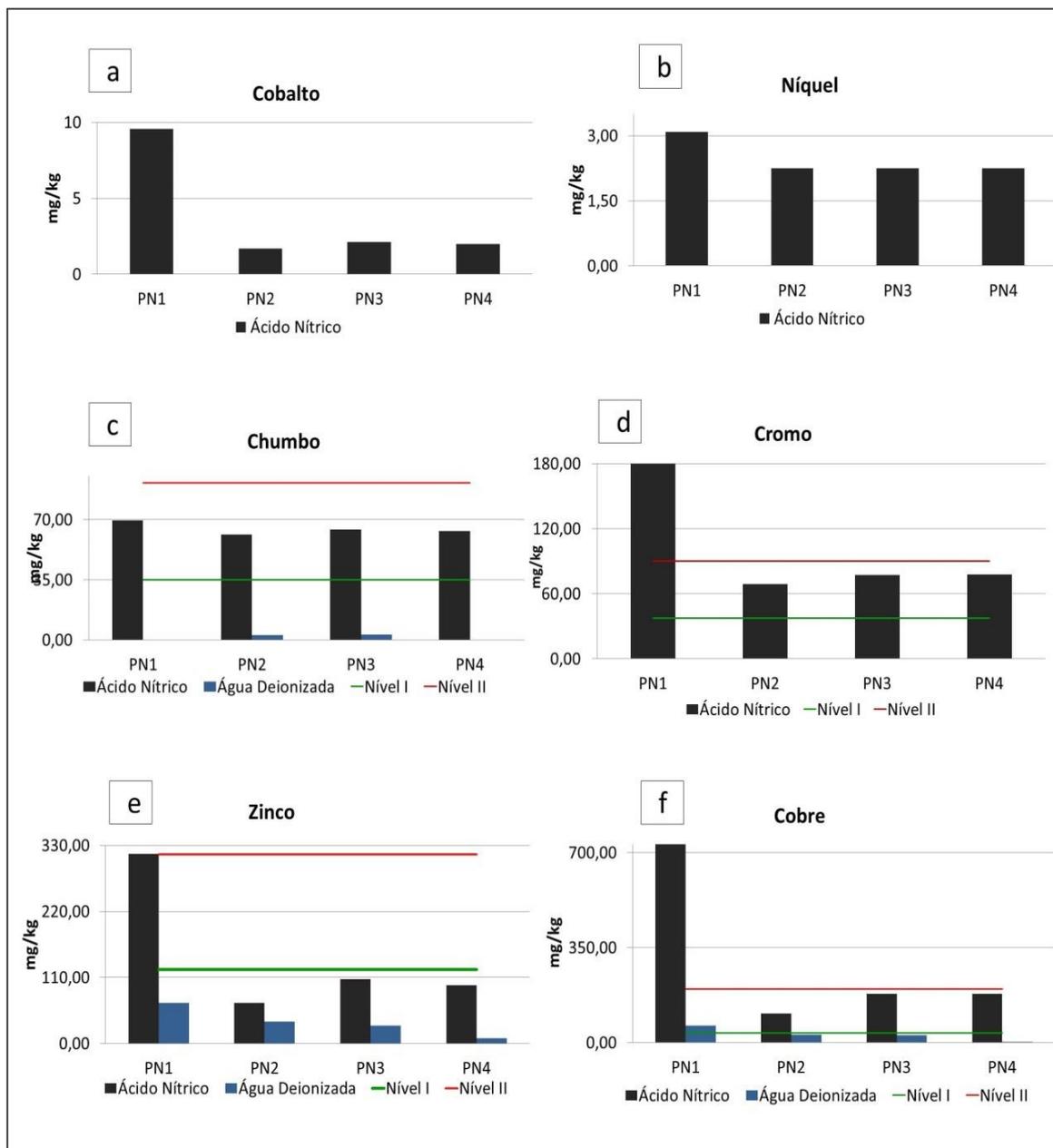


FIGURA 36 a, b, c, d, e, f: Concentrações dos elementos traços Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu obtidas por digestão em HNO₃ e água deionizada, nas amostras de sedimentos do Parque Nacional do Caparaó.

Os valores obtidos na extração com água deionizada, são mais expressivos nas concentrações de Zn, apresentando uma ordem decrescente de PN1 a PN4, sendo respectivamente 67,9 mg/kg, 36,8 mg/kg, 30,1 mg/kg e 9,0 mg/kg.

Em relação à comparação desses elementos com o CONAMA 344/4, os elementos acima do Nível I, são Pb, Cr, e Cu, do qual se prevê baixa probabilidade de efeitos adversos a biota. Quanto ao Nível II, apenas os valores de Cr e Cu ultrapassam este limite.

Como esta seção atualmente é uma área livre das atividades antrópicas, acredita-se que as concentrações dos elementos analisados nas amostras PN2, PN3 e PN4 possuem enriquecimento natural para as concentrações de Cr, Zn e Cu, uma vez que as concentrações destes elementos foram encontradas na litoquímica das principais rochas da área de estudo realizado por Novo *et al.* (2010) (Tabela 10).

TABELA 10: Comparação das concentrações dos elementos das rochas com elementos de análise total dos sedimentos por FRX. Dados de rochas de Novo *et al.* (2010).

Elementos	Sedimento (mg/kg)	Ortognaisse ácido (ppm)	Rocha máfica (ppm)
Cr	559,72	15	44
Cu	477,62	18,9	48,6
Zn	378,79	78	30

Diante dos dados expostos, as amostras PN2, PN3 e PN4 possuem concentrações aproximadas entre os elementos analisados. Essa semelhança pode ser explicada pela pouca variação litológica e dos ambientes (altitude, temperatura, vegetação). Por outro lado, ao observar as maiores concentrações dos elementos na amostra PN1, é possível que as mesmas possuam contribuições de origem antrópica, já que este ponto de amostragem localiza-se a jusante da área de acampamento para turismo denominada Terreirão. Além disso, o mesmo local era destinado para pastagem de gado antes da serra se tornar uma UC. Estas atividades de certa forma deixaram de existir neste local, entretanto, como os sedimentos têm a capacidade de estocar os metais pesados, possivelmente os níveis elevados obtidos podem ter relação com as atividades antrópicas anteriores.

6.5.2. Concentrações de Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu na Seção II

Na digestão realizada com HNO₃, a maior concentração de Co (Fig. 37 a) foi determinada na amostra P15 (25,0 mg/kg). O valor mais elevado de Ni encontra-se na amostra P16 (236,20 mg/kg); os valores de Pb destacam-se nas amostras P4 e P6 cujas concentrações foram de 89,15 e 90,55 mg/kg, respectivamente.

As concentrações de Zn e Cu são crescentes nos pontos P4, P6 e P13, sendo que no ultimo ponto destacam-se as maiores concentrações para os dois elementos (Zn e Cu) (330,30 mg/kg) e (594,10 mg/kg) (Figs 37 e, f). Em sequência, observa-se ainda uma redução nas concentrações destes elementos nas amostras P14, P5 e P16.

As concentrações dos elementos obtidas por extração com água deionizada estão abaixo do limite de detecção nos elementos Ni e Cr, apresentando valores mínimos de Co nas amostras P4 (0,49 mg/kg) e P13 (0,54 mg/kg) e de Pb nos pontos P4 (2,62 mg/kg) e P13 (2,7 mg/kg). A amostra P4 apresenta maior concentração de Zn (62,3 mg/kg).

Quanto aos níveis estabelecidos pela legislação CONAMA 344/04, em todos os pontos de amostragem as concentrações de Pb, Cr, Cu ultrapassaram o nível I.

As concentrações de Cr em todos os pontos de amostragem desta seção ultrapassaram o valor recomendado para o nível II (90 mg/kg). Ainda acima do nível dois destacam-se os valores de Zn e Cu na amostra P13, apresentando, sobretudo 594 mg/kg de Cu.

Das concentrações obtidas nesta seção, nota-se que os valores de Ni apresentam pouca variação entre os pontos. Para as demais, os maiores valores de Co estão no P15; Pb nas amostras P4 e P6; Cr no P16; Zn e Cu na amostra P13.

Cabe ressaltar que as amostras P13 e P15, apesar de se localizarem dentro da UC, são pontos afetados por atividades antrópicas. A montante da amostra P15 localiza-se a criação de tecnocruta, cuja atividade possivelmente tem contribuído para o valor elevado de Co neste ponto de amostragem. Silva *et al.* (2007) amostrou quatro tipos de rações para peixe onde foi encontrado uma média de 777,8 $\mu\text{g kg}^{-1}$ de Co concentrado. Normalmente, a criação de peixes em tanques redes gera uma maior descarga de rações não consumidas, urina e fezes no ambiente aquático, fazendo com que os elementos traço excretados afetem diretamente a qualidade de água, onde as formas particuladas das excretas possam sedimentar-se no fundo do tanque ou se acumular no sedimento abaixo dos tanques-rede, impactando as comunidades bentônicas (LALL e MILLEY, 2007).

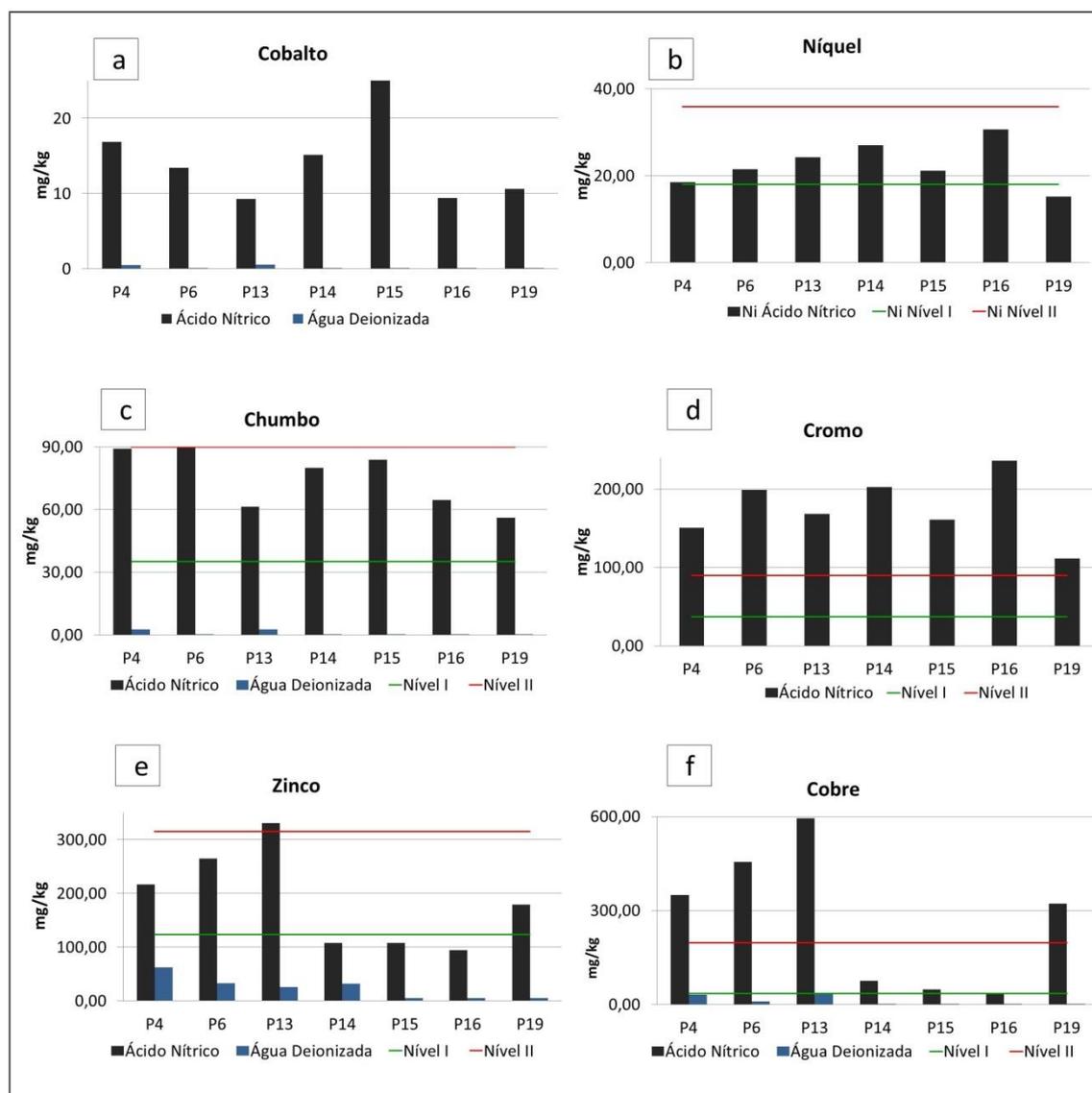


FIGURA 37: a, b, c, d, e, f: Concentrações dos elementos traços Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu obtidas por digestão em HNO₃ e água deionizada nas amostras de sedimentos do Parque Nacional do Caparaó.

O ponto P13 é uma área com registros de desmatamento e possui uma construção de um posto de vigilância aparentemente abandonado. Além disso, o estágio de regeneração da mata induz a crer que era uma área ocupada e possivelmente foi desapropriada na época em que a serra se tornou uma unidade de conservação, em 1961.

6.5.3. Concentrações de Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu na Seção III:

Os valores de Co variaram entre 17,13 mg/kg a 3,81 mg/kg (Fig. 38a), sendo que o maior valor foi registrado na amostra P1. O maior teor de Ni foi encontrado na amostra

P17 (37,28 mg/kg), para os outros pontos, as concentrações variaram entre 3,24 mg/kg e 21,99 mg/kg (Fig. 38b).

As concentrações de Pb apresentam uma distribuição heterogênea entre os pontos deste bloco, os valores maiores foram registrados no P3 (93,90 mg/kg), P12 (94,30 mg/kg) e P23 (92,0 mg/kg) (Fig. 38c). Os valores de cromo também apresentaram pouca variação, ocorrendo uma média de 76,4 mg/kg.

Nesta seção, as concentrações de Zn variaram entre 589,0 mg/kg (P20) e 8,71 mg/kg (P24) (Fig. 38e). Os valores de cobre são mínimos nas amostras P18 (38,07 mg/kg), P22 (42,17 mg/kg) e elevados na amostra P20 (1.270,0 mg/kg) (Fig. 38f).

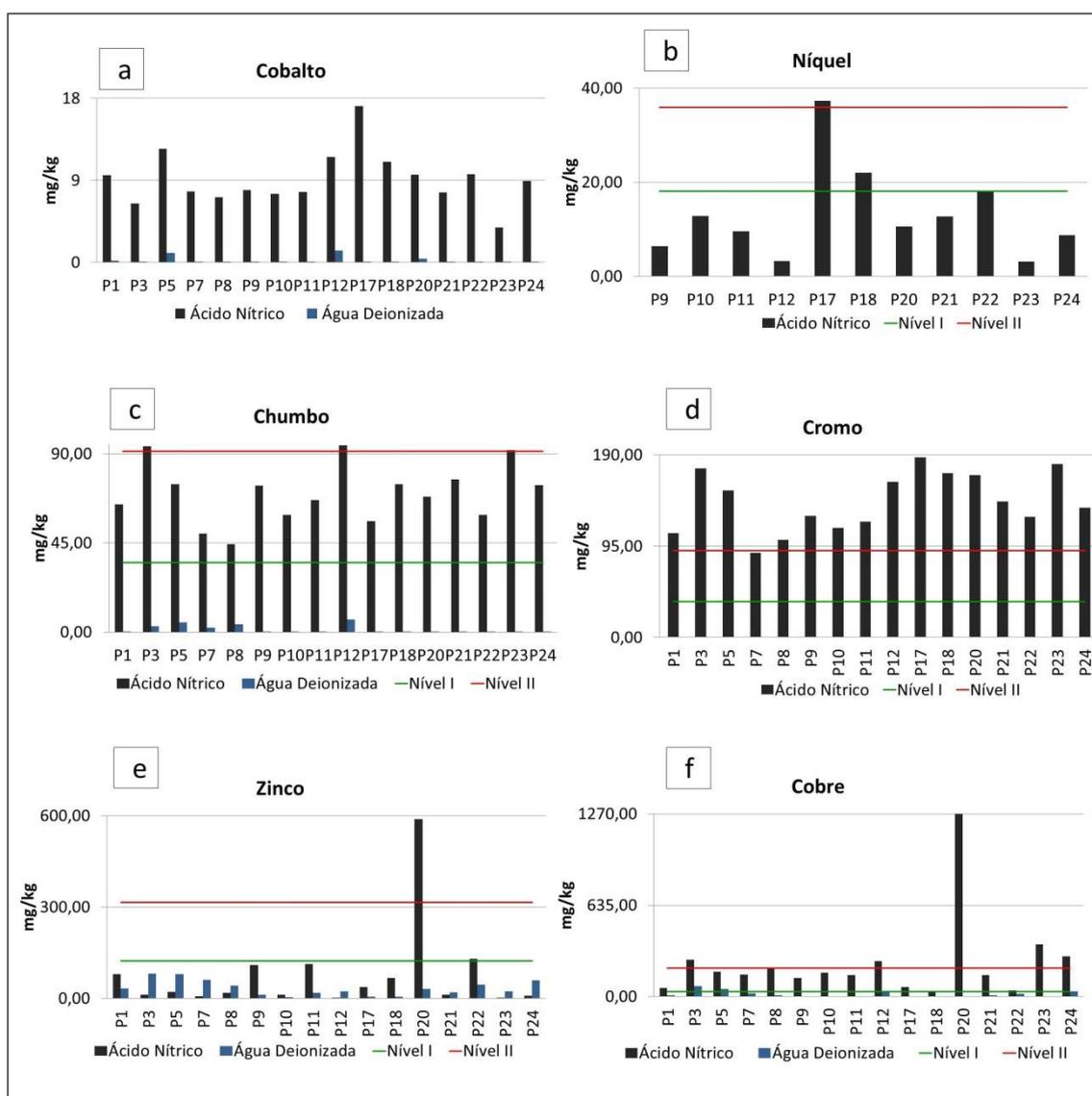


FIGURA 38: a, b, c, d e f: Concentrações dos elementos traços Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu obtidas por digestão em HNO₃ e água deionizada nas amostras de sedimentos da borda leste do Parque Nacional do Caparaó.

Em relação às concentrações obtidas na extração com água deionizada, os valores destacam apenas para Zn, onde os pontos P3, P4, P5 P7, P8, P23 e P24 possuem concentrações mais elevadas do que as obtidas por HNO₃ (Fig. 38e).

Comparando os valores obtidos com os níveis de referência estabelecidos pelo CONAMA 344/04, as concentrações de Pb e Cr em todos os pontos de amostragem ultrapassaram o nível I.

As concentrações de Zn e Cu na amostra P20, e Ni e Cr no ponto de amostragem P17, estão acima dos valores orientadores estabelecidos para o Nível II da legislação. As maiores concentrações de Co, Ni e Cr na amostra P17, podem estar associadas ao lançamento de esgoto doméstico e ao resíduo de rações utilizadas na piscicultura.

As concentrações de Zn e Cu determinadas na amostra P20 são as maiores nesta seção. Como é um ponto localizado em uma área de influencia direta de cafeicultura (Fig. 39), o uso de fertilizantes pode estar contribuindo com os valores elevados dessas concentrações. Os fertilizantes minerais e orgânicos, bem como os corretivos de solo contêm Zn, frequentemente, como impureza (KIEKENS, 1990).



FIGURA 39: Localização do ponto de amostragem P20 na região Iúna-ES. Nota-se que nas vertentes e colinas há a cafeicultura e entre o plantio está o rio. Fonte: Google Earth 2014. Em destaque de vermelho estão as plantações de café.

Os valores de Zn podem ser oriundos também de fertilizantes fosfatados, uma vez que neste tipo de fertilizante, os teores de Zn variam de 501.450 mg/kg e em pedras

calcárias, de 10450 mg/kg (RAMALHO *et al.*, 2000). Além disso, Gimeno-García *et al.* (1996) estudaram a incidência de metais pesados, como impurezas de fertilizantes e pesticidas aplicados aos solos agrícolas, tendo encontrado que as adições mais significativas foram não só de zinco, mas também de cobalto e chumbo.

6.5.4. Concentrações de Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu na Seção IV:

Os valores de Co não ultrapassaram 21,0 mg/kg, com concentrações mínimas de 0,11 mg/kg nas amostras P29 e P30 (Fig. 40a). Para os valores de Ni, as maiores concentrações foram nas amostras P33 (41,92 mg/kg) e P35 (41,02 mg/kg) (Fig. 40b). As concentrações de Pb variaram entre 114,30 mg/kg e 45,49 mg/kg (Fig. 40c), apresentando uma média de 122,5 mg/kg. As concentrações de Zn variaram entre 558,0 mg/kg e 25,35 mg/kg (Fig. 40e). Os maiores valores são na amostra P26 (558,0 mg/kg) e, secundariamente, na amostra P34 291,55 mg/kg. Os valores de Cr não ultrapassaram 200 mg/kg. Ocorreram maiores concentrações nas amostras P26 (198, 20 mg/kg), P40 (191, 40 mg/kg) e P41(189, 35 mg/kg) (Fig. 40d).

As maiores concentrações de Cu foram determinadas nas amostras P26 (1.096,5 mg/kg) e P34 (525, 50 mg/kg) (Fig. 40f). As concentrações mínimas foram registradas nas amostras P28 (28,89 mg/kg) e P29 (22,0 mg/kg).

Em relação à digestão em água deionizada, os valores são mais elevados para os elementos Zn e Cu, notadamente na amostra P26, sendo respectivamente 558 mg/kg e 1104 mg/kg.

Por meio da comparação dos valores dos elementos obtidos nesta seção com os níveis estabelecidos pelo CONAMA 344/04, as concentrações de Ni nas amostras P23 e P35, o de Pb, na amostra P26, o de Cr no P2; e Zn e Cu na amostra P26, estão acima do Nível II, indicando um provável efeito adverso a biota.

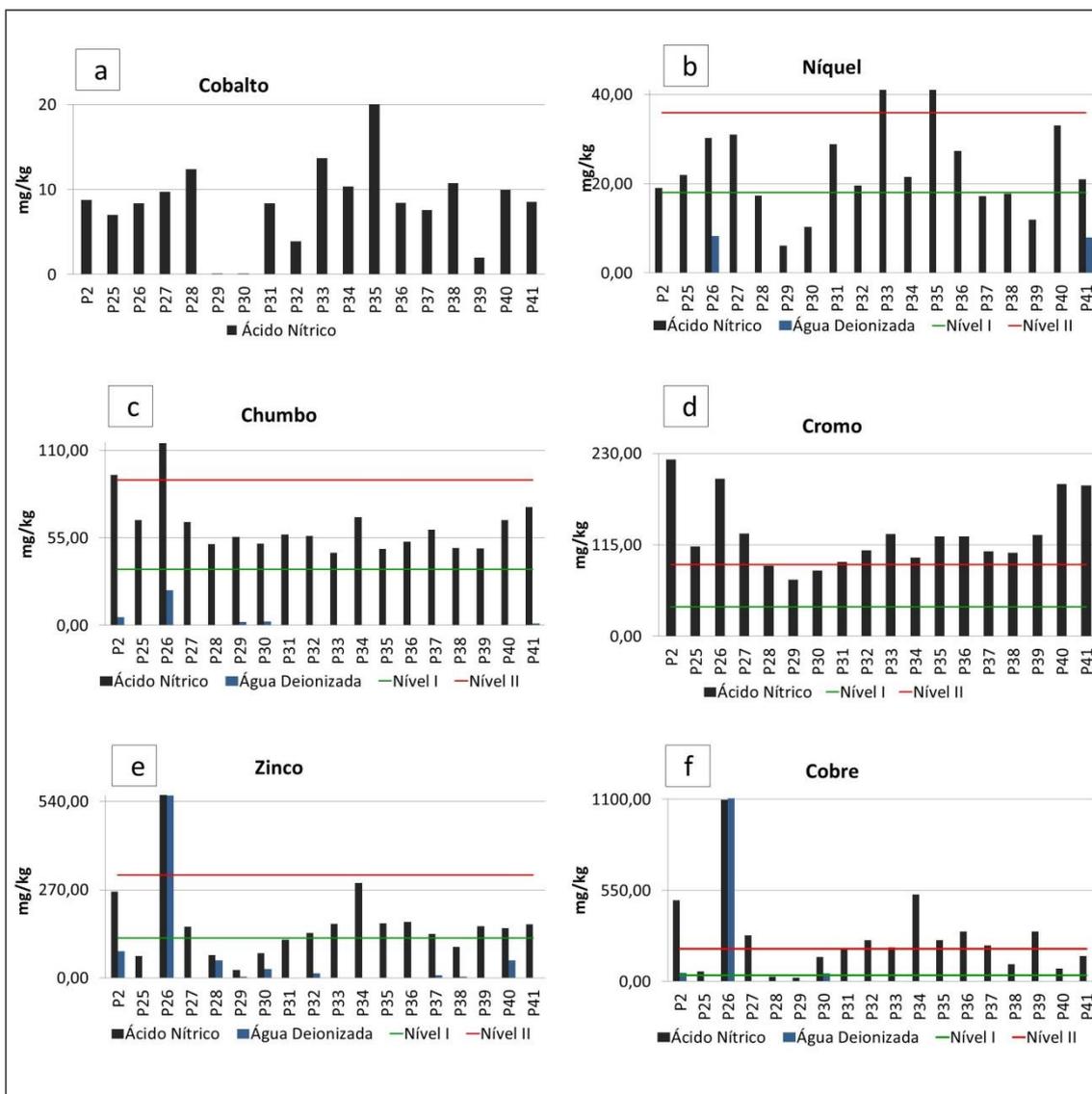


FIGURA 40: a, b, c, d, e, f: Concentrações dos elementos traços Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu obtidas por digestão em HNO₃ e água deionizada nas amostras de sedimentos do Parque Nacional do Caparaó.

Destacam-se as altas concentrações dos elementos Pb, Cr, Cu na amostra P2, este ponto localiza-se no distrito de Pedra Menina/ES, os valores elevados obtidos neste ponto podem ser justificados pelo maior índice de urbanização e pela cafeicultura ao redor (Fig. 41).

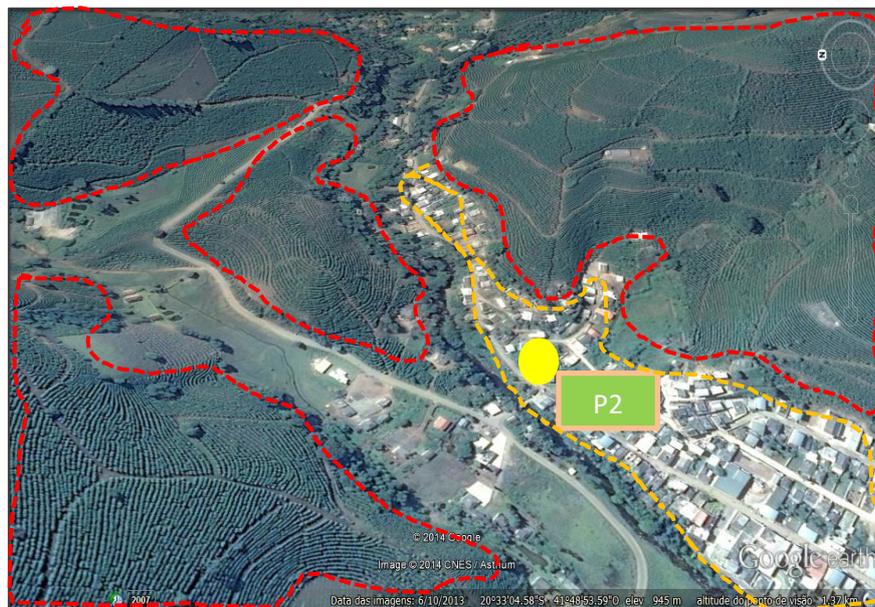


FIGURA 41: Localização do ponto de amostragem P2 na região de Pedra Menina ES. Nota-se que nas vertentes e colinas do distrito há a cafeicultura e entre o plantio e a urbanização está o rio. Fonte: Google Earth 2014. Em destaque de vermelho são as plantações de café; em amarelo o distrito de Pedra Menina.

Os resultados desta seção descritos acima apontam uma relação entre as concentrações de metais e a atividade de cafeicultura. O enriquecimento deste elemento pode ser devido ao aporte de material (fertilizantes) nas áreas de cafeicultura no entorno dos pontos de amostragem favorecidos pelo escoamento superficial da água. De acordo com Gabe e Rodella (1999), um dos fertilizantes usados, o superfosfato simples, é uma considerável fonte de metais pesados como o Cd, Cr, Ni e Pb, apresentando até 26 mg/kg de Cr, assim como os nitrogenados, fosfatados, e excrementos animais (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

Além disso, não só os elementos menores, mas os macroelementos como Fe e Mn, são provenientes de outros insumos agrícolas e agrotóxicos (Tabela 11).

As concentrações elevadas de Cu na seção IV podem estar relacionadas com o uso de insumos agrícolas (fertilizantes e agrotóxicos) (GUNTHER, 1998). Comumente, os compostos de calda bordalesa, o oxiclreto de cobre e o sulfato de cobre pentahidratado, são utilizados como fungicidas (AMBRUS, *et al.* 2003).

TABELA 11: Tipo de produto disponível e elementos existentes em fertilizantes utilizados pela cooperativa de agricultores no ES e MG.

Composição do Fertilizante %										
Produto	Zn	B	Cu	Fe	Mn	Mo	P2O5 Total	K ₂ O	S	Co
FTE* BR-8	7,0	2,5	1,0	5,0	10,0	0,1	-	-	-	-
FTE BR-9	6,0	2,5	0,8	6,0	3,0	0,1	-	-	-	-
FTE BR-10	7,0	2,0	1,0	4,0	4,0	0,1	-	-	-	-
FTE BR-12	9,0	2,5	0,8	3,0	2,0	0,1	-	-	-	-
FTE BR-13	7,0	1,8	2,0	2,0	-	0,1	-	-	-	-
FTE BR-15	8,0	1,5	0,8	-	-	0,1	-	-	-	-
FTE BR-16	3,5	2,8	3,5	-	-	0,4	-	-	-	-
Superfosfato Simples	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-
Sulfato Potássio	-	-	-	-	-	-	-	48	17	-
Óxido Cuproso	-	-	89	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato de Zinco	20	-	-	-	-	-	-	-	18	-
Cloreto de Cobalto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38

* FTE (Fried trace elements). Fonte: Prezotti (2014); Malavolta (1986).

Ao analisar a presença de Zn e Cu nos agroquímicos (Tabela 11), e o comportamento destes elementos nos pontos de amostragem, observa-se uma variação espacial para estes metais na área de estudo. Isso mostra que, onde ocorreu maior concentração de Cu, houve também maior concentração de Zn, principalmente em áreas com atividades antropogênicas (P22 e P26). Sendo assim, pode-se considerar que a semelhança entre os picos mais elevados das concentrações entre esses dois elementos possui uma relação direta com o uso de agroquímicos (Fig. 42).

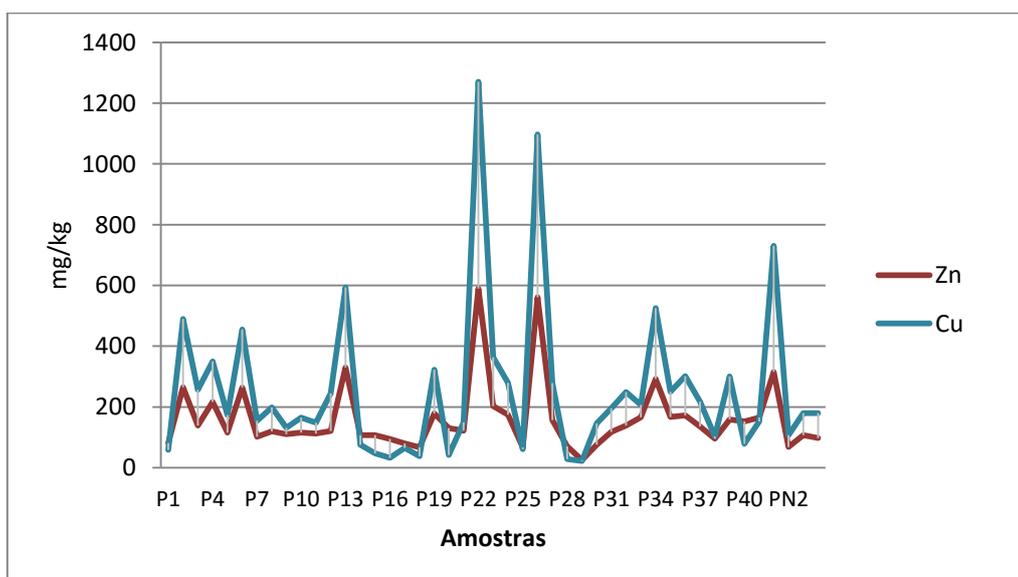


FIGURA 42: Gráfico da variação das concentrações de cobre e zinco nas amostras dos sedimentos do PARNA Caparaó evidenciando a semelhança na distribuição dos teores dos dois elementos.

Para melhor avaliar a influência do uso do solo nas de concentrações obtidas foi gerado um mapa indicando a atividade do plantio de café no entorno do Parque e nas áreas de coleta das amostras (Fig. 43). Por meio deste mapa, é possível supor que as atividades de cafeicultura podem estar contribuindo para os valores elevados nas análises, principalmente na seção IV. Observa-se pela Figura 42 que a borda oeste do Parque, na porção mineira, possui áreas mais extensas de cafeicultura, corroborando com os resultados que indicam ser a seção IV, possui as maiores concentrações dos elementos Co, Ni, Pb, Cr, Zn e Cu comparando com as demais.

Como citado na literatura, a preocupação maior da atual gestão do parque está com o uso de agrotóxicos. Em 2009 foi apresentado um relatório pelo Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável e Solidário no território do Caparaó, no qual relata problemas sociais e de saúde em relação à contaminação por agrotóxicos na água e nos alimentos consumidos.

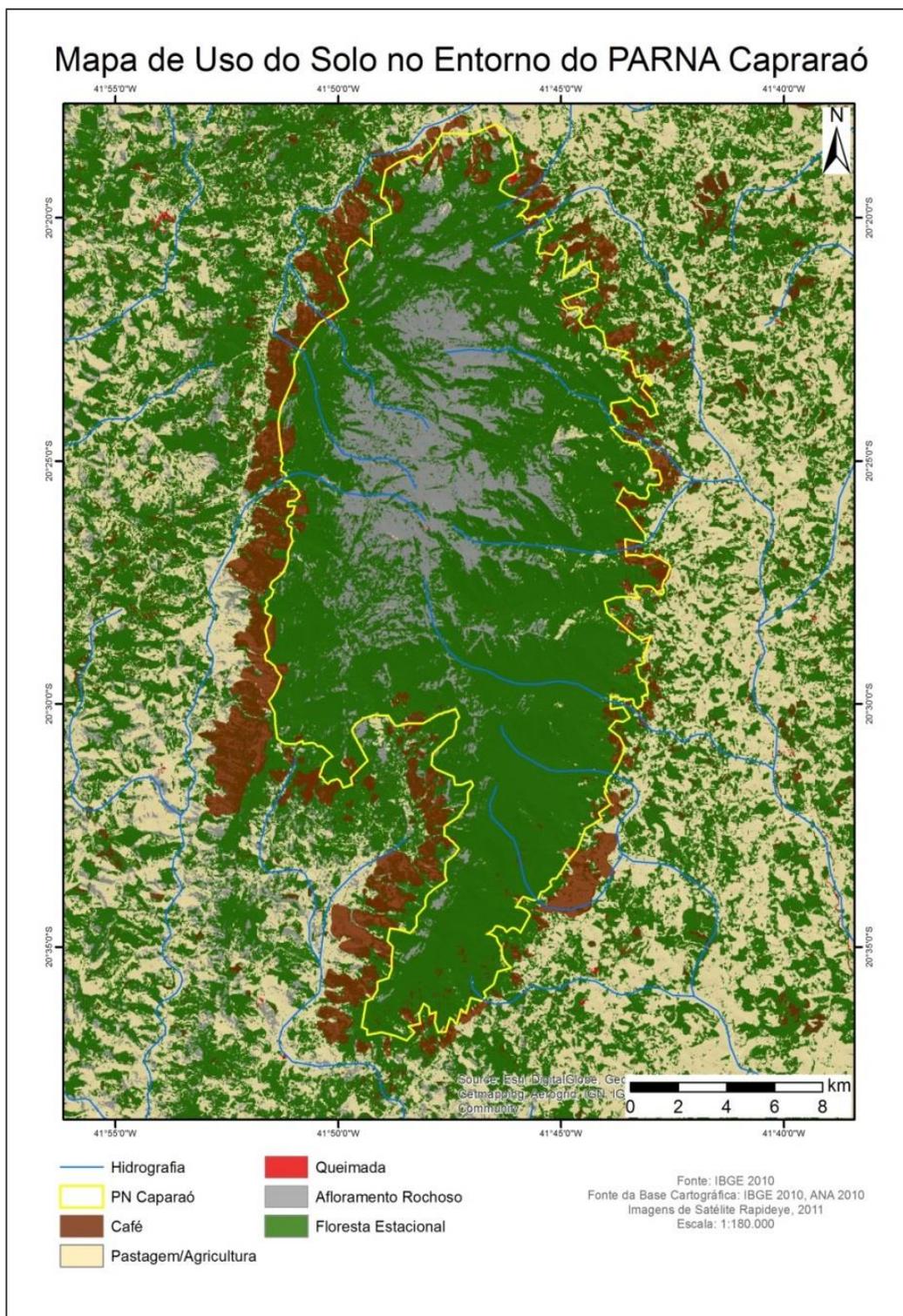


FIGURA 43: Mapa de uso do solo na zona de amortecimento do PARNA Caparaó, modificado, destacando as áreas de cafeicultura no entorno do Parque, onde foram coletadas as amostras de sedimentos.

Como exemplo de pressões antrópicas em Unidade de Conservação, em relação ao uso de agrotóxicos, Valdes (2007) estudou no Parque Nacional das Emas, que possui seu entorno ocupado por latifúndios agrícolas, com predomínio de cultura de grãos, com o uso

de defensivos agrícolas em larga escala. No estudo do autor foi avaliada uma espécie de ave que habita o parque e constatou-se que a mesma estão predispostas à contaminação por agrotóxicos pelo consumo de insetos contaminados provenientes de lavouras onde estes produtos foram utilizados. Este fato indica e alerta que o uso de agrotóxicos no entorno do PARNA Caparaó pode afetar todo ecossistema do mesmo.

Siqueira (2011) destaca também o uso indiscriminado de agrotóxicos na zona de amortecimento do parque, na porção do Espírito Santo, por meio de um estudo da transição agroecológica no território do Caparaó e foi apontado que os maiores gastos dos produtores rurais no sistema convencional da cafeicultura (40sc/ha) são com fertilizantes, corretivos, protetores ou agrotóxicos, que pesaram 58,7%. O autor ressalta a necessidade da implantação de sistemas de café orgânico que, embora existente em algumas comunidades, ainda é muito recente.

Neste sentido, a produção orgânica apresenta-se como uma alternativa para a redução do uso desses defensivos agrícolas e conseqüentemente para a redução do risco de contaminação dos solos, da água e dos sedimentos da zona de amortecimento.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos apresentam as concentrações elevadas dos elementos selecionados nos sedimentos de fundo do Parque Nacional do Caparaó e na sua zona de amortecimento, indicando uma forte contribuição por ordem antropogênica. A partir deles foi possível avaliar e informar a situação ambiental atual e focos de pressão causados pelo uso do solo do Parque e sua zona de amortecimento.

A mineralogia dos sedimentos é composta predominantemente por quartzo, com quantidades menores de muscovita, rutilo, anatásio e de argilominerais como: caulinita, gibbsita e goethita. Dessa forma, a composição mineralógica dos sedimentos determinada na área de estudo mostra que a mesma é refletida na química destes, indicando uma relação com a área fonte dos litotipos da Suíte Caparaó, bem como dos solos. Da mesma maneira, os elementos maiores Fe, Al, Mg, Ca, Ti, apresentam o comportamento esperado nas concentrações em função da influência dos aspectos litogênicos.

Foram determinadas elevadas concentrações dos elementos cobre, zinco, cobalto, cromo e níquel. Tais pontos estão localizados na zona de amortecimento (Seções III e IV) alertando, assim, para a necessidade de um monitoramento mais contínuo nessas áreas, pois as áreas de plantio estão avançando além do limite para o interior do parque.

A metodologia da digestão em água deionizada mostrou que os elementos zinco e cobre possuem maior disponibilidade para o ambiente aquático, indicando que tanto o zinco quanto o cobre estão menos adsorvidos nos sedimentos.

A análise da contaminação por elementos potencialmente tóxicos mostrou-se eficiente para avaliação da qualidade dos sedimentos, corroborando com a necessidade da integração desse tipo de estudo em sedimentos, como apontamento da qualidade da água e até mesmo apontando um atual cenário ambiental da Zona de Amortecimento do PARNA Caparaó. Assim, os dados apresentados nesta pesquisa permitem visualizar a variação da qualidade dos sedimentos em resposta às pressões causadas pelo uso do solo, indicando os principais pontos de intervenção para as ações preventivas e corretivas.

No atual estudo foi realizada uma amostragem de sedimentos na estação chuvosa e, assim, recomenda-se amostragem em outras estações, pois, dessa maneira, poderá ser avaliado em quais condições existe maior disponibilidade dos elementos analisados no sistema aquático.

Levando em consideração que as ações de prevenção de uma unidade de conservação são tomadas pela elaboração de um plano de manejo – e no caso específico da área de estudo ele atualmente não está finalizado – pode-se dizer que a ausência de um atual plano de manejo contribui para a inviabilidade das ações no PARNA Caparaó quanto à zona de amortecimento.

Dessa forma, tanto a falta de um plano de manejo atualizado, quanto as alterações encontradas para os elementos analisados nos sedimentos, indicam a necessidade de se estabelecer um programa de monitoramento em relação ao uso de agrotóxicos, bem como uso de fertilizantes industrializados, uma vez que sua utilização em excesso tem sido o principal foco de pressão do uso do solo no entorno e nos pontos localizados no interior do Parque.

Este estudo demonstra a existência de mais uma área protegida que sofre com pressões do uso solo, trazendo reflexões das fragilidades, seja do modelo de gestão ou da legislação (SNUC), que permitem que problemas ambientais ocorram, tanto na borda quando no interior das UC's. Dessa forma, deduz-se que não é suficiente apenas limitar uma área e denominar como Unidade de Conservação, é preciso trazer o objetivo à realidade, permitindo uma relação entre o espaço natural e o sujeito, de modo que a unidade de conservação não seja vista como uma área isolada, ou apenas como um espaço natural turístico, mas que as populações do entorno tenham a percepção de que a preservação dos espaços naturais é uma medida adotada diante dos processos de degradação do meio e é responsável por manter as áreas protegidas livres de degradação ambiental. Acredita-se que isso pode ser feito a partir de ações participativas entre a gestão e as comunidades do entorno, além de um programa de educação ambiental.

Por fim, o estudo demonstra a necessidade de colocar em primeiro plano que a gestão de UC's depende de adequada gestão de recursos naturais em unidades espaciais como bacias. Bacias permitem que água, sedimentos e poluente transitem para as UC's e das UC's. Dessa forma, o modelo de cercamento de fragmentos territoriais torna-se ineficiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7181**: Solo – análise granulométrica (método de ensaio). Rio de Janeiro, 1984. 13 p.

ACSERALD, H. Conflitos ambientais no Brasil. Rio de Janeiro: **Relume Dumará**/Fundação Heinrich Böll, 2004. 294 p.

ACSELRAD, H. As práticas espaciais e o campo dos conflitos ambientais. In: ACSELRAD, H. (org.). Conflitos ambientais no Brasil. Rio de Janeiro: **Relume-Dumará**, 2004, p.13-36.

ADRIANO, D.C. Trace elements in the terrestrial environment. **Springer-Verlag**. New York Inc., 1986, 533p.

AGÊNCIA 21. Plano de desenvolvimento sustentável: Programa Vale Mais - Caparaó Capixaba 2006-2026. Rio de Janeiro, 2006. 123 p.

ALBAGLI, Sarita. Geopolítica da Biodiversidade. Brasília: Edições IBAMA, 1998.

ALLOWAY B. J, AYRES D. C. Chemical principles of environmental pollution. London. **Chapman and Hall**, 1993, 291 p.

ALLOWAY, B. J. e AYRES, D. C. Chemical Principles of Environmental Pollution. **Blackie Academic & Professional**, London, Glasgow, Weinheim, New York, Tokyo, Melbourne, Madras, 1994. 291 p.

ALLOWAY, B.J. Heavy metals in soils. Second edition. **Blackie Academic & Professional**, London, 1995. 368 p.

ALMEIDA, C.; A; Rocha, O. Comparativo da Qualidade dos Sedimentos dos Reservatórios do Rio Tietê (SP)142 **J. Braz. Soc. Ecotoxicol**, v. 1, n. 2, 2006, p.141-145.

ALMEIDA, F. F. M. Origem e Evolução da plataforma brasileira. Rio de Janeiro: **DNPM**, 1967, 36 p. (Boletim 241).

AMBRUS, A.; HAMILTON, D. J.; KUIPER, H. A. & RACKE, K. D. Significance of impurities in the safety evaluation of crop protection products (IUPAC Technical Report). **Pure and Applied Chemistry**, v. 75, n. 7, 2003. 937-973 p.

ANA. Agência Nacional de Águas. Institucional: sobre a ANA. Disponível em: Acesso em: 20 dez. 2014.

ARAÚJO, A. G. **Avaliação da poluição por metais pesados no estuário do Rio Potengi-Natal/RN**. 2005. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária)- Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

ARAÚJO, R.P.A.; SHIMIZU, G.Y.; BOHRER, M.B.C.; JARDIM, W. Avaliação da Qualidade de Sedimentos. In: ZAGATTO, P.A e BERTOLETTI, E. (Editores). **Ecotoxicologia Aquática: Princípios e Aplicações**. São Carlos, RiMa. 2006. 464 p.

AXTMANN, E.V. e LUOMA, S.N. Large-scale distribution of metal contamination in the fine-grained sediments of the Clark Fork River, Montana, U.S.A. **Applied Geochemistry**, v. 6, 1991. p. 75-88.

AZEVEDO, F.A, CHASIN, A.A.M. Metais: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Editora Atheneu, 2003. 554 p.

BAIRD C. Química Ambiental. 2 ed. Bookman, Porto Alegre. 2002. 622 p.

BAIRD C. The Chemistry of Natural Waters. In: BAIRD C. Environmental Chemistry. 2. ed. W.H. Freeman, USA, 1999. p. 421-459.

BARRETO, F. H. T. Da Nação ao planeta através da Natureza: uma tentativa de abordagem antropológica das unidades de conservação na Amazônia. Série Antropológica, n 222. Brasília: Departamento de Antropologia da UNB, 1997.

BENITES, V.M, SCHAEFER, C.E.R.G., MENDONÇA, E.S.; e MARTIN NETO, L. Caracterização da matéria orgânica e micromorfologia de solos sob Campos de Altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. **Rev. Brasileira Ciência Solo**, Viçosa, V.25, p. 661-674. 2001.

BENITES, V. M. **Caracterização de solos e de substâncias húmicas em áreas de vegetação rupestre de altitude**. 2001. 71p. Dissertação (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2001.

BERGER. A. R. Assessing Rapid Environmental Change Using Geoinicators. **Environment Geology**, Springer, Berlin, v. 1, n. 32, p. 35–44, 1996. p 36

BESOAIN, E. Mineralogia de arcillas de suelos. San José: Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura, 1985. 1205 p.

BEVERIGE, M.C.M. Cage aquaculture. 2^a ed. Fishing News Book, Oxford, USA, 1996.

BEVERIDGE, MCM. Cage aquaculture. 3^a ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2004.368 p.

BRANCO P.M. Dicionário de mineralogia. Editora da UFRGS, Porto Alegre, 1982. 264 p.

BRANDÃO, P.C.; SOARES, V.P.; SIMAS, F.N.B.; SHAEFER, C.E.G.R.; SOUZA, A.L.; MENDONÇA. Caracterização de geoambientes da floresta nacional do Purus, Amazônia ocidental: uma contribuição ao plano de manejo. **Revista Árvore**, Viçosa –MG, v .34, n.1, p. 115-126, 2009.

BRANDOM, K. Natural protected areas and biodiversity conservation. In: Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, 2., v. 1. Campo Grande. Anais...Campo Grande: UFMS, 2000. p.1-10.

BRASIL. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, lei nº 9.985, de 18 de jul. de 2000; decreto nº 4.340, de 22 de ago. de 2002. 5.ed.aum. Brasília: MMA/SBF, 56p, 2004.

BRASIL. Lei Federal Nº 9.985 de 18/07/2000. Regulamenta o artigo 225 da Constituição Federal e institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação e da outras providências.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Publicada no Diário Oficial da União em 16 de agosto de 1965, p. 9529.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho, 1961. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação- SNUC. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 12/05/2013.

BRASIL. Decreto n.50.640, de 24 de maio, 1961. Cria o Parque Nacional do Caparaó e dá outras providências. Disponível em: www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades./caparao.pdf. Acesso em: 12/05/2013.

BRITO, M.C.W. Unidades de Conservação - Intenções e Resultados. São Paulo: FAPESP / Editora Annablume, 2000. 230 p.

CABRAL R.S. Caracterização estrutural e petrográfica da suíte Caparaó, na Serra do Caparaó, Minas Gerais/Espírito Santo. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2012. p. 20– 31.

CAMPO NETO, M.C. & FIGUEIREDO M.C.H. Evolução geológica dos terrenos costeiros, Paraíba do Sul e Juiz de Fora (RJ-MG-ES). In: SBG, Congr. Bras. Geol., 36, Anais, 6. 1990. p. 2631-2648.

CALMANO, W., FÖRSTNER U. Sediments and Toxic Substances: Environmental Effects and Ecotoxicity. Springer, Berlin, 1996. 332 p.

CARMO, V. A do. **A contribuição da etnopedologia para o planejamento das terras: estudo de caso de uma comunidade de agricultores do entorno do PARNA Caparaó.** 2009. 219 f. Tese Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

CARVALHO, C.E.V.; DI BENEDITTO, A.P.M.; , SOUZA, C.M.M.; RAMOS, R.M.A. & REZENDE, C.E. Heavy metal distribution in two cetacean species from Rio de Janeiro State, south-eastern Brazil. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 2008. 88(6). p. 1117–1120.

COELHO, A. L. N; JUNIOR, F. J. T; BERGAMASCHI, R. B.; GOULART, A. C. O. Refinamento das Unidades Geomorfológicas do Estado do Espírito Santo com emprego em novas tecnologias. *Anais...VXI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Foz do Iguaçu, PR, Brasil. 2013. p. 1982-1989.

CCME. Canadian Council of Ministers of the Environment. Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life: CCME Water Quality Index 1.0', Technical Report, Canadian Council of Ministers of the environment winnipeg, MB, Canada, 2001, Disponível em: <http://www.ccme.ca/sourcetotap/wqi.html>. Acesso em: 13/01/2014.

CCME. Canadian Council of Ministers of the Environment. Protocol for the Derivation of Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. Ottawa: Preparo por Environment Canada, Guidelines Division Technical Secretariat of the CCME task Group on Water Quality Guidelines. CCME EPC-98E, 1995.

CPRM. Sistema de Alerta contra Enchentes da Bacia do Rio Doce – Relatório Técnico da Operação do Sistema de Alerta no Período de Dezembro de 2002 a Março de 2003. Belo Horizonte, 2003.

COLTRINARI, L. Mudanças ambientais globais e geoindicadores. **Revista Pesquisa em Geociências**. Porto Alegre. V. 28 n.2, 2001. p. 307-314.

COMASTRI, E.R.M.; PIMENTEL, A.P. DE M. In: Plano de manejo: Parque Nacional do Caparaó. IBDF (Instituto Brasileiro de Defesa Florestal). Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 1981. p. 43.

CETSB. Companhia De Tecnologia Em Saneamento Ambiental. **Informações toxicológicas**. FIT- Ficha de Informações Toxicológicas. Alumínio, bário, cádmio, cobalto, cobre, cromo, manganês, níquel e zinco. 2012. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/bario.pdf> Acesso em: 10 fev. 2014.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em 25/02/2014.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 344, de 25 de março de 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em 25/02/2014.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 13, de 06 de dezembro de 1990. Licenciamento Ambiental em Zonas de Amortecimento de Unidades de Conservação. Disponível em<<http://www.mma.gov.br/conama/>> Acesso em 15/06/04.

CÔRREA, R.L. O espaço urbano. São Paulo, Ática, 1989. In: ROCHA, V. L.; FORESTI, C. O uso do solo urbano e os problemas ambientais da cidade de Iguape-SP. *Anais...IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Santos, Brasil, 11-18 setembro 1998, INPE. p. 907-910.

CORTECCI ,G. Geologia e saúde. Trad. Wilson Scarpelli. 2002. Disponível em:<http://www.cprm.gov.br/pgagem/artigoind.htm>. Acesso em 10/05/2014.

COTTA, J.A.O.; REZENDE, M.O.O.; PIOVANI, M.R. Avaliação do teor de metais em sedimentos do Rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira - PETAR, São Paulo, Brasil. **Química nova**, 2006.v.29, n. 1, p.40-45.

CUNHA, D. M. **Atuação das Instituições Governamentais e não Governamentais em Projetos Ambientais no entorno do Parque Nacional do Caparaó, Minas Gerais.** 2006. 124 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, 2006.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A. J. T. Geomorfologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-340.

CSUROS, M. e CSUROS, C. Environmental sampling and analysis for metals. **Lewis Publishers**, USA, 2000. 372 p.

CPRM. Programa Levantamentos geológicos básicos do Brasil. Cachoeiro do Itapemirim. 1993.http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/noticias/pontos_culminantes_brasileiros.html (Acesso em 15/06/2014).

DANA, J. D. Manual de Mineralogia, 1ª edição. 5ª revisão. Rio de Janeiro, RJ, 1978. p. 540-550.

DAVIES, O.A.; ALLISON M.E. & UYI, H.S. Bioaccumulation of heavy metals in water, sediment and periwinkle (*Tympanotonus fuscatus* var *radula*) from the Elechi Creek, Niger Delta. **African Journal of Biotechnology** 5 (10). 2006. p. 968-973.

DEER, W.A.; HOWIE, R.A. e ZUSSMAN, J. Minerais constituintes das rochas – Uma introdução. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1966. 561p.

DIAS, H.C. T; FILHO, E.I. F; SHAEFER, C.E.G.R.; FONTES, L.E.F.; VENTORIM, L.B. Geoambientes do Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte-MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, 2002, V. 26, n.6, p. 777-786.

DIAS, J. A.. A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos. Universidade do Algarve. Faro, 2004.

DIAS J.A. A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos: Uma Introdução à Oceanografia Geológica II – Análise Textural. Disponível em http://w3.ualg.pt/jdias/JAD/ebooks/Sedim/SedimA_AT.pdf. Acesso em 10/07/2014.

DIEGUES, A. C. S. O Mito Moderno da natureza intocada. São Paulo: NUPAUB-USP, 2009, 162 p.

DIEGUES, A. C. ARRUDA, R. S. V. (org). Saberes Tradicionais e Biodiversidade no Brasil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; São Paulo: USP, 2001. p 176.

DIEGUES, A. C. As populações humanas em áreas naturais protegidas da Mata Atlântica in Unidades de Conservação no Brasil: aspectos gerais, experiências inovadoras e a nova legislação (SNUC). Documento ISA nº 01. Organizadores: Adriana Ramos e João Paulo Capobianco. 1996. Disponível em <<http://www.socioambiental.org> > Acesso em 10/07/2014.

DIOS, C. B. de; MARÇAL, M. dos S. Legislação Ambiental e a Gestão de Unidades de Conservação: o Caso do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba – RJ. In: GUERRA, Antonio José Teixeira e COELHO, Maria Célia Nunes (orgs). Unidades de Conservação. Abordagens e Características Geográficas. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

DITT, E. H. Fragmentos Florestais no Pontal do Paranapanema. São Paulo: Ed. Annablume, 2002.

DORNFELD, C.B. **Utilização de análises limnológicas, bioensaios de toxicidade e macroinvertebrados bentônicos para o diagnóstico ambiental do reservatório de Salto Grande (Americana, SP)**. 2002. 211 f. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002.

DRUMMOND, G.M.; MARTINS, C.S.; MACHADO, A.B.M.; SEBAIO, F.A.; ANTONINI, Y. (orgs.). Biodiversidade em Minas Gerais: Um atlas para sua conservação. 2 ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222 p.

DRUMOND, M. A. Prioridades para Investimento do Fundo para Áreas Protegidas da Mata Atlântica. Relatório Técnico. 2009. 168 p. Disponível em: http://www.cepf.net/Documents/Prioridades_de_Investimentos_IMAP.pdf. Acesso em: 23/05/2014.

DUFFUS, J.H. “Heavy metals”: A meaningless term? (IUPAC Technical Report) International Union of Pure and Applied Chemistry, **Pure and Applied Chemistry**, 2002. 74 p. 793-807.

EBREGT, A.; GREVE, P. de. Buffer Zones and their Management. 2000, p. 11.

EDWARDS, K. H. Fluvial Environments. In Perry. C.; Taylor, K. (Eds). Environmental Sedimentology. Uk: Blackwell Publishing Ltd., 2007. 441p.

EFFGEN, T. A. M. **Atributos do solo em função de tratos culturais em lavouras de cafeeiro conilon no sul do Estado do Espírito Santo**. 2006. 91 f. Dissertação (mestrado)-Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Alegre, 2006.

FERNANDES, S. A luta pelo turismo e conservação da natureza em Minas. Manhuaçu: Livraria e Gráfica Expansão Cultural, 1974.

FIGUEIREDO, G. J.P. e LEUZINGER, M.D. Desapropriações Ambientais da Lei 9985/2000. In: BENJAMIN, A.H. Direito Ambiental das áreas protegidas. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2001.

FONTES, M.P.F.; CAMARGO, O.A. & SPOSITO, G. Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Sci. Agríc.**, 58, 2001. p. 627-646.

FÖRSTNER U., WITTMANN G. Metal Pollution in the Aquatic Environment. Springer-Verlag, New York, 1981. 486 p.

GABE, U.; RODELLA, A.A. Trace elements in brazilian agricultural limestones and mineral fertilizers. **Comm. Soil Science, Plant Anal.**, 1999. p. 605-620.

GATTO L.C.S., RAMOS V.L.S., NUNES B.T.A., MAMEDE L., GÓES M.H.B., MAURO C.A., ALVARENGA S. M., FRANCO E. M. S., QUIRICO A. F., NEVES L. B. Geomorfologia. In: Projeto RADAMBRASIL, Folhas SF.23/24 Rio de Janeiro/Vitória; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra, Rio de Janeiro, IBGE,1983. p. 305-384.

GIMENO-GARCÍA, E.; ANDREU, V.; BOLUDA, R. Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils. **Environmental Pollution**, Kidlington, v.92, n.1, 1996. p.19-25.

GOLDBERG, E. D. Marine geochemistry. **Ann. Rev. Phys. Chem.**, v. 12, p. 29-48, 1954.

GOBBO, S. D'ANGELO A. **Diagnóstico do uso e ocupação da terra e ocorrência de incêndios na face capixaba do Parque Nacional do Caparaó 2013**. 142 f. Tese (Doutorado - Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Rio de Janeiro. 2013.

GOLTERMAN, H.L., SLY, P.G. AND THOMAS, R.L. Study of the Relationship Between Water Quality and Sediment Transport: A Guide for the Collection and Interpretation of Sediment Quality Data. United Nations Educational Scientific and Cultural Organization, Paris, 1983. 231p.

GOMES, L. J. OLIVEIRA ISS, COSTA, C.C, MAROTI, O.S. Percepção ambiental como estratégia de planejamento e gestão em unidades de conservação. In: NETTO, A. de O. A.; GOMES, L. J. (Org.). Meio ambiente: distintos olhares. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe; CNPq, 2010. V. 1, p. 121-159.

GONÇALVES, G.R. Influência do sedimento em ecossistemas aquáticos. In: Poletto, C.; Merten, G. H. (Eds.). Qualidade dos Sedimentos. Porto Alegre: ABRH, 2006 p. 315-342.

GROOT, A.J.; ZSCHUPPE, K.H.; SALOMONS, W. 1982. Standardization of methods of analysis of heavy metals in sediments. *Hydrobiologia*, 92:689-695. In: Maia, P.D.1, G.R. Boaventura, A.C.B. Pires. 2006. Distribuição espacial de elementos-traço em sedimentos do lago Paranoá – DF,Brasil. *Geochimica Brasiliensis*, 20(2)158-174. Disponível em: <http://www.geobrasiliensis.org.br/ojs/index.php/geobrasiliensis/article/download/242/284>. Acesso em: 25/01/2014.

GUANAES, S. A. **“Meu Quintal não é Parque!” Populações Locais e Gestão Ambiental no Parque Nacional da Chapada Diamantina-BA**. Tese de Doutorado em Ciências Sociais, IFCH, UNICAMP, 2006.

GUERRA, A. J. T.; COELHO, M. C. N. (Orgs.). Unidades de Conservação: abordagens e características geográficas. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 296 p.

GUILHERME, L.R.G.; MARQUES, J.J.G.S.M.; PIERANGELI, M.A.P.; ZULIANI, D.Q.; CAMPOS, M.L. Elementos-traço em solos, sedimentos e nas águas. In: Tópicos em ciência do solo. V. 5. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 2005, p. 345-390.

GUNTHER, W. M. R. **Contaminação ambiental por disposição inadequada de resíduos industriais contendo metais pesados: estudo de caso**. Tese de Doutorado Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

HENRY, R. & NOGUEIRA, MN. A Represa de Jurumirim (São Paulo): primeira síntese sobre o conhecimento limonológico. In: HENRY, R. (ed.). *Ecologia de Reservatórios: Estrutura, Função e Aspectos Sociais*. Botucatu: Fundibio/Fapesp, 1999. p. 651-686.

HORN, A.H. Espera Feliz- SE. 24-V-A-IV, escala 1:100.000: nota explicativa. Programa de Geologia do Brasil- PG, UFMG/CPRM, 2007, 63 p.

HORN, A. H., FARIA B., GARDINI G., VASCONCELLOS L., OLIVEIRA M. Geologia da Folha Espera Feliz, escala 1:100.000 Rio de Janeiro, CPRM-Serviço Geológico do Brasil, UFMG-Programa Geologia do Brasil, 2006.

HOROWITZ, N. NEURER, E. J. Uso do enxofre elementar como fertilizante. *Informações Agronômicas* nº 112, 2005. p. 5-7.

IBAMA. Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente E Dos Recursos Naturais Renováveis. 2011. Parques Nacionais. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br>. Acesso em: 25/01/2014.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2005. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br>. Acesso em: 25/01/2014.

IBAMA. Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente E Dos Recursos Naturais Renováveis. Plano de Prevenção, Controle e Combate aos incêndios florestais do PARNA Caparaó e seu entorno. Brasília: IBAMA, 2006. 97 p.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 1997. Roteiro Metodológico para planejamento de unidades de conservação de uso indireto. Brasília: IBAMA/GTZ.

IBDF. Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. Plano de Manejo para o Parque Nacional do Caparaó. Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza. Doc. Tec. nº. 8. Brasília, 1981. 139 p.

IBGE. Censo Demográfico – 2010. Disponível <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010.shtm>. Acesso em 20/07/2014.

IBGE. Perfil dos Municípios Brasileiros – 2011. Disponível <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2011>. Acesso em 15/08/2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.M
http://www.ibge.gov.br/ibgeteen/noticias/pontos_culminantes_brasileiros.html
(Acesso em 15/12/2013).

ICMBIO. Instituto Chico Mendes da Conservação da Biodiversidade. PARNA do Caparaó. 2011. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros/mata-atlantica/unidades-de-conservacao-mata-atlantica/2202-parna-do-caparao>. Acesso em: 12/05/2014.

IEF. Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais – IEF/MG. Curso de Formação de Brigada Voluntária: Apostila de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais. Belo Horizonte: IEF-MG, 2006.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. (s.d.) 2014. Disponível em INMET - Instituto Nacional de Meteorologia: <HTTP://WWW.INMET.GOV.BR/>. Acesso em: 15/06/2014.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Projeto Caparaó. Projeto Caparaó: *Educação ambiental em Caparaó*: proposta de construção de uma comunidade de aprendizagem. COLTEC- UFMG, 2010.

IUCN. Guidelines for Protected Area Management Categories: Commission on National Parks and Protected Areas (CNPPA) with the assistance of the word conservation monitoring centre. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 1994.

IUPAC. Internacional Union Of Pure And Applied Chemistry. Harmonized Guidelines For Singlelaboratory Validation Of Methods Of Analysis . Pure Appl. Chem., Vol. 74, No. 5, pp. 835–855, 2002.

JORGE PÁDUA, M.T. Pobre Rebouças. Amigos da Terra e Amazônia Brasileira. 2004. Disponível em <http://www.amazonia.org.br/opinião/print.cfm/id = 123320> (Acesso em 2/02/2014).

JUNIOR, P. F.; DALLA VILLA, M.E.C. O Ambiente Geográfico e os Geoindicadores. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.2, p. 337-348, 2011.

KABATA-PENDIAS, A., PENDIAS H. 1992. Trace elements in soils and plants. 2. ed. London: CRC, 1992. 315p.

KIEKENS, L. Zinc. In: ALLOWAY, B.J. (Ed.). **Heavy metals in soils**. Glasgow: Blackie and Son, 1990. p. 261-277.

KLEIN, C.; HURLBURT JR., C. S. Manual of mineralog: (after James D.Dana). 20thed. New York: John Wiley, 1985. 596 p.

KOLJONEN, T. The Geochemical Atlas of Finland. Part 2: Till. Espoo. Geological Survey of Finland. 1992. 218 p.

KRAUSKOPF, K. B. Factors controlling concentrations of thirteen rare metals in sea water: **Geochim. et Cosmochim. Acta**, v. 9, p. 1-32, 1956.

LAGERWEFF, J. V. Lead, mercury, and cadmium as environmental contaminants. In: MORVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W. L. (Eds.). *Micronutrients in agriculture*. Madison: **Soil Sciences Society of America**, 1972. 593-636 p.

LAGERWEFF, J.V. e SPECHT, A.W. 1970. Contamination of roadside soil and vegetation with cadmium, nickel, lead, and, zinc. **Environmental Science Technology**, v. 4, 1972. 583-586 p.

LALL, S.P., MILLEY, J.E. Impact of aquaculture on aquatic environment: trace minerals discharge. In: Schlegel, P., Durosoy, S. and Jongbloed, A.W. (eds) *Trace Elements in Animal Production Systems*. Wageningen Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands. 2007. p. 203– 214.

LANI, J.L; REZENDE, S.B; REZENDE, M. Estratificação de ambientes com bases nas classes de solos e outros atributos na Bacia do Rio Itapemirim, Espírito Santo, Viçosa. . **Revista Ceres**. .v.3, p.239 – 261, 2001.

LI, WENJUN; WANG, ZIJIAN; TANG, HONHXIAO. Designing the buffer zone of nature reserve: a case study in Yancheng Biosphere Reserve. *Biological Conservation*, Volume 90, 1999.

LIMA, E. A. M. **Avaliação da Qualidade dos Sedimentos e Prognóstico Geoquímico Ambiental da Zona Estuarina do Rio Botafogo, Pernambuco**. Recife, 2008. 205 f. Tese de doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, 2008.

LOSKA, K., WIECHUŁA D. Application of Principal Component Analysis for the Estimation of Source of Heavy Metal Contamination in Surface Sediments from the Rybnik Reservoir. **Chemosphere**, 2003. 51(8):723-733.

LORING D.H AND RANTALA R.T.T., *Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter*. Earth-Science Reviews, 32: 2350283, and 1995, *Regional Seas, Reference methods for marine pollution studies* no. 63, United Nations Environment Programme. 1992.

MACHADO, T. M. **A flora de Bromeliaceae no Parque Nacional do Caparaó, MG/ES: tratamento taxonômico e influência das variáveis climáticas na composição de espécies no sudeste brasileiro 2012**. 140 f. Dissertação de Mestrado. UFMG, 2012.

MAGALHÃES Jr., A. P. *Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas a partir da experiência francesa*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, 668 p.

MAGALHÃES Jr., Antônio Pereira. **Os indicadores como instrumentos de apoio à consolidação da gestão participativa da água no Brasil: realidade e perspectivas no contexto dos comitês de bacia hidrográfica**. 2003. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável). Universidade Federal de Brasília, 2003.

MAGALHÃES, H.; BONONI, V. L. R. E MERCANTE M. A. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*. Maringá, 2010 v. 32, n. 2, p. 183-192.

MAIA, P.D.L, G.R. BOAVENTURA, A.C.B. PIRES. Distribuição espacial de elementos-traço em sedimentos do lago Paranoá – DF, Brasil. *Geochimica Brasiliensis*, 20(2)158-174. 2006. Disponível em: <http://www.geobrasiliensis.org.br/ojs/index.php/geobrasiliensis/article/download/242/284>. Acesso em: 25/01/2014.

MAINSTONE, C. P.; PARR, W. Phosphorus in rivers - ecology and management. *The Science of the Total Environment* 282-283, p. 25-47. 2002.

MALAVOLTA, E. Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos. São Paulo: Produquímica, 1994, 153 p.

MALAVOLTA, E. 1986 Micronutrientes na adubação. Ed NAGY Ltda São Paulo - SP. 70 p.

MARTINS, M. B; SILVA, L.F.T.C.; PENA, J.N.; GUERRA, A.J.T. Análise dos vetores de pressão do Parque Nacional da Serra da Bocaina, distritos de Tarituba (Paraty) e Mambucaba (Angra dos Reis) *Anales... XIV Encuentro de Geógrafo de América Latina Reencuentro de saberes territoriales latino-americanos*. 2013. p.16.

MATTOSO S.Q., FORMOSO M.L.L. Princípios básicos para prospecção geoquímica. In: Licht O A.B., Mello C.S.B., Silva C.R. (eds). *Prospecção geoquímica. Depósitos minerais metálicos, não metálicos, óleo e gás*. Sociedade Brasileira de Geoquímica e Serviço Geológico do Brasil CPRM, 2007. p. 97-152.

MAZINE, F.F.; SOUZA, V.C. Myrtaceae dos campos de altitude do Parque Nacional do Caparaó, Espírito Santo/Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*. 2008. 59(1):057-074.

MCCUTHEON S.C., MARTIN J.L., BARNWELL Jr. T.O. Water Quality. Chapter 11 In: MAIDMENT D.R. (ed.). *Handbook of Hidrology*. McGraw-Hill Inc., New York, 1993.p. 1-7.

MELLO, N A. Relação entre a fração mineral do solo e qualidade dos sedimentos- o solo como fonte de sedimentos. In: POLETO, C.; MERTEN, G. H. (Eds.). *Qualidade dos Sedimentos*. Porto Alegre: ABRH, 2006 p. 39-82.

MILANO, M. S. Por que existem as unidades de conservação? In: *Unidades de conservação: atualidades e tendências*. Miguel Sereduik Milano (org.). Curitiba: Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2002. p. 193-208.

MMA. Ministério do Meio Ambiente - SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação). 2000. MMA, SNUC, Brasília. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/sbf/dap/doc/snuc.pdf> (Acesso em fevereiro de 2005).

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Floresta/SBF. Diretoria do programa Nacional de Áreas protegidas/DPNAP. Gestão Participativa do SNUC. Série Áreas protegidas do Brasil, 2. Brasília. 2004.

MOORE, J. N. Contamination mobilization resulting from redox pumping in a metal-contaminate river – reservoir system. P. 451-471. In: Baker, L. (Ed.) Environmental Chemistry of lakes and reservoirs. (Advances in Chemistry Series, 237). Washington, DC: American Chemical Society. 1994. 276 p.

MORAES, A. C. R. Meio Ambiente e Ciências Humanas. São Paulo: HUCITEC. 1994.

MORAIS, A.C.R. 2014. **A realidade socioambiental imposta às comunidades locais pela criação e implementação dos parques estaduais do Biribiri e Rio Preto**. 1994. 230 f. Tese (doutorado)- Departamento de Geografia. Universidade Federal de Minas Gerais, 1994.

MUDROCH, A e MACKNIGHT, S. D. Handbook of Techniques for Aquatic Sediments Sampling - CRC, U.S. 1991.

NOCE C.M., PEDROSA-SOARES A.C., SILVA L.C. & ALKMIM, F.F. O Embasamento Arqueano e Paleoproterozóico do Orógeno Araçuaí. **Geonomos**, 15(1): p17-23. 2007.

NOCE C.M., ROMANO A.W., PINHEIRO C.M., MOL V.S., PEDROSA-SOARES A.C. Geologia das Folhas Ubá e Muriaé. In: Projeto Sul de Minas – Etapa I: Geologia e Recursos Minerais do Sudeste Mineiro, Belo Horizonte, COMIG/UFMG/UFRJ/UERJ, 2003. Cap. 12, p. 623-659.

NOCE, C.M., COSTA A.G., PIUZANA, D., VIEIRA, V.S. e CARVALHO, C. Geologia da Folha Manhuaçu 1:100.000. Rio de Janeiro, CPRM/UFMG -2007 a. Programa Geologia do Brasil.

NOCE, C.M., PEDROSA-SOARES, A.C., SILVA, L.C., ARMSTRONG, R. e PIUZANA, D. Evolution of polycyclic basement complexes in the Araçuaí orogen, based on U–Pb SHRIMP data: Implications for Brazil–Africa links in Paleoproterozoic time. *Precambrian Research*, 2007 b.159: 6078.

NOVO, T., NOCE, C.M., FIGUEIREDO, C., PEDROSA-SOARES, A. C. Geologia e Recursos Minerais da Folha Carangola (SF.23-X-B-VI). 1. ed. Belo Horizonte: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), 2012. v. 1000. 2012, 72 p.

NOVO, T. A., NOCE, C. M., PEDROSA-SOARES, A. C. e BATISTA, G. A. P. Rochas granulíticas da Suíte Caparaó na região do Pico da Bandeira: embasamento oriental do Orógeno Araçuaí. **Geonomos**, 19(2), p 70-77. 2011.

NOVO, T., PEDROSA-SOARES, A.C., NOCE, C.M., ALKMIM, F.F., DUSSIN, I. Rochas charnockíticas do sudeste de Minas Gerais: a raiz granulítica do arco Magmático do Orógeno Araçuaí. **Revista Brasileira de Geociências**, 40(4): 573-592. 2010.

NOVOTNY, V. Diffuse Sources of Pollution by Toxic Metal and Impact on Receiving Water. In: Salomons W., Förstner U. (eds.). Heavy Metals: Problems and Solutions. Springer, Berlin, 1995, p. 33-53.

NUNES, M.A. S. **Determinação dos valores do Background geoquímico das águas do Parque Nacional do Caparaó (ES e MG)**. 2013. 74 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

OECD. Organization for Economic Cooperation and Development. Core set of indicators for environmental performance reviews. Paris: OECD, 1993.

OLDFIELD, S. Buffer zone management in tropical moist forest. Case studies and guidelines. The IUCN Tropical Forest Programme. Gland: IUCN. 1988. 49 p.

OLIVA, A. e MAGRO, T. C. A evolução do planejamento do entorno das Unidades de Conservação de Proteção Integral. In: IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. Curitiba. Anais. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza Rede Nacional Pró Unidades de Conservação. 2004. p. 462-473.

OLIVEIRA, F. S. Identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente no entorno do parque nacional do Caparaó, Estado de Minas Gerais. Rev. *Árvore*, v.32, n.5, 2008.

OLIVEIRA-FILHO, A.T. e FONTES, A.A.L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica* 32 (4b):793-810. 2000.

OLIVEIRA FILHO, A.T.; SCOLFORO, J.R.S.; OLIVEIRA, A.D.; CARVALHO, L.M.T. Definição e delimitação de domínios e subdomínios das paisagens naturais do estado de Minas Gerais. In: SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M.T. (Ed.). Mapeamento e inventário da flora e dos reflorestamentos de Minas Gerais. Lavras: UFLA, 2006. Cap. 1, p. 21-35.

OLIVEIRA, F. S. **Diagnóstico dos fragmentos florestais e das áreas de preservação permanente no entorno do Parque Nacional do Caparaó- MG**. 2006. 59 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, 2006.

OLIVEIRA, M. R. **Investigação da Contaminação por Metais Pesados da Água e do Sedimento de Corrente nas margens do Rio São Francisco e tributários, a jusante da Represa da Cemig, no município de Três Marias, Minas Gerais**. 2007. 149 f. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. Tese de Doutorado em Geologia, 2007.

OMEE- Ontario Ministry of The Environment and Energy. Guidelines for the protection and management of aquatic sediment quality in Ontario. Toronto: Ontario Ministry of the Environment na Energy. 1993.

ORLANDO, H. Unidades de conservação e manejo da zona de entorno. In: Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Curitiba. **Anais**. Curitiba: IAP, UNILIVRE, Rede Nacional Pró-Unidades de Conservação, 1997.

PEDROSA-SOARES A.C., NOCE C.M., ALKMIN F.F., SILVA L.C., BABINSKI M., CORDANI U. & CASTAÑEDA C. Orógeno Araçuaí: síntese do conhecimento 30 anos após Almeida 1977. **Geonomos**, 15: p1-16. 2007.

PEDROSA-SOARES A.C., DE CAMPOS C., NOCE C.M., SILVA L.C., NOVO T., RONCATO J., MEDEIROS S., CASTAÑEDA C., QUEIROGA G., DANTAS E., DUSSIN I., ALKMIN F.F.. Late Neoproterozoic Cambrian granitic magmatism in the Araçuaí orogen (Brazil), the Eastern Brazilian Pegmatite Province and related mineral resources. Geological Society, London, Special Publications, 2001,350: 25-51.

PEREIRA, J.C.; GUIMARÃES-SILVA, A.K.; NALINI JÚNIOR, H.A.; PACHECO-SILVA, E.; LENA, J.C. Distribuição, fracionamento e mobilidade de elementos traço em sedimentos superficiais. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1249-1255, 2007.

PILLAY, TVR. Aquaculture and the environment. 2ª ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2004, 94 p.

POLETO, C.; MERTEN, G. H. URBAN WATERSHED STUDIES IN SOUTHERN BRAZIL. Journal of Urban and Environmental Engineering, v. 1, 2006, p. 70-78. (<http://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/juee>).

PORFIRIO, T. H. C. **Uso do solo e pressão antrópica no Parque Estadual Serra do Rola-Moça, Belo Horizonte –MG**. 2006. 90 f. Dissertação (mestrado), Departamento de Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

PREZOTTI, L.C. **Sistema de recomendação de calagem e adubação**. 2014 Disponível em: <<http://www.incaper.es.gov.br/downloads>>. Acesso em 25/09/2014.

PROJETO DOCES MATAS. O trabalho com comunidades rurais no entorno de unidades de conservação. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2001.

RADAMBRASIL. Folhas SF23/24: Rio de Janeiro/ Vitória; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro: MME, v. 32, 1983. 780 p.

RAMALHO, J. F. G. P.; SOBRINHO, N. M. B. do A.; VELLOSO, A. C. X. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. Pesquisa agropecuária brasileira (Online), Brasília, vol. 35, nº7. 2000. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2000000700002>> Acesso em: 15 Jun. 2014.

REGO NETO, C. B. **A Integração de Geoindicadores e Reparcimento do Solo na Gestão Ambiental Urbana**. 2003. 231 f. Tese (doutorado em Engenharia de Produção). Florianópolis: UFSC, 2003.

REIMANN, C. e CARITAT, P. Chemical elements in the environment. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1998, 398 p.

RIBEIRO E. V. **Avaliação da Qualidade da Água do Rio São Francisco no segmento entre Três Marias e Pirapora – MG: Metais Pesados e Atividades Antropogênicas.** 2010. 196 f. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

ROBAINA, L.E.; FORMOSO, M.L.L.; PIRES, C.A. da F. Metais pesados nos sedimentos de corrente, como indicadores de risco ambiental – Vale do Rio Sinos, RS. **Revista do Instituto Geológico**, v. 23, n. 2, p. 35-47. 2002.

RODRIGUES, A. M. A utopia da sociedade sustentável. **Revista Ambiente e Sociedade**, Campinas, v. 1, n. 2, p. 17-28, 1998.

RODRIGUES, L. C. V. **Estudo da disponibilidade química de chumbo e arsênio em sedimentos de corrente e colunas de sedimentos no Vale do Ribeira – SP.** 2008. 137 f. Tese de Doutorado. Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2008.

RODRIGUES, M.L.K. **Origem, distribuição e mobilidade potencial de metais pesados em ambiente fluvial impactado por curtume.** 256 f. Tese de doutorado. Instituto de Geociências-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

RODRIGUES, K. R., **Geoambientes e solos em ambientes altimontanos nos parques nacionais do Itatiaia e Caparaó- MG.** 2001. 132 f. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. In Revista do Depto. De Geografia - FFLCH-USP. N 8, São Paulo. 1994.

RUFINO, R. C. **Avaliação da Qualidade Ambiental do Município de Tubarão (SC) através do uso de Indicadores Ambientais.** 2002. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Brazilian protected areas. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, 2005. p. 612-618.

RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Unidades de Conservação brasileiras. **Megadiversidade**. v. 1. nº1. 2005.

SALOMONS, W. Environmental impact of metals derived from mining actives: processes, predictions, prevention. **Journal of Geochimical Exploration**, Elsevier, n. 52, 1995. p. 5-23.

SALOMONS, W.; FORSTNER, W. Metais in the hydrocycle. Berlin: Springer-Verlag, 1984.

SALOMONS, W., FÖRSTNER U. Trace Metal Analysis on Polluted Sediments, Part II: Evaluation of Environmental Impact. *Environmental Technology Letters*, **1**:506-517. 1980.

SANTANA, V. B. Serra de Itabaiana: das brumas do imaginário a cerca invisível. UFS. Dissertação Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. São Cristóvão, 2002. 121 p.

SANTOS. D. R.; SILVA, LEANDRO S.; KAMINSKI, J.; CERETTA, CARLOS A.; SANTOS, MARIA A. S. Poluentes Orgânicos e Inorgânicos.. pag 181 In: *Qualidade dos Sedimentos/Organizado por Gustavo Merten e Cristiano Poletto*. Porto Alegre: ABRH, 2006, 397 p.

SANTOS, E. M. Parque Nacional do Caparaó: Histórias de um lugar. **HALAC**. Belo Horizonte. v.3, n1. p. 117-143. 2014.

SAYER, J. Rainforest buffer zones: guidelines for protected área managers. Gland, Suíça: União para a Conservação Mundial da Natureza – UICN; Programa de Conservação de Florestas, 1991.

SCHAEFER, C. E. G. R.; SIMAS, F.N.B. Elementos do meio físico e a gestão de Unidades de Conservação, p. 12-15. In: *Plano de Manejo para Unidades de Conservação: Elaboração, Desafios e Aplicações*, Revista Ação Ambiental, ed. UFV, Viçosa-MG, ano X, 2007.

SCHWERTMANN, U. & HERBILLON, A.J. Some aspects of fertility associated with the mineralogy of highly weathered tropical soils. In: LAL, R. & SANCHEZ, P., eds. *Myths and science of soils of the tropics*. Madison, Soil Science Society America, 1992. p.47-59. (Special Publication, 29).

SEAMA. Secretaria de Estado para Assuntos do Meio Ambiente. Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado do Espírito Santo. Vitória- ES, 1992.

SEAMA. Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instrução Normativa IEMA Nº 013, de 09 de dezembro de 2009. Cooperação Técnica dos artigos 8º, 9º e 15 da Instrução Normativa Nº 19, de 04 de outubro de 2005. Departamento de Imprensa Oficial do Espírito Santo, Vitória, 24 dez.

SEIDENSTICKER., WIEDEMANN C.M. Geochemistry and origin of lower crustal granulite facies rocks in the Serra do Caparaó region, Espírito Santo/Minas Gerais, Brazil. *J. South Am, Earth Sci.*, 1992. 6: 289-298.

SELINUS, O. Geologia médica. In: Silva C.R. (ed.). *Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente*. CPRM, Rio de Janeiro, 2006. p. 1-5.

SEMADS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável 1999. Programa Estadual de Investimentos da Bacia do Rio Paraíba do Sul. Rio de Janeiro, COPPE, 2006.

SEMADS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses Síntese Informativa por Macrorregião Ambiental. Rio de Janeiro. 2001. 73 p.

SILVA, F.A, NEVES, R.C.F., MILANTONIO, R.B., LOUREIRO, V.R., SALEH, M.A.D., MORAES, P. M., PADILHA, C.C.F., PADILHA, P.M., Determinação de Cobalto em suspensões rações de peixes por GFAAS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA. 2007. Natal. *Resumo expandido*. Natal: [s.n]. 2007. p. 2

SILVA C.R., FIGUEIREDO B.R., CAPITANI E.M. Geologia médica no Brasil. In: Silva C.R. (ed.). Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente. CPRM, Rio de Janeiro, 2006. p. 6-14.

SILVA L.C., MCNAUGHTON, N.J., ARMSTRONG, R., HARTMANN, L. & FLETCHER, I. The Neoproterozoic Mantiqueira Province and its African connections. *Precambrian Research*, 136: 203-240. 2005.

SILVA L.C., ARMSTRONG R, NOCE C.M., CARNEIRO M., PIMENTEL M., PEDROSA-SOARES A. C., LEITE C., VIEIRA V. S., SILVA M., PAES V., CARDOSO-FILHO J. Reavaliação da evolução geológica em terrenos pré-cambrianos brasileiros com base em novos dados U-Pb SHRIMP, parte II: Orógeno Araçuaí, Cinturão Móvel Mineiro e Cráton São Francisco Meridional. *Revista Brasileira de Geociências*, 32: 513-528. 2002.

SIQUEIRA, H. M. **Transição agroecológica e sustentabilidade socioeconômica dos agricultores Familiares do Território do Caparaó- ES: o caso da cafeicultura**. 2011. 165 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos do Goytacazes, Rio de Janeiro, 2011.

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. IBAMA, Ministério de Meio Ambiente, Presidência da República. Subchefia para Assuntos Jurídicos. 2ª. edição, Brasília – DF, 2000 .52 p.

SOARES, C. C. V. 2013. **Gênese e evolução mineralógica, micromorfológica e geoquímica da bauxita de Espera Feliz**. 2013. 82 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Minas. Departamento de Geologia. Universidade Federal de Ouro Preto. 2013.

SOARES, C. R. A. **Concentrações de metais pesados em sedimento, água e macrófitas aquáticas em duas represas do Município de Viçosa, MG**. 2006. 186 f. Tese (doutorado)- Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2006.

SOARES, L. C. **Estudo da retenção de cromo em alumina, gibbsita e aluminossilicatos e avaliação dos processos de lixiviação**. 2010. 75 f. Dissertação de Mestrado. Departamento de Química. Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

SOBRAL, I.S., SANTANA, R.K.O., GOMES, L.J, M. COSTA, G. T. RIBEIRO.; J.R.SANTOS. Avaliação dos impactos ambientais no Parque Nacional da Serra de Itabaiana – SE. Caminhos da Geografia. v. 8,(24). p.102 - 108. 2007

SÖLLNER, F., LAMMERER, B., WEBER-DIFFENBACK, K., Die krustenentwicklung nordlich von Rio de Janeiro/Brasilien. Munchner Geologische Heft 4, Munchen, 1991. 100 p.

SOUZA, F.W. **Adsorção de metais tóxicos em efluente aquoso usando pós da casca de coco verde tratado.** 2007. 105 f. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

TEIXEIRA, W., TOLEDO, M.C.M., FAIRCHILD T.R., TAIOLI F. (orgs.). Decifrando a Terra. Oficina de Textos, São Paulo, 2000, 568 p.

TOMAZELLI, A.C. **Estudo comparativo das concentrações de cádmio, chumbo e mercúrio em seis bacias hidrográficas do Estado de São Paulo.** 2003. 124 f. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, 2003.

TORESAN, L. **Sustentabilidade e desempenho produtivo na agricultura: uma abordagem multidimensional aplicada a empresas agrícolas.** 1998. 133 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

TRINDADE, W.M. **Concentração e distribuição de metais pesados nos sedimentos do rio São Francisco entre Três Marias e Pirapora: fatores naturais e antropogênicos.** 2010. 123 f. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2010.

TUREKIAN, K. & WEDEPOHL, K. H. 1961. Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. Geol. Soc. Amer. Bull., 72: 641-664.

U.S – EPA - United States Environmental Protection Agency SW 846 (method 3051): microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils. 1998. Disponível em: <http://www.caslab.com/EPA-Method-3051/>. Acesso em 22/05/14.

VALDES, S.A.C. **Estudo da contaminação por agrotóxicos em aves da Família *Caprimulgidae* no Parque Nacional das Emas (GO).** 2007. 109 f. Tese (Doutorado) Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

VALLE, L. A. R do. **Avaliação de elementos-traço em fertilizantes e corretivos.** 2012. 75 f. Dissertação (mestrado)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

VALLEJO, L.R. Unidades de conservação: uma discussão teórica à luz dos conceitos de território e de políticas públicas. **Geographia** (Niterói), v.4, n.8, p.51-72, 2002.

VALVERDE, O. “Estudo regional da zona da mata de Minas Gerais,” **Revista Brasileira de Geografia**, 20, 1. p. 03-88. 1958.

VELOSO, H.P.; RANGEL-FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro, IBGE. 1991.123 p.

VIO, A. P. de A. Direito ambiental das áreas protegidas. Coordenação: Antônio Herman Benjamim. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2001.

VOLKOFF, B.; MELFI, A. J.; CERRRI, C.C. Solos podzólicos e cambissolos eutróficos do alto rio Purus (Estado do Acre). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, n.3, p. 363-372. 1994.

WEDEPOHL, K.H. (ed.). Handbook of Geochemistry. Springer Verlag, Berlin/Heidelberg, v. 2. 1978. 618p.

WENTWORTH C.K. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *J. Geology* 30:377–392. 1992.

WILD, R.G a MUTEBI, J., Conservation through Community Use of Plant Resources. People and Plants Working. Paper No.5 Paris: UNESCO. 1996.

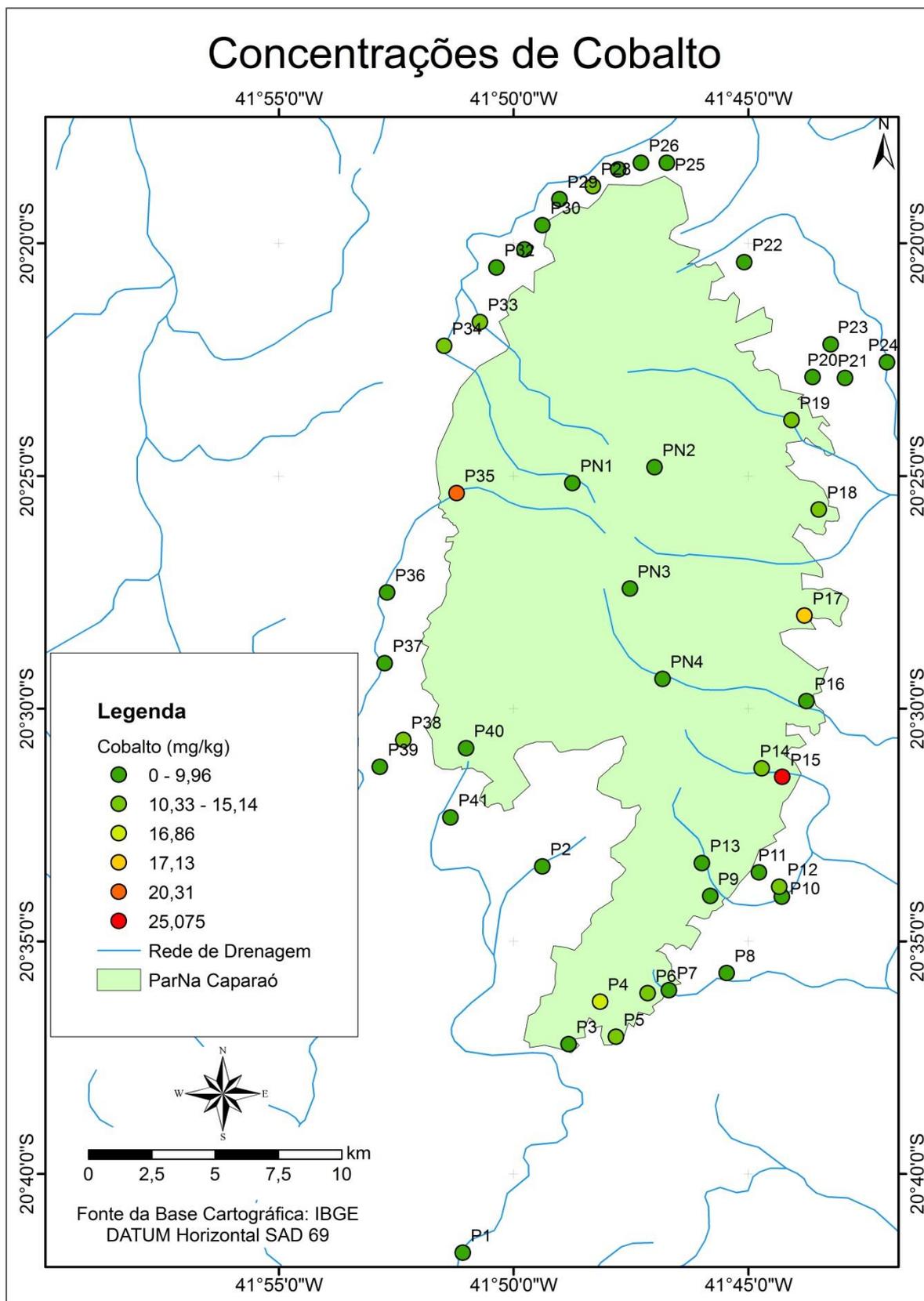
WIND, J., e PRINS, H.H.T.. “Buffer zone and research management for Indonesian national parks: Inception report. “World Bank National Park Development Project. DHV/RIN Consultancies, Bogor, Indonesia.1989. p. 242.

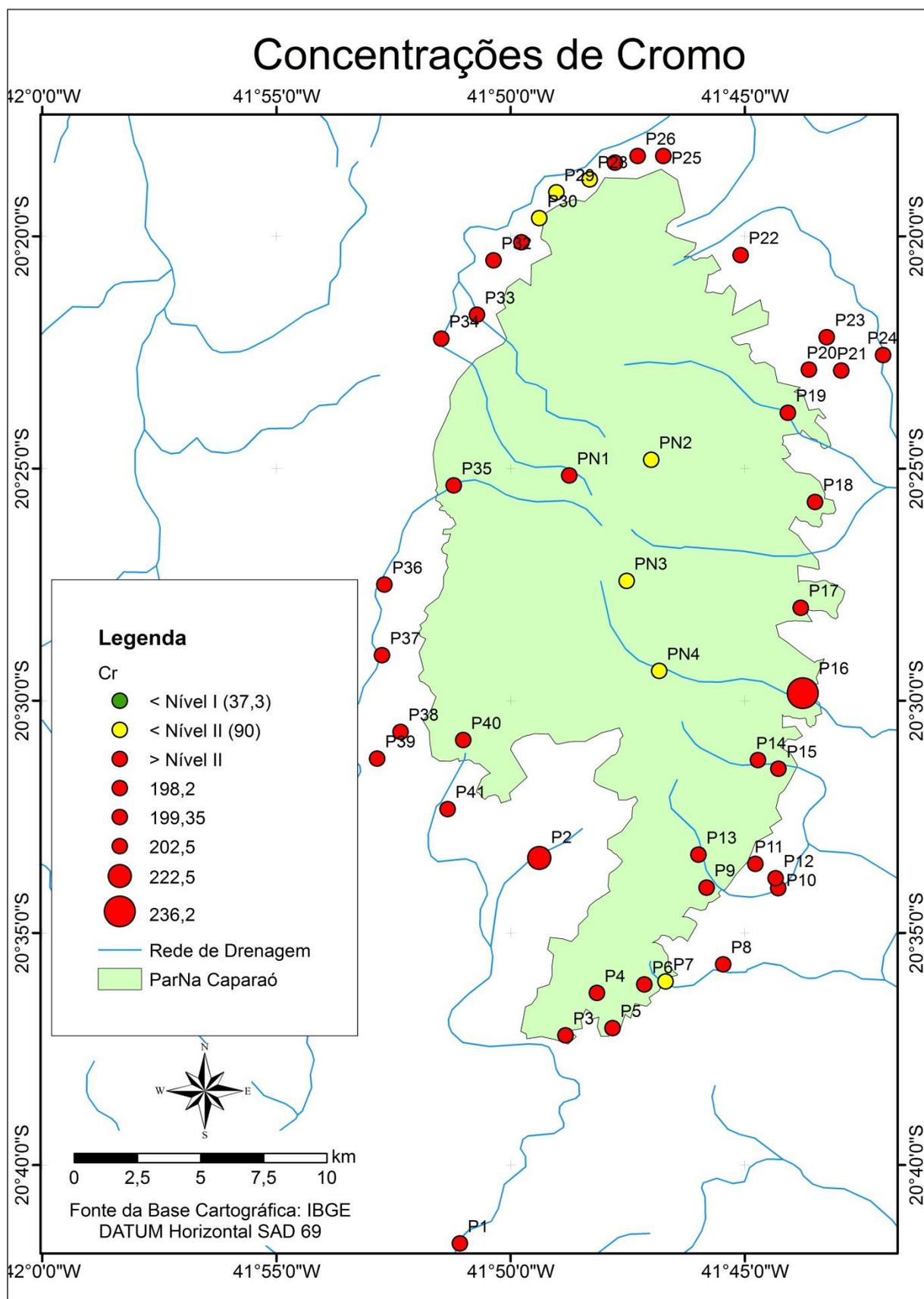
WINTER, M. 1998. WebElements. Disponível em: <http://www.shef.ac.uk/~chem/web-elements>. Acesso em 23/01/2014.

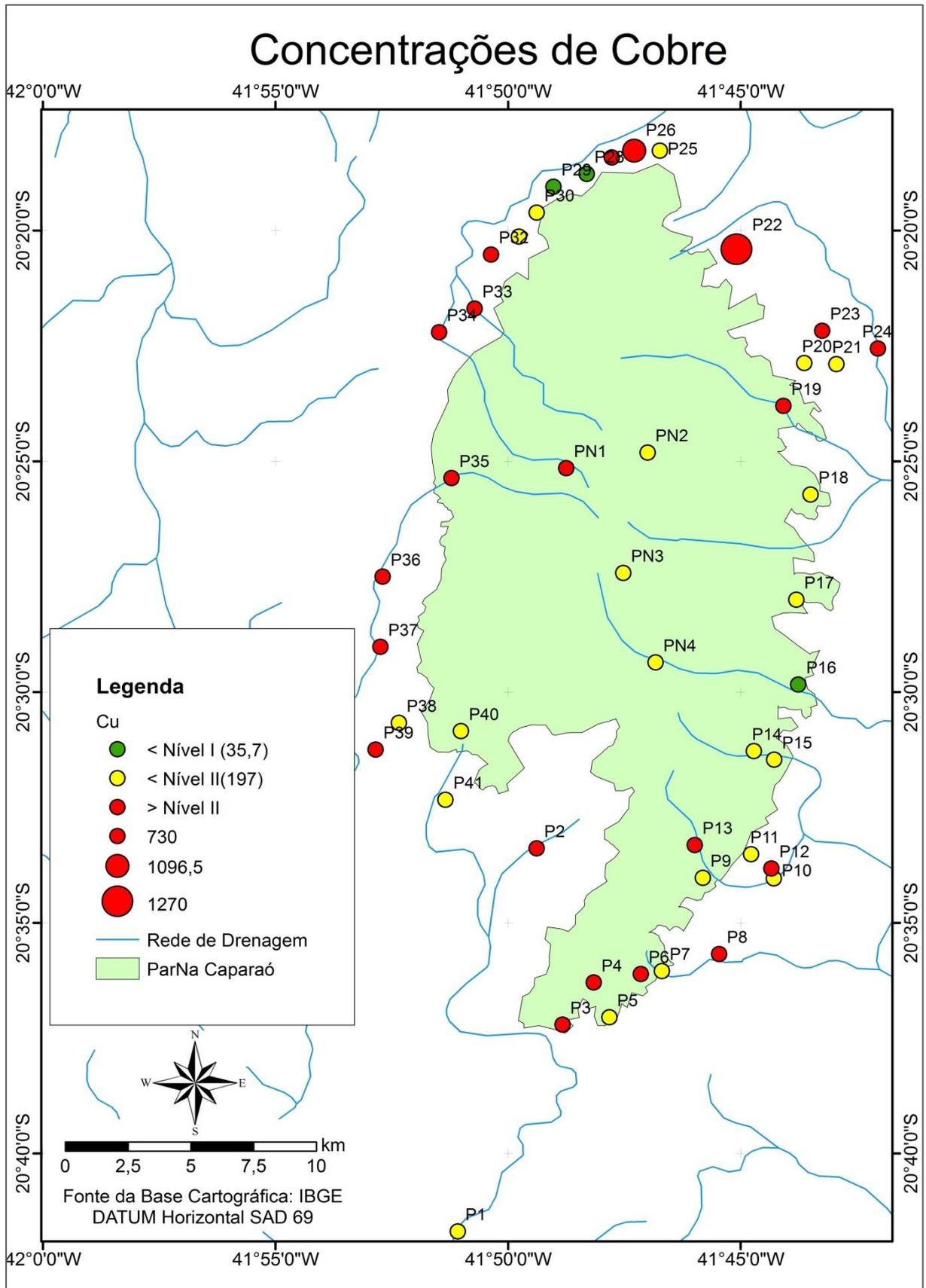
YANG, X.; FENG, Y.; HE, Z.; STOFFTELLA, P.J. Molecular mechanism of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation. *J. Trace Elem. Med. And Biol.*, 18:339-353. 2005.

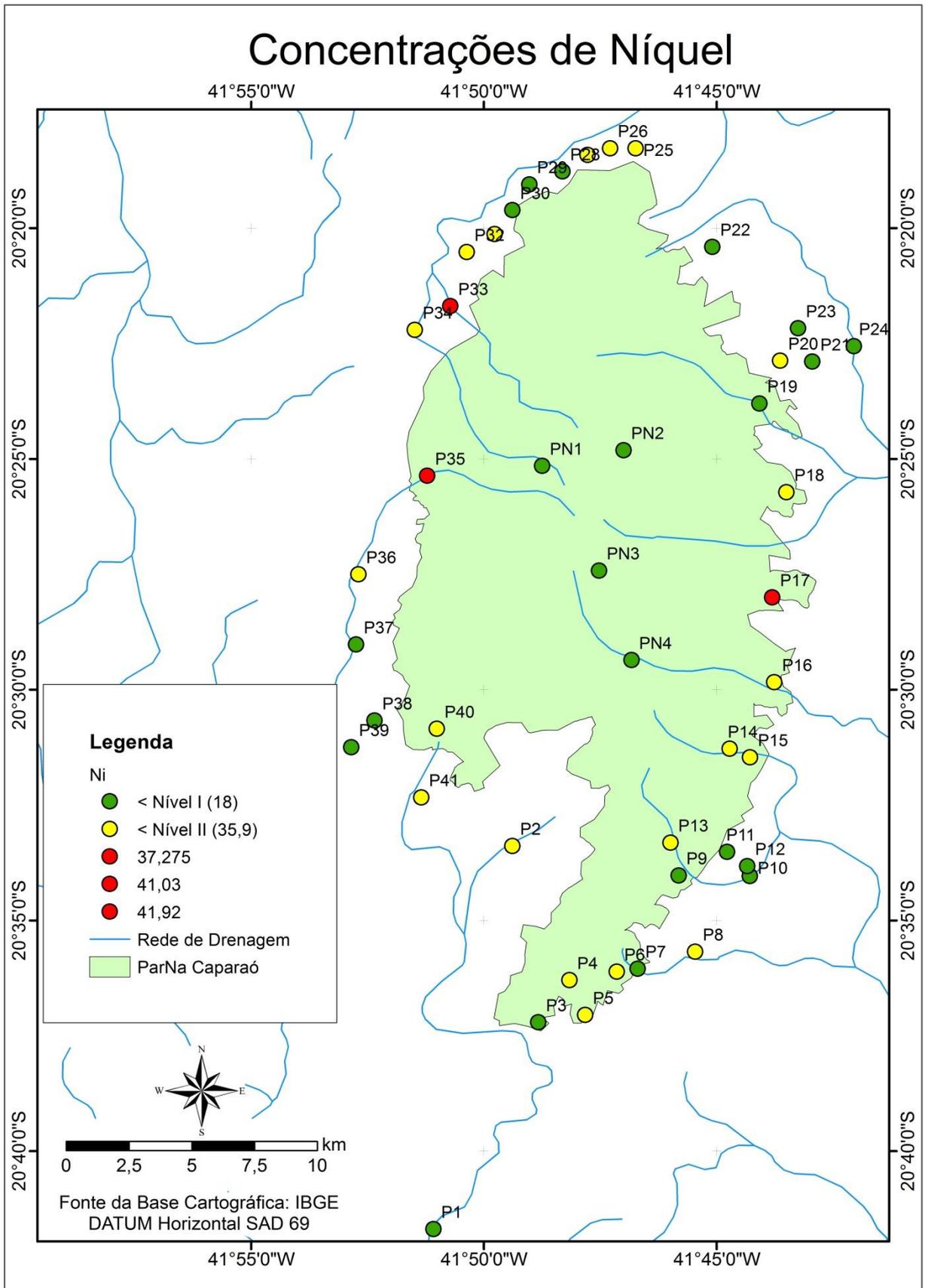
ZOCA, S. M. **Avaliação da liberação de potássio por resíduos do benefício de café**. 2012. 57 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2012.

ANEXO A: MAPAS COM AS CONCENTRAÇÕES DOS ELEMENTOS ANALISADOS

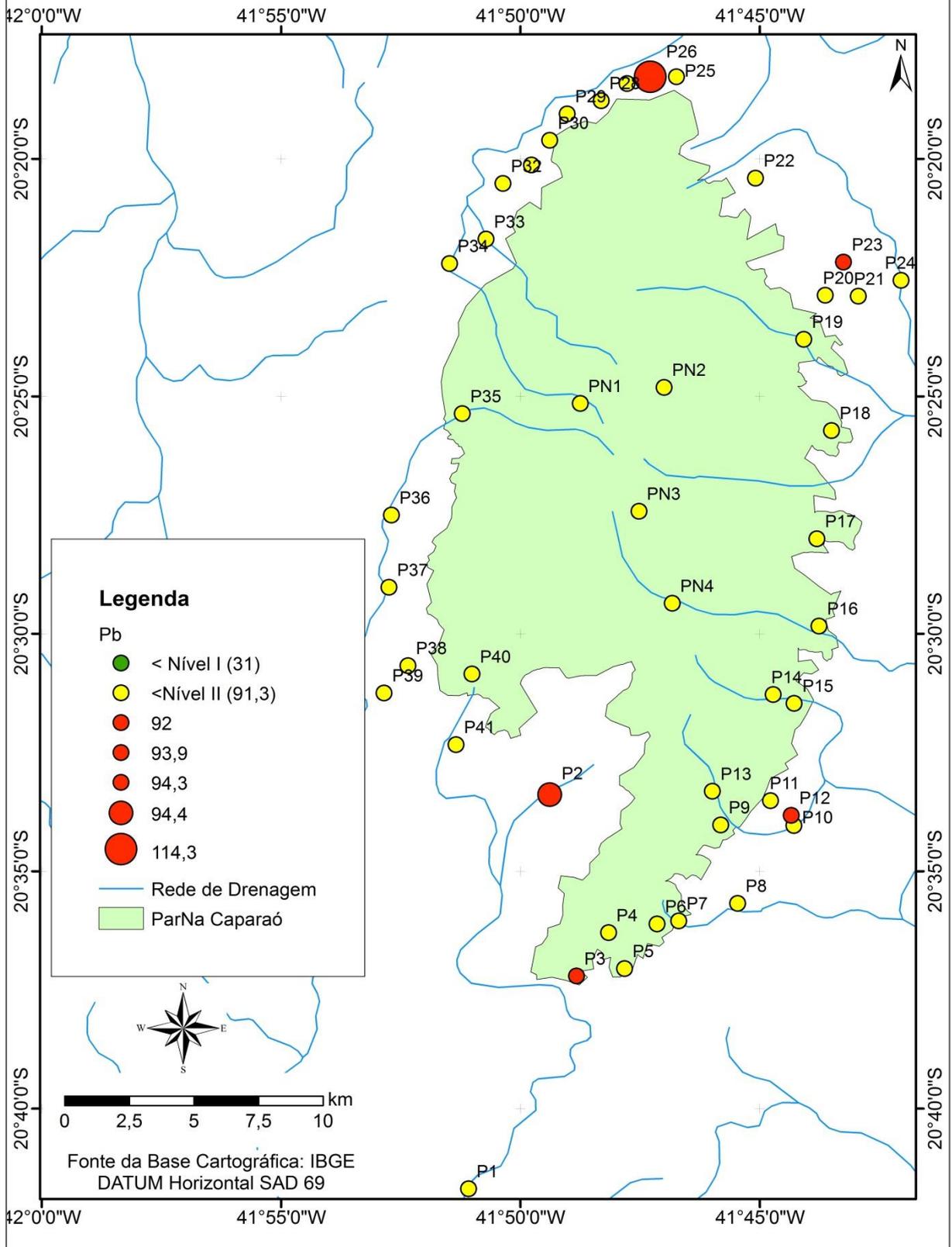


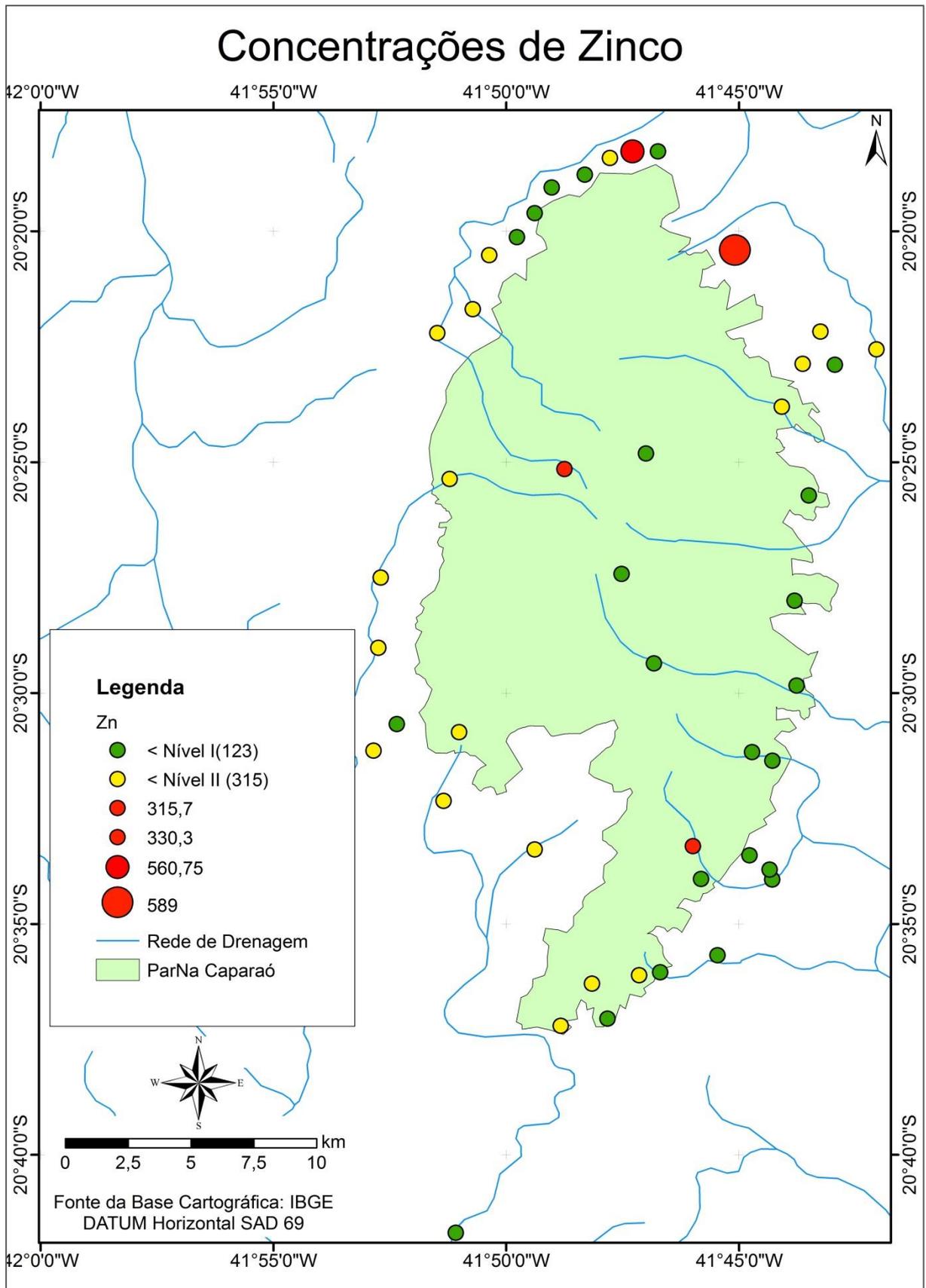






Concentrações de Chumbo





ANEXO B: CONCENTRAÇÕES (mg/kg) DE METAIS PESADOS EM SEDIMENTOS POR MEIO DE DIGESTÃO EM ÁCIDO NÍTRICO

PONTOS	Mg	Al	Ca	Cr	Fe	Co	Cu	Cd	Ti	Mn	Ni	Zn	Ba	Pb
P1	1520	387,2	899,5	108,2	96,3	9,535	58,45	0,0005	805,00	439,7	7,015	80,65	176,4	64,4
P2	883,5	387,2	1651	222,5	96,3	8,76	489,3	0,0005	933,00	327,6	19,07	264,9	123,9	94,4
P3	436,7	387,2	902,00	175,8	96,3	6,42	256,3	0,0005	911,00	280,6	12,51	138,3	46,81	93,9
P4	690,82	387,2	1302	150,8	96,3	16,8	349,45	0,0005	692,00	626	18,46	215,95	150	89,15
P5	1101	387,2	842,0	152,7	96,3	12,4	173,4	0,0005	581,00	657	21,58	115,55	181,3	74,65
P6	977,5	387,2	1140	199,3	96,3	13,3	455,1	0,0005	698,00	410,3	21,465	264,1	167,35	90,55
P7	13,52	387,2	577,0	87,9	96,3	7,75	154,2	0,0005	854,00	281,4	7,56	101,6	100,3	49,79
P8	16,9	387,2	0	101	96,3	7,1	198,5	0,0005	778,50	193,8	19,13	120,1	148,75	44,33
P9	1120	387,2	928	126,3	96,3	7,9	131,075	0,0005	977,00	331,6	6,345	110,05	99,15	74
P10	746	387,2	464	113,6	96,3	7,5	164,7875	0,0005	877,75	262,7	12,7375	115,075	123,95	59,165
P11	1104	387,2	841	120,0	96,3	7,7	147,9313	0,0005	927,38	297,15	9,54125	112,5625	111,55	66,5825
P12	176,45	387,2	425,75	161,5	96,3	11,5	244,65	0,0005	849,50	384,05	3,24	120,4	30,625	94,3
P13	1246	387,2	0	168,4	96,3	9,2	594	0,0005	782,00	332,8	24,18	330,3	151,95	61,4
P14	596	436,1	879,5	202,5	124,2	15,1	76,1	0,0019	860,50	454,5	26,955	107,15	152,85	79,85
P15	728,5	436,3	12,35	161,3	124,3	25,0	47,55	0,0019	855,50	907,5	21,09	107,55	169,3	83,95
P16	858,5	436,3	1095	236,2	124,3	9,375	32,465	0,0019	910,00	383,9	30,61	94,25	183,7	64,45
P17	1107	427,1	19,52	187,3	124,2	17,13	65,6	0,0019	701,50	646	37,275	79,6	296,85	56,09
P18	599	435,9	968,5	170,8	124,2	11,005	38,07	0,0019	697,00	305,05	21,99	66,8	104,75	74,6
P19	14,42	387,2	752	111,6	96,3	10,61	322,5	0,0005	692,00	361,7	15,155	178,45	121,75	56,06
P20	668	387,2	638,95	125,3	96,3	9,585	42,165	0,0005	676,00	379,8	18,14	130,245	73,05	59,27
P21	1140	387,2	1088,5	140,95	96,3	7,655	149,05	0,0005	1054,00	336	12,645	121,35	101,3	77,1
P22	780	387,2	1046	168,8	96,3	9,62	1270	0,0005	797,50	461,6	10,55	589	107,6	68,35
P23	412,85	387,2	897,5	180,15	96,3	3,81	363,7	0,0005	912,00	205,6	3,05	203,1	50,56	92
PONTOS	Mg	Al	Ca	Cr	Fe	Co	Cu	Cd	Ti	Mn	Ni	Zn	Ba	Pb
P24	1054	387,2	1175	134,55	96,3	8,88	279,7	0,0005	859,00	266,45	8,71	174,15	101,9	74,2

P25	24,38	427,1	1177	112,8	116,4	7,005	61,25	0,0019	1192,00	310,9	21,995	67,4	122,5	65,95
P26	9,29	427,1	14,185	198,2	116,4	8,385	1096,5	0,0019	962,50	517,4	30,25	560,75	118	114,3
P27	16,33	427,1	1133,5	129,35	116,4	9,725	277,9	0,0019	879,00	518,15	31,025	156,8	134,7	64,8
P28	25,085	427,1	933,5	88,75	116,4	12,35	28,84	0,0019	1122,00	358,3	17,365	70,5	177,2	51,13
P29	408,65	423,95	382,35	71,3	116,4	0,11	21,995	0,0019	555,50	116,7	6,095	25,35	40,055	55,6
P30	595	427,1	320,35	82,7	116,4	0,11	146,45	0,0019	499,05	141,3	10,32	75,85	33,855	51,15
P31	15,33	431,7	11,905	93,8	120,3	8,36	195,05	0,0019	862,50	452,45	28,825	118,1	132,75	56,9
P32	12,74	427,1	1201	108,1	120,3	3,87	248,9	0,0019	781,00	259,05	19,575	138,25	103,2	56,2
P33	26,07	436,3	19,47	128,4	124,2	13,655	206,6	0,0019	1074,50	705,5	41,92	166,15	229,1	45,49
P34	25,14	426,9	15,17	99,2	116,4	10,33	525,5	0,0019	1151,50	457,4	21,575	291,55	163,35	68,05
P35	25,14	426,9	21,4	125,8	116,4	20,31	250	0,0019	1025,50	635	41,03	166,9	263,3	47,905
P36	16,47	427,1	17,49	125,3	116,4	8,4	301,95	0,0019	699,00	476,55	27,37	171,95	154,4	52,655
P37	1116	366,6	1014	106,75	116,4	7,555	217,3	0,0019	594,00	478,85	17,205	135,65	127,4	59,94
P38	787	427,1	1053	105,05	116,4	10,71	102,75	0,0019	649,50	571	17,74	95,8	97,65	48,59
P39	536,5	352,4	1089,5	127,1	124,2	1,995	300,05	0,0019	475,75	377,9	11,895	158,8	60,3	48,4
P40	1147,5	436,3	21,06	191,4	124,2	9,96	78,3	0,0019	851,00	347,1	33,005	152,1	160,25	66,2
P41	882,5	431,7	23,365	189,35	124,2	8,53	152,7	0,0019	807,50	302,3	20,965	164,65	99,15	74,35
PN1	707,3	387,2	296,8	179,8	96,3	9,57	730	0,0005	694,00	253,2	3,08	315,7	35,47	69,5
PN2	630,5	387,2	749	68,6	96,3	1,7	107,65	0,0005	455,50	166,1	0,0225	67,85	63,7	61,25
PN3	943,5	387,2	1535	77	96,3	2,135	179,6	0,0005	569,50	240,45	0,0225	107,25	88	64,2
PN4	884,9	387,2	1150	77,7	96,3	2	179,15	0,0005	595,00	198,15	0,0225	97,55	84,25	63,1

ANEXO C: CONCENTRAÇÕES (mg/kg) DE METAIS PESADOS EM SEDIMENTOS POR MEIO DE DIGESTÃO EM ÁGUA DEIONIZADA

PONTOS	Mg	Al	Ca	Cr	Fe	Co	Cu	Cd	Ti	Mn	Ni	Zn	Ba	Pb
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	ppm	mg/kg	mg/kg	mg/kg	ppm	mg/kg	mg/kg	ppm	mg/kg	mg/kg	mg/kg
P1	124,05	569,95	685,00	0,01	2024,00	0,18	10,89	0,00	1,40	261,20	0,02	33,12	81,05	0,02
P2	192,50	1145,50	843,00	0,01	1118,00	0,42	52,81	0,00	2,11	224,30	0,02	81,50	69,50	5,01
P3	142,25	826,50	669,50	0,01	1183,50	0,00	73,65	0,00	1,62	215,80	0,02	82,10	74,10	2,95
P4	206,25	275,60	843,00	0,01	403,50	0,50	31,34	0,00	0,54	387,40	0,02	62,21	115,75	2,62
P5	214,45	612,15	916,50	0,01	1161,50	1,02	52,96	0,00	1,03	449,70	0,02	79,43	127,65	4,97
P6	126,40	172,90	614,50	0,01	431,65	0,00	9,59	0,00	1,25	127,70	0,02	32,74	43,34	0,02
P7	182,40	404,50	790,50	0,01	1020,00	0,00	23,35	0,00	1,04	185,75	0,02	61,85	55,88	2,16
P8	125,95	828,60	695,00	0,01	2864,00	0,00	9,07	0,00	1,06	263,55	0,02	41,46	92,80	3,85
P9	114,65	285,30	533,05	0,01	851,75	0,00	1,23	0,00	1,26	121,40	0,02	12,51	28,13	0,02
P10	58,85	100,25	275,75	0,01	403,80	0,00	1,05	0,00	4,31	147,70	0,02	3,90	17,57	0,02
P11	112,70	195,00	536,50	0,01	447,45	0,00	2,53	0,00	3,58	116,55	0,02	18,27	25,56	0,02
P12	96,05	2074,90	338,25	0,01	336,80	1,26	37,17	0,00	2,98	147,90	0,02	24,06	20,75	6,42
P13	119,50	588,95	361,05	0,01	558,25	0,54	37,04	0,00	3,36	137,35	0,02	25,39	18,84	2,70
P14	130,60	116,25	489,85	0,01	169,05	0,00	2,00	0,00	2,85	113,25	0,02	31,53	24,40	0,02
P15	92,95	65,32	362,95	0,00	332,15	0,00	0,01	0,00	0,00	179,80	0,05	5,03	71,90	0,01
P16	155,10	218,95	515,95	0,00	570,55	0,00	0,01	0,00	2,08	326,95	0,05	4,73	36,06	0,01
P17	126,22	293,27	448,13	0,00	525,21	0,00	0,01	0,00	2,37	233,15	0,05	5,73	32,34	0,01
P18	126,59	234,46	443,44	0,00	420,81	0,00	0,01	0,00	1,84	224,41	0,05	5,55	59,91	0,01
P19	122,38	220,90	456,21	0,00	246,20	0,00	0,01	0,00	1,55	213,57	0,05	4,75	57,88	0,01
P20	143,20	214,30	551,80	0,01	255,70	0,40	4,13	0,00	2,78	175,50	0,02	31,95	27,92	0,02
P21	206,55	222,80	864,00	0,01	666,20	0,00	8,82	0,00	3,24	216,35	0,02	19,51	34,17	0,02
P22	196,15	226,10	829,00	0,01	713,55	0,00	18,34	0,00	0,98	240,65	0,02	46,15	55,54	0,02
P23	156,10	96,90	563,60	0,01	258,05	0,00	2,77	0,00	2,06	63,49	0,02	22,88	15,23	0,02

PONTOS	Mg	Al	Ca	Cr	Fe	Co	Cu	Cd	Ti	Mn	Ni	Zn	Ba	Pb
P24	223,25	394,30	1175,00	0,01	1409,00	0,00	36,30	0,00	1,76	165,90	0,02	59,21	64,45	0,02
P25	52,70	59,70	109,60	0,00	28,59	0,00	0,01	0,00	0,36	7,44	0,05	0,01	2,53	0,01
P26	280,00	1029,00	867,00	2,11	101,50	0,15	1104,00	0,00	0,00	292,20	29,80	558,00	63,20	22,00
P27	149,60	34,47	489,10	0,00	52,80	0,00	0,01	0,00	0,00	125,20	0,05	0,01	13,45	0,01
P28	224,90	285,60	753,00	0,00	367,55	0,00	0,01	0,00	0,00	182,99	0,05	54,79	72,60	0,01
P29	206,65	563,15	570,10	0,00	735,20	0,00	0,01	0,00	0,00	66,45	0,05	3,44	24,18	1,97
P30	102,50	215,30	241,10	0,00	258,20	0,00	48,70	0,00	0,00	67,30	0,05	27,61	9,89	2,22
P31	141,30	35,92	405,00	0,00	65,90	0,00	0,01	0,00	0,00	116,30	0,05	0,01	10,73	0,01
P32	237,80	46,86	937,00	0,00	704,00	0,00	0,01	0,00	0,00	153,60	0,05	14,16	32,15	0,01
P33	27,52	195,50	108,80	0,00	97,50	0,00	0,01	0,00	4,20	7,46	0,05	0,01	0,03	0,01
P34	77,60	151,70	173,30	0,00	184,70	0,00	0,01	0,00	4,48	38,92	0,05	0,01	3,33	0,01
P35	50,00	77,50	79,70	0,00	57,40	0,00	0,01	0,00	0,44	15,68	0,05	0,01	0,03	0,01
P36	126,50	19,96	316,70	0,00	60,60	0,00	0,01	0,00	0,00	98,30	0,05	0,01	8,68	0,01
P37	156,15	23,99	445,70	0,00	342,55	0,00	0,01	0,00	0,00	195,00	0,05	8,85	23,67	0,01
P38	153,40	31,24	629,00	0,00	513,00	0,00	0,01	0,00	0,00	307,30	0,05	4,27	27,59	0,01
P39	43,84	45,94	150,40	0,00	33,73	0,00	0,01	0,00	0,75	7,16	0,05	0,01	0,03	0,01
P40	172,00	51,30	634,00	0,00	131,10	0,00	0,01	0,00	0,36	130,10	0,05	54,30	7,37	0,01
P41	186,00	66,42	461,55	0,00	46,59	0,00	0,01	0,00	0,00	37,27	8,00	1,23	6,04	1,04
PN1	125,30	132,95	517,55	0,01	183,80	0,00	62,78	0,00	1,06	99,00	0,02	67,99	25,17	0,02
PN2	207,85	451,40	968,00	0,01	627,75	0,00	28,73	0,00	2,36	140,95	0,02	36,87	59,05	2,70
PN3	312,15	403,70	1124,00	0,01	159,65	0,00	26,06	0,00	2,91	136,10	0,02	30,18	46,09	3,11
PN4	143,95	146,35	546,20	0,01	105,75	0,00	2,49	0,00	4,84	52,06	0,02	9,19	15,27	0,02

ANEXO D: CONCENTRAÇÕES DOS ELEMENTOS DETERMINADOS POR
FLUORESCENCIA DE RAIOS X

Pontos	Al	Si	Fe	Ti	Ba	Ca	Mn	Cr	Zn	Cu
P1	387073,4	344702,3	195916,7	32075,1	9768,9	5345,7	1947,7	583,4	368,0	300,1
P2	419433,6	247628,4	283035,3	18682,7	8538,7	8144,5	1292,1	976,5	573,8	873,5
P3	417630,0	215323,4	308535,7	33369,9	10398,2	3732,2	1485,3	843,5	402,7	636,1
P4	407144,3	281050,3	254285,8	27104,6	<LD	8308,1	2489,8	610,7	658,8	908,4
P5	396681,9	299707,7	251679,7	23858,0	<LD	4715,5	2125,7	573,1	426,3	582,3
P6	386782,1	277671,0	266369,7	30097,0	<LD	9440,3	2047,9	745,7	759,3	1133,3
P7	400945,9	326626,5	205097,5	30470,1	<LD	4693,1	1676,2	532,7	439,4	477,6
P8	342647,3	318722,4	232463,7	24723,7	7862,1	32996,8	2182,3	620,6	490,7	581,8
P9	404992,6	265897,9	261902,9	26569,6	7459,5	7316,3	1463,4	648,3	303,1	260,8
P10	330980,4	428620,4	166036,4	39261,9	<LD	4650,4	2043,3	281,2	279,0	0,0
P11	380826,5	320703,3	217742,1	31636,8	<LD	13555,9	2331,1	368,8	561,2	923,1
P12	435327,4	190591,5	324445,0	25456,8	10036,8	2561,4	1834,8	679,2	272,8	314,9
P13	446851,0	187807,5	324699,8	24645,1	10006,2	955,1	1607,4	651,5	328,1	532,8
P14	351569,6	317670,5	221960,4	13840,6	5690,7	48429,0	2671,3	791,1	538,2	811,4
P15	470554,3	233744,5	249775,8	12650,4	<LD	8827,8	1432,1	770,3	381,7	538,6
P16	409366,0	219647,3	313354,4	32326,8	<LD	5505,4	3210,6	545,6	266,5	0,0
P17	416126,1	253452,3	278961,4	12827,3	5950,3	8916,5	1755,7	991,4	288,4	0,0
P18	388809,3	302310,9	230677,6	4629,0	14923,5	25666,0	0,0	796,6	204,4	246,5
P19	464454,8	234378,0	258392,1	14959,8	<LD	9725,4	1479,0	728,8	206,9	213,5
P20	458042,7	236760,7	270933,3	20733,3	<LD	3470,9	1643,6	683,1	252,2	311,2
P21	421031,7	228549,1	298262,4	29137,5	<LD	5975,0	2088,9	539,8	577,5	347,4
P22	455357,6	241171,0	272879,7	19437,2	<LD	2626,1	1242,1	669,8	182,5	209,8
P23	473676,8	197749,9	290775,3	25360,4	<LD	2543,1	886,0	628,5	498,4	884,8
P24	402764,6	294271,8	254740,7	28450,4	<LD	5253,2	1216,4	544,7	541,3	827,3
P25	400803,0	330450,1	218750,7	25772,6	<LD	5410,7	1459,0	490,6	251,5	263,3
P26	357319,6	359166,8	236648,3	26979,1	<LD	4499,9	1682,5	536,9	1003,8	1870,5
P27	386926,6	366321,5	199969,5	19642,1	<LD	4779,5	1477,4	410,4	372,4	391,5
P28	379240,7	363385,4	209674,6	21608,5	<LD	7440,9	1993,4	453,8	496,2	734,9
P29	428228,0	321256,3	202932,6	22229,0	<LD	760,9	521,9	436,0	255,2	450,7
P30	376450,1	393000,5	195092,3	24338,7	<LD	967,2	597,6	365,6	274,0	447,1
P31	356790,1	399464,1	202905,0	20454,2	<LD	4791,2	1765,4	448,3	403,7	551,4
P32	351646,0	392236,9	206216,5	26093,7	<LD	6290,8	1252,1	614,0	510,6	775,3
P33	356587,3	397212,1	187009,8	20666,7	<LD	10597,1	2685,6	440,2	378,8	503,6
P34	365205,4	385248,1	186196,1	19509,2	<LD	12525,7	1660,2	374,2	685,9	1259,1
P35	338797,1	354694,7	216890,1	19094,6	<LD	24851,9	3319,7	531,1	641,1	859,1
P36	350981,6	370899,9	203219,7	22365,8	7079,2	17671,3	2426,0	545,8	520,3	781,5

Pontos	Al	Si	Fe	Ti	Ba	Ca	Mn	Cr	Zn	Cu
P37	348795,2	379144,0	211409,2	30567,4	<LD	5471,4	2256,6	479,3	419,5	545,9
P38	344549,4	409201,1	197604,8	32237,7	<LD	3322,7	2172,2	329,1	317,5	399,1
P39	368049,0	384204,9	202189,4	22539,9	5620,2	3871,0	1480,8	559,7	445,5	777,8
P40	412435,7	290505,3	247976,6	24199,3	<LD	7270,2	1623,4	796,6	327,8	333,4
P41	419494,5	243282,4	287126,6	26414,8	<LD	8045,2	1237,6	777,6	325,7	439,4
PN1	407385,2	291043,8	256932,0	26563,2	<LD	5071,9	1142,7	635,2	342,6	444,0
PN2	413721,1	376383,2	159306,5	28415,5	<LD	3591,9	965,4	<LD	232,3	287,0
PN3	427520,3	344444,3	173002,3	28594,4	<LD	6295,4	1233,1	<LD	361,9	448,7
PN4	408350,9	374128,5	168372,9	26727,2	<LD	4540,3	1035,5	<LD	336,7	465,2

ANEXO E: PARAMETROS FISICOS QUIMICOS DA ÁGUA

Pontos	pH	Temperatura
P1	7,9	19
P2	8	14
P3	8,15	15
P4	8	10
P5	8	10
P6	7,3	16,7
P7	8	15
P8	7,1	20
P9	8	17
P10	8	21
P11	7,97	21
P12	8	18
P13	8	18
P14	7,3	20
P15	6,98	18,2
P16	7,7	16,5
P17	8,4	17,5
P18	8,3	17,5
P19	7,4	20
P20	7,2	18
P21	6,6	23
P22	7,13	20

Pontos	pH	Temperatura
P23	7	19
P24	7,4	18
P25	8,1	22,1
P26	8,1	22,1
P27	7,8	21,2
P28	8	23,1
P29	7,4	18,6
P30	7,8	23,1
P31	7,4	21,9
P32	7,1	22,3
P33	7,7	21,1
P34	6,5	21,4
P35	7,9	20,7
P36	7,8	20,7
P37	7,4	20,1
P38	7,1	21,7
P39	7	21,7
P40	7,8	18,6
P41	7,1	20,1
PN1	7,9	9
PN2	8,2	11
PN3	7,4	10
PN4	7,2	11