



Número: Trezentos e quarenta/2005
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
ÁREA ADMINISTRAÇÃO E POLÍTICA EM
RECURSOS MINERAIS

AUTOR: JOSÉ CARLOS PEREIRA

**GEOQUÍMICA DE SOLOS E SEDIMENTOS E IMPACTO ANTRÓPICO POR
ELEMENTOS-TRAÇO, NA MICROBACIA DO CÓRREGO DA FAZENDA SANTA
CÂNDIDA, ÁREA PERIURBANA DE CAMPINAS (SP)**

**Dissertação apresentada ao Instituto de
Geociências como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Geociências**

Orientador: Prof. Dr. Wanilson Luiz Silva

CAMPINAS - SÃO PAULO

Agosto – 2005

**Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca
do Instituto de Geociências/UNICAMP**

P414g Pereira, José Carlos
 Geoquímica de solos e sedimentos e impacto antrópico por
 elementos-traço, na microbacia do córrego da fazenda Santa
 Cândida, área periurbana de Campinas (SP) / José Carlos
 Pereira.- Campinas,SP.: [s.n.], 2005.

 Orientador: Wanilson Luiz Silva.
 Dissertação (mestrado) Universidade Estadual de Campinas,
 Instituto de Geociências.

 1. Geoquímica. 2. Solos – Sedimentos –
 Contaminação. 3. Elementos-traço. 4. Bacias Hidrográficas.
 5. Planejamento urbano. I. Silva, Wanilson Luiz. II.
 Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências.
 III. Título.

Tradução do título e subtítulo em inglês: Geochemistry of soils and sediments and *anthropogenic* impact by trace elements, in the microbasin of the stream of the farm Santa Cândida, urban area of Campinas (SP)

Palavras chave em inglês (Keywords): contamination, metals, environment geochemistry, land use, "Campinas – SP"

Área de Concentração: Administração e Política de Recursos Naturais

Titulação: Mestre em Geociências

Banca Examinadora: Wanilson Luiz Silva, Jacinta Enzweiler, Wilson Machado

Data da Defesa: 31/08/2005.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
ÁREA DE ADMINISTRAÇÃO EM POLÍTICA DE RECURSOS
MINERAIS**

AUTOR: JOSÉ CARLOS PEREIRA

**GEOQUÍMICA DE SOLOS E SEDIMENTOS E IMPACTO ANTRÓPICO POR ELEMENTOS-
TRAÇO, NA MICROBACIA DO CÓRREGO DA FAZENDA SANTA CÂNDIDA, ÁREA
PERIURBANA DE CAMPINAS (SP)**

Orientador: Prof. Dr. Wanilson Luiz Silva

Aprovado em: ____/____/____

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Wanilson Luiz Silva _____ **- Presidente**

Prof. Dra. Jacinta Enzweiler _____

Prof. Dr. Wilson Machado _____

Campinas, 17 agosto de 2005

À

**Minha esposa Carla, que me apoiou em tudo,
e a meus pais Isaura e Antônio por me proporcionar essa minha
passagem por aqui,
dedico.**

AGRADECIMENTOS

Ao pessoal da Secretaria de Planejamento da prefeitura municipal de Campinas, por cederem os mapas.

À Adriana Isenburg, por me ajudar com os mapas.

Ao pessoal do Instituto de Geociências do LAPIG: César Kazzuo, Clauzionor (Barata), Ingrid Padilha e outros. Ao pessoal do setor de transortes Rinaldo Leandro Lima e Elcio Soares Marinho. As Laboratoristas Lúcia Helena dos Santos Carvalho e Maria Aparecida Vendemiatto, pela ajuda com as amostras.

Aos meus amigos Flávio Eduardo Ribeiro, Antônio Carlos Leonelo, Antônio Carlos Ciani e ao Claytom Bueno Mateus, pela ajuda no trabalho de campo.

Aos Professores Ardemírio de Barros Silva e Wanlison Luiz Silva pela orientação e ajuda na redação.

À Professora Sueli Yoshinaga que me ajudou no planejamento.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	IV
AGRADECIMENTOS.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE SIGLAS E SÍMOLOS.....	X
LISTA DE TABELAS	XIV
RESUMO	XV
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo Geral	2
2.2 Objetivos específicos.....	2
3. ÁREA DE ESTUDO	3
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
4.1. A Problemática Ambiental Urbana	7
4.2. SIG - Modelo Digital do Terreno	9
4.3. Geomorfologia.....	11
4.4. Uso e ocupação do Terreno.....	12
4.5. Plano Diretor e Zoneamento	13
4.6. Geoquímica Ambiental.....	15
4.7. Processos e Fatores Geoquímicos no Meio Físico.....	16
5. AMBIENTE GEOLÓGICO E FISIOGRAFIA	19
5.1 Aspectos Geológicos.....	19
5.2. Clima	20
5.3. Geomorfologia.....	20

6. MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
6.1. Mapa de Uso e Ocupação do Terreno	22
6.2. Modelo Digital de Elevação do Terreno e Sub-bacias	22
6.3. Classificação de Solos.....	23
6.4. Amostragem de Sedimentos e Parâmetros Físico-Químicos Associados	23
6.5. Amostragem de Solos.....	24
6.6. Procedimentos Analíticos	25
6.7. Forma de Análise dos Dados.....	26
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
7.2. Configuração das Sub-bacias.....	27
7.3. Uso e Ocupação do Solo.....	29
7.3.1. Ocupação Residencial	31
7.3.2. Terrenos baldios	34
7.3.3. Áreas Potencialmente Verdes e Praças	34
7.3.4. Vias de Transporte Auto Pistas, Ruas, Avenidas e Caminhos	34
7.3.5. Área de Preservação Permanente – APP.....	35
7.3.6. Corpos D'água	35
7.4. Parâmetros Físico-químicos do Ambiente Sedimentar	36
7.5. Geoquímica de Sedimentos.....	37
7.6. Pedologia	44
7.6.1. Manchas de Solos	44
7.6.2. Geoquímica de Solos.....	49
8. CONCLUSÃO	59
9. ANEXOS.....	62

ANEXO I. Modelo digital de elevação do terreno.....	62
ANEXO II. Metodologia para determinação de perda ao fogo (LOI)....	62
ANEXO III. Classificação morfológica dos solos	63
ANEXO IV. Geoquímica multielementar e perda ao fogo das amostras de solo.	70
ANEXO V. Fatores de enriquecimento (FE).	74
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área de estudo da microbacia do córrego da fazenda Santa Cândida, com detalhe da microbacia e os sítios de amostragem.

Figura 2. Mapa geológico simplificado da área de estudo, segundo levantamento realizado pelo Instituto Geológico de São Paulo (IG, 1999).

Figura 3. Modelo digital de elevação do terreno, baseado em mapas hipsométricos (PMC, 1982).

Figura 4. Sub-bacias (1 a 56) da área do córrego da fazenda Santa Cândida, delimitadas por meio automático no SIG Idrisi, a partir da carta hipsométrica (PMC, 1982).

Figura 5. Mapa de uso e ocupação do terreno da área de estudo (Fonte: MAPS, 2005).

Figura 6. Dendrograma de elementos químicos em sedimentos da área de estudo, mostrando agrupamentos com base em matriz de correlação de Pearson (método de interpolação completa).

Figura 7 – Distribuição das concentrações de alguns elementos geoquimicamente anômalos nos sedimentos (fração < 0,063 mm) de dez sítios de amostragem, ao longo do córrego da fazenda Santa Cândida (do SED 1 ao SED 8 e SED 10) e em um dos seus afluentes (SED 9).

Figura 8. Levantamento de solos detalhado da microbacia do córrego da fazenda Santa Cândida, Campinas (SP). São mostrados também algumas estruturas urbanas, o curso d'água, os sítios de amostragem de solos (SOL), sedimentos (SED) e os perfis usados para classificação dos solos (PER).

Figura 9. Dendrograma mostrando as correlações entre os sítios de amostragem de solos, tendo como parâmetro de comparação os elementos químicos analisados. Matriz de correlação Euclidiana (método de interpolação completa).

Figura 10. Concentração dos elementos por sítios amostrados: mercúrio (Hg) e prata (Ag) em mg/kg.

Figura 11. Concentração dos elementos por sítios amostrados: cádmio (Cd) e chumbo (Pb) em mg/kg.

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

~	Semelhante
AAS	Espectrometria de absorção atômica
ACON	Urbanização Consolidada
Ag	Prata
Al	Alumínio
APP	Área de Preservação Permanente
As	Arsênio
ATSDR	"Agency for Toxic Substance and Disease Registry"
AUC-N	Área de Urbanização Controlada Norte
Ba	Bário
Be	Berílio
Bi	Bismuto
BPCJ	Bacia do Piracicaba, Capivari e Jundiaí
Ca	Cálcio
CA	Colinas Amplas
Cd	Cádmio
Ce	Cério
CEPAGRI	Centro de Ensino e Pesquisa em Agricultura
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
cf.	Conforme
Ci	Concentração de um dado elemento
Cma	Colinas Médias e Amplas
CMT	Colinas e Morrotes
Co	Cobalto
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CpMT	Colinas Pequenas e Morrotes
Cr	Cromo
CR	Concentração de um elemento de referência (normalizador)
Cs	Césio
Cu	Cobre

CV	Coeficiente de variação
CX Tb	Cambissolo Háplico Tb típico sobre granito ou ritmito
e.g.	Por exemplo
EDXRF	Fluorescência de raio-X dispersiva em energia
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Eu	Európio
FAPESP	Fundação de Amparo a Pesquisa de São Paulo
Fe	Ferro
FE	Fator de enriquecimento
FEAGRI	Faculdade de Engenharia Agrícola
Ga	Gálio
Ge	Germânio
HCl	Ácido clorídrico
Hf	Háfnio
Hg	Mercúrio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICPAES	Espectrometria de Emissão Atômica em Plasma Induzido
ICPMS	Espectrometria de Plasma Acoplado à Espectrometria de Massa
IG	Instituto Geológico
In	Índio
K	Potássio
La	Lantânio
Li	Lítio
LOI	“Loss on Ignition” – Perda ao fogo
LVAP	+ Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo com Argissolo Vermelho-Amarelo
PVA	
LVef	Latossolo Vermelho Eutroférico
MDET	Modelo Digital de Elevação do Terreno
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
MPI 10	Material Particulado Inalável com diâmetro menor que 0,010 mm (10 µm)
N	Número

Na	Sódio
Nb	Nióbio
Ni	Níquel
NVef	Nitossolo Vermelho Eutroférico típico
P	Fósforo
PA m/arg	Argissolo Amarelo arênico
Pb	Chumbo
PCs	Computador pessoal
PD	Plano Diretor
PER	Sítio de amostragem de perfil de solo
PF	Planícies Fluviais
pH	Potencial Hidrogeniônico
PV	Argissolo Vermelho típico
PVA	Argissolo Vermelho-Amarelo Típico
Rb	Rubídio
Re	Rênio
RMC	Região Metropolitana de Campinas
S	Enxofre
SANASA	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A
Sb	Antimônio
Sc	Escândio
Se	Selênio
SED	Sítio de amostragem de sedimento
SIG	Sistema de Informação Geográfica
Sm	Samário
Sn	Estanho
SOL	Sítio de amostragem de solo
SP	São Paulo
Sr	Estrôncio
Ta	Tântalo
Te	Telúrio
Th	Tório
Ti	Titânio

TI	Tálio
TXRF	Fluorescência de raio-X por dispersão total
U	Urânio
U.S. EPA	“United State Environmental Protection Agency”
U.S. NAVFAC	“United State Navy and Marine Corps Facilities”
UGRHI	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UNT	Unidade de Turbidez
V	Vanádio
W	Tungstênio
Y	Ítrio
Zn	Zinco
Zr	Zircônio

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos da água corrente nos sítios de coleta dos sedimentos da área de estudo.

Tabela 2. Geoquímica de sedimentos fluviais de superfície (fração < 0,063 mm) da área de estudo (amostragem em agosto/2004) e a estatística descritiva computando os dez sítios de amostragem.

Tabela 3. Comparação entre concentrações totais de elementos-traços (mg/Kg) e Al e Fe (%) entre sedimentos desse trabalho e valores de referência de outros da Região Sudeste, de áreas supostamente não impactadas. Os valores apresentados são intervalos de concentração ou valores pontuais.

Tabela 4. Comparação entre concentrações totais de elementos-traços (mg/Kg) e Al e Fe (%) entre sedimentos desse trabalho e valores de outros da Região Sudeste, de áreas impactadas. Os valores apresentados são intervalos de concentração ou valores pontuais.

Tabela 5. Estatística descritiva dos dados geoquímicos dos grupos de solos, incluindo perda por ignição (LOI).

Tabela 6. Comparação entre concentrações totais de elementos-traços (mg/Kg) e Al e Fe (%) entre solos desse trabalho e outros do Estado de São Paulo. Os valores apresentados são intervalos de concentração ou valores pontuais.



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**Pós-graduação em Geociências Área de
Administração e Política de Recursos Minerais**

Geoquímica de solos e sedimentos e impacto antrópico por elementos-traço, na microbacia do córrego da fazenda Santa Cândida, área periurbana de Campinas (SP)

RESUMO

Dissertação de mestrado

José Carlos Pereira

A caracterização ambiental da microbacia do córrego da fazenda Santa Cândida, manancial periurbano de Campinas (SP), foi realizada a partir da classificação de solos e geoquímica multi-elementar (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Sn, Se, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Ta, U, V, W, Y, Zn e Zr) de sedimentos e solos. Amostras superficiais de solo ($n = 43$) e de sedimentos de corrente ($n = 10$) foram analisadas por ICPAES, ICPMS ou AAS. Os solos da área, subdivididos em 8 tipos geomorfológicos, foram agrupados estatisticamente em dois grandes domínios geoquímicos, controlados pela natureza da rocha parental: grupo I (solos derivados de diabásios) e grupo II (solos derivados de granitos e subdivididos em IIa, IIb, IIc e IId). A geoquímica de sedimentos (fração silte-argila) revelou concentrações anômalas para vários elementos, incluindo Mg, Cr, Sn, Ca, K, Zn, Ag, Mo, Cs, Ni, Rb, Cd, P, Hg e Bi, por ordem decrescente de coeficiente de variação nas concentrações. Nos solos, valores anômalos foram computados para K, Tl, Ba, Ca, P, Rb, Zn, Cd, Sr, Ag, Pb, Hg, Cu, Ni, Na, Y, Bi, Cr, Hf, La e Be, por ordem decrescente de fatores de enriquecimento (entre 13 e 3,1), balizados por amostras de referência da própria área de estudo. As maiores anomalias geoquímicas foram verificadas nos solos dos grupos IIa e IIb, em setores com intensa ocupação residencial e industrial. Uma aparente relação com a ação antrópica também foi identificada na maioria das anomalias em sedimentos. Entretanto, essa relação não pode ser aplicada para todas as anomalias identificadas nos solos, nas quais, e em alguns casos, a contribuição geogênica parece ser mais provável. Apesar das anomalias, apenas em poucos locais os níveis de concentração de Cr, Ni e Zn ultrapassaram valores orientadores para solos do Estado de São Paulo. Valores de referência regional em sedimentos, baseados em poucos estudos anteriores, foram superados pelo Cd, Cr, Cu, Hg, Ni e Zn, com destaque para o Hg que superou em até 16 fatores às áreas comparadas. No caso dos solos, valores máximos de outros estudos da região foram superados pelo Co, Cr, Cu, Mn, Pb, Rb, Ta e Zn, com destaque para o Mn cuja concentração foi superior em até 20 fatores.



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
Pós-graduação em Geociências Área de Administração
e Política de Recursos Minerais

Geochemistry of soil and sediments and antropic impact for element-trace, in sub-basin of the stream of the fazenda Santa Cândida, urban area of Campinas, São Paulo State

ABSTRACT

Master dissertation

José Carlos Pereira

The environmental characterization of the fazenda Santa Cândida stream sub-basin, Campinas (SP), was carried out by soil classification and multi-elementary geochemistry (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Sn, Se, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Ta, U, V, W, Y, Zn and Zr). Forty three surface samples of soils and ten surface samples of stream sediments were analyzed by ICPAES, ICPMS or AAS. The soils were subdivided in eight geomorphologic groups, which were classified into two soil geochemistry groups based in their rock affiliation: group I (originated from diabases) and group II (originated from granites), which was subdivided in IIa, IIb, IIc and IId. The sediment geochemistry (silt-clay fraction) revealed anomalous concentration of several elements, which include Mg, Cr, Sn, Ca, K, Zn, Ag, Mo, Cs, Ni, Rb, Cd, P, Hg and Bi, in decreasing order of concentration variability. The anomalous elements in the soils were K, Tl, Ba, Ca, P, Rb, Zn, Cd, Sr, Ag, Pb, Hg, Cu, Ni, Na, Y, Bi, Cr, Hf, La and Be, in decreasing order of enrichment factors (between 13 and 3.1), based on local reference standards. The more anomalous concentrations were verified in soils of groups IIa and IIb, within residential and industrial occupation areas. The anthropogenic influences in the anomalous elements concentration was observed in most samples. However, this relation can not be applied for all anomalies identified in the soils, particularly where the geogenic source appear to be more probable. Nevertheless, locally the concentration levels of Cr, Ni and Zn are high, if compared with oriented values established for São Paulo State. Regional reference values for sediments were exceeded by Cd, Cr Cu, Hg, Ni and Zn. Mercury concentration values, for instance, were 16 factors greater. Maximum values from regional studies on soils were exceeded by Co, Cr, Cu, Mn, Pb, Rb, Ta and Zn. Manganese concentration values were 20 factors greater.

1. INTRODUÇÃO

A população brasileira tende a ser majoritariamente urbana, hoje, por volta de 80% (IBGE, 2004). Seu crescimento, muitas vezes, desordenado, implica em uma necessidade cada vez maior de conhecimento da qualidade ambiental do território, permitindo à população uma ocupação sustentável e racional. Solos, sedimentos e água são partes do patrimônio natural com intensa interação com a biota, e sua caracterização química, frente ao desenvolvimento urbano e industrial das cidades, representa uma necessidade ao bem estar e à saúde das populações. O gerenciamento da qualidade desses patrimônios naturais é sobremaneira importante, no tocante às políticas públicas e à demanda de necessidades presentes e futuras. Dentre estes componentes do patrimônio natural, nos domínios urbanos, a água se destaca como o mais importante no que se refere às necessidades iminentes das sociedades. Em adição, o comprometimento da qualidade química de solos e sedimentos tem um impacto imediato nas águas superficiais e, possivelmente, subterrâneas, podendo afetar o abastecimento hídrico das cidades.

A região metropolitana de Campinas, um dos maiores pólos demográficos e industriais do estado de São Paulo, possui diversos casos de contaminação, sendo três de grande relevância ambiental, devido ao impacto nos meios de comunicação, como os casos da Shell (Paulínia), do aterro Mantovani (Santo Antônio de Posse) e do loteamento Mansões Santo Antônio (Campinas) (CETESB, 2002). Estes casos apresentam problemas relacionados com compostos orgânicos e elementos-traço (apenas os dois últimos casos). Estudos ambientais do município de Campinas identificaram, além de problemas de ordem química, impermeabilização excessiva e crescente do solo, que afeta os sistemas de drenagens do município (Servilha, 2003) e, por consequência, compromete a renovação dos recursos hídricos.

Existe um grande número de estudos que tratam do banco de dados geográficos e da condição urbana da Região Metropolitana de Campinas (RMC), havendo várias linhas de pesquisa voltadas à Bacia do Piracicaba, Capivari e Jundiá (BPCJ) (Brandão, 2001; Hemsí, 2001; Mangabeira, 2002; Pompermayer, 2003; Serra, 2002; Servilha, 2003; Stacciarini, 2002; Daniel *et al.*, 2001; Vitorino *et al.*, 2003), além de estudos de geopolítica urbana (Guedes, 1998; Frischenbruder, 2001) e sobre geoquímica ambiental da RMC. Estudos de geoquímica, envolvendo

elementos-traço, foram tratados por Favaro (1999), que analisou Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, La, Rb, Sc, Sm, Ta, Tb, Th, Zn e Zr para solos e sedimentos, Leite (2002), que estudou Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Si e Zn em sedimentos, Bramorski (2004), que trabalhou com Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn, e Pb em sedimentos, Fostier *et al.* (2003), que analisaram Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb e Zn em solos e Tomazelli *et al.* (2003), com o estudo de Cd, Hg e Pb em sedimentos. Mas, a dissertação de Favaro (1999) foi o único estudo anterior encontrado de caráter multi-elementar que reuniu dados de solos e sedimentos em área urbana, com enfoque multidisciplinar da problemática ambiental da RMC.

Com base no exposto, várias fontes antrópicas têm contribuído para um cenário geoquímico impactado na RMC, como é esperado para a área do córrego da fazenda Santa Cândida, objeto dessa dissertação de mestrado. Esta área é pouco conhecida, em especial no que se refere aos elementos-traço, potencialmente danosos à saúde dos seres vivos. As incertezas colocam em dúvida a real magnitude das condições ambientais em solos e sedimentos. Em virtude de a área estar densamente urbanizada, a avaliação sistemática e científica de uma possível contaminação é sobremaneira importante como subsídio para um modelo de gestão sustentável.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo principal desse trabalho é definir o cenário geoquímico multi-elementar da microbacia do córrego da fazenda Santa Cândida, Campinas (SP), visando discernir níveis geoquímicos de background (geogênicos) e possíveis anomalias antrópicas no meio físico (sedimentos e solos).

2.2 Objetivos específicos

a) Qualificar o mapa de uso e ocupação do terreno. Com o referido mapa, pretende-se comentar os principais processos e fatores responsáveis pela geração das anomalias antrópicas, em sedimentos e nos solos.

b) Definir o mapa pedológico da microbacia do córrego da fazenda Santa Cândida. Com as manchas de solo da área, serão definidos os grupos geoquímicos, em função de suas características geogênicas.

c) Definir a condição geoquímica dos sedimentos da microbacia do córrego da fazenda Santa Cândida. A contextualização da problemática ambiental urbana, juntamente com a qualidade e quantidade geoquímica multi-elementar associadas ao georeferenciamento, servirá de base para inferências de eventual anomalia.

d) Produzir um banco de dados geoquímicos com o conteúdo total de metais/metaloídes nos materiais investigados que possam servir de subsídio a estudos futuros, programas de monitoração da área e fomentar a aplicação de políticas públicas.

3. ÁREA DE ESTUDO

A microbacia do córrego da fazenda Santa Cândida (Figura 1) corresponde a uma área de 4,2 km² e é ocupada por uma população residente de 12.557 habitantes (IBGE, 2002 – CENSO de 2000). Abrange os bairros da região de Campinas: Jardim Professora Tarcila, Chácaras Primavera, Mansões Santo Antônio, Jardim Santa Cândida, parque rural fazenda Santa Cândida e parque dos Jacarandás. Esta sub-bacia faz parte da bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (BPCJ), os quais constituem a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 05 (UGRHI 05) do Estado de São Paulo (CETESB, 2003). O córrego da fazenda Santa Cândida é afluente do ribeirão Anhumas, que joga suas águas no rio Atibaia. Este último forma o rio Piracicaba, que constitui uma importante bacia hidrográfica do Estado de São Paulo, em conjunto com os rios Capivari, Jaguari e Jundiaí.

A atividade predominante na microbacia foi a rural até meados da década de 1960, desde então passou a ser a urbana. Embora predominantemente residencial, desenvolveu-se, paralelamente, atividade industrial.

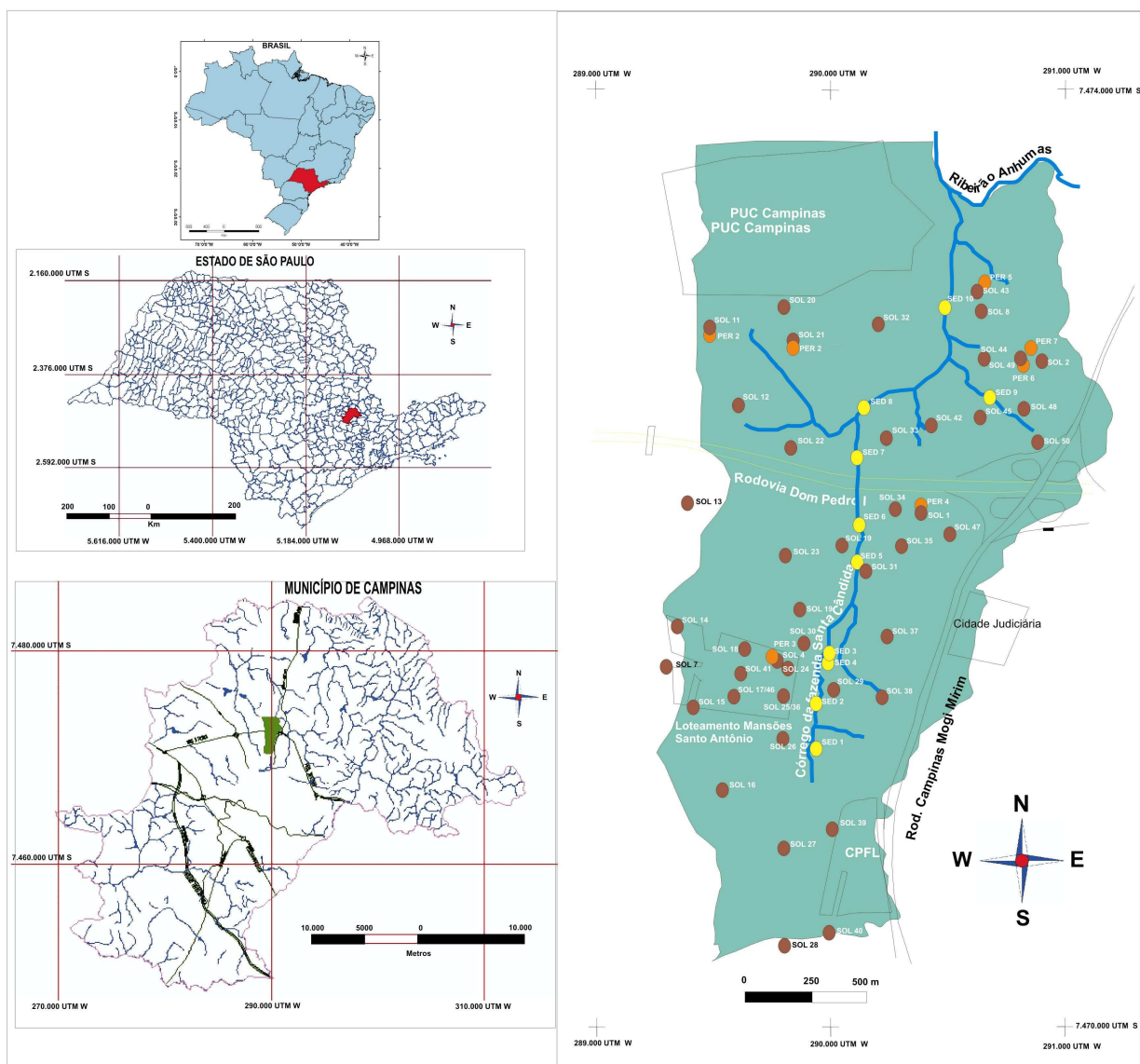


Figura 1. Localização da área de estudo (imagem inferior à esquerda), com detalhe da microbacia e os sítios de amostragem. SOL = solos, SED = sedimentos e PER = perfis de solo.

A microbacia periurbana do córrego da fazenda Santa Cândida tem um processo histórico de uso e ocupação territorial, incluindo urbanismo e industrialização, que esgota recursos naturais e prejudica a saúde das pessoas.

Relatório da Arcadis Hidro Ambiente (CETESB, 2002) revelou que a microbacia hidrográfica em questão tem uma parte de seu manancial já

comprometido quimicamente, incluindo contaminantes como alguns metais/metaloídes (Al, B, Ba, As, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Se e Zn). Além da água subterrânea, o documento informou também que existe contaminação, em menor grau, no solo. O problema é mais grave no domínio do loteamento Mansões Santo Antônio. Neste setor, estudos realizados em um terreno da Concima, empreendedora imobiliária que adquiriu o imóvel com passivo ambiental da empresa Proquima, revelaram uma pluma aquosa subterrânea de contaminantes composta por metais, fenóis, hidrocarbonetos de petróleo e compostos orgânicos voláteis e semivoláteis (CETESB, 2002). Essa pluma teria sido formada devido a irregularidades no processo de destinação dos resíduos da recuperação de solventes. A Proquima fabricava produtos de limpeza e recuperava solventes, a partir de resíduos industriais ou solventes contaminados. Depois de 20 anos instalada no bairro, a Proquima encerrou suas atividades em 1996. De acordo com a CETESB (2002), esta pluma localiza-se a ~14 metros de profundidade no aquífero livre, com sua dinâmica tendendo a atingir o córrego da fazenda Santa Cândida. Os resultados analíticos das concentrações de compostos orgânicos voláteis e metais na água e no solo (de 0 a 6m) ultrapassam, em diversos pontos e poços de monitoramento, valores referenciais e valores de intervenção da lista da CETESB (2002), como por exemplo: tolueno; tetracloroetano; clorobenzeno; etilbenzeno; xilenos totais; cloreto de vinila, cloreto de metileno; benzeno; tricloroetano, alumínio, bário, cromo, cobalto, cobre, ferro, manganês, zinco e magnésio.

Problemas com contaminação por cianeto na área da microbacia do córrego da fazenda Santa Cândida, decorrentes de efluentes da indústria de tratamento térmico VIDOTTI, também foram citados em documentos internos da CETESB (1983 e 1985). Outro caso de contaminação na área está relacionado à empresa metalúrgica TECNOL, que foi acionada e paralisada pela CETESB em 1995 e 1999 devido a irregularidades nos efluentes quanto a Ag, Al, Ba, Ca, Cl, CN, Cr, Cu, Fe, F, Mn, Na, Ni, Pb, S e Zn. Outro processo ambiental foi impetrado pela CETESB contra a galvanoplastia MULTIELOS, devido a irregularidades nos efluentes quanto a Ba, Cr, Cu, Mg, Ni e Zn (CETESB, 2001). Outras fontes potenciais de

contaminantes metálicos identificadas na área da referida microbacia incluem lavanderia têxtil industrial, aterros irregulares, depósitos clandestinos (lixo e entulho) e efluentes domésticos.

Do ponto de vista atmosférico, o ar (0,9% da atmosfera), composto de materiais particulados, oriundos de fontes naturais e antropogênicas, incrementa a geoquímica do solo, quando materiais particulados associados sofrem deposição seca ou são precipitados com a chuva. Estudos foram realizados na região estudada, por Matsumoto (2001), com material particulado inalável (MPI 10 - diâmetro menor que 10 μm). Amostras de particulado fino ($< 2,5 \mu\text{m}$) e grosso (entre 2,5 e 10 μm) foram coletadas por um filtrador seqüencial, com sucção de 25 L/min, em um período de 24hs, entre março e setembro de 1999, e entre dezembro de 1999 e fevereiro de 2000, no posto meteorológico do CEPAGRI, localizado na FEAGRI/UNICAMP, em Campinas (SP), a menos de 3 km da área de estudo da dissertação presente. Mais de 400 amostras de ar e 300 de chuva foram analisadas por fluorescência de raio-X dispersiva em energia (EDXRF) e fluorescência de raio-X por dispersão total (TXRF). Pode-se estimar uma média diária de particulado suspenso na atmosfera (ng/m^3) e carregado pela chuva (mg/m^2), respectivamente para os elementos: Al 1088-13,43; Si 2227-7,16; S 1344-26,8; K 759-12,54; Ca 1164-19,39; Ti 253-0,24; V 33-0,86; Cr 30-0,14; Mn 35-0,18; Fe 1937-0,95; Co 8- 0,04; Ni 15-0,07; Cu 25-0,36; Zn 168-16,23; Se 4-0,06; Br 6-0,15; Rb 15- 0,17; Sr 16-0,16; Ba 16-0,21; Hg 53-0,34; Tl 74-0,52; Pb 19-0,71; P 112; e Zr 81, sendo as estimativas dos dois últimos elementos apenas para particulado suspenso na atmosfera (ng/m^3).

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. A Problemática Ambiental Urbana

As reflexões sobre a geopolítica, conservação da natureza e a caracterização ambiental da área de estudo foram baseadas nos trabalhos de Guedes (1998) e de Frischenbruder (2001). Estes estudos tratam da bacia hidrográfica do ribeirão das Anhumas (objeto de uma linha de pesquisa da FAPESP), enfocando os aspectos do processo da urbanização.

O processo de urbanização afeta as estratégias e políticas de desenvolvimento sustentável, deixa de lado a qualidade de vida das pessoas, a ecologia do meio e a renovação do patrimônio natural. O ritmo intenso de circulação humana diminui espaços para outros tipos de vida mais estáveis, como a sucessão vegetal e o estabelecimento de comunidades animais. Espaços urbanizados geram grandes alterações ecológicas e físico-químicas, no meio onde estão inseridas. A alteração da vegetação nativa, atrelada às mudanças do uso do solo, que, por sua vez, traz consigo uma gama diversificada de elementos e compostos químicos, muitos deles inexistentes na natureza local, promove um grande processo de importação de insumos e de circulação de grandes fluxos de massa. A ecologia, sem a sua integralidade, compromete a produção primária, processos de decomposição e mineralização.

Tendências globais mostram que a conurbação, como um fenômeno generalizado nas cidades, é responsável pela ruptura espacial dos ecossistemas terrestres. O fenômeno faz com que as pessoas se desloquem para os subúrbios, fugindo dos altos custos de moradia dos centros urbanos. Essa dispersão impacta de maneira irreversível os cinturões verdes das cidades, diminuindo as áreas agrícolas e áreas para conservação do patrimônio natural local. Com os vazios urbanos surgem manchas de ocupações descontínuas e desarticuladas, que elevam o valor das terras (mecanismo de especulação imobiliária), de implementação da infraestrutura e da distribuição de água tratada (Semeghini, 1988).

Áreas com uso e ocupação predominantemente urbano e agrícola são consideradas perdidas para trabalhos de conservação ambiental, pois se encontram geralmente muito degradadas e desqualificadas para receberem investimentos em pesquisas do patrimônio biótico. Atividades econômicas e utilitaristas são, praticamente, as únicas destinadas às áreas urbanizadas. Por outro lado, a destinação de áreas para a conservação ambiental é considerada, muitas vezes, uma transformação do território em espaço morto, perdido para a satisfação humana, empecilho para o desenvolvimento econômico e desenvolvimento social. A conservação da natureza e a recuperação ambiental dos ecossistemas naturais, em ambiente humanizado, e sua implementação para melhoria da qualidade de vida são assuntos pouco desenvolvidos em políticas públicas práticas.

Problemas óbvios ligados à ocupação urbana podem ser exemplificados com os corpos d'água que recebem altas cargas de efluentes (domésticos e/ou industriais), sem maiores cuidados, os quais são freqüentemente tamponados e canalizados. O planejamento necessário para conciliar desenvolvimento urbano e equilíbrio ecológico necessita de embasamento técnico e científico, integrados às decisões políticas.

Os órgãos públicos não possuem informações específicas sobre as características ambientais relevantes, sobre níveis atuais de urbanização e nem dos principais processos impactantes. Não há uma sistematização dos levantamentos do meio físico, realizados pelos órgãos governamentais e de pesquisa nacionais.

Diante disso, podem-se questionar quais são fatores ambientais mais afetados pela urbanização? Estudos da região mostram a influência da geologia na ocupação humana sobre o terreno (Guedes, 1998). Por outro lado, o manejo de bacias hidrográficas, unidade ideal para gestão ambiental, é ainda um desafio para os gestores públicos, institucionais ambientais e para sociedade civil.

Características da área de estudo mostram que ela contribui, conjuntamente com outras que integram a bacia do Ribeirão das Anhumas, na geração de 20% da

carga orgânica descarregada na bacia do Piracicaba, Capivari e Jundiaí; esteve sob influência de atividade agrícola por mais de duzentos anos (Frischenbruder, 2001); dos três eixos mais importantes de expansão urbana da região Leste do município, dois deles cruzam a área de estudo: a rodovia Dom Pedro I e a Rodovia Campinas Mogi Mirim e; suas áreas vazias elevam os custos de infra-estrutura básica.

4.2. SIG - Modelo Digital do Terreno

O grau de degradação de uma determinada área pode ser reconhecido por estudos geomorfológicos, estatigráficos e pedológicos sistemáticos, de maneira integrada, para possibilitar a reconstituição da história evolutiva da paisagem. Além disso, o mapeamento de zonas de maior e menor instabilidade ambiental configura-se como fundamental para fornecer subsídios para elaboração de planos diretores e projetos de uso de solo, no âmbito municipal e regional (Peixoto *et. al.*, 1997).

Assim, a complexidade do fato geográfico de uso e ocupação do solo revela a dificuldade do entendimento das relações entre os fatores ambientais. O problema da integração dos dados físicos naturais e físicos antropogênicos com os dados sócioeconômicos deve-se à falta de conhecimento da dependência espacial regional das variáveis em estudo (Peixoto *et. al.*, 1997).

A multidisciplinaridade que deve ser dada a esse tipo de trabalho com unidades ambientais passou a ser reconhecida, descrita e mapeada, quando formaram-se entidades únicas e interdependentes. Essas unidades resultam da combinação de fatores ambientais como a geologia, geomorfologia, pedologia, hidrografia e vegetação.

Para integrar esses fatores de forma satisfatória, foi utilizada a técnica de sobreposição analógica de mapas. Os mapas ("layers"), em papel transparente eram sobrepostos de modo que seus limites coincidisse (Burrough, 1995); o que evoluiu, na atualidade, para sistemas digitais adaptados para PCs. A ciência de informação geográfica proporcionou uma perspectiva de elucidação das relações multitemáticas do ponto de vista global, ao trabalhar com visão físico-geográfica integrada por estudos multidisciplinares.

Dessa forma, o sistema de informação geográfica (SIG) é um ferramental que captura, armazena, transforma, manipula, combina, consulta e modela dados; produz, trata dados cartográficos (mapas, imagens de satélite, cadastros e outros), referenciados espacialmente, e seus atributos descritivos em ambiente computacional; e permite a visualização espacial de dados com propósitos específicos com rapidez, eficiência e resposta de fácil visualização e reprodução (Silva, 2002).

Portanto, o enfoque do trabalho necessita que as informações passem por regras probabilísticas, fluidas e por produtos ou mapas moldáveis (plásticos), que utilizam como modelo digital o sistema raster. Seus atributos, relacionados aos mapas, são os pixels, elemento fundamental, onde se localiza a informação, que pode ser identificada, medida, quantificada e pode ser cruzada com outros mapas. Os mapas são constituídos de matrizes, que, por sua vez, é constituída de pixels. Cada pixel possui suas características próprias (valores) e podem compor campos e estruturas contínuas. Tal estrutura é composta em função da necessidade do trabalho ou tema focado. Seu desempenho, na modelagem, depende da resolução da matriz (diretamente proporcional à quantidade de pixels).

O tema topografia pode utilizado para elaboração de várias cartas: modelo digital de elevação do terreno (MDET), fluxo de água, dinâmica das pessoas, vulnerabilidade do solo e subsolo etc. A configuração plástica do terreno (MDET) proporciona, de maneira automática, a obtenção de outras cartas de interesse ambiental, como a de Sub-bacias, Hipsometria, Declividade e Aspecto.

O tema aspecto define a carta de orientação das vertentes em relação aos pontos cardeais. O fator declive interfere diretamente no balanço de energia captada pelos planos inclinados (vertentes). Ele determina os fenômenos bióticos decorrentes e da habitação humana, já que atua significativamente na diferenciação da paisagem. No hemisfério sul, as vertentes com orientação norte recebem uma maior taxa de luz. Diferentemente, a vertente de orientação sul recebe menos luz e as massas de ar polares diretamente, portanto, tem um menor desenvolvimento

biológico e ocupação humana. Isso se acentua com a sazonalidade e declividade de cada vertente.

O planejamento ambiental toma a declividade do terreno como um dos principais condicionante para a urbanização, o uso agrícola e a preservação dos ecossistemas.

O mapa hipsométrico ou altimétrico proporciona uma análise das inter-relações entre faixas horizontais ou de altitudes do espaço e sua ocupação areal para obter informações a respeito da forma e elevação do terreno.

Outra carta, que também se obtém por procedimentos digitais, é a das sub-bacias. Uma bacia hidrográfica é um espaço areal delimitado por um perímetro que converge águas para uma mesma drenagem comum, que, por sua vez, pode ser subdividida em outras sub-bacias menores integrantes da maior, perenes ou intermitentes.

4.3. Geomorfologia

O tema geomorfologia trata das formas de relevo e estruturas presentes no terreno. A área de estudo se localiza na Zona do Médio Tietê (Almeida, 1964) e na Província da Depressão Periférica (Ponçano *et al.*, 1981). Foi definida pelo mapeamento geomorfológico de Campinas, escala 1:50.000, realizado por Pires Neto *et al.* (1993), como: Colinas Amplas (Ca) – formas amplas e suaves, vales acumulativos e abertos com baixa densidade de drenagem e padrão dentrítico. Possuem planícies de inundação bem desenvolvidas com áreas alagáveis. Seus perfis de vertentes são contínuos e retilíneos, com segmentos convexos curtos em áreas de rochas intrusivas básicas; Colinas Médias e Amplas (Cma) – formas subniveladas com topos alongados e convexos, com vales acumulativos abertos e bem marcados, e densidade de drenagem baixa, de padrão dentrítico. Suas vertentes possuem perfis contínuos e retilíneos, ocorrendo rupturas de declive negativo no sopé. As planícies são estreitas e bem desenvolvidas; Planícies Fluviais (Pf) – distribuídas nas margens dos cursos d'água, constituindo formas deposicionais planas que incluem as planícies de inundação e, ocasionalmente,

terraços baixos. São terrenos potencialmente instáveis e inadequados à ocupação humana, pois sofrem inundações sazonais, além da existência de lençol freático superficial; Colinas e Morrotes (CMT) – formações dissecadas e subniveladas com topos alongados e convexos, vales erosivos acumulativos abertos e bem marcados. Suas planícies fluviais são estritas e bem desenvolvidas, com densidade de drenagem média e padrão subdentrítico e subparalelo e; Colinas Pequenas e Morrotes (CpMT) – caracterizadas por formas pequenas e subniveladas, com topos estritos e convexos e perfis de vertentes contínuos, convexos e com rampas curtas. Seus vales são erosivos-acumulativos e acumulativos estreitos e bem marcados, apresentando densidade de drenagem média, com padrão subdentrítico e planícies fluviais desenvolvidas.

As duas últimas unidades são consideradas problemáticas para ocupação humana, se o relevo e a cobertura dentrítica forem desfavoráveis, devido aos processos erosivos: laminar, em sulcos, reentalhe de canal e também ravinamentos e voçorocamento ocasionais. As duas primeiras unidades são mais favoráveis à ocupação humana, apesar da ocorrência de erosão laminar, reentalhe de canal e, eventualmente, na segunda, ravinamentos e voçorocamento.

4.4. Uso e ocupação do Terreno

O tipo de uso e ocupação do terreno pode ser definido por vários aspectos físicos, econômicos, demográficos e outros.

Frischenbruder (2001), que abordou componentes bióticos além dos físicos para definir os elementos de uso e ocupação do solo, definiu áreas construídas como a composta por construções horizontais homogêneas, edifícios de tamanho maior e edifícios verticais (com mais de dois andares); espaços potencialmente verdes como os permeáveis com vegetação arbórea e herbácea, com exceções (compactadas, contaminadas e impermeáveis sem edificação) e; áreas de cultivo, com culturas anuais e perenes.

4.5. Plano Diretor e Zoneamento

O Plano Diretor (PD) foi um instrumento constituído para viabilizar o planejamento territorial e uso do patrimônio natural nos municípios. Além da preservação, ele racionalizou o uso do patrimônio natural, a qualidade e o equilíbrio das cidades, por meio da adequação da dinâmica de crescimento das cidades, do provimento de sua infraestrutura, de um desenvolvimento justo e sustentável e de limitação do desenvolvimento urbano para regular a preservação ambiental (Frischenbruder, 2001).

O PD foi o principal elemento de gestão constituído no município de Campinas. Elaborado entre 1993 e 1996, é o instrumento básico para a execução de política de desenvolvimento urbano, da função social da propriedade, do ordenamento do território, do processo de planejamento e da estruturação urbana, das políticas setoriais, dos investimentos prioritários e da divisão do território (Frischenbruder, 2001).

Para o processo de urbanização se adequar ao ajuste das novas escalas espaciais, à realidade econômica, aos novos serviços, aos investimentos e à valorização financeira das terras, diferentes características foram abordadas, como as sócioeconômicas e de infra-estrutura, deixando de lado, muitas vezes, as características ambientais do local, propriamente ditas. No caso de Campinas, estabeleceu-se um zoneamento territorial em função da distinção de áreas. Para definição dos perímetros na legislação de 1994, foram levados em conta os fatores como a factibilidade e conveniência econômica de urbanização no curto, médio e longo prazo; dinâmicas de desenvolvimento; potencialidades e problemas específicos. Antes de seu lançamento, em 1995, as condições de uso e ocupação do solo e gestão eram bem precárias (Frischenbruder, 2001).

A área de estudo foi dividida, pela Rodovia Dom Pedro I, em Macrozona 3, ao norte (definida como Área de Urbanização Controlada Norte – AUC-N), e Macrozona 4, ao sul (área de Urbanização Consolidada – ACON). Elas se dividem em Unidades Territoriais Básicas, constituídas de um bairro ou um conjunto de bairros; são áreas

de ocupação homogêneas, utilizadas para planejamento e gestões locais, e são bases territoriais de dados distintas.

Levou-se em conta a preservação da natureza, por meio de mecanismos de formação de Unidades de conservação, do código Florestal Brasileiro e da Legislação sobre a Mata Atlântica. O PD tratou também da exploração mineral, de aquíferos e da Área de Preservação Permanente, quando falou sobre a prospecção mineral e riscos no processo de ocupação da APP, não abordou a recuperação de danos causados. Estabeleceu normas gerais e específicas para obras com relação à litologia, à rede de drenagem natural, aos solos, à declividade, à águas e à erosão.

O PD, suas práticas e aplicativos foram amplamente discutidos por Frischenbruder (2001), que analisou a gestão municipal e a conservação da natureza em Campinas. Dos comentários realizados pela autora, pode-se observar que o PD enfatizou a perspectiva de ordenamento territorial, visou à resolução dos problemas ambientais, sociais e referiu-se, muitas vezes, ao patrimônio natural; detalhou o aspecto da recuperação dos ecossistemas (APP, várzeas, fragmentos florestais e áreas de interesse para o desenvolvimento da fauna local), mas explanou pouco sobre os critérios e padrões técnicos para implementação de programas de fomento, fiscalização, recuperação e conservação da natureza; o desenvolvimento urbano, do meio físico, é enfatizado em detrimento do ordenamento global da ocupação do território; as diretrizes ambientais definidas, individualmente, para cada empreendimento, que eram definidas sem levar em conta as peculiaridades locais com relação aos cuidados a serem tomados; falta de articulação e linguagem comum, entre as secretarias municipais e departamentos ambientais; estudos e análises sofisticados realizados, que não eram levados em conta pelos setores seguintes; carência de informações relativas aos sistemas naturais e suas dinâmicas devido à sistematização insatisfatória das informações cotidianas.

Diante disso, a autora questionou a referência concreta para recuperar, proteger, gerenciar e conservar a paisagem, devido à ausência de um quadro de sua situação física e dinâmica; as implicações referenciais concretas, territoriais, em escala adequada, as quais também são necessárias para inserção sustentada do empreendimento na paisagem; e que o resultado do processo do empreendimento deve incluir toda complexidade dos estudos realizados, nas explanações finais, de maneira enxuta abordando apenas os aspectos e exigências essenciais para o meio urbano de maneira satisfatória.

Os elementos para desenvolvimento da gestão, numa perspectiva sustentável, tiveram como conjunto de referências, para o ordenamento do território e a conservação da natureza, as leis para o desenvolvimento político, a prática cotidiana e a adequação dos contornos da gestão ao longo do tempo, isto é, todo um conjunto de especificações normativas e referenciais aos instrumentos técnicos, administrativos e instrumentos organizativos para concretização dos objetivos.

As referências estabelecidas de maneira legal, garantidas pela presença de princípios para uma dada gestão, democrática, articulada e atrelada a instrumentos para aperfeiçoamento da gestão, firmou a distinção político-ideológico para os ocupantes do poder, quando implementou os princípios e as prioridades. Há necessidade, como em toda sociedade brasileira, de se definirem limites e respeitá-los para que as normas e princípios não se tornem letras mortas.

4.6. Geoquímica Ambiental

Os riscos à saúde nos centros urbanos estão especialmente ligados à exposição a compostos organoclorados, micronutrientes, corpos d'água eutrofizados, agentes patogênicos, hormônios, produtos sintéticos orgânicos e inorgânicos e elementos-traço. Os elementos-traço no ambiente e seus efeitos adversos à saúde humana têm adquirido status de "preocupação global", a ponto de elementos como Pb, As e Hg encabeçarem a lista dos 10 mais preocupantes elementos/compostos de interesse ambiental, de acordo com a instituição norte-

americana ATSDR ("Agency for Toxic Substance and Disease Registry", 2005). As atividades antrópicas nos meios urbanos contribuem significativamente com o incremento desses elementos no solo, sedimento e água, conforme revelam vários trabalhos sobre contaminação ambiental urbana (Bacon *et al.*, 1992; Mielke *et al.*, 1999; Manta *et al.*, 2002; Manta, 2002; Wong & Li, 2004). As áreas periféricas são as mais afetadas, e estes elementos-traço podem prejudicar a saúde de animais e plantas, seja por inalação, ingestão ou contato dérmico.

Atualmente, um dos maiores problemas dos núcleos urbanos é a identificação da contaminação e a avaliação dos riscos à saúde em áreas industriais. Em adição, a reutilização dessas áreas constitui um desafio das políticas públicas. No Estado de São Paulo, por exemplo, 727 casos de contaminação foram relatados em 2003 pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, ligada à Secretaria do Meio Ambiente do governo de São Paulo) (CETESB, 2004). Apenas na região metropolitana da grande São Paulo são 2076 áreas industriais desativadas com potencial poluidor (Hirata, 2004).

4.7. Processos e Fatores Geoquímicos no Meio Físico

Os elementos químicos do solo se originam de fontes geogênicas e/ou antrópicas. A origem geogênica está associada aos processos de intemperismo do solo, aos processos erosivos, à decomposição de materiais orgânicos (animais e vegetais) e à deposição atmosférica. Já a humanização dos espaços pode alterar as concentrações dos elementos químicos do solo através da disposição de resíduos, contaminações acidentais, correções e adubações de solos agrícolas, aterros, alteração dos parâmetros físico-químicos do meio e outros.

De uma maneira geral, ambientes sedimentares sofrem os mesmos processos citados acima, com algumas ressalvas, como, por exemplo, quando a matriz sedimentar é composta por materiais originados de solos erodidos, refletindo a variação espacial e temporal nas taxas de deposição e remobilização, e sofre influência das condições físico-químicas de águas superficiais, entre outros fatores.

Os elementos-traço podem se ligar a compostos químicos (orgânicos e inorgânicos), nos solos, nas partículas em suspensão nas águas superficiais ou nos sedimentos. Essa relação com os ligantes promove sua fixação nas matrizes sólidas, associações com a matéria orgânica, com particulados finos (silte e argila) e com óxidos e hidróxidos de Fe e Mn. Em condições físico-químicas normais, os metais dissolvidos, transportados pelas águas, adsorvem-se ao material particulado (argilominerais e matéria orgânica). A água intersticial é o meio de transporte dos elementos químicos nas matrizes de solo e sedimento. Eles precipitam ou se dissolvem quando ocorrem alterações do pH, oxirredução e outras modificações em sua composição química (e.g. DePaula & Mozeto, 2000).

O interesse em investigar a distribuição de elementos-traço nos solos e sedimentos é motivado pelos efeitos maléficos que as altas concentrações dos mesmos podem causar à saúde humana, à fauna e à flora. As variações na abundância destes elementos no ambiente superficial podem ser relacionadas às fontes naturais e antropogênicas (Rasmussen & Larocque, 1996). Quando se constata a contaminação ou contraste, distinguir estas duas fontes constitui um desafio da geoquímica ambiental; portanto, essa informação é essencial para a formulação de fatores de emissão realísticos e para fins de controle ambiental.

Um método para solucionar o problema pode ser conduzido, fazendo-se um exame da assinatura química e física dos elementos de interesse nas áreas onde a emissão antropogênica é conhecida ou está sob suspeita e comparando-o à assinatura de um setor não perturbado antropicamente (Henderson *et al.*, 1998). Alternativamente, a amostragem distribuída ao longo de perfis verticais (testemunhos curtos) de sedimentos e solos de áreas contaminadas tem sido usada para diagnosticar os níveis geoquímicos de background (material mais profundo) em contraste com o material contaminado mais à superfície (Luiz-Silva, 2005).

Diante de incertezas quanto aos níveis geoquímicos de background, valores de referência têm sido adotados na avaliação de áreas impactadas. A CETESB

recentemente (CETESB, 2001) lançou uma lista com valores orientadores para parâmetros de solo e água para o estado de São Paulo. Ela utilizou modelagem matemática e valores de risco à saúde humana. Adaptou a metodologia holandesa, entre outras, adequando-as às condições do estado de São Paulo. Propôs três níveis de valores orientadores: valor de referência (níveis aceitáveis), valor de alerta e valor de intervenção.

Os metais pesados em solos e sedimentos urbanos têm sido apresentados como conspícuos trançadores de contaminação ambiental (e.g. Bacon *et al.*, 1992; Mielke, *et al.*, 1999; Manta *et al.*, 2002; Wong & Li, 2004). Concentrações antrópicas mais significativas desses metais nos solos amplificam os problemas, quando ocorrem em áreas públicas, onde as pessoas estão mais sujeitas à exposição. Em muitas áreas, efeitos tóxicos, em consequência de inalação ou ingestão por seres humanos, particularmente crianças, têm sido documentados (Folinsbee, 1993; Sanchez-Camazano *et al.*, 1994; Mielke *et al.*, 1999; Manta *et al.*, 2002; Peltola & Åström, 2003). Adicionalmente, parte da contaminação de solos e sedimentos pode causar a contaminação das águas subterrâneas, agravando o problema.

Além do discernimento entre concentrações natural e antrópica, é importante lembrar que a presença de elementos-traço nos sedimentos ou solos pode resultar em toxicidade (ou não) aos organismos diretamente expostos. Assim, a constatação da contaminação apenas é insuficiente quando se procura avaliar a possibilidade dos contaminantes serem incorporados pelas plantas, pelos animais e pelo próprio homem (U.S. EPA, 2001; Salomons, 1995; U.S. NAVFAC, 2000). A concentração total de elementos-traço não reflete, necessariamente, a fração biologicamente disponível para os organismos expostos. Neste aspecto, estudos suplementares devem ser conduzidos para avaliar os riscos reais à biota.

Por outro lado, o estudo do conteúdo total de metais/metaloídes tóxicos em sedimentos e solos impactados, além de preceder estudos de avaliação de risco de contaminação da biota, constitui uma necessidade corroborada pelos seguintes

aspectos: (1) a presença de contaminantes em sedimentos e solos representa um potencial latente de degradação continuada (passivo ambiental), mesmo que a água e a biota não apresentem concentrações desses contaminantes acima daquelas previstas na legislação vigente; e (2) uma vez contaminados, os solos e os sedimentos passam a ser fontes potenciais de contaminação (passivo ambiental) da água e biota, dependendo das variações físico-químicas do meio, mesmo após a redução ou eliminação completa das fontes originais de contaminantes.

Na avaliação geoquímica de áreas impactadas, a fração granulométrica de sedimentos e solos empregada na análise constitui um ponto de discussão. No estudo de solos, a fração comumente adotada é aquela inferior a 2 mm (Manta *et al.* 2002; Peltola & Åström, 2003; Wong & Li, 2004). No caso dos sedimentos, devido à heterogeneidade textural, a fração mais utilizada é a 0,063 mm por algumas razões que incluem: (1) os metais tendem a se concentrar em partículas do tamanho silte-argila; (2) esta fração é transportada quase inteiramente por suspensão; (3) o processo de peneiramento exalta a concentração do elemento sem afetar sua concentração; e (4) é possível comparar resultados entre amostras com diferentes características texturais (cf. Thornton, 1983; Salomons & Förstner, 1984; Araújo *et al.*; 1988, Mogollón *et al.*, 1996; Soares *et al.*, 1999; Villaescusa-Celaya *et al.*, 2000).

5. AMBIENTE GEOLÓGICO E FISIOGRAFIA

5.1 Aspectos Geológicos

De acordo com o mapa geológico proposto pelo Instituto Geológico de São Paulo (IG, 1999), são identificados na área de estudo os seguintes tipos litológicos, a seguir (Figura 2).

Diabásios – São representantes da Formação Serra Geral (Bacia do Paraná) e eles ocorrem em grandes extensões, na porção oeste da área de estudo. São corpos tabulares predominantemente na forma de sills e diques, com granulação fina, de idade jurássico-cretácea.

Ritmitos – São sedimentos do Subgrupo Itararé (idade permo-carbonífera), representados por ritmitos areno-silto-argilosos, laminitos arenosos e arenitos. Eles estão localizados na porção leste da microbacia.

Granitos – Pertencentes à Suíte Granítica Jaguariúna (idade neoproterozóica), tratam-se de hornblenda-biotita granito a granodiorito porfirítico, cinza escuro, com matriz fina à média. Tipos com textura inequigranular também são reconhecidos, com destaque de cristais centimétricos de feldspato potássico. Apresentam, em geral, cerca de 15% de minerais máficos. Encontram-se foliados tectonicamente (gnaisses), com intensidade de deformação variável, estando mais deformados nas proximidades da zona de cisalhamento Campinas.

5.2. Clima

A distribuição pluvial tem o regime típico das zonas tropicais de baixa altitude: verão chuvoso e inverno seco. A temperatura varia com mínimas de 18 °C, durante o inverno, e com máximas de 24 °C, durante o verão. Junho é o mês mais frio (17,1 °C) e janeiro, o mais quente (23,1 °C). A precipitação média anual está em torno de 1380 mm, com variações sazonais que condicionam valores elevados no verão e índices mais baixos no inverno. Cerca de 75% das chuvas são distribuídas ao longo dos meses de outubro/março, sendo os meses de dezembro, janeiro e fevereiro os mais chuvosos (PMC, 1991).

As condições climáticas atreladas aos diferentes litotipos que ocorrem na área propiciam geomorfologia do terreno e tipos de solos característicos, que serão apresentados na forma de resultados dessa dissertação.

5.3. Geomorfologia

Na área de estudo predominam, segundo Pionçano *et al.* (1981), os seguintes tipos de terreno: Colinas Médias e Amplas (Cma), seguidas de Planícies Fluviais (Pf). O Instituto Geológico (Pires Neto *et al.*, 1993) define o local como Terreno Colinoso Suavemente Ondulado e Planícies Fluviais.

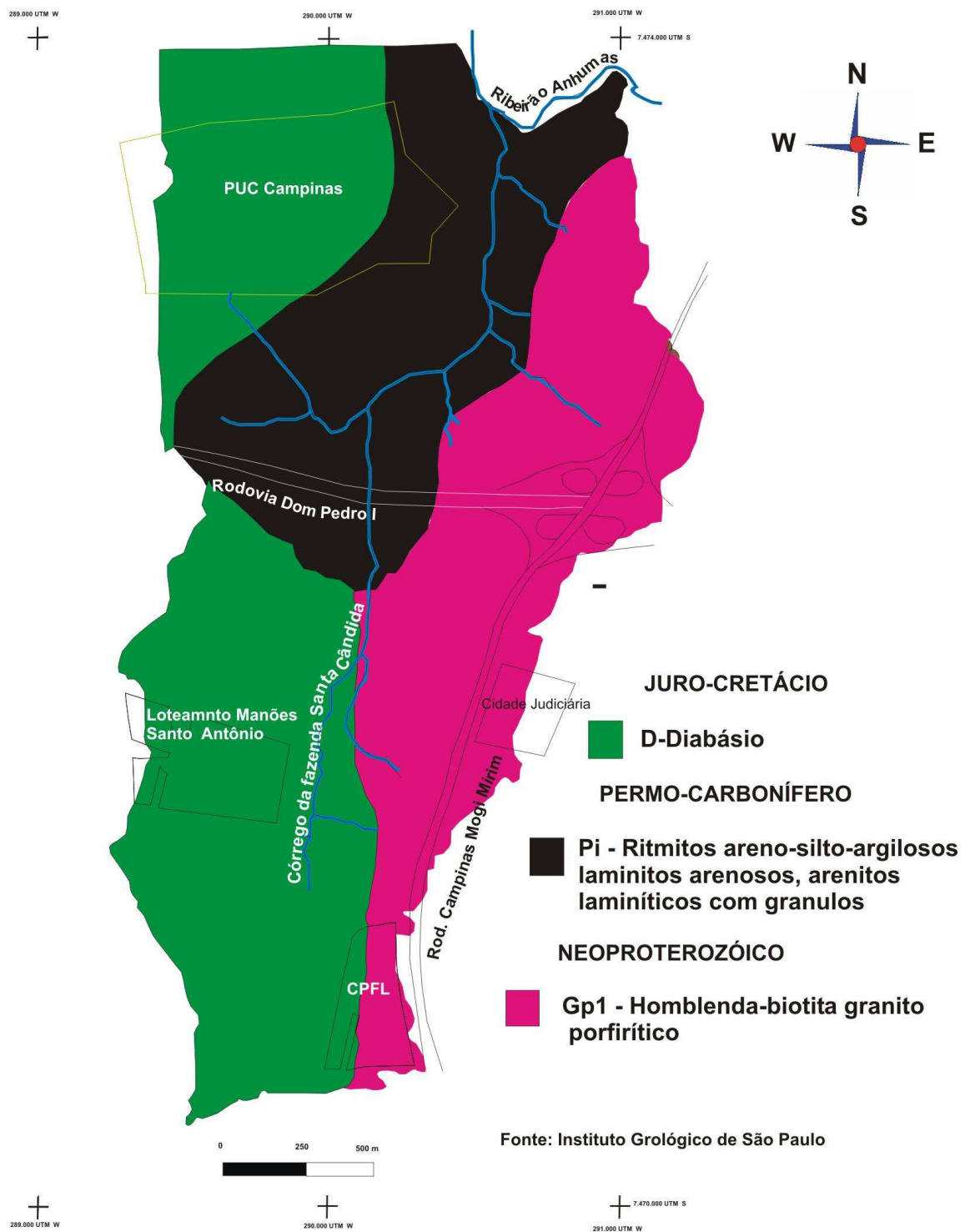


Figura 2. Mapa geológico simplificado da área de estudo, segundo levantamento realizado pelo Instituto Geológico de São Paulo (IG, 1999).

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1. Mapa de Uso e Ocupação do Terreno

O mapa de uso e ocupação do terreno foi elaborado a partir de imagens do satélite Ikonos (Google, 2005). As imagens foram tratadas no Photo Shop 5.5, georeferenciadas e processadas no AutoCAD 2005, Corel Draw 12 e integradas em SIG por meio do ArcMap 9. Foram classificados e identificados alguns atributos para compor esse tema: empresas que passaram por irregularidades ambientais (CETESB, 2002), corpos d'água, área de preservação permanente, área de disposição irregular de resíduos, área urbanizada e solo coberto por vegetação.

A apresentação do Mapa de Uso e Ocupação do Terreno teve como objetivo qualificar sua diversidade ocupacional. Para tanto, manteve-se a imagem integral da área, apenas identificando alguns pontos importantes, tais como: APP, curso d'água, áreas com disposição irregular de resíduos, indústrias com irregularidades ambientais, limites da microbacia hidrográfica e outras referências. A quantificação areal de cada tipo de uso e ocupação, usual para cruzamentos de "layers" e outros estudos, não foi objeto desse trabalho.

Foram comentadas as conseqüências no processo de uso e ocupação advindos da interferência da administração pública, da implementação dos equipamentos urbanos (sistema viário e redes de drenagem), as características geomorfológicas e as peculiaridades da área. As classes de uso e ocupação adotadas foram: classe residencial, indústria e comércio, serviços, terrenos baldios, áreas potencialmente verdes e praças, vias de transporte, APP e corpos d'água.

6.2. Modelo Digital de Elevação do Terreno e Sub-bacias

O modelo digital de elevação do terreno (MDET) proporcionou a definição de características morfológicas das sub-bacias. Elas são importantes para definir a malha de drenagem preferencial da microbacia e, conseqüentemente, sua influência no controle na dispersão de material, via escoamento de água superficial. Os passos para elaborar um MDET podem ser encontrados no Anexo I. As sub-bacias foram obtidas automaticamente, a partir do MDET.

Os mapas cartográficos utilizados neste trabalho foram baseados nas seguintes fontes: carta da Prefeitura Município de Campinas de 1982 (PMC, 1982) baseada na reconstituição de levantamento aerofotogramétrico (escala 1:2000); e base digital da Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A (SANASA), contendo as quadras residenciais e redes de distribuição de água e esgoto. A integração das informações de interesse contidas nesses mapas foi realizada por meio do programa Idrisi 32 e ArcMap 9.

6.3. Classificação de Solos

Os solos da área foram classificados, segundo o método que descreve a morfologia dos horizontes, até o limite de 2,0 m de profundidade. Detalhes do método podem ser encontrados em Lemos (1996). A classificação foi denominada conforme manual da EMBRAPA (1999). A classificação física dos solos visou estabelecer uma diferenciação qualitativa entre as manchas, e não determinar parâmetros físicos e hidráulicos, para modelagem hidrogeológica, e nem caracterizá-lo com enfoque agrícola para fertilidade.

6.4. Amostragem de Sedimentos e Parâmetros Físico-Químicos Associados

A coleta de sedimentos de corrente superficiais foi realizada em dez sítios de amostragem, distribuídos na microbacia do córrego da fazenda Santa Cândida (agosto de 2004), desde a sua nascente até a foz no ribeirão das Anhumas (Figura 1). Cada sítio de coleta foi representado por uma área de $\sim 4 \text{ m}^2$, dentro da qual, várias porções superficiais (0-5 cm de profundidade) compuseram uma amostra final (amostragem randômica). As amostras continham, aproximadamente, 3,0 kg e foram coletadas com pás de plástico e acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados.

A localização dos sítios foi escolhida, estrategicamente, em função da posição das potenciais fontes contaminantes da área de estudo, como indústrias com passivos ambientais e outras com uso e ocupações correlacionados a elementos de interesse.

No laboratório, os sedimentos de corrente foram dispostos em bandejas plásticas, e secos a temperatura ambiente. Posteriormente, cada amostra foi homogeneizada e peneirada em malha de nylon com 0,063 mm de abertura (63 μ m). A análise química multi-elementar foi realizada em alíquota dessa fração.

Nos locais de amostragem de sedimentos, foram medidos parâmetros físico-químicos da água fluvial, como pH, Eh, temperatura, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido (OD) e sólidos totais dissolvidos (STD). Utilizou-se para tal um equipamento Horiba U22, calibrado previamente com solução tampão de pH 4, para medida dos parâmetros da água. Os procedimentos para a calibração do equipamento podem ser encontrados em Andreazzini (2005). Os parâmetros foram obtidos *in situ*, na água corrente, para cada estação de coleta de amostra. Quando houve instabilidade na leitura de alguns parâmetros, a água foi colocada em um recipiente para aquisição dos dados.

6.5. Amostragem de Solos

Na amostragem de solos, utilizou-se ferramenta plástica, após limpeza do local. Procurou-se coletar a camada superficial original (locais menos afetados pela urbanização – “topsoils”) que cobrisse toda a área de estudo (Figura 1). Com essa sistemática, almejou-se caracterizar mais os contrastes geoquímicos antropogênicos (e.g. contribuições da atmosfera, erosões e outras transformações) do que os geogênicos, cujos contrastes estão, em geral, em subsuperfície (Licht, 1998). Quarenta e três amostras foram coletadas em dezembro de 2004, correspondendo a uma amostra para cada 0,1 km², aproximadamente. Essa densidade de amostragem foi suficiente para representar todos os tipos de solos presentes na área e os setores historicamente apontados como contaminados (CETESB, 2002).

As amostras de solos foram acondicionadas em sacos de polietileno etiquetados. Após a secagem sob bandeja plástica e em temperatura ambiente, as mesmas foram desagregadas e peneiradas com malha plástica de 2 mm. A fração < 2 mm foi homogeneizada, quarteada a uma alíquota de ~100 g e pulverizada em moinho de bolas (ágata) até a granulometria < 0,063 mm. Esses procedimentos

adotados são correntes na literatura (Sanchez-Camazano *et al.*, 1994; Mielke *et al.*, 1999; Manta *et al.*, 2002; Peltola & Åström, 2003; Wong & Li, 2004).

Em paralelo à amostragem de superfície, foram coletados cinco perfis de solos, representativos das rochas que compõem a área de estudo: diabásio (dois perfis), ritmito e granito. Neste caso, as coletas ocorreram em locais afastados dos possíveis pontos de contaminação (indústrias, ocupação urbana). Este tipo de amostragem objetivou identificar valores geoquímicos de referência da área (valores geogênicos), imprescindível na interpretação de possíveis heterogeneidades geoquímicas no solo.

6.6. Procedimentos Analíticos

A fração inferior a 0,063 mm das amostras de sedimentos e as amostras totais dos solos foram então submetidas à análise química multi-elementar no Laboratório ALS CHEMEX (Vancouver, Canadá). O procedimento analítico consistiu da digestão de 0,5 g de amostra em solução multi-ácida (ácidos nítrico, perclórico e fluorídrico) a uma temperatura de 90 °C (microondas), durante 2,5 horas. Após esfriar, o material foi diluído com solução de HCl diluído. Particularmente para análise de Hg, uma alíquota da amostra foi digerida em água régia e diluída em solução de HCl. A concentração do Hg foi determinada por vapor a frio em um espectrômetro de absorção atômica (AAS). Os demais elementos de interesse (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Rb, Sb, Sn, Se, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Ta, U, V, W, Y, Zn e Zr) foram analisados por ICPAES ou ICPMS, neste último caso, quando a concentração do elemento foi inferior ao limite de detecção instrumental da ICPAES (e.g. Ag, As, Bi, Cd, Ga, Sb e Ta). Brancos analíticos, materiais de referência (CANMET STSD-4 e CANMET LKSD-3) e quatro duplicatas de amostras da área de estudo foram analisados para o controle da qualidade analítica. Os erros (diferenças percentuais relativas) associados às análises foram inferiores a 10%, levando-se em conta que diferenças de até 30% são consideradas satisfatórias, para controles analíticos de alguns elementos-traço (USEPA, 2001).

O conteúdo de matéria orgânica nos sedimentos e solos foi calculado com base na perda de massa por aquecimento em mufla a 550 °C (LOI – perda ao fogo), conforme Anexo II. Este procedimento apresentou boa reprodutibilidade (diferenças percentuais relativas às duplicatas menores que 5%) e tem se mostrado funcional para estimar o conteúdo de material orgânico, comparável a outros métodos (EMBRAPA, 1999; Heirl *et al.*, 2001).

6.7. Forma de Análise dos Dados

Na avaliação das heterogeneidades dos dados geoquímicos, foram utilizados coeficientes de variação ($CV = \text{desvio padrão} / \text{média}$) e fatores de enriquecimento (FE). No caso dos sedimentos, apenas o CV foi adotado, devido à ausência, até o momento, de valores de referência locais para o cálculo do FE, possível no caso dos solos. Os fatores de enriquecimento foram calculados de acordo com a fórmula:

$$FE = (C_i/C_R)_{\text{amostra}} / (C_i/C_R)_{\text{background}},$$

onde C_i é a concentração de um dado elemento e C_R , a concentração de um elemento de referência (normalizador). Este fator foi adotado por Luiz-Silva *et al.* (2005), baseado na equação de Gresens (1967), em estudo de sedimentos. O FE quantifica a concentração de um dado elemento em função de um referencial, no caso, os teores em solos sem (ou com influência desprezível) de aporte antrópico. O uso de um elemento normalizador nos cálculos visa minimizar os efeitos petrogenéticos (variabilidades na mineralogia e granulometria, por exemplo) que podem, de forma natural, modificar a concentração dos elementos. Vários elementos têm sido adotados para tal propósito, incluindo Al, Li, Ti, Zr, entre outros (Thornton, 1983). Os elementos mais indicados para normalizadores neste estudo são discutidos abaixo.

O grau de associação entre os elementos químicos foi discutido com base em coeficientes de correlação e análises de agrupamento. Os dados geoquímicos, particularmente os dos elementos mais anômalos, foram disponibilizados na forma de perfis e mapas.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1. Geologia

Esse trabalho não teve como objetivo a análise da geologia local, que foi baseada no mapa geológico do Instituto Geológico (IG, 1999), apesar da grande importância litológica na configuração geoquímica dos solos, conforme discussão abaixo. Entretanto, cabe registrar, que os trabalhos de campo de levantamento de solos apontaram uma área para os ritmitos menor do que aquela dimensionada pelo IG (1999). Uma das razões para o fato pode ser o escorregamento de material, provocando a formação de solos alóctones (e.g. solos derivados de diabásios cobrindo ritmitos), ou incompatibilidade de escalas (a escala deste trabalho de mestrado é mais detalhada).

7.2. Configuração das Sub-bacias

Com base no modelo digital de elevação do terreno, cujo ano base é de 1982 (Figura 3), foram caracterizadas 56 sub-bacias na área do córrego da fazenda Santa Cândida, apresentadas na Figura 4. A área de cada sub-bacia variou de 0,015 a 0,23 km² (1,5 a 23 ha).

O mapa de uso e ocupação do terreno (ano base 2003) é mostrado na Figura 5. Observações em campo mostraram que o uso do terreno (e.g. cortes e aterros) modificou, na maioria dos casos, a configuração natural das drenagens das sub-bacias, que foi mantida quando próxima ao vale principal, devido à área de preservação permanente, com algumas exceções (aterros irregulares). Nas partes mais elevadas da topografia, estas sub-bacias foram totalmente descaracterizadas.

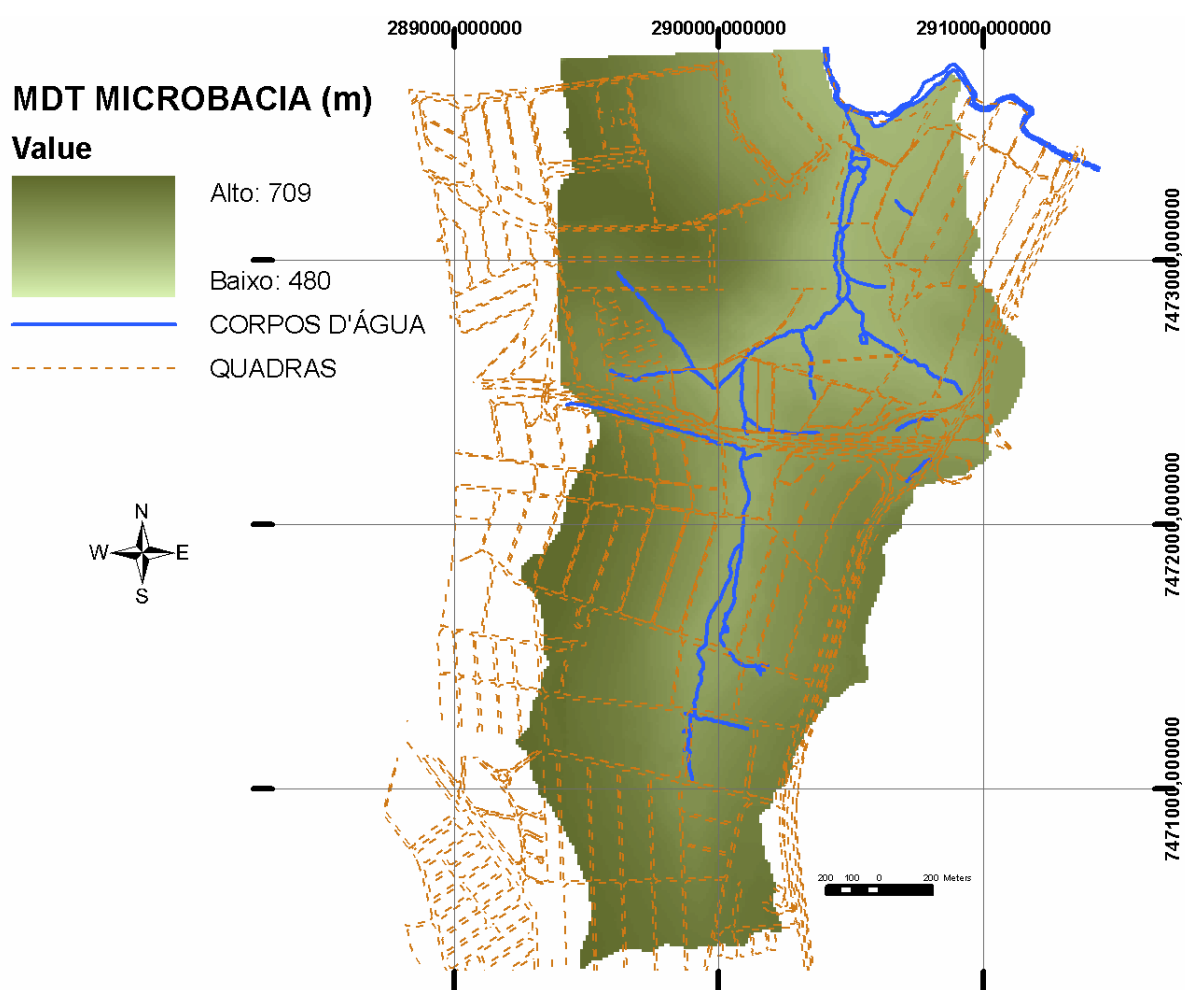


Figura 3. Modelo digital de elevação do terreno, baseado em mapas hipsométricos (PMC, 1982).

Comparando as Figuras 4 e 5, nota-se que as sub-bacias 32, 40, 48, 49, 50, 51, 53, 55, 56, 57 e 59 são as mais impactadas pela ocupação urbana, com toda sua superfície original alterada. Por outro lado, a grande maioria das sub-bacias teve sua área afetada parcialmente e apenas as sub-bacias 7, 10, 11, 15 e 16 foram pouco ou nada afetadas. Estas constituem as áreas da PUC-Campinas e da fazenda Santa Cândida, com predomínio de vegetação (praticamente gramíneas).

7.3. Uso e Ocupação do Solo

A área de toda a bacia de estudo possui urbanização amplamente consolidada, subdividida em quadras pelo arruamento estabelecido. O uso efetivo da área, com 81 quadras ao todo, excluindo os terrenos baldios e áreas potencialmente verdes, foi dominado por construções horizontais com 49 quadras (chácaras e terrenos residenciais com 250 a 1000 m²), seguida de 13 quadras com construções maiores (barracões industriais), 12 quadras com barracões associados a chácaras e terrenos, duas quadras com construções verticais (edifícios) e cinco quadras com edifícios associados a barracões. Predominaram na área o uso e ocupações residenciais, seguido do industrial, serviços e agrícola.

Algumas das peculiaridades da área, da bacia do córrego da fazenda Santa Cândida, são as manchas de ocupação com sistematização incompleta, associadas aos usos da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC), da fazenda Santa Cândida e da APP muito pressionada pela urbanização. Apesar da forte humanização, a área possui apenas uma praça e outros três espaços com potencial para se constituir esse equipamento de lazer. Os espaços cultivados também são escassos, com exceção dos pomares domésticos e quatro hortas em atividade.

Um fator geomorfológico importante que interferiu na dinâmica urbanística foi o Aspecto, que concorda com Guedes (1998). As vertentes com orientação ou aspecto norte possuem as áreas de ocupação mais antigas e são hoje as mais povoadas, como o caso das áreas próximas à Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL). A geologia não interferiu no processo de urbanização, apesar de ser uma zona de contato geológico, pois não causou nenhuma unidade de relevo desfavorável ao processo de ocupação na bacia.

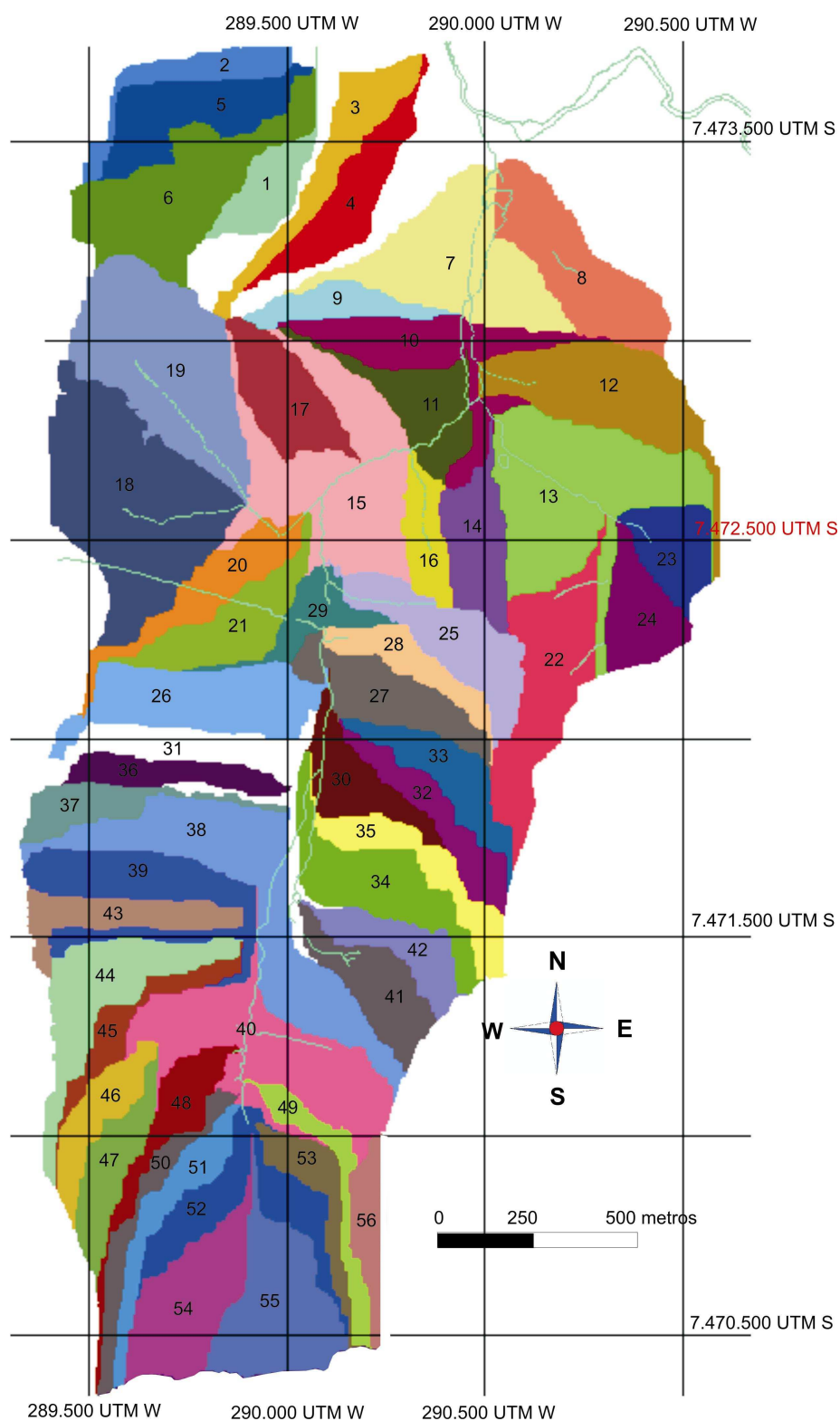


Figura 4. Sub-bacias (1 a 56) da área do córrego da fazenda Santa Cândida, delimitadas por meio automático no SIG Idrisi, a partir da carta hipsométrica (PMC, 1982).

Áreas de vocação agrícola (solos férteis) sofrem ocupações recentes, como áreas de vertentes sul e áreas sedimentares de inundação, com aterros seguidos de construções. As construções e o arruamento, atrelados ao baixo declive, suprimiram a erodibilidade do Argissolos e Latossolos Vermelho-Amarelos, através da artificialização da drenagem natural. Porém, os processos urbanos, com seus ritmos intensos e fluxos acelerados, alteram as condições físico-químicas e ecológicas do meio. Associados aos diferentes tipos de uso do solo, estão seus inúmeros elementos, compostos químicos (grandes fluxos de massa), diminuição do espaço para vida (comunidades mais estáveis de animais) e sucessão vegetal.

O território estudado sofre com a ingerência, má gestão e o descaso das instituições públicas e fiscalizadoras do meio ambiente. Competências sobrepostas, sem um banco de dados organizado de suas ações, levam o poder público ao desrespeito da legislação (ex.: Código Florestal e a legislação de uso e ocupação do solo), o que deveria manter a integridade do meio ambiente.

Não basta ampliar o número de áreas de conservação, como expõe o PD de 1996, sem melhorar a abrangência da abordagem do planejamento territorial, isto é, seus objetivos, métodos e técnicas para o planejamento e gestão no âmbito municipal (Guedes, 1998).

7.3.1. Ocupação Residencial

O uso residencial, composto de casas e condomínios, é o mais expressivo na área de estudo. Ele contém a estrutura física da moradia (casa ou edifício) e suas adjacências, como áreas verdes ou potenciais (pomares, jardins, hortas e quintais), fossas, lagos, piscinas, cacimbas, áreas impermeabilizadas, poços e redes de água, esgoto, eletricidade, pluvial e de comunicação. Dentre as estruturas citadas, as fossas, áreas verdes e as áreas impermeabilizadas são as que mais interferem nos processos de renovação do patrimônio natural. As fossas representam um iminente problema de contaminação do solo, sedimentos e da água, seja por patógenos ou compostos químicos.



Figura 5. Mapa de uso e ocupação do terreno da área de estudo (Fonte: Google Local, 2005).

As áreas verdes colaboram para renovação do solo, da água e dos nutrientes para as plantas e animais, diferentemente, das áreas impermeabilizadas que impedem a infiltração da água, a sucessão vegetal, a renovação do solo, o ciclo dos nutrientes e propiciam enchentes.

O processo de afastamento de esgotos, previamente planejado, só ocorreu no Jardim Professora Tarcila, uma vila antiga de casas populares da década de 1970. Na parte mais nobre do bairro Chácaras Primavera, o afastamento do esgoto ocorreu no final da década de 1990. No restante da bacia, como no Loteamento Mansões Santo Antônio, Jardim Santa Cândida, PUC (Pontifícia Universidade Católica) Campinas e nos bairros ao norte da Rodovia Dom Pedro I, existem planos de afastamento para o ano (2006), o qual será conduzido para a Estação de Tratamento de Esgotos do Ribeirão das Anhumas.

Culturalmente alguns hábitos locais prejudicaram o ambiente, como as ligações clandestinas de esgoto na rede pluvial. Outra prática comum nas áreas residências, pelo menos até a sistematização da coleta de lixo, era enterrar todos os resíduos em valas e poços. A APP sofre até hoje com a disposição irregular de resíduos diversos, utilizados para aterrizar e descaracterizar, a fim de canalizar o curso d'água e promover obras de engenharia civil.

É o uso e a ocupação que representou o maior risco para o meio físico de maneira geral. Além dos casos já relatados pela CETESB em seus processos, existem outros empreendimentos potencialmente contaminantes, como postos de combustível, oficinas (mecânicas e lanternagem), concessionárias de veículos, aterros irregulares, indústrias de alimentos, indústrias metalúrgicas e outros tipos de uso.

Em geral, no mesmo contexto residencial, os espaços destinados aos serviços representaram o terceiro lugar em magnitude de ocupação da área de estudo. Possuem demandas ambientais semelhantes às residenciais, apesar de serem, em sua maioria, de uso diurno por um número maior de pessoas.

7.3.2. Terrenos baldios

Os terrenos baldios ocupam uma parcela significativa da bacia e estão presentes na maioria das quadras. Possuem solo coberto por gramíneas, essencialmente, e arbustos.

7.3.3. Áreas Potencialmente Verdes e Praças

Espaços, que legalmente não teriam outro destino senão a ocupação pela vegetação, como as áreas de preservação permanente e as praças, estão sendo paulatinamente ocupados pelo uso comercial. Das quatro praças existentes na bacia, duas não possuem um projeto urbanístico e a maior está sob uso de empresas (estacionamentos e comércio). A única que tem um fim adequado é a do Jardim Professora Tarcila, implementada com seu conjunto habitacional.

Na área da bacia, os grandes espaços verdes são os da Fazenda Santa Cândida e os da PUC. Estes possuem um grande potencial para se tornarem espaços vegetados, embora sejam realidades a expansão de condomínios residenciais no primeiro e as ampliações de instalações de ensino e estacionamentos de veículos no segundo.

7.3.4. Vias de Transporte Auto Pistas, Ruas, Avenidas e Caminhos

As vias de transporte encontram-se sistematizadas por toda área de estudo e em menor grau nas áreas potencialmente verdes. O sistema viário favorece a emissão de poluentes (particulados residuais e poeira na atmosfera) com o trânsito de veículos. São obras de engenharia com revestimento asfáltico e sistemas de drenagem impermeáveis, que podem contribuir, em caso de acidente com cargas perigosas, para a dispersão de contaminantes nos cursos d'água.

O tráfego mais intenso ocorre na Rodovia Dom Pedro I, que cruza ao meio a bacia de estudo, e na Rodovia Engenheiro Miguel Noel Nascentes Burnier (Campinas - Mogi Mirim), localizada no divisor de águas leste da área. Esses corredores induzem a implementação da industrialização, do setor de serviços e da urbanização (Frischenbruder, 2001; e.g. indústria de alimentos, shopping center e Estação de Tratamento de Efluentes das Anhumas).

7.3.5. Área de Preservação Permanente – APP

Definida como área de vegetação intocada pelo Código Florestal, a área de preservação permanente (50 m de largura ao redor das nascentes e lagos, topos de morros e 30 m ao longo dos cursos d'água) não é reconhecida de fato pela população e sofre muitas pressões. Na área de estudo, parte do fundo do vale principal encontra-se canalizada bem como a maioria das nascentes dos cursos tributários. A flora, que deveria estar cumprindo sua função ambiental, suportando a fauna e propiciando a dinâmica cênica do meio, é incipiente. Hoje ela é composta por fragmentos dispersos com vegetação predominante exótica. Sofre com os aterros irregulares para expansão de construções, possui edificações civis em seus limites, além de outros usos irregulares como as próprias vias de transporte.

Os espaços que circundam os cursos d'água ainda são os mais vegetados, da microbacia, com resquícios de vegetação nativa e muitas plantas exóticas. A APP agrega também em seus limites as oito áreas de disposição irregular de resíduos diversos.

7.3.6. Corpos D'água

Os corpos d'água são os maiores receptores ambientais de toda atividade e processos, que por ventura venham a afetar as condições do meio da bacia hidrográfica. Devido a sua condição homeostática, a água pode ocupar toda a matriz porosa do solo e subsolo. Isso faz com que o aquífero livre sirva de depósito para todos os resíduos anômalos da atividade antrópica e geogênica. Fato que pode ser verificado nos monitoramentos de cacimbas e poços do loteamento Mansões Santo Antônio e Jardim Santa Cândida (CETESB, 2002), assim como nos resultados analíticos de sedimentos de corrente, constantes nesta dissertação de mestrado.

Efluentes domésticos e industriais impactam diretamente esse sistema delicado, afetando sua fauna, os parâmetros físico-químicos e causando

eutrofização. A bacia não sofre com enchentes, mas possui deslizamentos e alteração da configuração do curso d'água com a intensidade da concentração das águas das chuvas.

7.4. Parâmetros Físico-químicos do Ambiente Sedimentar

Os dados físico-químicos do córrego da fazenda Santa Cândida encontram-se na Tabela 1. A legislação vigente enquadra este córrego como pertencente à Classe 2, segundo o decreto estadual Nº 10.755, de 22 de novembro de 1977. Pode-se averiguar que as condições do córrego, conforme descrito na resolução do CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, estão fora de algumas especificações, tais como a presença de materiais flutuantes, óleos, substâncias que comunicam odor, corantes, resíduos sólidos objetáveis e coliformes fecais, possivelmente (constatações visuais). Com base na Tabela 1, observou-se que o pH apresentou uma estabilidade próxima à neutralidade (entre 7,1 e 7,3), permanecendo dentro dos parâmetros estabelecidos pelo CONAMA-357 (pH 6,0 a 9,0).

Tabela 1. Parâmetros físico-químicos da água corrente nos sítios de coleta dos sedimentos da área de estudo.

Sítio de Amostragem	pH	Condutividade Elétrica (ms/cm)	Turbidez UTM	Oxigênio Dissolvido (g/L)	Temperatura (°C)	Sólidos Totais Dissolvidos (g/L)	Potencial Redox (mV)
SED 1	7,1	56	60	2,6	20,8	0,36	165,94
SED 2	7,1	60	85	2,5	20,9	0,39	145,87
SED 3	7,1	59	75	1,5	20,9	0,39	119,87
SED 4	7,2	60	60	2	20,3	0,39	133,29
SED 5	7,2	63	87	3,5	19,8	0,39	220,64
SED 6	7,2	58	95	2,1	20,1	0,37	156,43
SED 7	7,2	57	118	6,1	20,7	0,36	206,55
SED 8	7,2	53	70	4,7	20,4	0,34	159,2
SED 9	7,1	55	9,6	3,5	15,15	0,35	131,4
SED 10	7,3	44	54	5,8	18,4	0,29	233,12

O oxigênio dissolvido (OD) variou entre 1,5 e 6,1 g/L, encontrando-se regular apenas no SED 7 (6,1 mg/L, devido à canalização do córrego sob a rodovia Dom Pedro I e/ou à contribuição de um afluente) e irregular (abaixo do valor da referência) no SED 1 (2,3 fatores abaixo do valor de referência), SED 2 (2,4), SED 3 (4), 4 (3), SED 5 (1,7), SED 6 (2,9), SED 8 (1,3), SED 9 (1,7) e SED 10 (1,03

fatores), com relação ao padrão CONAMA-357 (6 mg/L). É evidente o efeito da carga do efluente doméstico na oxigenação do córrego, até o SED 3 e o no SED 8. A oxigenação diminui em seguida, a jusante, devido à contribuição de afluentes menos poluídos e à turbulência do trajeto. Já no SED 6, o OD voltou a diminuir, após receber efluente de uma lavanderia e de uma galvanoplastia, e melhora em seguida na SED 7.

Os sólidos dissolvidos ficaram entre 0,29 e 0,39 g/L, abaixo do limite CONAMA-357 (0,5 g/L).

A turbidez variou entre 9,6 e 118 UNT ao longo da drenagem investigada. O SED 9, em um afluente do córrego principal, foi o único local que ficou abaixo do limite de turbidez (40 UNT) estabelecido pelo CONAMA-357. A turbidez aumentou, após o SED 5, devido ao recebimento do efluente de uma lavanderia industrial, e no SED 7 (3 fatores acima da referência do CONAMA-357).

O potencial redox oscilou entre 119,87 e 233,11 mV. O SED 7 e 10 foram, na média, os que apresentaram maiores contrastes em relação aos demais, nos valores de condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e potencial redox. Estes sítios localizam-se após as contribuições de nascentes aparentemente não afetadas por atividades antrópicas. Este fato deve estar proporcionando uma melhor oxigenação da água e recuperação do potencial redox (alcançando condições oxidantes), que contrasta com níveis levemente redutores nos demais sítios de amostragem.

Em geral, a obtenção dos valores de turbidez e potencial redox foi prejudicada pela instabilidade instrumental (oscilações durante as medições). Assim, os dados referentes a esses parâmetros são valores indicadores ou comparativos e não absolutos, por terem seu equilíbrio muito lento.

7.5. Geoquímica de Sedimentos

A Tabela 2 apresenta os resultados da geoquímica multielementar de sedimentos de dez sítios de amostragem (10 amostras), ao longo do córrego da

fazenda Santa Cândida em agosto de 2004, além dos teores de matéria orgânica (LOI). Uma estatística descritiva envolvendo todos os dados também é mostrada (média, desvio padrão, intervalo e coeficiente de variação). De acordo com Licht (1998), o coeficiente de variação (CV) pode ser bom indicativo da heterogeneidade nas concentrações dos elementos. Valores de CV menores que 0,3 indicam, em geral, distribuição normal ou, aproximadamente, normal dos dados, e sugerem a ausência de anomalias (teores mais homogêneos). Para valores do CV especialmente maiores que 0,8, a distribuição fortemente assimétrica (heterogeneidade nos dados) sugere anomalias geoquímicas mais significativas. Por outro lado, uma faixa de valores do CV entre 0,4 e 0,7 não permite qualquer conclusão (Koch & Link, 1971). Dentre os elementos avaliados neste trabalho, aqueles com baixa variação nos sedimentos ao longo da drenagem (CV entre 0,15 e 0,3) foram In, Al, Ga, Sr, Pb, Ta, U, Se, Ge, Ce, Nb, Fe, As, Zr, La, Hf, Ba, Co, e V, acompanhados de perto (CV entre 0,31 e 0,38) por Y, LOI, Sb, Th, Na, Ti, Mn, Li, Cu, W, além de Be (CV = 0,41) e Tl (CV = 0,42). Variações mais significativas foram encontradas nas concentrações de 15 elementos (Mg, Cr, Sn, Ca, K, Zn, Ag, Mo, Cs, Ni, Rb, Cd, P, Hg e Bi), com CV entre 0,62 e 1,19. Dentre estes elementos, Cd, P, Hg e Bi apresentaram concentrações fortemente heterogêneas, com CV > 0,9.

A comparação da concentração dos elementos analisados (Tabela 2) com a média global dos folhelhos pode ser um exercício interessante na identificação de possíveis anomalias geoquímicas. A utilização dos folhelhos é pertinente, porque se empregou, neste estudo, a fração fina dos sedimentos (silte-argila), matéria prima primordial dos folhelhos (nos quais predomina a fração argila). Tomando como referência o número de fatores acima da média composicional dos folhelhos, os elementos investigados mais fortemente anômalos foram Ag (43 fatores), Bi (20), P (13), Zn (11), Cd (7,8), Cu (6), Se (5), Sn (4,6), Hg (4,2) e Th (4,2). Com exceção de Se, Cu e Th, estes elementos estão entre aqueles que apresentaram CV elevados, o que corrobora a presença de anomalias.

Tabela 2. Geoquímica de sedimentos fluviais de superfície (fração < 0,063 mm) da área de estudo (amostragem em agosto/2004) e a estatística descritiva computando os dez sítios de amostragem. As concentrações estão em mg/kg, quando não especificadas. Os teores de matéria orgânica também são mostrados. CV significa coeficiente de variação e s significa desvio padrão.

Elementos (mg/kg)	SED 1	SED 2	SED 3	SED 4	SED 5	SED 6	SED 7	SED 8	SED 9	SED 10	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO	C V	± S
Al %	7,32	7,15	5,05	4,76	7,58	4,85	5,84	6,17	7,15	5,75	4,76	6,21	7,58	0,18	1,14
Ca %	1,54	1,12	2,15	1,31	0,38	0,53	2,66	0,69	0,6	0,56	0,38	1,22	2,66	0,64	0,78
Fe %	3,97	3,26	4,53	4,03	4,59	6,15	4,51	6,52	5,66	4,17	3,26	4,80	6,52	0,23	1,08
K %	0,46	0,27	0,37	0,33	2,33	0,92	0,39	1,50	0,98	1,34	0,27	0,84	2,33	0,83	0,69
Mg %	0,31	0,22	0,34	0,23	1,06	0,35	0,33	0,7	0,45	0,25	0,22	0,44	1,06	0,61	0,27
Na %	0,09	0,05	0,11	0,09	0,19	0,12	0,11	0,17	0,12	0,12	0,05	0,12	0,19	0,36	0,04
Ti %	1,43	1,23	1,54	1,12	0,54	0,88	1,38	1,75	1,29	0,58	0,54	1,24	1,75	0,29	0,4
LOI %	10,6	15,1	13,2	13,9	21,3	8,6	8,5	8,7	13	12,9	8,5	12,54	21,3	0,33	4,13
Ag	0,28	0,38	0,49	2,84	1,66	2,29	0,74	2,14	3,03	0,2	0,3	1,54	3,03	0,71	1,09
As	4,6	4,3	4,5	5,5	6,6	3,3	5,2	5,5	5,7	7,9	3,3	5,0	6,6	0,19	0,96
Ba	370	260	290	300	580	540	330	490	410	570	260	397	580	0,3	115,97
Be	2,02	2,1	1,42	1,16	4,14	1,79	1,53	2,53	2,19	1,3	1,16	2,10	4,14	0,42	0,88
Bi	0,28	0,64	0,6	0,66	0,42	0,24	2,52	0,34	0,34	0,15	0,24	0,67	2,52	1,06	0,71
Cd	0,18	0,19	0,28	0,54	1,52	2,25	0,29	1,7	2,34	0,23	0,18	1,03	2,34	0,88	0,9
Ce	154	119,5	166	160	131	115,5	166,5	175	139	216	115,5	147,39	175	0,15	21,8
Co	13,8	11	14,5	17,4	19	24,6	14,4	22,4	20,5	10,2	11,0	17,5	24,6	0,26	4,48
Cr	48,0	46	47	43	174	114	41	153	129	29	41	88,3	174	0,61	53,92
Cs	1,74	1,82	1,24	1,23	8,72	2,52	1,36	5,13	3,27	2,28	1,23	3,00	8,72	0,8	2,49
Cu	156	122,5	139	207	184,5	269	193	243	239	54,5	122,5	194,78	269	0,26	49,86
Ga	24,4	23,5	18,9	16,95	28,8	17,3	20,5	23,9	24,9	20	16,95	22,13	28,8	0,18	4,0
Ge	0,29	0,23	0,33	0,34	0,42	0,39	0,35	0,45	0,35	0,44	0,23	0,35	0,45	0,19	0,07
Hf	6,7	5,7	6,8	7,1	3,7	4,9	6,7	6,1	5,9	10,2	3,7	5,96	7,1	0,18	1,09
Hg	0,13	0,44	0,68	0,32	0,15	1,67	0,65	0,11	0,25	0,06	0,11	0,49	1,67	1,01	0,49
In	0,09	0,08	0,08	0,06	0,08	0,07	0,08	0,08	0,09	0,05	0,06	0,08	0,09	0,12	0,01
La	59	46,1	66,8	64,5	59,8	46,4	65,1	79,7	56,6	100,5	46,1	60,44	79,7	0,17	10,43
Li	24	21	14,6	11,3	38,8	15,6	16,1	24,4	19,7	17,7	11,3	20,61	38,8	0,39	8,1
Mn	438	340	501	392	358	842	469	686	486	296	340	501,3	842	0,33	163,54
Mo	1,81	1,67	2,47	2,93	1,76	8,83	2,34	7,6	5,99	1,4	1,7	3,93	8,83	0,71	2,78
Nb	32,4	27,9	33,5	25,4	20,3	21,1	33,9	33,4	28,5	19	20	28,49	33,9	0,19	5,31
Ni	25,5	24,2	24,1	369	204	187	26,9	143,5	113	18,1	24,1	124,1	369	0,94	117,24
P	1330	1140	1610	1670	1360	9150	1700	2080	1640	1300	1140	2409	9150	1,06	2542,22
Pb	48,8	39,3	40,5	45,9	36,9	28,5	45,9	48	34,1	34,8	28,5	40,88	48,8	0,17	6,91
Rb	26	18,2	21,7	22	176,5	65,6	23,5	111,5	69,5	102,5	18,2	59	176,5	0,91	54,19
Sb	0,86	0,91	1,35	1,63	1,36	0,72	1,72	1,15	0,93	0,81	0,72	1,18	1,72	0,30	0,35
Se	2	2	3	2	2	2	3	3	2	2	2	2	3	0,21	0,50
Sn	5,9	7	10,5	13,3	9,8	6,9	9,2	27,3	8,9	5,5	5,9	10,98	27,3	0,59	6,51
Sr	93,1	68,2	97,1	70,8	88,9	69,3	109,5	76,6	68,4	85,9	68,2	82,43	109,5	0,18	15,19
Ta	1,96	1,72	1,91	1,54	2	1,21	1,93	2,01	1,71	1,26	1,21	1,72	2,01	0,15	0,27
Th	33,3	26,5	40	35,9	21,1	19,1	38,3	38,4	21,7	50,9	19,1	30,48	40,0	0,28	8,38
Tl	0,29	0,27	0,28	0,4	0,96	0,42	0,3	0,63	0,48	0,63	0,27	0,45	0,96	0,50	0,23
U	4,1	3,3	4,2	4,4	3,8	2,6	4,3	4,1	3	4,8	2,6	3,76	4,4	0,17	0,64
V	172	145	185	130	121	151	169	241	235	80	121	172	241	0,2	42,49
W	1,2	1,3	1,2	2,4	2,6	1	1,3	1,9	1,5	2,9	1	1,60	2,6	0,36	0,57
Y	22,6	19	20,3	20,4	44,4	23,6	21,7	36,5	32,2	32,8	19	26,74	44,4	0,33	8,88
Zn	152	167	244	317	626	1010	239	703	704	110	152	462	1010	0,66	305,21
Zr	189,5	159,5	188	196	95,1	142,5	184	168	166,5	266	95,1	165,46	196	0,19	31,39

Uma comparação dos resultados desta dissertação com dados de estudos em áreas de proteção ambiental é mostrada na Tabela 3. DePaula & Mozeto (2001) analisaram os teores de alguns metais em sedimentos de fundo da bacia do rio Capivari, localizada na reserva biológica da Praia Grande do Sul (Ilha Grande, RJ), e Salomão *et al.* (2003) analisaram sedimentos de corrente de pequenas drenagens em reservas ambientais do Estado de São Paulo (reservas de Intervales, Morro do Diabo e Vassununga). De acordo com estes autores, os valores geoquímicos encontrados podem servir de referência para sedimentos da Região Sudeste do Brasil, devido ao fato de as áreas de estudo estarem livres de perturbação antrópica aparente.

Tabela 3. Comparação entre concentrações totais de elementos-traço (mg/Kg), Al e Fe (%) e entre sedimentos (fração < 63 µm) desse trabalho e de outros estudos na região Sudeste. Os valores apresentados são intervalos de concentração ou valores pontuais.

	Presente estudo Córrego da Fazenda Santa Cândida	DePaula & Mozeto (2001) Rio Capivari (RJ)	Salomão <i>et al.</i> (2003) Reservas ambientais (SP)		
mg/Kg			Intervales	Morro do Diabo	Vassununga
Al (%)	4,76-7,58	2,8-4,9	7,5-8,2	4,5-7	12,5
Fe (%)	3,26-6,52	4,3-6,4	4,9-5,7	1,1-1,5	1,7
Cd	0,18-2,34	–	<0,4	<0,4	<0,4
Cr	29-174	7-19	95-112	50-64	63
Cu	54,5-269	10-26	42-63	132-182	58
Hg	0,06-1,67	–	0,09-0,12	0,08-0,10	0,075
Mn	296-842	96-196	975-1474	358-410	211
Ni	18,1-369	–	44-46	24-29	12
Pb	28,5-48,8	36-56	23-43	15	39
V	80-241	–	143-191	83-105	232
Zn	110-1010	100-142	100-132	50-58	29

Apesar da grande variabilidade geoquímica mostrada nos estudos anteriores, a Tabela 3 mostra expressivos contrastes positivos nos teores dos sedimentos do córrego da fazenda Santa Cândida, especialmente para Cd, Cr, Cu, Hg, Ni e Zn, relativos às demais áreas. Ao contrário do exposto anteriormente, concentrações maiores dos elementos do presente estudo, elementos como Al, Fe, Mn, Pb e V permaneceram dentro da faixa de concentração encontrada naqueles trabalhos.

Embora esta comparação exija cautela devido à falta de controle da geologia das áreas confrontadas, com exceção do Cu, os elementos com concentrações contrastantes na comparação estão incluídos no grupo dos elementos com elevados coeficientes de variação na área de estudo, sendo este mais um aspecto condizente com a anomalia antrópica para estes metais.

Outras comparações são mostradas na Tabela 4, que mostra dados de estudos em diversas bacias hidrográficas da região Sudeste, obtidos por outros autores. Neste cotejo, todas as áreas são impactadas. A comparação indica que existem concentrações nos sedimentos do córrego da fazenda Santa Cândida acima das encontradas nos outros trabalhos, especialmente para os elementos Co, Cr, Cs, Cu, e Hg, com destaque para este último, que pode superar em 6 fatores o maior valor encontrado nas outras bacias. Os elementos Cd, Ce e Fe obtiveram concentrações dentro dos limites das encontradas na região, e o Hf obteve uma concentração abaixo da faixa de concentrações encontrada por Favaro (1999). De uma maneira geral, a maioria dos elementos mostrou concentrações acima daquelas encontradas por outros autores, sendo que o Cr, Cu e Hg, além de estarem acima do valor de referência (Tabela 3), são maiores do que todos os valores encontrados em outros estudos (Tabela 4).

A Figura 6 mostra as intercorrelações dos elementos químicos nas amostras de sedimentos em forma de dendrograma (agrupamentos), baseado em matriz de correlação de Pearson. Conforme correlações mais significativas (e.g. $> 0,7$), vários agrupamentos podem ser definidos, na maioria das vezes, refletindo associações litogênicas típicas, como as conspícuas correlações Zr-Hf (0,99), U-Th-La-Ce ($>0,8$), Ca-Sr (0,7) e Al-Ga (0,93), entre outras. Atenção especial pode ser dada às correlações que não refletem, necessariamente, aspectos litogênicos, por reunirem elementos com diferentes afinidades geoquímicas (e.g. calcófilos, siderófilos e litófilos). Neste caso, as influências antrópicas e afinidades litogênicas parecem se superpor, criando novos agrupamentos, improváveis em processos naturais.

Tabela 4. Comparação entre concentrações totais de elementos-traço (mg/Kg) e Al e Fe (%) entre sedimentos desse trabalho e valores de outro da Região Sudeste, de áreas impactadas. Os valores apresentados são intervalos de concentração ou valores pontuais.

Elementos mg/kg	Dados deste estudo			Favaro (1999) BPCJ				Tomazelli (2003) Bacias diversas			
	MÍN	MÉD	MÁX	Rio Atibainha	Rio Piracaia	Rio Atibaia	São José dos Dourados	Peixe	Aguapeí	Paranapanema	Mogi Guaçu
Al%	4,76	6,16	7,58								
Fe%	3,26	4,74	6,52	1,85 - 3,2	1,86 - 2,7	2,51 - 5,53					
Cd	0,18	0,95	2,34				0,04±0,01	0,05±0,02	0,04±0,01	0,08±0,02	0,01±0,02
Ce	115,5	154,25	216	100 - 169	132 - 382	201 - 298					
Co	10,2	16,78	24,6	6,08 - 7,51	4,47 - 8,73	5,8 - 12,74					
Cr	29	82,4	174	37,9 - 60,6	25,8 - 42	23,9 - 73,6					
Cs	1,23	2,93	8,72	2,06 - 2,36	1,56 - 2,44	1,88 - 4,74					
Cu	54,5	180,75	269								
Hf	3,7	6,38	10,2	10,6 - 15,2	11,9 - 61,4	18,8 - 41,1					
Hg	0,06	0,45	1,67				0,107±0,075	0,239±0,19	0,093±0,066	0,127±0,08	0,139±0,055
La	46,1	64,45	100,5	53,7 - 93,1	69,5 - 195,2	96,6 - 152,6					
Mn	296	480,8	842								
Ni	18,1	113,53	369								
Pb	28,5	40,27	48,8				28±3	24,1±3,8	27,4±3,1	27,5±4,3	34,5±1,5
Rb	18,2	63,7	176,5	46,9 - 56,7	53,8 - 104,2	69 - 111					
Ta	1,21	1,68	2,01	0,84 - 1,02	0,88 - 1,85	1,39 - 1,7					
Th	19,1	32,52	50,9	16,6 - 28,9	21 - 62,5	32 - 53,7					
V	80	162,9	241								
Zn	110	427,2	1010	43,6 - 52,5	39,6 - 56,2	46,8 - 116,8					
Zr	95,1	175,51	266	331 - 614	496 - 2001	610 - 1380					

Elementos mg/kg	Dados deste estudo			Fostier 2005 BPCJ		Leite (2002) - Reservatório Salto Grande Americana			
	MÍN	MÉD	MÁX	Estação-Águas	Estação-Seca	Estação 1	Estação 2	Estação 3	Estação 4
Al%	4,76	6,16	7,58						
Fe%	3,26	4,74	6,52			47825 - 62972	51531 - 63718	45292 - 61802	44997 - 72680
Cd	0,18	0,95	2,34			0,92 - 3,3	0,31 - 8,78	1,24 - 9,52	1,83 - 5,26
Ce	115,5	154,25	216						
Co	10,2	16,78	24,6						
Cr	29	82,4	174			16,42 - 139,78	63,56 - 111,13	46,63 - 112,75	26,36 - 84,25
Cs	1,23	2,93	8,72						
Cu	54,5	180,75	269			61,44 - 73	46 - 100,04	167 - 225,84	178,89 - 209,9
Hf	3,7	6,38	10,2						
Hg	0,06	0,45	1,67	0,033±0,017	0,106±0,078				
La	46,1	64,45	100,5						
Mn	296	480,8	842			502,6 - 623,8	632,6 - 868,6	433 - 379,1	361 - 437,7
Ni	18,1	113,53	369						
Pb	28,5	40,27	48,8						
Rb	18,2	63,7	176,5						
Ta	1,21	1,68	2,01						
Th	19,1	32,52	50,9						
V	80	162,9	241						
Zn	110	427,2	1010			151,7 - 232,3	108,2 - 150,1	105,9 - 137,8	60 - 124,3
Zr	95,1	175,51	266						

Podem ser citados os agrupamentos formados por: (1) Ag, Cd, Co, Zn, Fe e Cr, além de Ni menos fortemente associado (correlação $\sim 0,55$); (2) Cu, Mn e Mo; (3) Hg e P; (4) Be, Li, Cs e Mg; (4) K, Rb, Tl, Y e Na; (5) Sn e Se; e (6) Bi, Ca, Sr, Sb. Com exceção do Co, Fe, Cu, Mn, Be, Li, Tl, Y, Na, Sr e Sb, os demais elementos são aqueles mais fortemente heterogêneos na área de estudo, com base nos coeficientes de variação. A variabilidade da concentração de alguns elementos dos agrupamentos 1 e 3 (Ag, Cd, Zn, Ni, Hg e P), ao longo do perfil de amostragem, é ilustrada na Figura 7. Associações químicas têm sido bastante utilizadas na definição de fontes de contaminação em estudos de áreas urbanas (Peltola & Åström, 2003). A notória associação dos picos de concentração com posições, à jusante da localização das indústrias, sugere a influência destas nas anomalias geoquímicas, situação observada na Figura 7. Respostas semelhantes à Figura 6 foram encontradas para os elementos dos agrupamentos 2, 4, 5 e 6.

Os dados deste estudo mostram que as anomalias geoquímicas encontradas nos sedimentos têm como fonte as atividades industriais, o que é corroborado pelo fato de vários elementos químicos com variabilidade significativa na concentração já terem sido detectados em concentrações anômalas nos efluentes das indústrias da área pela CETESB (CETESB, 1983, 1995, 1999, 2000 e 2001; e.g., Ag, Al, Ba, Ca, Cr, Cu, Fe, Mn, Mg, Na, Ni, Pb, e Zn).

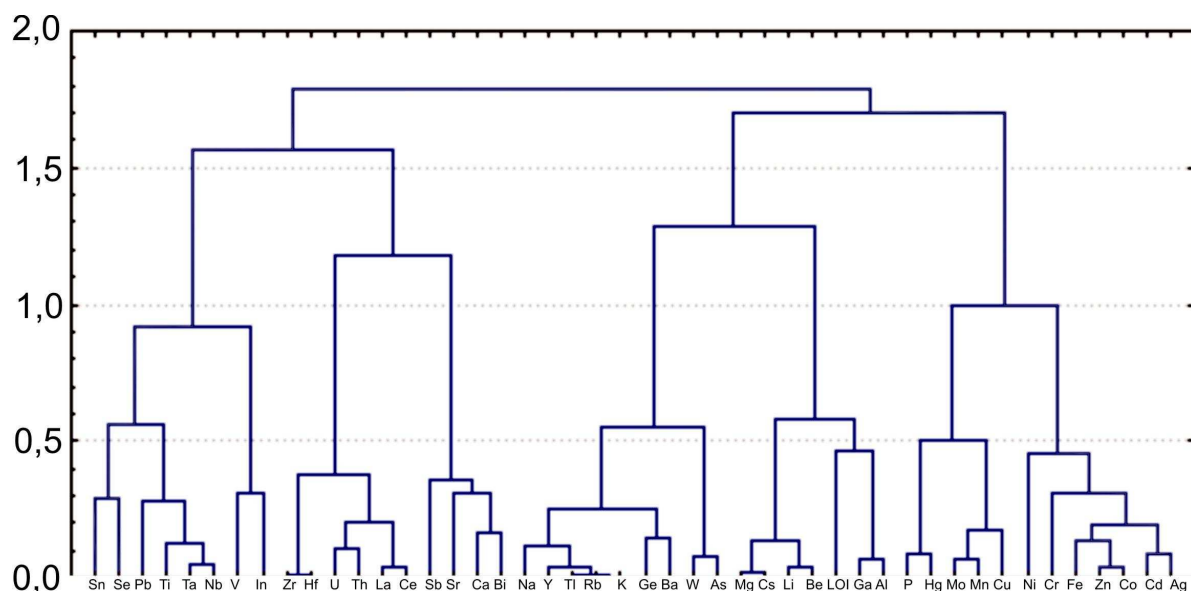


Figura 6. Dendrograma de elementos químicos em sedimentos da área de estudo, mostrando agrupamentos com base em matriz de correlação de Pearson (método de interpolação completa).

Para uma avaliação mais realística das anomalias, é necessário conhecer o background geoquímico da área como, por exemplo, baseado na composição química de sedimentos fluviais mais profundos (estudos em andamento), que, em geral, não têm influência de atividades industriais e urbanas. Dados preliminares (inéditos) mostram que, para Hg, os níveis geogênicos são da ordem de 0,1 mg/kg, revelado por sedimentos entre 60 e 150 cm de profundidade, coletados no aluvião do córrego da fazenda Santa Cândida. Esse valor é compatível com os SED 1, SED 5, SED 7 e SED 9, em contraste com os SED 2, SED 3, SED 4, SED 6, SED 8 e SED 10 fortemente anômalos. Embora vários elementos químicos mostrem indícios de contaminação antrópica nos sedimentos da área de estudo, o expressivo contraste nas concentrações sugere que Mg, Cr, Sn, Ca, K, Zn, Ag, Mo, Cs, Ni, Rb, Cd, P, Hg e Bi são os mais anômalos, por ordem crescente de variabilidade.

7.6. Pedologia

De acordo com o levantamento de solos, verificam-se as seguintes formações pedológicas predominantes na área de estudo: Latossolos, Argissolos, Cambissolos, Nitossolos e Gleissolos, organizados na Figura 8 e descritos com mais detalhes no Anexo III. As morfologias dos solos a seguir são baseadas em Lemos (1996).

7.6.1. Manchas de Solos

7.6.1.1 Latossolos

Latossolos são solos muito evoluídos, lateríticos, ricos em minerais 1:1 e oxihidróxidos de ferro e alumínio. São caracterizados por um horizonte B Latossólico (Bw), um horizonte de perda de sílica ou muito intemperizado.

Na área de estudo, um dos exemplares é o Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef), resultante do intemperismo do diabásio. Mostra-se argiloso, com horizontes espessos e homogêneos de difícil distinção, devido à baixa razão textural. Predominam no terço superior de vertente, de baixa erodibilidade e bem urbanizado.

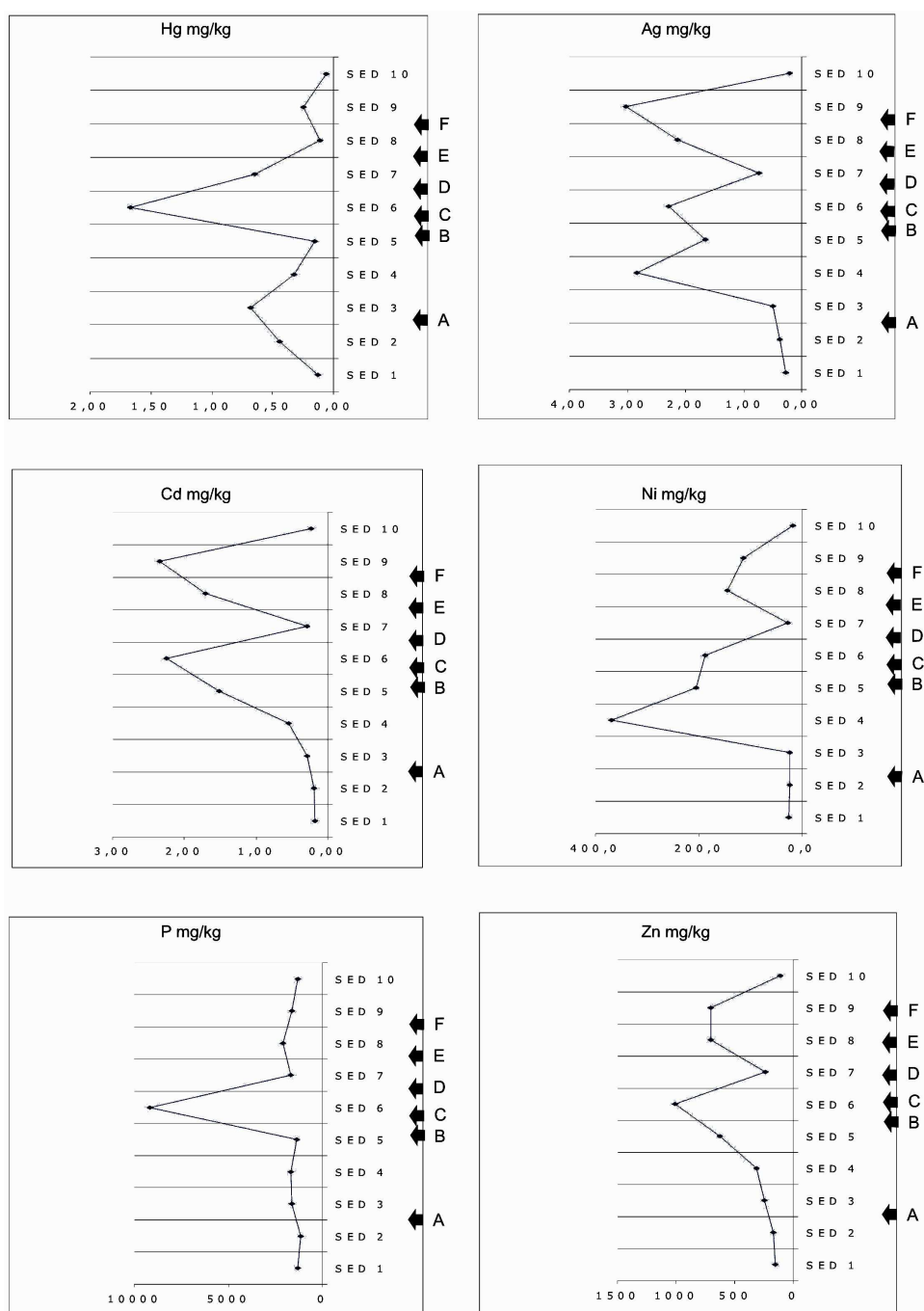


Figura 7 – Distribuição das concentrações de alguns elementos geoquimicamente anômalos nos sedimentos (fração < 0,063 mm) de dez sítios de amostragem ao longo do córrego da fazenda Santa Cândida (do SED 1 ao SED 8, SED 10) e em um dos seus afluentes (SED 9). As setas indicam fontes potenciais de contaminação antrópica: A – indústria de recuperação de solventes, B – lavanderia têxtil, C – galvanoplastia, D - rodovia Dom Pedro I, E – hospital, e F – indústria de tratamento térmico. A ocupação urbana distribui-se por todo o perfil, sendo mais remota após o SED 6.

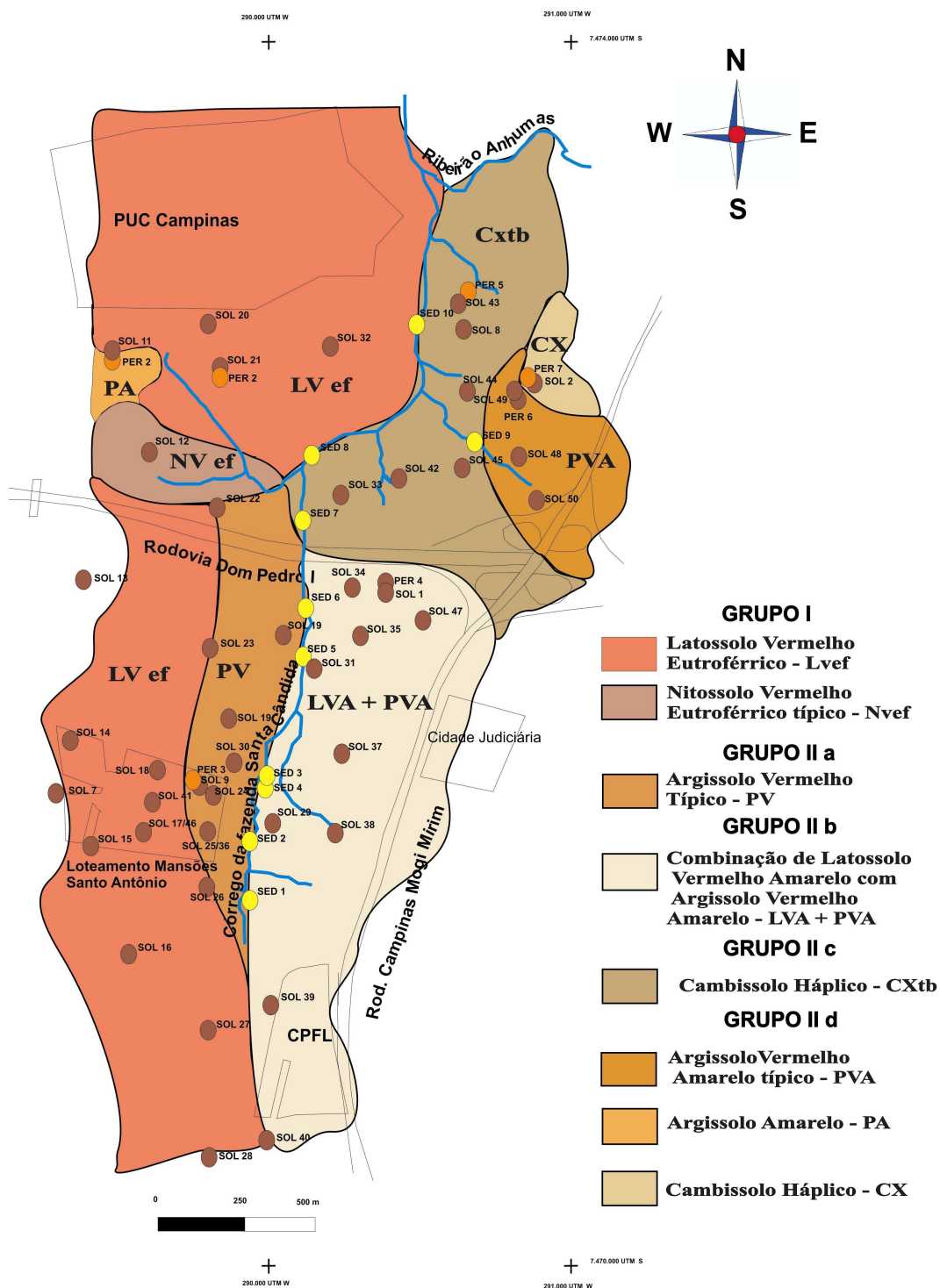


Figura 8. Levantamento de solos detalhado da microbacia do córrego da fazenda Santa Cândida, Campinas (SP). Detalhes das manchas de solos estão no texto. São mostrados também algumas estruturas urbanas, o curso d'água, os sítios de amostragem de solos (SOL), sedimentos (SED) e os perfis usados para classificação dos solos (PER).

7.6.1.2 Argissolos

Argissolos são também muito evoluídos, caracterizados por um horizonte diagnóstico sub-superficial, onde ocorre um incremento de argilas, vindas do horizonte superficial de perda. Sua morfologia é caracterizada pela existência de um gradiente ou relação textural (R_t) entre os horizontes A e B textural (B_t).

Os Argissolos que possuem a maior frequência na área são: Argissolo Amarelo arênico (PA m/arg), Argissolo Vermelho típico (PV) e Argissolo Vermelho-Amarelo Típico (PVA).

Argissolo Amarelo arênico (PA m/arg), textura média/argilosa, A moderado. Solo de coloração bruno-escura, com textura franco-argilo-arenosa em topo de elevação com relevo plano. Neste caso, ocorre um horizonte A com influência da matéria orgânica, além de um horizonte antrópico sobre ele, devido, possivelmente, a um nivelamento do terreno para uma obra eventual.

Argissolo Vermelho típico (PV), textura argilosa e horizonte A moderado. De coloração vermelho-escura, apresenta um gradiente textural muito gradual de difícil distinção, onde os limites entre os horizontes são um pouco arbitrário, apesar da profundidade média estar correta (Anexo II). É um solo de baixa erodibilidade, bem drenado, ocupa o terço médio inferior da vertente, com relevo forte e ondulado. Observou-se, na área de estudo, que este tipo de solo pode ter sido gerado por mistura de produtos intempéricos de diferentes litologias (mistura devido ao escorregamento em regiões íngremes).

Argissolo Vermelho-Amarelo Típico (PVA), textura média/argilosa com horizonte A moderado. De coloração bruno-escura e textura franco-arenosa, localiza-se no terço superior de vertente, com relevo ondulado. No ponto descrito, observou-se rochosoidade constituída de matações de granito, rocha esta aflorante na vizinhança. Este tipo de solo mostrou-se raso e susceptível à erosão.

Associação de Latossolo Vermelho-Amareloeutrófico argissólico (LVA) com Argissolo Vermelho-Amarelo, A moderado mesoeutrófico de textura arenosa sobre média (PVA). Solo profundo, de coloração vermelho-amarela, homogêneo e horizontes de pouca distinção aparente (estrutura maciça). Localiza-se no terço médio da vertente e mostra-se em relevo ondulado. As características desse solo sugerem baixa fertilidade, gênese ligada à rocha granítica de alta erodibilidade.

Nitossolo Vermelho Eutroférico típico (NVef). Solo fértil, bem estruturado, localizado no terço superior da vertente e com relevo ondulado. Esse solo é conhecido popularmente como Terra Roxa Estruturada, um tipo de Argissolo bem evoluído (argila caulinítica - oxi-hidróxidos), caracterizado pelos atributos do horizonte B Nítico, isto é, sua estrutura é bem desenvolvida e apresenta blocos de grau forte, associado à cerosidade (superfícies brilhantes) e com matiz 2,5 YR (cor vermelha). Mostra-se com boas características agrícolas (física e fertilidade).

7.6.1.3 Cambissolos

Os Cambissolos, de presença significativa na área, são solos pouco desenvolvidos com horizonte B incipiente ou câmbico. Este horizonte é a camada diagnóstica de sub-superfície. O termo câmbico reflete o alto nível de alteração intempérica da rocha matriz, porém o solo é mal formado e raso. Origina-se de alto escoamento superficial, associado à baixa infiltração (locais mal drenados), ou de planícies aluviais, neste caso, depósito da borda da Bacia do Paraná.

Cambissolo Háplico Tb eutrófico/distrófico típico (CX Tb). Com argila de atividade baixa (Tb). Solo bruno-avermelhado de textura de argila cascalhenta, localiza-se no terço inferior da vertente com relevo ondulado. Apresenta rochosidade constituída de matações de granito porfirítico, os quais se encontram dispersos na massa do solo com esfoliação esferoidal.

Cambissolo Háplico Tb (CX), distrófico, solo típico com horizonte A moderado. Com argila de atividade baixa (Tb). De textura areia franca, coloração bruno-escura, encontra-se no terço superior da vertente de relevo ondulado. Apresenta rochosidade constituída de camadas de sedimentos

sobrepostos paralelamente na horizontal. Mostra-se mosqueado, devido à lixiviação dos horizontes superficiais. Pode oferecer limitações à mecanização, devido à pouca profundidade e presença de rochas. Origina-se de um ritmito.

Outros tipos de solos ocorrem na área de forma localizada. Pequenas machas de Aluviões (A) em áreas junto aos cursos d'água e Gleis Solos Hidromórficos (G), distróficos típicos, com textura argilosa e horizonte A moderado são alguns exemplos, corroborados com as observações de Gomes *et al.* (2003).

7.6.2. Geoquímica de Solos

Os dados de geoquímica de solos e teores de matéria orgânica (LOI) encontram-se no Anexo IV. As inter-relações entre os sítios de amostragem, tendo como variáveis os elementos químicos analisados, são mostradas na Figura 9 em forma de dendrograma (agrupamentos) baseado em matriz de correlação Euclidiana. Nesta figura, dois grandes agrupamentos de sítios de amostragem foram gerados. O primeiro agrupamento (grupo I) contém as amostras dos solos Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef) e Nitossolo Vermelho Eutroférico típico (NVef), ao passo que o segundo agrupamento (grupo II) integra as amostras dos solos Argissolo Amarelo arênico (PA m/arg), Argissolo Vermelho típico (PV), Argissolo Vermelho-Amarelo Típico (PVA), Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAP) com Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), Cambissolo Háplico Tb típico (CX Tb) do ritmito e Cambissolo Háplico distrófico Tb típico (CX Tb) do granito. As descrições pedológicas e as relações de campo mostraram que os solos do primeiro agrupamento estão geneticamente associados aos diabásios da área de estudo, enquanto o segundo agrupamento, aos granitos e, apenas a amostra do SOL 2, aos ritmitos. Na Figura 9, nota-se que os solos de granitos e ritmitos são geoquimicamente semelhantes. As amostras do SOL 27 e 32 ficaram fora dos dois grandes agrupamentos. Nos trabalhos de campo, no SOL 32 (LVef), foi notada a presença de blocos rolados de basalto vesicular, diferente das outras rochas vulcânicas observadas na área (diabásios compactos). Possivelmente, essa diferença textural também se repercute na química da rocha e, por conseguinte, no solo derivado. No que se refere ao SOL 27 (PV), o mesmo se encontra na interface

granito-diabásio, e a presença de cultivo de pomar no local pode justificar sua diferença composicional em relação aos solos semelhantes (grupo II).

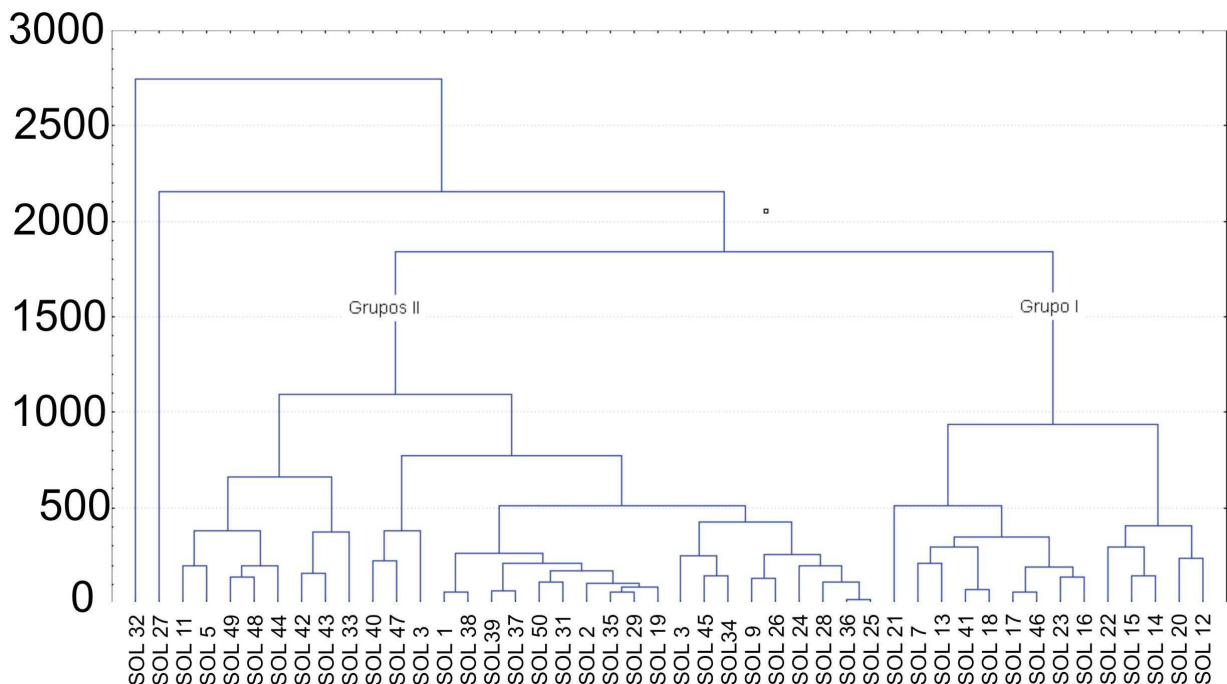


Figura 9. Dendrograma mostrando as correlações entre os sítios de amostragem de solos, tendo como parâmetro de comparação os elementos químicos analisados. Matriz de correlação Euclidiana (método de interpolação completa).

Na avaliação dos dados geoquímicos, os solos foram agrupados seguindo o critério da rocha parental (grupos I e II), classificação morfológica e similaridade geoquímica. Assim as oito manchas de solos da Figura 8 mais as possíveis manchas do SOL 27 e SOL 32, foram organizadas em cinco grupos pedogeoquímicos: grupo I – LVef + NVef; grupo IIa – PV; grupo IIb – LVAP + PVA; grupo IIc – CX Tb; grupo IIId – PVA + PAm/arg + CX Tb distrófico. A Tabela 5 mostra uma estatística descritiva da geoquímica desses grupos.

Tabela 5. Estatística descritiva dos dados geoquímicos dos grupos de solos, incluindo perda ao fogo (LOI). Grupo I com as manchas dos solos Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef) e Nitossolo Vermelho Eutroférico típico (NVef); grupo IIa com o Argissolo Vermelho típico (PV); grupo IIb com a Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo (LVAP) com Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA); grupo IIc com o Cambissolo Háptico Tb típico (CX Tb – sobre granito); grupo IId com as manchas do Argissolo Amarelo arênico (PA m/arg), Argissolo Vermelho-Amarelo Típico (PVA) e Cambissolo Háptico distrófico Tb típico (CX Tb sobre o ritmito). As unidades estão em mg/kg, quando não indicada a porcentagem.

mg/kg	MÍNIMO	GRUPO I		GRUPO II a		GRUPO II b		GRUPO II c		GRUPO II d	
		MÉDIA	MÁXIMO	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO
Al (%)	7,74	9,05	11,6	3,77	5,457	8,45	1,96	2,8	4,45	3,98	5,8
Ca (%)	0,08	0,2	0,38	0,03	0,15	0,44	0,02	0,14	0,35	0,1	0,13
Fe (%)	8,9	12,7	16,4	3,41	4,99	6,82	0,69	1,25	2,47	1,5	2,14
K (%)	0,04	0,18	0,41	0,06	0,14	0,4	0,02	0,17	0,51	0,67	1,77
Loi (%)	10	11,35	14,2	3,6	7,944	13,7	2,9	4,23	5,5	3,8	5,82
Mg (%)	0,07	0,13	0,24	0,04	0,058	0,11	0,02	0,05	0,08	0,11	0,19
Na (%)	0,01	0,03	0,09	0,01	0,018	0,04	0,01	0,02	0,07	0,03	0,07
Ti (%)	1,67	2,41	3,4	0,89	1,216	1,54	0,19	0,31	0,53	0,27	0,42
As	2	4,1	5,6	1,9	4,61	7,1	0,9	2,06	3,7	0,5	1
Ba	50	120	310	40	65,56	150	10	62,2	120	290	578
Be	0,51	0,93	1,55	0,23	0,45	0,73	0,13	0,28	0,5	0,85	1,59
Bi	0,05	0,11	0,17	0,07	0,15	0,25	0,06	0	0,18	0,04	0,06
Ag	0,01	0,05	0,17	0,01	0,03	0,08	0,01	0,03	0,06	0,01	0,04
Cd	0,04	0,1	0,25	0,02	0,04	0,09	0,02	0,07	0,16	0,05	0,06
Ce	81,8	102,91	141	40,5	76,9	144,5	13,35	30,01	37	90,6	167,32
Co	17,2	35,66	73,8	5,3	7,43	11,3	1	2,06	3,7	4,8	8,8
Cr	46	68,07	94	21	35,14	42	9	13,78	24	8	11,2
Cs	0,77	1,1	1,88	0,74	1,03	1,45	0,46	0,65	0,88	1,48	2,03
Cu	96,7	195,91	383	31,4	54,7	84,2	4,9	16,25	37,6	9,2	11,48
Ga	26,1	32,47	39,8	11,4	17,39	26,7	4,76	6,66	8,7	10,65	16,37
Ge	0,31	0,54	0,96	0,17	0,23	0,27	0,08	0,12	0,15	0,26	0,32
Hf	4,2	5,65	6,7	2,7	3,16	3,5	1	1,58	2,1	2,1	3,1
Hg	0,02	0,04	0,06	0,02	0,04	0,05	0,02	0,04	0,15	0,01	0,04
In	0,1	0,12	0,15	0,04	0,06	0,09	0,01	0,02	0,03	0,02	0,04
La	24,6	36,19	55,4	12	24,21	31,3	5,2	11,73	17	41,9	90,12
Li	8	10,53	14	6,2	8,66	12,6	4	5,1	6,8	11	14,78
Mn	663	1056,53	2230	262	345,86	464	89	154,6	238	248	479,4
Mo	1,3	1,76	2,17	0,67	1,15	1,59	0,3	0,5	0,78	0,37	0,48
Nb	24,3	28,9	33,5	13	18,06	22	4,2	6,56	12,4	7,7	14,04
Ni	24	43,84	70,7	10,6	14,56	19,8	3	5,57	10,4	4,3	5,74
P	570	791,33	1360	140	575,71	2200	90	318	820	250	434
Pb	9,4	23,03	94,2	10,7	16,69	22,5	5,4	13,87	22,1	17	22,18
Rb	4,1	16,4	37,6	5,3	11,57	31,6	2,1	8,49	15,7	50	124,58
Sb	0,12	0,3	0,61	0,17	0,4	0,66	0,14	0,41	0,95	0,15	0,32
Se	3	5,27	7	3	3,29	4	1	2	3	2	2,8
Sn	2,6	3,33	6,3	1,2	2,23	3	0,7	1,44	3,5	1,6	1,96
Sr	11,3	22,05	31,6	8,6	20,44	46,8	3,6	16,6	34	50,8	85,6
Ta	1,64	1,89	2,16	0,89	1,24	1,52	0,32	0,45	0,67	0,56	1,05
Th	5,9	13,24	28,2	8	16,44	31,5	4,2	6,28	10,2	18,1	24,9
Ti	0,09	0,15	0,26	0,05	0,1	0,21	0,02	0,06	0,09	0,27	0,63
U	1	1,39	2,2	1	1,46	2,2	0,5	0,76	1	1,2	1,42
V	364	595	965	157	184,43	247	21	39	72	34	43,2
W	0,5	0,68	0,9	0,4	0,66	1	0,3	0,39	0,6	0,3	0,72
Y	8,5	21,15	48,4	4,6	7,49	12	2,3	4,39	6	9,1	15,22
Zn	89	120,2	201	20	42,57	70	9	36,2	92	38	47,6
Zr	161	211,5	253	101	117,14	132	37,5	55,13	68,3	75	118,4

Na amostras do grupo I, predominam as maiores concentrações da maioria dos elementos analisados, como Ag, Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, In, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Se, Sn, Ta, Ti, V, Y, Zn, Zr e LOI. Por outro lado, elementos como As, Ba, Be, Bi, Ca, Ce, Cs, Hg, K, La, Li, Mg, Na, P, Rb, Sb, Sr, Th, Tl, U e W são relativamente mais concentrados nos solos dos grupos IIa a IIe. Considerando a

geoquímica de rochas diabásicas e graníticas (Faure, 1998), a concentração relativa dos elementos analisados nos solos da área de estudo é coerente com a natureza da rocha parental, com raras exceções.

A Tabela 6, com estudos semelhantes na região Sudeste do país, foi comparada com a Tabela 5, com dados desse trabalho.

Pode-se observar que os dados deste estudo ultrapassaram valores de áreas pouco afetadas pela ação antrópica (Fostier, 2003) para o Cr (até 4,47 vezes o maior valor), Cu (18,2), Hg (1,09), Mn (24,2), Pb (3,04) e Zn (4,67). Em adição, elementos como Ce, Fe, Hf, La, Th, e Zr, do presente trabalho, obtiveram valores de concentração dentro das faixas observadas em outras áreas impactadas (Favaro, 1999; Deliti, 2000; Fostier, 2005). Já alguns elementos em trabalhos de áreas impactadas ficaram com valores acima dos limites encontrados (Favaro, 1999; Fostier, 2005), tais como: Co (até 7,26 vezes que o maior valor), Cr (1,36), Cu (18,2), Mn (20), Pb (3,04), Rb (1,53), Ta (1,27) e Zn (2,61). Vale ressaltar que as áreas do trabalho de Fostier (2003) são reservas ambientais, que provavelmente não sofrem influência antrópica, enquanto as áreas de Favaro (1999), Fostier (2005) e Deliti (2000) apresentam alterações por ações humanas.

Com relação à magnitude das concentrações multi-elementares nos solos, os valores orientadores de contaminação, estabelecidos pela CETESB (2001), foram ultrapassados apenas para Cr, que superou o valor de alerta (75 mg/kg) em cinco sítios do grupo I; Ni, que ultrapassou o parâmetro para interferência em áreas agrícolas (50 mg/kg), em seis sítios do grupo I; e Zn, que ultrapassou o valor de referência (60 mg/kg) nos grupos I, IIa e IIb. Nos casos do Cr e Ni, admite-se que a situação seja de caráter geogênico, por não haver contrastes significativos nas concentrações destes elementos nos solos do grupo I. Entretanto, no caso do Zn uma influência antrópica deve estar associada.

Na avaliação do cenário pedogeoquímico da área de estudo, considerou-se o fator de enriquecimento (FE) como parâmetro de ponderação de anomalias geoquímicas (Anexo V). Nos cálculos desse fator, consideraram-se o Ga, como

normalizador, e algumas amostras de referência, para definir o background relativo da própria área. A utilização do Ga foi motivada por sua baixa heterogeneidade (média do CV = 0,28) nos diferentes grupos de solos da área e por sua afinidade com o Al (Shiller & Frilot, 1996), elemento inerte e comumente utilizado como normalizador em avaliações geoquímicas de áreas impactadas (Thornton, 1983).

A opção do Ga, em detrimento do Al, justifica-se pelo fato deste último ser, em geral, um potencial contaminante neste caso de estudo, embora simulações com os dois elementos nos cálculos do FE tenham mostrado respostas semelhantes. As amostras de referência adotadas foram SOL 16 (grupo I), SOL 24 (grupo IIa), SOL 38 (grupo IIb), SOL 45 (grupo IIc) e SOL 49 (grupo IId). Estas amostras representam sítios sem influência visível de focos de contaminação e as concentrações multi-elementares estão abaixo da média em cada grupo de solos. O grupo IIe não foi avaliado quanto ao FE (apenas uma amostra foi coletada).

Levando-se em conta que elementos tipicamente inertes nos processos antrópicos, como o Zr, chegaram a 2 fatores de enriquecimento, anomalias relevantes foram consideradas para valores acima desse patamar. Assim, foram considerados não anômalos os elementos Al, In, Ta, Li, Fe, Nb, Th, Ti, Cs e Zr. Entre os levemente anômalos (FE entre 2,1 e 3) ocorrem As (grupo IIa); U, Sb, Sn, Mn, Co, Se, Mg, Ce (grupo IIb); W (grupo IIc); V, Mo e Se (grupo IId); e Ge (grupo I).

Os elementos mais fortemente anômalos foram K (FE máximo = 13), Tl (12), Ba (12), Ca (11), P (9,5), Rb (8,6), Zn (7,1), Cd (7,1), Sr (6), Ag (5,8), Pb (5,1), Hg (4,7), Cu (4,6), Ni (4,5), Na (4,4), Y (4,4), Bi (3,7), Cr (3,5), Hf (3,5), La (3,4) e Be (3,1). Exemplos com Cd, Ag, Pb e Hg são mostrados na Figura 10 e na Figura 11. As maiores anomalias foram verificadas nos solos do grupo IIb, nos quais foram significativos os fatores de enriquecimento destes elementos, com exceção de Bi, Cr e Ni.

Tabela 6. Comparação entre concentrações totais de elementos-traço (mg/Kg) e Al e Fe (%) entre solos desse trabalho e outros do Estado de São Paulo. Os valores apresentados são intervalos de concentração ou valores pontuais.

Elementos mg/kg	Favaro (1999)	Bacia do Alto Atibaia		Fostier (2003) Reservas	
	Rio Atibainha	Rio Piracaia	Rio Atibaia	Cunha	PEFI
Fe%	0,95 - 3,76	2,06 - 2,64	1,67 - 3,42	17±6	14±3
Cd				<0,6	<0,6
Ce	110 - 220	154 - 359	194 - 251		
Co	2,97 - 6,49	6,32 - 8,57	5,32 - 10,16		
Cr	24,2 - 50,9	30,6 - 45	25,9 - 69,2	12±3	18±3
Cs	2,55 - 3,57	1,33 - 5,64	1,97 - 6,84		
Cu				6±2	19±2
Hf	8,9 - 21	18,4 - 42,8	21,3 - 32,5		
Hg				0,087±0,015	0,116±0,022
La	48,8 - 118,7	82,3 - 196,2	98,8 - 136,1		
Mn				55±37	31±11
Pb				11±3	28±3
Rb	47,3 - 65,5	81,1 - 115,7	73 - 135,6		
Ta	1,26 - 1,56	1,22 - 1,69	1,26 - 1,7		
Th	17,3 - 43,1	24 - 58,5	24,4 - 42,4		
Zn	35 - 58,4	32,4 - 76,9	47,7 - 41,6	22±21	22±21
Zr	323 - 776	611 - 1475	810 - 1020		

Elementos mg/kg	Delitti (2000) Mata de galeria			Fostier (2005) BPCJ	
	0 -10 cm	11 -60 cm	61 -100 cm	Est. Águas	Est. Seca
Fe%	222,1 (39,9)	134,3 (25,32)	110,28 (25,32)		
Cd					
Ce					
Co					
Cr					
Cs					
Cu	2,42 (0,24)	2,02 (0,41)	1,07 (0,26)		
Hf					
Hg				0,035±0,014	0,109±0,061
La					
Mn	83,32 (28,23)	62,38 (22,57)	13,77 (8,69)		
Pb					
Rb					
Ta					
Th					
Zn	3,88 (1,14)	2,13 (0,79)	0,72 (0,17)		
Zr					

Os solos do grupo I são, geoquimicamente, os menos anômalos, com destaque apenas para as concentrações significativas de Y e Pb. As anomalias nos grupos IIc e IId também não são freqüentes, mas foram encontradas no primeiro as maiores concentrações de Bi, Cr, Ni e Se. No grupo IIa, valores anômalos foram computados

especialmente para Ag, Ca, Cd, Na, P e Sr. Vale ressaltar que este grupo foi considerado o segundo mais anômalo da área de estudo.

As anomalias geoquímicas acima identificadas podem representar influências geogênicas e/ou antrópicas, e seu discernimento passa por uma avaliação de perfis de solos mais sistemática em estudos futuros. Em geral, anomalias geogênicas incrementam em direção à rocha.

Ao contrário, anomalias antrópicas apresentam concentrações mais significativas no solo de superfície (Licht, 1998). Por outro lado, o cenário de uso e ocupação do solo pode revelar algumas situações que justificam influências antrópicas para alguns elementos químicos. Embora não se conheça o histórico do uso do solo local, a agricultura pode ter desempenhado um papel importante na modificação da paisagem geoquímica geogênica. De acordo com Levinson (1974), o uso de Hg, em décadas passadas, e soluções contendo Cu e Zn como defensivos agrícolas podem ser responsáveis por anomalias em áreas cultivadas. Em adição, fertilizantes fosfáticos (P, Sr, Ca, elementos terras raras incluindo o Y) e potássicos (K, Rb) são outras formas de incrementar a concentração de elementos químicos a eles associados. Levinson (1974) argumenta ainda que corretivos de solos, ricos em minerais carbonáticos, podem contaminar o meio físico com Ca, Ba, Mg, Pb e Zn, dentre outros. A presença de cultivos atualmente na área é restrita como, por exemplo, no SOL 23/grupo I (horta convencional), o que pode justificar anomalias de Cd, Sb e Ca.

As indústrias podem representar outra importante fonte de contaminação. No SOL 15/grupo I e SOL 25/grupo IIa, a anomalia de Cd está espacialmente associadas com indústria que recuperava solventes a partir de resíduos industriais (desativada em 1996). No SOL 25, ao lado de um dreno irregular da mesma indústria, os solos nas imediações mostram-se anômalos para Ag, As, Ba, Ca, Cd, K, Na, P, Rb, Sb, Sr, Ti e Zn também. O SOL 50/grupo IIId, com anomalias de Bi, Cr, Mo, Ni, Sb, V, W e Ca, está espacialmente associado à indústria de tratamento térmico (ainda em atividade) e às rodovias.

Os solos do grupo IIb, com as maiores concentrações multi-elementares da

área de estudo, caracterizam-se por uma ocupação e uso domésticos, com terrenos baldios, áreas comerciais, além de setor de despejo irregular de resíduos industriais. Esse panorama certamente contribui para um cenário geoquimicamente anômalo, cujas fontes potenciais de contaminação são dispersas.

A leve anomalia de Se no SOL 11/grupo IIId, única na área de estudo, é de origem controversa, tendo sido notificado em campo uma camada irregular de aterro sobre ele.

Comparando as anomalias geoquímicas, nos solos e sedimentos da área de estudo, é possível traçar algum paralelo. Boa parte dos elementos, anômalos nos sedimentos (Mg, Sn, Ca, K, Zn, Ag, Rb, Cd e P), também são anômalos nos solos, com exceção do Mo e Cs, cujo enriquecimento neste último (Cs) aproxima-se de dois fatores. Considerando a rede de drenagem e o parâmetro de condutividade hidráulica de 2m/ano (CETESB 2002) para os solos mais argilosos da área (e.g. grupo I), estes materiais devem contribuir para o aporte de contaminantes nos sedimentos, caso sua espécie química permita mobilidade em certas condições físico-químicas.

Por outro lado, as anomalias de Bi, Cr, Hg e Ni nos sedimentos e solos não mostram relação espacial aparente, devido à posição em que se encontram. Da forma que está, é improvável que a rede de drenagem local permita a dispersão dos contaminantes do solo até o curso d'água. Tudo indica que outras fontes, que não o solo, podem contribuir para tanto (e.g. despejos diretos de efluentes industriais e domésticos na rede de drenagem e as rodovias).

A respeito da influência da contribuição atmosférica, apesar de existir no cenário pedogeoquímico da área (Matsumoto, 2001), é pouco provável que esta seja significativa no realce dos contrastes das concentrações dos elementos químicos. Espera-se que a contribuição atmosférica, que é lenta e gradual, manifeste-se de maneira mais homogênea em toda área de estudo, considerando sua pequena dimensão.

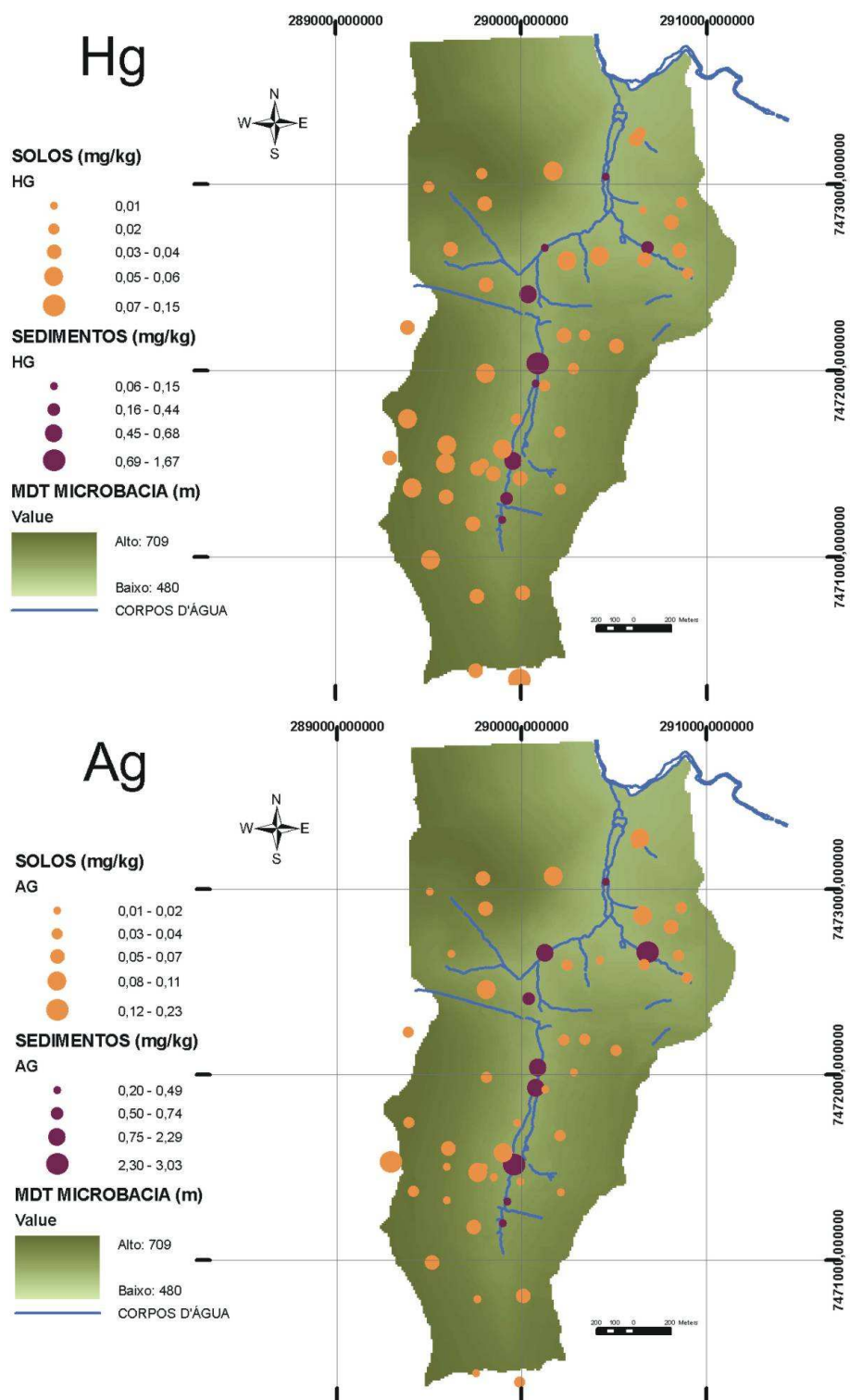


Figura 10. Concentração dos elementos por sítios amostrados: mercúrio (Hg) e prata (Ag) em mg/kg.

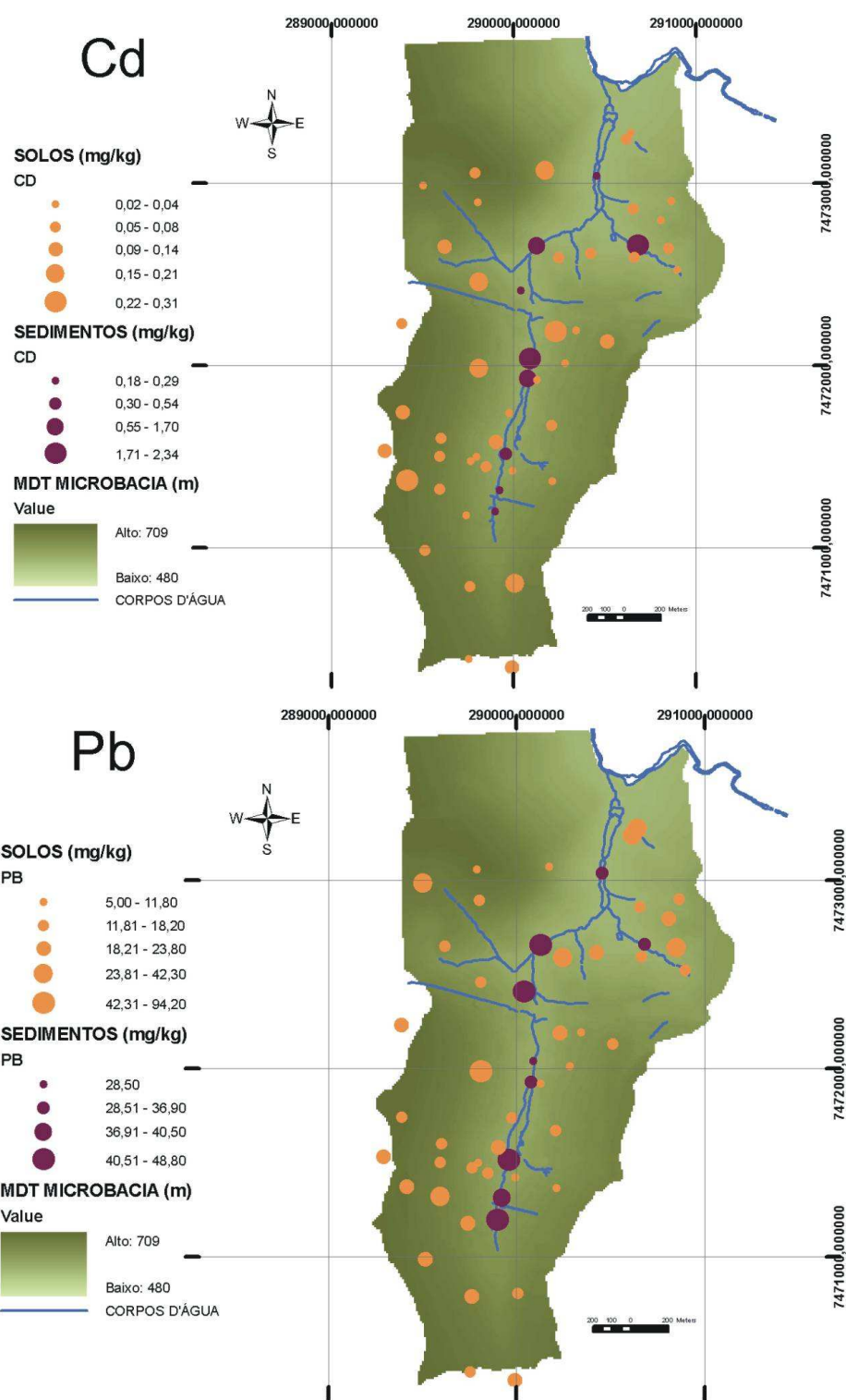


Figura 11. Concentração dos elementos por sítios amostrados: cádmio (Cd) e chumbo (Pb) em mg/kg.

8. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo sugerem as seguintes conclusões:

As evidências de campo apontam para uma urbanização intensa, crescente e, muitas vezes, desordenada da área de estudo, o que dificultará, cada vez mais, no futuro, o acesso ao solo. Essa situação impede o mapeamento das reais dimensões pedológicas e deverá dificultar iniciativas futuras, no que se refere à avaliação ambiental da área. Essa intensa urbanização tem causado impacto substancial nos cursos d'água da área, alterando suas condições físico-químicas naturais.

A constituição geológica da área mostrou uma relação sistemática com a geoquímica de solos, reunidos em dois grandes grupos os solos derivados de rochas diabásicas (grupo I) e os derivados de rochas graníticas (grupo II). Essa simplificação pode ser mais complexa, quando os solos são analisados segundo os aspectos geomorfológicos, que permitiram identificar, pelo menos, 8 manchas distintas de solos na área estudada. Alguns tipos de solos, como é o caso do Argissolo Vermelho (PV) e da porção nordeste do Latossolo Vermelho eutroférico (LVef), não mostraram relação geoquímica significativa com os outros solos, possivelmente, por divergirem quanto à natureza da rocha fonte.

A geoquímica de sedimentos e solos revelou diversas anomalias elementares, de origens difusas. Nos sedimentos, valores anômalos foram identificados para Mg, Cr, Sn, Ca, K, Zn, Ag, Mo, Cs, Ni, Rb, Cd, P, Hg e Bi, por ordem crescente de variabilidade na concentração. Essas anomalias se repetiram nos solos estudados, com exceção do Mo e Cs, cujo enriquecimento foi de dois fatores (dentro da margem de incerteza estabelecida).

Em comparação com estudos realizados em áreas mais preservadas, observou-se que os sedimentos analisados nesta dissertação de mestrado apresentaram, em geral, concentração superior para alguns elementos, com destaque para Cd, Cr (1,5), Cu (1,5), Hg, Ni e Zn. O mercúrio, por exemplo, apresentou teores com até 16 fatores acima das áreas comparadas. Essa tendência

continuou também quando a comparação foi com áreas impactadas, nas quais, além do Hg, elementos como Cr e Cu apresentaram supremacia de teores, nos sedimentos do córrego da fazenda Santa Cândida relativos às áreas comparadas.

Os solos do grupo IIb apresentaram a maior quantidade de sítios com anomalias, seguido pelo grupo IIa. Foi constatada a presença de diversas fontes, que podem gerar esses contrastes, como indústrias, aterros irregulares, disposição irregular de resíduos, não descartando a contribuição de fontes naturais. Uma característica comum desses grupos de solos é a posição espacial – cabeceiras e margens do curso d'água principal.

Comparações de valores geoquímicos de solos entre esse estudo e outros da região de São Paulo mostraram que, na área do córrego da fazenda Santa Cândida, elementos como Co (até 7,26 vezes maior), Cr (1,36), Cu (18,2), Mn (20), Pb (3,04), Rb (1,53), Ta (1,27) e Zn (2,61) ficaram com valores acima dos limites encontrados nos trabalhos comparados. Nestes trabalhos, áreas impactadas e preservadas foram consideradas e, apesar da confrontação não ter sido realizada para os mesmos tipos de solos (o que exige cautela), os elementos supracitados estavam com maior concentração, em qualquer situação, na área do córrego da fazenda Santa Cândida.

O grande número de casos de elementos anômalos não alcança uma grandeza preocupante, com exceção do Cr, Ni e Zn, que ultrapassaram, localmente, valores de referência da CETESB para solos no Estado de São Paulo (Cr > 75 mg/kg – valor de alerta; Ni > 50 mg/kg – intervenção em áreas agrícolas; Zn > 60 mg/kg – valor de referência). Embora fontes antrópicas para estes elementos tenham sido identificadas na área (Zn nos grupos de solos IIa e IIb), não se descartam anomalias naturais em alguns casos (Cr, Ni e Zn nos solos do grupo I).

O método de investigação adotado foi capaz de caracterizar, de maneira satisfatória, os níveis locais de background geoquímico e permitiu uma visão das anomalias antrópicas e/ou geogênicas. O banco de dados gerado, embora careça de complementação e adequação, será útil para futuros trabalhos e planejamento de políticas públicas.

Trabalhos complementares, de análise ambiental, devem ser realizados para modelagem da realidade do local, como, por exemplo, a especiação dos elementos anômalos encontrados.

9. ANEXOS

ANEXO I. Modelo digital de elevação do terreno.

Passos para gerar um modelo digital de Elevação do Terreno (MDET): O MDET foi obtido a partir da planialtimetria, cujos passos foram os seguintes: (1) transformar imagens (mapas) em dados digitais (scanner); (2) gerar mapas vetoriais digitais com o programa R2V, criando, conjuntamente, marcações da malha de coordenadas UTM nas quatro extremidades do mapa; (3) salvar este "layer" no R2V, com extensão DWG, e enviá-lo para o AutoCAD; (4) no AutoCAD, editar o mapa vetorial, obtendo o mapa digital vetorial com as curvas de nível e suas respectivas elevações (Z); (5) transformar o formato DWG para DXF; (6) georeferenciar o mapa DXF no IDRISI e montar o mosaico (calcular o erro médio quadrático – RMS) e gerar o MDET.

ANEXO II. Metodologia para determinação de perda ao fogo (LOI).

Método para estimar o conteúdo de matéria orgânica e carbonatos em sedimentos e solos (LOI – "loss on ignition").

1) Peso constante do cadinho – cadinho na mufla a 550° C por 5 horas. Deixar esfriar no dessecador e pesar (peso 1).

O procedimento pode ser adaptado, substituindo-se o cadinho por suportes de papel alumínio. Isso agiliza o processo e os custos, porém tem-se o risco do suporte oxidar/carbonizar durante o processo, o que pode ocasionar a perda da amostra.

2) Após peso constante, colocar a amostra no cadinho e levar à mufla a 105° C por 12-24 h. Após esfriar (por volta de meia hora), no dessecador, pesar (peso 2).

3) Levar o cadinho mais a amostra à mufla a 550 °C por 5 horas, deixar esfriar na mufla (por volta de 1 hora). Após esfriar, no dessecador, pesar (peso 3). Tem-se, então, o conteúdo de matéria orgânica:

$$\text{LOI } 550^{\circ} \text{ C} = ((\text{Peso } 105^{\circ} \text{ C} - \text{Peso } 550^{\circ} \text{ C}) / \text{Peso } 105^{\circ} \text{ C}) * 100$$

ANEXO III. Classificação morfológica dos solos

Latossolo

Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef). De morfologia peculiar: com macroestrutura fraca e microestrutura forte, composta de micro agregados muito estáveis (semelhante a pó de café), constituídos de óxidos de Fe, óxidos de Al com partículas de argila. Os horizontes diferem em função da cor e teor de ferro. Baixa fertilidade química natural (poucas bases), toxicidade de Mn e Al, altamente susceptível à lixiviação. Tem boa drenagem, de fácil mecanização e resistente a erosão. Possui pouco material primário, menor que 4%. Pode ser ácido ou ácrico. Seus tipos variam em função da concentração de óxidos de Fe e da coloração, o que é confirmado por levantamento de solos realizado na área por Gomes *et al.* (2003).

Argissolos

Podem também ser originários de atividades de hidromorfismo, coluviamento ou variação textural. Possuem estruturas, com partículas reunidas em macro agregados, com tamanho e grau de agregação variáveis. São solos originários de diferentes materiais geológicos, os quais determina sua fertilidade.

Argissolo Amarelo arênico (PA m/arg), textura média/argilosa, A moderado. É susceptível à erosão (alta erodibilidade) e de fácil mecanização. Foi descrito e coletado em barranco de corte de construção com vegetação pioneira colônio (*Panicum maximum*), no sítio P1.

Composto dos seguintes horizontes:

Camada depositada (antrópica) (10-0 cm) - de coloração bruno-forte (7,5 YR 5/6), de textura argilarenosa, com estrutura fraca pequena granular, plástico e ligeiramente pegajoso, transição plana abrupta.

A1 (0-10 cm) – de coloração bruno-escura (7,5 YR 4/3), com textura franco-argilarenosa; estrutura forte pequena e muito pequena granular; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, transição plana clara.

A2 (10-27 cm) – de coloração bruno (10 YR 4/3), com textura franco-argilarenosa, de estrutura forte pequena e muito pequena granular, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, ondulada clara.

E (27-65 cm) – de coloração bruno-amarelada (10 YR 5/4), com textura franco-argilarenosa; estrutura fraca média, com blocos subangulares e maciça porosa; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, ondulada gradual.

Bt1 (65-80 cm) – de coloração bruno-amarelada (10 YR 5/4), com textura argilarenosa, estrutura moderada média com blocos subangulares, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, ondulada gradual.

Bt2C (80-110 cm) – de coloração bruno-escura (7,5 YR 5/8), com mosqueado comum, médio, distinto e com coloração bruno-amarelada (10 YR 5/6); com textura argilosa; estrutura forte, média e grande e blocos subangulares; plástico e pegajoso.

Argissolo Vermelho típico (PV), textura argilosa e horizonte A moderado.

Solo de características intermediárias entre um Argissolo Amarelo (PA) e um Nitossolo (N). Foi descrito e coletado em barranco de corte para construção, com vegetação pioneira brachiaria (*Brachiaria decumbens*), no sítio P3. Com os seguintes horizontes presentes:

A1 (0-20 cm) – de coloração vermelho-escura (2,5 YR 3/6); com textura franco-argilarenosa; de estrutura moderada, pequena, granular e blocos subangulares; plástico e pegajoso com transição plana difusa.

AB (20-40 cm) - de coloração vermelho-escura (2,5 YR 3/6); com textura franco-argilarenosa; estrutura fraca a moderada, pequena, blocos subangulares e granular; plástico e ligeiramente pegajoso, transição plana difusa.

BA (40-70 cm) - de coloração vermelho-escuro (2,5 YR 3/6); com textura franco-argilarenosa; estrutura moderada, pequena e média, blocos subangulares e granular; plástico e pegajoso, transição plana difusa.

Bt1 (70-130 cm)- de coloração vermelho-escuro (2,5 YR 3/6); textura argilarenosa; de estrutura moderada, média, blocos subangulares; plástico e pegajoso, transição plana difusa.

Bt2 (130-180 cm) - de coloração vermelho-escuro (2,5 YR 3/6); textura argilarenosa; com estrutura moderada, pequena a média, blocos subangulares e granular; plástico e pegajoso, transição plana difusa.

Bt3 (180-200 cm) - de coloração vermelho-escuro (2,5 YR 3/6); textura argilarenosa; estrutura fraca a moderada, média, blocos subangulares e granular; plástico e ligeiramente pegajoso.

Argissolo Vermelho-Amarelo Típico (PVA), textura média/argilosa com horizonte A moderado. Mancha com limites de difícil distinção, devido à atividade urbana intensa. Foi descrito e coletado em barranco de corte para construção, com vegetação pioneira brachiaria (*Brachiaria decumbens*) e colônia (*Panicum maximum*), no sítio P6. Descrição morfológica dos horizontes:

A1 (0-10 cm) – de coloração bruno-escuro (7,5 YR 4/3); textura francoarenosa; de estrutura fraca, pequena, blocos subangulares e granular; dura firme; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual.

E (10-40 cm) – de coloração bruno (7,5 YR 5/4); textura franco-argilarenosa; estrutura maciça, dura e firme; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana difusa.

BtE (40-70 cm) - de coloração bruno (7,5 YR 5/3); textura franco-argilarenosa; estrutura fraca, média e blocos subangulares; com cerosidade e muito dura firme; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual.

Bt (70-140 cm) – de coloração vermelho-amarelada (5 YR 4/8); textura argilosa; estrutura fraca a moderada, média e grande blocos subangulares; com cerosidade comum moderada; plástica e pegajosa; transição descontínua gradual.

C/R (140+ cm) - de coloração vermelho-amarelada (5 YR 5/8); textura argilosa; estrutura fraca, média e grande blocos subangulares; com cerosidade, muito dura e ligeiramente firme; plástica e pegajosa.

Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico argissólico (LVAP) com Argissolo Vermelho-Amarelo, A moderado mesoeutrófico de textura arenosa sobre média (PVA). Descrito e coletado em barranco de corte para retirada de areia para construção e com vegetação pioneira brachiaria (*Brachiaria decumbens*), no sítio P4. Descrição morfológica dos horizontes:

Ap (0-50 cm) – de coloração vermelho-amarelada (5 YR 5/8); textura franco-argilarenosa (+ ou - 20% de argila); estrutura maciça; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, transição plana difusa.

Bw1 (50-100 cm) - de coloração vermelho-amarelada (5 YR 5/8); textura franco-argilarenosa (+ ou - 25% de argila); estrutura maciça; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, transição plana difusa.

Bw2 (100-200 cm) - de coloração vermelho-amarelada (5 YR 6/8); textura franco-argilarenosa (+ ou - 28% de argila); estrutura maciça (úmida); ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, transição plana difusa.

Bw3 (200+ cm) - de coloração vermelho-amarelada (5 YR 5/8); textura franco-argilarenosa/argilarenosa (+ ou - 30% a 35% de argila); estrutura maciça (úmida); ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa, transição plana difusa.

Nitossolo Vermelho Eutroférrico típico (NVEf). Foi descrito e coletado em barranco de corte para construção. Possui vegetação pioneira brachiaria (*Brachiaria decumbens*), no sítio P2.

O Nitossolo é resultado de uma condição de terreno convergente, em uma pequena sub-bacia, com uma dinâmica hídrica de fluxo sub-superficial peculiar (com boa drenagem mais a superfície e baixa drenagem mais abaixo), com acúmulo de água na base. Quando há períodos secos, perde água e, conseqüentemente, volume. Esse processo de alternância (expansão e contração) é responsável pela formação do B Nítico.

Com os horizontes descritos morfologicamente:

A1 (0-17 cm) – de coloração bruno-avermelhado-escuro (2,5 YR 3/4); de textura argilosa; de estrutura forte, pequena e média granular; firme, plástica e pegajosa, transição plana gradual.

A2 (17-27 cm) – de coloração bruno-avermelhada (2,5 YR 4/4); textura argilosa; estrutura forte, pequena, média granular e blocos subangulares a angulares; firme, plástica e pegajosa, transição plana clara.

BA (27-48 cm) - de coloração bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/4); textura argilosa; estrutura moderada, média e blocos subangulares; firme, plástica e pegajosa, transição plana gradual.

Bt1 (48-70 cm) - de coloração bruno-avermelhado-escuro (5 YR 3/6); textura argilosa; estrutura forte, pequena e média e blocos subangulares; cerosidade moderada comum; firme, plástica e pegajosa, transição plana gradual.

Bt2 (70-125 cm) – de coloração vermelha (2,5 YR 4/6); textura argilosa; estrutura moderada a forte, média e blocos subangulares; cerosidade moderada comum; firme, plástica e pegajosa, transição plana gradual.

Bt3 (125-200 cm) - de coloração vermelha (2,5 YR 4/6); textura argilosa; estrutura moderada, média a pequena e blocos subangulares; cerosidade moderada comum; firme, plástica e pegajosa.

Cambissolos

Solo de fase intermediária entre Argissolos-Latossolos e Litossolos (solos muito rasos), que ocorre em conjunto com os últimos ou com afloramento de rochas. Sua morfologia e fertilidade dependem do material de origem, com mais de 50% desse alterado/desenvolvido, isto é, com propriedades de solos (cor e agregação).

Cambissolo Háptico Tb eutrófico/distrófico típico (CX Tb). Com argila de atividade baixa (Tb). Cascalho presente, possivelmente, de origem alóctone (acima de 70m de profundidade) de transporte de colúvio. Proveniente do intemperismo do granito porfiro. Seu caráter distrófico ou eutrófico, determinado em função da quantidade de bases na rocha (micas e xistos), não foi avaliado, o que depende de análise laboratorial. Solo de alta erodibilidade e de difícil mecanização. Descrito e coletado em barranco de corte para construção, possui vegetação pioneira brachiaria (*Brachiaria decumbens*) e colonião (*Panicum maximum*), no sítio P5. Descrição Morfológica:

A1 (0-10 cm) - de coloração bruno-avermelhada (5 YR 4/3); textura argila cascalhenta; estrutura moderada, média, blocos subangulares que se desfazem em moderada pequena granular; com cerosidade; dura e firme; plástica e pegajosa; transição plana gradual.

A2 (10-22 cm) - de coloração bruno-avermelhada (5 YR 4/4); textura argila cascalhenta; estrutura fraca, média, blocos subangulares que se desfazem em fraca, pequena, granular; dura, friável; plástica e pegajosa; transição plana gradual.

E (22-53 cm) - de coloração bruno-avermelhada (5 YR 5/4); textura argila muito cascalhenta; estrutura maciça; macia, friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana gradual.

BtE (53-75 cm)- de coloração bruno-avermelhada (7,5 YR 4/6); textura argila cascalhenta; estrutura fraca, média, blocos subangulares que se desfazem em fraca pequena granular; dura, friável; plástica e pegajosa; transição descontínua gradual.

Bt (75-110 cm) – de coloração vermelho-amarelada (5 YR 4/6); textura argila; estrutura moderada, grande, blocos subangulares; dura firme; plástico e pegajoso; transição descontínua gradual.

BtC1 (110-170 cm) - de coloração vermelho-amarelada (5 YR 4/8); textura argilosa; estrutura moderada, média, blocos subangulares; Consistência dura (seca), firme (úmida); plástica e pegajosa (molhada); transição descontínua gradual.

BtC2 (170-200+ cm) - de coloração vermelho-amarelada (5 YR 4/8); argila com cascalho; fraca a moderada, média, blocos subangulares; dura, friável; plástica e pegajosa.

Cambissolo Háplico Tb (CX), distrófico, solo típico com horizonte A moderado. Com argila de atividade baixa (Tb). Observada grande quantidade de grãos de quartzo nos poros. Além disso, há mancha pequena com limites de difícil definição. Foi localizado em área muito urbanizada. Foi descrito e coletado em barranco de corte de estrada com vegetação pioneira brachiaria (*Brachiaria decumbens*), no sítio P7. Descrição morfológica dos horizontes:

A1 (0-20 cm) – de coloração bruno-escura (7,5 YR 4/3); textura areia franca; estrutura maciça, dura e macia; ligeiramente plástica e não pegajosa; transição plana gradual.

A2 (20-35 cm) – de coloração bruno-amarelo-escura (10 YR 4/4); textura areia franca; estrutura maciça, dura e macia; ligeiramente plástica e não pegajosa; transição plana abrupta.

2C (35-47 cm) – de coloração bruno-forte (7,5 YR 5/6); linha de seixos arredondados em alteração compõe a textura; de transição plana abrupta.

3Bi (47-60 cm) - bruno-forte (6 YR 5/8); de textura argilarenosa com areia fina; estrutura fraca média e pequena, blocos angulares; com cerosidade, dura e macia; plástica e pegajosa; transição plana, pequena clara e irregular; mosqueada pequena comum distinta, de coloração bruno (7,5 YR 5/3).

C/R (60-160 cm) - bruno-forte (6 YR 5/8); textura argilarenosa; com a estrutura condicionada pelo fraturamento da rocha; firme, plástica e pegajosa; transição distinta, difusa e plana. Mosqueada plana, pequena comum distinta, de coloração bruno (7,5 YR 5/3).

R (160+ cm) - bruno-forte (6 YR 5/8); textura argilarenosa; estrutura condicionada pelo fraturamento da rocha; com cerosidade e extremamente firme; plástica e pegajosa. Mosqueada pequena comum distinta, de coloração bruno (7,5 YR 5/3).

ANEXO IV. Geoquímica multielementar e perda ao fogo das amostras de solo.

Das 50 amostras relacionadas abaixo cinco foram de sub-superfície: SOL 3, SOL 5, SOL 10, SOL 4 e SOL 6. Coletadas de 40 a 60 cm de profundidade dos seguintes sítios, respectivamente, SOL 2, SOL 8, SOL 1, SOL 9 e SOL 7. Duas amostras foram duplicadas: SOL 17 e SOL 25, que correspondem, respectivamente, aos sítios SOL 46 e SOL 36.

	mg/kg	Al %	Ca %	Fe %	K %	LOI %	Mg %	Na %	Ti %	Ag	As	Ba	Be	Bi	Cd	Ce	Co	Cr	Cs	Cu
SOL 1	3,97	0,02	1,04	0,07	3,5	0,02	0,01	0,22	0,04	4,30	30,00	0,30	0,09	0,03	36,70	1,20	9,0	0,88	8,90	
SOL 2	4,78	0,04	1,69	0,24	5,5	0,08	0,01	0,20	0,04	3,40	100,00	0,81	0,07	0,02	71,80	2,60	12,00	1,49	7,50	
SOL 3	5,81	0,02	2,43	0,19	5,1	0,08	0,01	0,21	0,04	13,00	110,00	0,92	0,08	0,02	81,40	5,30	19,00	1,74	10,40	
SOL 4	4,92	0,07	6,50	0,10	6,6	0,05	0,01	1,54	0,10	4,90	50	0,58	0,12	0,03	91,40	9,60	58,00	0,97	105,00	
SOL 5	10,65	0,04	3,94	1,65	9,0	0,19	0,05	0,55	0,11	3,00	550	2,57	0,08	0,02	169,50	11,20	14,00	3,61	17,40	
SOL 6	9,02	0,09	14,25	0,07	10,9	0,10	0,01	2,64	0,23	6,20	110	1,20	0,11	0,09	110,50	56,50	95,00	1,30	255,00	
SOL 7	8,58	0,30	11,20	0,22	11,4	0,15	0,06	1,92	0,17	4,70	120	1,06	0,10	0,07	112,00	37,40	73,00	1,31	209,00	
SOL 8	5,36	0,05	2,22	1,78	4,3	0,17	0,05	0,49	0,10	1,60	580	1,74	0,05	0,02	274,00	12,00	13,00	2,19	17,90	
SOL 9	5,76	0,08	6,82	0,10	7,6	0,05	0,01	1,54	0,11	5,50	50	0,58	0,16	0,03	98,50	10,00	45,00	1,05	101,50	
SOL 10	3,49	0,01	0,93	0,07	3,0	0,02	0,01	0,21	0,03	2,50	30,00	0,29	0,07	0,02	34,60	1,00	8,0	0,79	6,80	
SOL11	4,96	0,07	1,03	3,02	4,4	0,08	0,26	0,312	0,01	0,7	650	0,43	0,03	0,04	230	3,6	6	0,95	7,7	
SOL12	8,8	0,14	14,05	0,16	11,5	0,18	0,03	2,80	0,01	2,4	140	1,39	0,06	0,11	96,2	49,8	90	1,22	253	
SOL13	9,31	0,17	10,3	0,4	10,0	0,15	0,03	1,89	0,03	4,2	190	1,39	0,09	0,06	128,5	25,2	58	1,88	164	
SOL14	9,22	0,27	13,85	0,06	14,2	0,12	0,01	2,62	0,03	4,2	70	0,7	0,11	0,12	105	44,8	94	0,96	198	
SOL15	8,86	0,2	13,8	0,07	13,3	0,11	0,01	2,68	0,04	5,2	70	0,63	0,12	0,25	81,8	37,3	81	0,93	172,5	
SOL16	8,25	0,19	10,45	0,12	11,7	0,09	0,02	2,16	0,06	3,8	80	0,59	0,11	0,06	95,3	20,5	46	0,81	110	
SOL17	8,07	0,23	8,91	0,41	10,7	0,09	0,07	1,74	0,02	4,6	140	0,63	0,15	0,06	117,5	17,2	50	1,18	96,7	
SOL18	9,59	0,17	13	0,05	10,8	0,07	0,01	2,57	0,06	5,2	50	0,58	0,16	0,06	94,4	26,2	68	0,85	156,5	
SOL19	2,74	0,03	1,22	0,16	3,2	0,03	0,01	0,505	0,02	0,9	60	0,34	0,06	0,02	36,6	2,8	16,0	0,81	37,6	
SOL20	10,85	0,15	16,35	0,11	11,9	0,24	0,02	2,70	0,05	2	160	1,55	0,05	0,08	88,2	64,3	90	0,87	383	
SOL21	11,6	0,08	15,6	0,04	11,4	0,11	0,01	2,46	0,06	3,2	70	1,11	0,08	0,04	115	26,2	85	0,93	297	
SOL22	7,74	0,22	12,6	0,13	10,0	0,12	0,03	2,80	0,09	3,3	90	0,8	0,09	0,17	91,4	50,1	57	1,27	187	
SOL23	8,02	0,38	10,65	0,16	10,9	0,1	0,02	2,10	0,03	4,6	110	0,51	0,15	0,21	82	17,5	55	1,11	117,5	
SOL24	3,85	0,03	3,41	0,11	3,6	0,04	0,01	0,94	0,01	1,9	50	0,42	0,07	0,02	70,2	5,6	21	0,74	41,2	
SOL36/25	3,77	0,08	3,58	0,07	6,6	0,04	0,01	1,13	0,01	2,2	40	0,32	0,1	0,05	62,8	7,5	34	0,86	45,7	
SOL26	8,45	0,07	6,57	0,06	8,5	0,05	0,01	1,29	0,07	5,1	40	0,44	0,15	0,02	144,5	8,6	41	1,1	83,8	
SOL27	6,27	0,44	4,19	0,4	9,9	0,08	0,04	0,89	0,02	6,9	130	0,46	0,24	0,05	88,5	6	39	1,45	50,3	
SOL28	6,73	0,1	4,84	0,12	8,4	0,06	0,02	1,29	0,02	7,1	40	0,23	0,25	0,02	40,5	5,3	42	0,86	31,4	
SOL29	3,55	0,34	1,22	0,16	4,3	0,08	0,05	0,277	0,02	2,1	70	0,5	0,1	0,03	35,6	2,3	13,0	0,88	11,4	
SOL30	5,43	0,4	5,3	0,23	13,7	0,11	0,04	1,15	0,08	5,7	150	0,73	0,12	0,09	75	11,3	34	1,29	84,2	
SOL31	1,99	0,07	0,69	0,22	3,9	0,05	0,01	0,217	0,02	1,1	100	0,35	0,06	0,02	35,3	1,5	9,0	0,68	4,9	
SOL32	8,5	0,29	16,4	0,34	10,6	0,24	0,09	3,40	0,1	3,5	310	1,52	0,05	0,21	96,7	73,8	60	1,02	325	
SOL33	9,04	0,14	3,18	2,12	7,4	0,16	0,07	0,664	0,03	2,5	640	2,16	0,06	0,06	216	11,6	14	2,8	15,2	
SOL34	4,45	0,12	2,47	0,51	5,5	0,07	0,04	0,526	0,03	1,6	190	0,79	0,09	0,31	70,5	5,8	25	1,16	29,7	
SOL35	2,17	0,08	0,95	0,07	3,7	0,03	0,01	0,216	0,01	1,7	40	0,23	0,08	0,04	30,7	1,6	11,0	0,53	7,8	
SOL36	3,93	0,09	3,74	0,07	6,6	0,04	0,01	1,18	0,01	2,2	40	0,32	0,09	0,04	56,8	7,7	35	0,89	46,5	
SOL37	1,96	0,08	0,88	0,09	3,8	0,03	0,01	0,192	0,04	1,7	40	0,3	0,07	0,07	24,9	1,4	11,0	0,46	22,5	
SOL38	2,18	0,02	0,86	0,02	2,9	0,02	0,01	0,188	0,01	2	10	0,13	0,14	0,02	13,35	1	11,0	0,59	5,7	
SOL39	2,87	0,16	1,09	0,08	4,5	0,03	0,01	0,231	0,06	2,3	40	0,22	0,12	0,16	24,7	1,5	14,0	0,56	11,4	
SOL40	3,28	0,35	1,74	0,28	5,5	0,07	0,07	0,45	0,04	3,5	120	0,26	0,18	0,14	33,5	2,7	24	0,63	16,3	
SOL41	10,3	0,08	13,95	0,04	11,2	0,07	0,01	2,68	0,01	5,6	50	0,66	0,16	0,06	98,6	26,7	64	0,77	166,5	
SOL42	5,2	0,19	1,86	2,25	6,1	0,21	0,07	0,392	0,02	0,6	770	1,67	0,04	0,05	185,5	9	10	1,48	9,8	
SOL43	6,77	0,11	2,46	2,65	7,1	0,27	0,1	0,483	0,01	0,8	810	2,05	0,12	0,05	231	13,7	8	2,68	12,4	
SOL44	3,99	0,1	1,68	1,14	3,8	0,2	0,06	0,265	0,09	0,6	380	1,23	0,04	0,08	90,6	4,9	12	1,62	10,8	
SOL45	3,98	0,1	1,5	0,67	4,7	0,11	0,03	0,287	0,03	0,5	290	0,85	0,05	0,05	113,5	4,8	12	1,55	9,2	
SOL 46/17	8,1	0,24	8,9	0,41	10,7	0,09	0,07	1,67	0,02	5	150	0,78	0,17	0,07	141	17,9	50	1,26	103	
SOL47	2,78	0,16	1,37	0,09	5,0	0,05	0,01	0,282	0,04	3,7	80	0,21	0,1	0,12	35,4	3,7	15,0	0,68	15,2	
SOL48	5,1	0,29	0,91	2,52	5,7	0,1	0,09	0,161	0,03	1,3	390	0,56	0,03	0,06	141,5	2,2	5	1,56	5,5	
SOL49	4,33	0,06	1,26	1,9	4,2	0,13	0,07	0,223	0,05	2,4	340	0,69	0,03	0,02	194,5	3,6	6	1,91	6,5	
SOL50	3,72	0,1	1,52	0,6	4,1	0,16	0,02	0,251	0,04	2,7	180	0,68	0,09	0,03	63	3,6	17	1,72	8,9	

mg/kg	Ga	Ge	Hf	Hg	In	La	Li	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Ta
SOL 1	9,21	0,09	1,80	0,02	0,02	14,80	5,30	57,00	0,45	6,10	4,90	70,00	7,80	5,40	0,51	1,0	1,00	7,50	0,45
SOL 2	13,10	0,15	2,90	0,02	0,03	27,90	9,90	104,00	0,50	8,20	7,30	160,00	10,70	22,30	0,27	1,0	1,70	15,00	0,56
SOL 3	16,15	0,18	2,50	0,02	0,04	38,80	10,40	414,00	0,84	8,40	8,40	150,00	17,70	18,40	0,24	1,0	1,90	14,80	0,59
SOL 4	18,00	0,24	4,30	0,03	0,07	24,90	9,20	402,00	1,12	22,70	18,00	220,00	14,10	8,40	0,27	1,0	1,90	12,20	1,36
SOL 5	35,50	0,29	3,60	0,02	0,09	56,90	30,60	243,00	0,88	26,50	12,00	330,00	29,40	136,50	0,12	1	3,90	80,70	1,89
SOL 6	36,60	0,51	7,30	0,04	0,15	44,60	15,00	1280,00	1,92	37,50	64,40	780,00	16,00	7,60	0,29	4,0	3,10	12,90	2,12
SOL 7	31,90	0,41	5,50	0,03	0,12	43,20	14,00	898,00	1,63	29,50	52,70	800,00	21,70	18,70	0,33	3,0	6,30	30,60	1,68
SOL 8	17,95	0,34	4,50	0,02	0,04	143,00	15,10	330,00	0,46	19,60	5,00	350,00	23,80	140,50	0,18	1	2,20	81,70	1,39
SOL 9	21,60	0,31	4,60	0,03	0,09	26,70	10,20	376,00	1,22	25,50	21,20	240,00	15,10	9,40	0,28	2,0	2,40	13,60	1,47
SOL 10	8,13	0,10	1,80	0,01	0,02	13,00	4,80	57,00	0,35	5,70	3,40	60,00	5,00	4,90	0,20	1,0	0,90	5,40	0,43
SOL11	12,6	0,33	1,1	0,02	0,014	109	3,8	249	0,21	7,5	2,8	430	42,3	126	0,18	3,0	0,7	128	0,4
SOL12	32,5	0,77	6,00	0,04	0,125	37,6	10,4	1395	1,75	32,3	56,7	1080	13,2	27,4	0,16	6,0	2,60	15,9	2,01
SOL13	31,2	0,48	4,20	0,04	0,11	55,4	11,8	898	1,3	27,4	41,2	620	20,7	37,6	0,24	5,0	3,00	29,5	1,88
SOL14	33,9	0,53	6,10	0,06	0,128	37,5	10,5	1175	1,78	30	55	840	17,6	6,6	0,34	6,0	2,80	20,3	1,96
SOL15	34,3	0,96	6,20	0,06	0,133	24,6	9,4	1115	1,99	30,4	48	960	23,1	5,4	0,34	5,0	3,00	17,5	1,99
SOL16	27,1	0,31	4,50	0,05	0,102	28,4	8	742	1,6	25,9	24,4	570	19	8,3	0,25	4,0	3,10	19,9	1,72
SOL17	26,1	0,32	4,60	0,03	0,095	34,7	9,4	677	1,71	24,4	24	610	23,5	28,3	0,42	4,0	3,00	30,7	1,64
SOL18	36	0,48	6,30	0,05	0,137	29	10,1	820	2	30,9	37,1	570	17,6	4,4	0,29	5,0	3,20	19,4	2,04
SOL19	7,78	0,12	1,7	0,02	0,023	14	6,8	145	0,37	8	7,8	140	12,6	8,5	0,14	2,0	0,9	10,1	0,58
SOL20	38,3	0,68	6,10	0,02	0,148	29,9	12,6	1435	1,62	29,5	70,7	890	9,4	14,8	0,12	6,0	2,90	14	1,9
SOL21	39,8	0,64	6,20	0,03	0,148	42,9	10,9	881	1,72	28,4	57	880	14,2	6,4	0,15	6,0	2,90	11,3	1,92
SOL22	29,3	0,41	5,60	0,04	0,124	32,2	10,4	1275	2,01	28,4	43,9	740	16,2	15,6	0,28	6,0	3,20	21,1	1,86
SOL23	26,5	0,32	5,20	0,05	0,104	27,3	8,3	789	1,57	25,7	28,9	660	94,2	10,7	0,61	5,0	4,70	29,4	1,73
SOL24	11,4	0,17	2,70	0,02	0,038	22,6	6,3	262	0,67	13	10,6	140	10,7	7,7	0,17	3,0	1,20	8,6	0,89
SOL36/25	12,05	0,21	2,90	0,04	0,044	24,1	7,4	363	0,9	17,2	12,8	240	14,1	5,3	0,31	3,0	1,70	11,4	1,16
SOL26	26,7	0,27	3,50	0,04	0,085	31,3	12,6	334	1,5	22	19,8	260	20,3	6,7	0,35	3,0	3,00	10,5	1,52
SOL27	18,85	0,24	2,90	0,04	0,062	29,7	10,9	307	1,56	17,9	15,2	2200	22	31,6	0,66	3,0	2,70	46,8	1,26
SOL28	19,35	0,21	3,50	0,03	0,066	12	6,2	315	1,59	21	11,2	320	13,2	8,4	0,47	4,0	2,50	15	1,44
SOL29	8,7	0,15	1,6	0,03	0,022	17	6,2	144	0,55	6,4	5,6	210	11,8	11,7	0,28	2,0	1,4	24,2	0,52
SOL30	16,3	0,25	3,50	0,05	0,059	28,6	9,4	464	0,92	17,8	19,2	640	22,5	15,8	0,51	4,0	2,60	38,9	1,22
SOL31	4,76	0,12	1,9	0,02	0,009	15,4	4,2	238	0,3	5	3	210	8,5	15,7	0,31	2,0	0,7	14,3	0,4
SOL32	35,4	0,56	6,70	0,05	0,144	49,1	12,7	2230	1,82	33,5	57,5	1360	10,8	28,9	0,14	7,0	2,80	27,1	2,14
SOL33	26,1	0,37	4,3	0,05	0,054	118	19	578	0,77	21,8	8,8	730	26,9	143	0,21	4	2,6	98	1,63
SOL34	12,05	0,23	7,7	0,03	0,028	38,8	6,8	347	0,56	12,4	10,4	350	21,7	27,2	0,5	3	1,7	29,9	1
SOL35	5,43	0,12	1,3	0,02	0,011	10,2	4	163	0,43	4,7	4,2	170	9,5	5,6	0,26	2,0	1	9,4	0,37
SOL36	12,3	0,19	3,10	0,04	0,045	21,2	7,8	376	0,9	17,5	13,1	230	14	5,5	0,32	3,0	1,90	11,9	1,16
SOL37	4,9	0,11	1,3	0,02	0,01	11,4	4	89	0,34	4,2	3,4	260	16,1	6,4	0,49	2,0	1,6	10,4	0,32
SOL38	5,49	0,1	1	0,02	0,013	5,2	4,2	99	0,44	4,2	3,8	90	5,4	2,1	0,23	2,0	0,8	3,6	0,34
SOL39	7,03	0,12	1,5	0,04	0,015	9,3	4,6	103	0,57	5,3	4,8	320	14,9	6	0,41	2,0	1,2	12,9	0,43
SOL40	8,69	0,14	1,80	0,15	0,026	13,8	5,8	189	0,78	9	7,1	820	22,1	13,7	0,95	2,0	3,50	34	0,67
SOL41	37,6	0,8	6,70	0,05	0,14	27,2	9,6	855	2,17	32,9	35,7	630	17,4	4,1	0,27	6,0	3,30	12,5	2,16
SOL42	14,5	0,3	2,9	0,05	0,028	96,2	11,2	564	0,42	13,4	5,5	390	20,6	134	0,15	3,0	1,6	95,8	1,05
SOL43	19,05	0,38	3,8	0,04	0,041	140	18,6	601	0,49	18,4	5,6	490	28,2	207	0,16	3	2	120	1,4
SOL44	11,55	0,28	2,4	0,01	0,028	41,9	14,1	248	0,37	8,9	4,5	250	18,2	88,9	0,67	2,0	2	63,4	0,62
SOL45	10,65	0,26	2,1	0,03	0,024	54,5	11	406	0,37	7,7	4,3	310	17	50	0,39	2,0	1,6	50,8	0,56
SOL 46/17	27,2	0,41	4,80	0,03	0,097	43,8	9,9	663	1,68	24,3	24,8	660	26,9	28,7	0,45	5,0	3,10	31,6	1,66
SOL47	7,19	0,08	2,1	0,03	0,019	9,3	4,4	221	0,61	6,4	5,6	610	16,1	6,7	0,49	1,0	1,6	17,2	0,46
SOL48	12,95	0,21	5,3	0,03	0,02	74,5	10,8	217	0,33	9,3	2,4	390	26,8	166,5	0,17	1,0	1,8	82,9	0,57
SOL49	11,95	0,25	5,8	0,03	0,03	99	13,6	284	0,22	10,3	1,8	300	22,7	163	0,17	1,0	2,2	60	0,73
SOL50	9,61	0,14	2,8	0,02	0,024	32	10,2	197	0,38	7,3	6,5	220	16,4	45,1	0,3	1,0	1,8	25,8	0,55

mg/kg	Th	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr
SOL 1	6,50	0,07	1,00	31,00	0,50	6,00	8,00	50,40
SOL 2	14,40	0,16	1,90	30,00	0,40	8,90	15,00	77,20
SOL 3	15,20	0,25	2,10	38,00	0,40	16,90	15,00	67,70
SOL 4	11,50	0,08	1,60	353,00	0,60	11,00	39,00	125,50
SOL 5	29,00	0,95	2,30	68,00	0,80	13,90	41,00	105,50
SOL 6	13,80	0,17	1,60	698,00	0,70	38,30	117,00	211,00
SOL 7	13,90	0,19	1,50	491,00	0,70	30,20	104,00	162,50
SOL 8	42,70	0,74	2,40	41,00	0,60	21,10	33,00	137,00
SOL 9	12,00	0,09	1,50	356,00	0,70	12,50	41,00	136,50
SOL 10	5,80	0,07	0,90	30,00	0,40	5,10	7,00	49,40
SOL11	59,7	0,54	2,9	22	0,2	8,3	31	40,8
SOL12	12,4	0,17	1,2	689	0,60	27	137	232
SOL13	15	0,26	1,1	425	0,60	25,2	102	161
SOL14	13,3	0,12	1,4	680	0,70	20	116	238
SOL15	10	0,13	1,3	675	0,70	14,3	151	237
SOL16	18	0,14	1,4	473	0,60	8,5	89	173
SOL17	19,2	0,21	2	366	0,80	12	119	174,5
SOL18	11,9	0,09	1,4	595	0,80	13,2	91	241
SOL19	6	0,06	0,8	72	0,3	5,1	14	63,1
SOL20	5,9	0,13	1	703	0,50	34,1	140	229
SOL21	11	0,13	1,3	670	0,60	29,4	103	228
SOL22	9,8	0,17	1,2	782	0,60	20	144	214
SOL23	10	0,12	1,3	445	0,70	10,7	97	200
SOL24	8	0,06	1	170	0,40	12	20	101
SOL36/25	14,6	0,05	1,2	157	0,50	5,2	32	109
SOL26	31,5	0,1	2,2	247	0,70	6,4	45	128,5
SOL27	20,8	0,21	1,9	164	1,00	7	68	104,5
SOL28	14,8	0,07	1,4	180	0,90	4,6	29	132
SOL29	6,4	0,08	0,9	41	0,5	6	20	54,2
SOL30	11,9	0,15	1,3	208	0,60	11,4	70	130
SOL31	6,3	0,09	0,9	21	0,3	5,9	11	65,9
SOL32	7,9	0,14	1,1	965	0,60	48,4	201	253
SOL33	29,4	0,81	1,7	69	0,4	23,6	58	169
SOL34	10,2	0,526	1,9	82	0,9	9,5	39	106,5
SOL35	4,2	0,04	0,6	30	0,4	3,6	19	47,3
SOL36	13,5	0,06	1,2	165	0,50	5,8	34	115
SOL37	4,7	0,04	0,6	27	0,3	4,7	57	44,8
SOL38	4,4	0,02	0,5	30	0,3	2,3	9	37,5
SOL39	5,7	0,05	0,7	33	0,4	3,5	51	52,3
SOL40	9,5	0,08	1	54	0,60	4,6	92	62,8
SOL41	12,1	0,09	1,5	602	0,80	11,3	89	252
SOL42	24,1	0,58	1,2	34	0,3	13	45	115
SOL43	33,5	1,02	1,5	38	1,7	18,6	55	148
SOL44	18,1	0,48	1,4	36	0,8	11,8	42	85
SOL45	19,4	0,27	1,3	39	0,4	9,1	38	75
SOL 46/17	28,2	0,23	2,2	364	0,90	13	120	177,5
SOL47	5,4	0,07	0,8	43	0,4	3,8	50	68,3
SOL48	39,1	0,79	2,7	15	0,2	12,9	31	169
SOL49	53,5	0,89	3,2	22	0,3	14,3	50	183
SOL50	11,6	0,27	1,5	37	0,5	10,8	31	91,5

ANEXO V. Fatores de enriquecimento (FE).

Fatores de enriquecimento (FE) de elementos químicos, nos grupos de solos da área de estudo, foram obtidos em função de amostras de referência eleitas nos próprios grupos. As amostras de referência adotadas foram SOL 16 (grupo I), SOL 24 (grupo IIa), SOL 38 (grupo IIb) SOL 45 (grupo IIc) e SOL 49 (grupo IId).

G I															
FATOR DE ENRIQUECIMENTO EM RELAÇÃO A SOL 16															
	Al	Ca	Fe	K	LOI	Mg	Ti	Ag	As	Ba	Be	Bi	Cd	Ce	Co
SOL 7	1,04	1,58	1,07	1,83	0,97	1,67	0,89	100,00	1,24	1,50	1,80	0,91	1,17	1,18	1,82
SOL12	1,07	0,74	1,34	1,33	0,98	2,00	1,30	0,17	0,63	1,75	2,36	0,55	1,83	1,01	2,43
SOL14	1,12	1,42	1,33	0,50	1,21	1,33	1,21	0,50	1,11	0,88	1,19	1,00	2,00	1,10	2,19
SOL15	1,07	1,05	1,32	0,58	1,14	1,22	1,24	0,67	1,37	0,88	1,07	1,09	4,17	0,86	1,82
SOL16	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SOL18	1,16	0,89	1,24	0,42	0,92	0,78	1,19	1,00	1,37	0,63	0,98	1,45	1,00	0,99	1,28
SOL20	1,32	0,79	1,56	0,92	1,02	2,67	1,25	0,83	0,53	2,00	2,63	0,45	1,33	0,93	3,14
SOL21	1,41	0,42	1,49	0,33	0,97	1,22	1,14	1,00	0,84	0,88	1,88	0,73	0,67	1,21	1,28
SOL22	0,94	1,16	1,21	1,08	0,85	1,33	1,30	1,50	0,87	1,13	1,36	0,82	2,83	0,96	2,44
SOL32	1,03	1,53	1,57	2,83	0,91	2,67	1,57	1,67	0,92	3,88	2,58	0,45	3,50	1,01	3,60
SOL41	1,25	0,42	1,33	0,33	0,96	0,78	1,24	0,17	1,47	0,63	1,12	1,45	1,00	1,03	1,30
SOL13	1,13	0,89	0,99	3,33	0,85	1,67	0,87	0,50	1,11	2,38	2,36	0,82	1,00	1,35	1,23
SOL17	0,98	1,21	0,85	3,42	0,91	1,00	0,81	0,33	1,21	1,75	1,07	1,36	1,00	1,23	0,84
SOL23	0,97	2,00	1,02	1,33	0,93	1,11	0,97	0,50	1,21	1,38	0,86	1,36	3,50	0,86	0,85
G II a															
FATOR DE ENRIQUECIMENTO NORMALIZADO COM BACK GROUND SOL 24															
	Al	Ca	Fe	K	LOI	Mg	Ti	Ag	As	Ba	Be	Bi	Cd	Ce	Co
SOL 9	0,79	1,41	1,06	0,48	1,11	0,66	0,86	5,81	1,53	0,53	0,73	1,21	0,79	0,74	0,94
SOL 25	0,93	2,52	0,99	0,60	1,73	0,95	1,13	0,95	1,10	0,76	0,72	1,35	2,37	0,85	1,27
SOL24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SOL26	0,94	1,00	0,82	0,23	1,01	0,53	0,59	2,99	1,15	0,34	0,45	0,91	0,43	0,88	0,66
SOL27	0,98	8,87	0,74	2,20	1,66	1,21	0,57	1,21	2,20	1,57	0,66	2,07	1,51	0,76	0,65
SOL28	1,03	1,96	0,84	0,64	1,37	0,88	0,81	1,18	2,20	0,47	0,32	2,10	0,59	0,34	0,56
SOL30	0,99	9,33	1,09	1,46	2,66	1,92	0,85	5,60	2,10	2,10	1,22	1,20	3,15	0,75	1,41
G II b															
FATOR DE ENRIQUECIMENTO NORMALIZADO COM BACK GROUND SOL 38															
	Al	Ca	Fe	K	LOI	Mg	Ti	Ag	As	Ba	Be	Bi	Cd	Ce	Co
SOL 1	1,09	0,60	0,72	2,09	0,72	0,60	0,69	2,38	1,28	1,79	1,38	0,38	0,89	1,64	0,72
SOL19	0,89	1,06	1,00	5,65	0,78	1,06	1,90	1,41	0,32	4,23	1,85	0,30	0,71	1,93	1,98
SOL29	1,03	10,73	0,90	5,05	0,94	2,52	0,93	1,26	0,66	4,42	2,43	0,45	0,95	1,68	1,45
SOL31	1,05	4,04	0,93	12,69	1,55	2,88	1,33	2,31	0,63	11,53	3,11	0,49	1,15	3,05	1,73
SOL35	1,01	4,04	1,12	3,54	1,29	1,52	1,16	1,01	0,86	4,04	1,79	0,58	2,02	2,33	1,62
SOL37	1,01	4,48	1,15	5,04	1,47	1,68	1,14	4,48	0,95	4,48	2,59	0,56	3,92	2,09	1,57
SOL38	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SOL39	1,03	6,25	0,99	3,12	1,21	1,17	0,96	4,69	0,90	3,12	1,32	0,67	6,25	1,44	1,17
SOL47	0,97	6,11	1,22	3,44	1,32	1,91	1,15	3,05	1,41	6,11	1,23	0,55	4,58	2,02	2,83
SOL34	0,93	2,73	1,31	11,62	0,86	1,59	1,27	1,37	0,36	8,66	2,77	0,29	7,06	2,41	2,64
SOL40	0,95	11,06	1,28	8,84	1,20	2,21	1,53	2,53	1,11	7,58	1,26	0,81	4,42	1,59	1,71
G II c															
FATOR DE ENRIQUECIMENTO NORMALIZADO COM BACK GROUND SOL 45															
	Al	Ca	Fe	K	LOI	Mg	Ti	Ag	As	Ba	Be	Bi	Cd	Ce	Co
SOL 8	0,80	0,30	0,88	1,58	0,54	0,92	1,00	1,98	1,90	1,19	1,21	0,59	0,24	1,43	1,48
SOL33	0,93	0,57	0,87	1,29	0,64	0,59	0,94	0,41	2,04	0,90	1,04	0,49	0,49	0,78	0,99
SOL43	0,95	0,61	0,92	2,21	0,84	1,37	0,94	0,19	0,89	1,56	1,35	1,34	0,56	1,14	1,60
SOL45	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SOL44	0,92	0,92	1,03	1,57	0,75	1,68	0,85	2,77	1,11	1,21	1,33	0,74	1,48	0,74	0,94
SOL42	0,96	1,40	0,91	2,47	0,95	1,40	1,00	0,49	0,88	1,95	1,44	0,59	0,73	1,20	1,38

G I													
FATOR DE ENRIQUECIMENTO EM RELAÇÃO A SOL 16													
	Cr	Cs	Cu	Ga	Ge	Hf	Hg	In	La	Li	Mn	Mo	Nb
SOL 7	1,59	1,62	1,90	1,18	1,32	1,22	0,60	1,20	1,52	1,75	1,21	1,02	1,14
SOL12	1,96	1,51	2,30	1,20	2,48	1,33	0,80	1,23	1,32	1,30	1,88	1,09	1,25
SOL14	2,04	1,19	1,80	1,25	1,71	1,36	1,20	1,25	1,32	1,31	1,58	1,11	1,16
SOL15	1,76	1,15	1,57	1,27	3,10	1,38	1,20	1,30	0,87	1,18	1,50	1,24	1,17
SOL16	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SOL18	1,48	1,05	1,42	1,33	1,55	1,40	1,00	1,34	1,02	1,26	1,11	1,25	1,19
SOL20	1,96	1,07	3,48	1,41	2,19	1,36	0,40	1,45	1,05	1,58	1,93	1,01	1,14
SOL21	1,85	1,15	2,70	1,47	2,06	1,38	0,60	1,45	1,51	1,36	1,19	1,08	1,10
SOL22	1,24	1,57	1,70	1,08	1,32	1,24	0,80	1,22	1,13	1,30	1,72	1,26	1,10
SOL32	1,30	1,26	2,95	1,31	1,81	1,49	1,00	1,41	1,73	1,59	3,01	1,14	1,29
SOL41	1,39	0,95	1,51	1,39	2,58	1,49	1,00	1,37	0,96	1,20	1,15	1,36	1,27
SOL13	1,26	2,32	1,49	1,15	1,55	0,93	0,80	1,08	1,95	1,48	1,21	0,81	1,06
SOL17	1,09	1,46	0,88	0,96	1,03	1,02	0,60	0,93	1,22	1,18	0,91	1,07	0,94
SOL23	1,20	1,37	1,07	0,98	1,03	1,16	1,00	1,02	0,96	1,04	1,06	0,98	0,99
G II a													
FATOR DE ENRIQUECIMENTO NORMALIZADO COM BACK GROUND SOL 24													
	Cr	Cs	Cu	Ga	Ge	Hf	Hg	In	La	Li	Mn	Mo	Nb
SOL 9	1,13	0,75	1,30	1,00	0,96	0,90	0,79	1,18	0,62	0,85	0,76	0,96	1,04
SOL 25	1,53	1,10	1,05	1,00	1,17	1,02	1,89	1,10	1,01	1,11	1,31	1,27	1,25
SOL24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SOL26	0,83	0,63	0,87	1,00	0,68	0,55	0,85	0,96	0,59	0,85	0,54	0,96	0,72
SOL27	1,12	1,19	0,74	1,00	0,85	0,65	1,21	0,99	0,79	1,05	0,71	1,41	0,83
SOL28	1,18	0,68	0,45	1,00	0,73	0,76	0,88	1,02	0,31	0,58	0,71	1,40	0,95
SOL30	1,13	1,22	1,43	1,00	1,03	0,91	1,75	1,09	0,89	1,04	1,24	0,96	0,96
G II b													
FATOR DE ENRIQUECIMENTO NORMALIZADO COM BACK GROUND SOL 38													
	Cr	Cs	Cu	Ga	Ge	Hf	Hg	In	La	Li	Mn	Mo	Nb
SOL 1	0,49	0,89	0,93	1,00	0,54	1,07	0,60	0,96	1,70	0,75	0,34	0,61	0,87
SOL19	1,03	0,97	4,65	1,00	0,85	1,20	0,71	1,25	1,90	1,14	1,03	0,59	1,34
SOL29	0,75	0,94	1,26	1,00	0,95	1,01	0,95	1,07	2,06	0,93	0,92	0,79	0,96
SOL31	0,94	1,33	0,99	1,00	1,38	2,19	1,15	0,80	3,42	1,15	2,77	0,79	1,37
SOL35	1,01	0,91	1,38	1,00	1,21	1,31	1,01	0,86	1,98	0,96	1,66	0,99	1,13
SOL37	1,12	0,87	4,42	1,00	1,23	1,46	1,12	0,86	2,46	1,07	1,01	0,87	1,12
SOL38	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SOL39	0,99	0,74	1,56	1,00	0,94	1,17	1,56	0,90	1,40	0,86	0,81	1,01	0,99
SOL47	1,04	0,88	2,04	1,00	0,61	1,60	1,15	1,12	1,37	0,80	1,70	1,06	1,16
SOL34	1,04	0,90	2,37	1,00	1,05	3,51	0,68	0,98	3,40	0,74	1,60	0,58	1,35
SOL40	1,38	0,67	1,81	1,00	0,88	1,14	4,74	1,26	1,68	0,87	1,21	1,12	1,35
G II c													
FATOR DE ENRIQUECIMENTO NORMALIZADO COM BACK GROUND SOL 45													
	Cr	Cs	Cu	Ga	Ge	Hf	Hg	In	La	Li	Mn	Mo	Nb
SOL 8	0,64	0,84	1,15	1,00	0,78	1,27	0,40	1,04	1,56	0,81	0,48	0,74	1,51
SOL33	0,48	0,74	0,67	1,00	0,58	0,84	0,68	0,92	0,88	0,70	0,58	0,85	1,16
SOL43	0,37	0,97	0,75	1,00	0,82	1,01	0,75	0,96	1,44	0,95	0,83	0,74	1,34
SOL45	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SOL44	0,92	0,96	1,08	1,00	0,99	1,05	0,31	1,08	0,71	1,18	0,56	0,92	1,07
SOL42	0,61	0,70	0,78	1,00	0,85	1,01	1,22	0,86	1,30	0,75	1,02	0,83	1,28

G I																	
FATOR DE ENRIQUECIMENTO EM RELAÇÃO A SOL 16																	
	Ni	P	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Ta	Th	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr
SOL 7	2,16	1,40	1,14	2,25	1,32	0,75	2,03	1,54	0,98	0,77	1,36	1,07	1,04	1,17	3,55	1,17	0,94
SOL12	2,32	1,89	0,69	3,30	0,64	1,50	0,84	0,80	1,17	0,69	1,21	0,86	1,46	1,00	3,18	1,54	1,34
SOL14	2,25	1,47	0,93	0,80	1,36	1,50	0,90	1,02	1,14	0,74	0,86	1,00	1,44	1,17	2,35	1,30	1,38
SOL15	1,97	1,68	1,22	0,65	1,36	1,25	0,97	0,88	1,16	0,56	0,93	0,93	1,43	1,17	1,68	1,70	1,37
SOL16	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SOL18	1,52	1,00	0,93	0,53	1,16	1,25	1,03	0,97	1,19	0,66	0,64	1,00	1,26	1,33	1,55	1,02	1,39
SOL20	2,90	1,56	0,49	1,78	0,48	1,50	0,94	0,70	1,10	0,33	0,93	0,71	1,49	0,83	4,01	1,57	1,32
SOL21	2,34	1,54	0,75	0,77	0,60	1,50	0,94	0,57	1,12	0,61	0,93	0,93	1,42	1,00	3,46	1,16	1,32
SOL22	1,80	1,30	0,85	1,88	1,12	1,50	1,03	1,06	1,08	0,54	1,21	0,86	1,65	1,00	2,35	1,62	1,24
SOL32	2,36	2,39	0,57	3,48	0,56	1,75	0,90	1,36	1,24	0,44	1,00	0,79	2,04	1,00	5,69	2,26	1,46
SOL41	1,46	1,11	0,92	0,49	1,08	1,50	1,06	0,63	1,26	0,67	0,64	1,07	1,27	1,33	1,33	1,00	1,46
SOL13	1,69	1,09	1,09	4,53	0,96	1,25	0,97	1,48	1,09	0,83	1,86	0,79	0,90	1,00	2,96	1,15	0,93
SOL17	0,98	1,07	1,24	3,41	1,68	1,00	0,97	1,54	0,95	1,07	1,50	1,43	0,77	1,33	1,41	1,34	1,01
SOL23	1,18	1,16	4,96	1,29	2,44	1,25	1,52	1,48	1,01	0,56	0,86	0,93	0,94	1,17	1,26	1,09	1,16
G II a																	
FATOR DE ENRIQUECIMENTO NORMALIZADO COM BACK GROUND SOL 24																	
	Ni	P	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Ta	Th	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr
SOL 9	1,06	0,90	0,74	0,64	0,87	0,35	1,06	0,83	0,87	0,79	0,79	0,79	1,11	0,92	0,55	1,08	0,71
SOL 25	1,14	1,62	1,25	0,65	1,73	0,95	1,34	1,25	1,23	1,73	0,79	1,14	0,87	1,18	0,41	1,51	1,02
SOL24	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SOL26	0,80	0,79	0,81	0,37	0,88	0,43	1,07	0,52	0,73	1,68	0,71	0,94	0,62	0,75	0,23	0,96	0,54
SOL27	0,87	9,50	1,24	2,48	2,35	0,60	1,36	3,29	0,86	1,57	2,12	1,15	0,58	1,51	0,35	2,06	0,63
SOL28	0,62	1,35	0,73	0,64	1,63	0,79	1,23	1,03	0,95	1,09	0,83	1,86	0,79	0,90	1,00	2,96	0,77
SOL30	1,27	3,20	1,47	1,44	2,10	0,93	1,52	3,16	0,96	1,04	1,75	0,91	0,86	1,05	0,66	2,45	0,90
G II b																	
FATOR DE ENRIQUECIMENTO NORMALIZADO COM BACK GROUND SOL 38																	
	Ni	P	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Ta	Th	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr
SOL 1	0,77	0,46	0,86	1,53	1,32	0,30	0,75	1,24	0,79	0,88	2,09	1,19	0,62	0,99	1,56	0,53	0,80
SOL19	1,45	1,10	1,65	2,86	0,43	0,71	0,79	1,98	1,20	0,96	2,12	1,13	1,69	0,71	1,56	1,10	1,19
SOL29	0,93	1,47	1,38	3,52	0,77	0,63	1,10	4,24	0,97	0,92	2,52	1,14	0,86	1,05	1,65	1,40	0,91
SOL31	0,91	2,69	1,82	8,62	1,55	1,15	1,01	4,58	1,36	1,65	5,19	2,08	0,81	1,15	2,96	1,41	2,03
SOL35	1,12	1,91	1,78	2,70	1,14	1,01	1,26	2,64	1,10	0,97	2,02	1,21	1,01	1,35	1,58	2,13	1,28
SOL37	1,00	3,24	3,34	3,41	2,39	1,12	2,24	3,24	1,05	1,20	2,24	1,34	1,01	1,12	2,29	7,10	1,34
SOL38	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SOL39	0,99	2,78	2,15	2,23	1,39	0,78	1,17	2,80	0,99	1,01	1,95	1,09	0,86	1,04	1,19	4,43	1,09
SOL47	1,13	5,18	2,28	2,44	1,63	0,38	1,53	3,65	1,03	0,94	2,67	1,22	1,09	1,02	1,26	4,24	1,39
SOL34	1,25	1,77	1,83	5,90	0,99	0,68	0,97	3,78	1,34	1,06	11,98	1,73	1,25	1,37	1,88	1,97	1,29
SOL40	1,18	5,76	2,59	4,12	2,61	0,63	2,76	5,97	1,24	1,36	2,53	1,26	1,14	1,26	1,26	6,46	1,06
G II c																	
FATOR DE ENRIQUECIMENTO NORMALIZADO COM BACK GROUND SOL 45																	
	Ni	P	Pb	Rb	Sb	Se	Sn	Sr	Ta	Th	Tl	U	V	W	Y	Zn	Zr
SOL 8	0,69	0,67	0,83	1,67	0,27	0,30	0,82	0,95	1,47	1,31	1,63	1,10	0,62	0,89	1,38	0,52	1,08
SOL33	0,84	0,96	0,65	1,17	0,22	0,82	0,66	0,79	1,19	0,62	1,22	0,53	0,72	0,41	1,06	0,62	0,92
SOL43	0,73	0,88	0,93	2,31	0,23	0,84	0,70	1,32	1,40	0,97	2,11	0,65	0,54	2,38	1,14	0,81	1,10
SOL45	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
SOL44	0,96	0,74	0,99	1,64	1,58	0,92	1,15	1,15	1,02	0,86	1,64	0,99	0,85	1,84	1,20	1,02	1,05
SOL42	0,94	0,92	0,89	1,97	0,28	1,10	0,73	1,39	1,38	0,91	1,58	0,68	0,64	0,55	1,05	0,87	1,13

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, F. F. M. (1964). Os fundamentos geológicos do relevo paulista. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*. 64: 169-263.
- Amorim, W.B., Tomaz, E., Silva, M. G. C. (2003). *Monitoramento de partículas finas na região de Paulínia* (documentário em vídeo). I Encontro Interno sobre pesquisas ambientais na RMC – Unicamp, (VHS). Campinas-SP.
- Andreazzini, M. J. (2005). *Geoquímica do fluor em água e sedimentos fluviais da região de Cerro Azul, Estado do Paraná*. Dissertação de mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 114p.
- Araújo, M.F., Bernard P.C., Van Grieken, R.E. (1988). *Heavy metal contamination in sediments from the Belgian Coast and Scheldt Estuary*. Mar. Pollut., 19: 269-273.
- ATSDR (2005). *Hazardous Substances from the 2003 CERCLA Priority List of Hazardous Substances*. Recuperado em 19 de agosto de 2005: <http://www.atsdr.cdc.gov/cxcx3.html>
- Bacon J.R., Berrow M.L., Shand C.A. (1992). Isotopic composition as an indicator of origin of lead accumulations in surface soils. *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, 46: 71-76.
- Bramorski, J. (2004). Avaliação da qualidade de sedimentos dos rios Tietê e Piracicaba nos seus compartimentos de entrada no reservatório de Barra Bonita, SP. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 135p.

Brandão, D. (2001). *Risco de degradação dos recursos hídricos na bacia do ribeirão do ribeirão Pinhal – Limeira (SP): uma proposta metodológica*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 85 p.

Burrough, P. A., Frank, A. V. (1995). Concepts and paradigms in spatial informations: are current geographical information systems truly generic? *International Geographical Information Systems*. 9: 101-106.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Parecer Técnico 05/00514/02. Concima S.A. Construções Civas (2002). Campinas, SP.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental . (2001). *Estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo*. São Paulo, SP. Relatório, 247 p.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental . (2003). *Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2002*. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório, 264 p.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (1983). *Processo interno no PA/01046/83*. Vidotti & Companhia Ltda. Campinas: CETESB.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (1995). *Processo interno no 05/00289/95*. Tecnol. Técnica Nacional de Óculos. Campinas: CETESB.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (1995). *Processo interno no 05/0837/85*. Vidotti & Companhia Ltda. Campinas: CETESB.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (1999). *Processo interno no 05/01226/99*. Tecnol. Técnica Nacional de Óculos. Campinas: CETESB.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (2001). *Processo interno no 05/00801/01*. Multielos Indústria e Comércio Ltda. Campinas: CETESB.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (2004). *Relação das áreas contaminadas no estado de São Paulo*. Recuperado em 19 de agosto de 2005:

http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/relacao_areas.asp

Daniel, M. H. B., Montebelo, A. A., Bernardes, M. C., Ometto, J. P. H. B., Camargo P. B., Krusche, A. V., Ballester, M. V., Victoria, R. L., Martinrlli, L. A. (2001). *Effects of urban sewage on dissolved oxygen, dissolved inorganic and organic carbon, and electrical conductivity of small streams along a gradient of urbanization in the Piracicaba river basin. Water, air and soil pollution.* 136: 189–206.

DePaula, F. C. F., Mozeto A. A. (2000). *Biogeoquimical evolution of trace elements in a pristine watershed in the Brazilian southeastern coastal region.* Applied Geochemistry, 16: 1139- 1151.

Delitti, W.B.C., Burger, D.M. (2000). Carbon and nutrient pools in a gallery forest at Mogi Guaçu River, Southeast Brazil. *Annals of Forest Science, Les Ulis*, 57: 39-48.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1999). *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Brasília: Embrapa produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412p.

Faure, G. (1998). *Principles and applications of geochemistry*. Upper Saddle, New Jersey: Prentice Hall, 600 p.

Favaro, P. C. (1999). *Ocorrência de metais e elementos tóxicos em sedimento na bacia do alto rio Atibaia, SP*. Dissertação de mestrado, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 58 p.

Folinsbee, L.J. (1993). *Human health effects of air pollution*. Environ. Health Perspect., 100: 45–46.

Fostier, A. H., Cecon, K, Forti, M. C. (2003). Urban influence on litterfall trace metals fluxes in the Atlântica Forest of São Paulo (Brazil). *Journal de Physique IV*, 107: 491-493.

Fostier, A.H., Falótico, M.H.B., Ferraz, E.S.B., Tomazelli, A.C., Salomão, M.S.M.B, Martinelli, L.A., Victoria, R.L. (2005). Impact of anthropogenic activity on the Hg concentrations in the Piracicaba river basin (São Paulo State, Brazil). *Water Air and Soil Pollution*, 166: 381-402.

Frishenbruder, M. T. M. (2001). *Gestão municipal e conservação da natureza: a bacia hidrográfica do Ribeirão das Anhumas – Campinas/SP*. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 317 p.

Gomes, D. C. H., Coelho, R. M., Rossi, M., Menk, J.R.F. (2003). *O levantamento de solos como subsídio ao diagnóstico sócio-ambiental: a bacia do ribeirão das anhumas, Campinas (sp)*. Recuperado em 19 de agosto de 2005: <http://www.cibergeo.org.br/agbnacional/VICBG-2004/Eixo2/>.

Google Local (2005). MAPS. Recuperado em 15 de agosto de 2005: <http://maps.google.com/maps?ll=-22.901891,-47.105427&spn=0.004699,0.007522&t>.

Gresens, R. L. (1967). Composition-volume relations of metasomatism. *Chemical Geology*, 2: 47-65.

Guedes, P. V. R. P. (1998). Caracterização ambiental da bacia higrográfica do ribeirão das Anhumas e suas relações com o proesso de urbanização. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 137 p.

Heirl, O. *et al.* (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sedments: reproducibility and comparability of results. *101 Journal of Paleolimnology*. 25: 101- 110.

Hemsi, P. S. (2001). *Um estudo da adsorção de poluentes em um latossolo paulista considerando a carga variável e o ponto de carga nula*. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 202pp.

Henderson, P. J., McMartin, I., Hall, G. E., Percival, J. B., Walker, D. A. (1998). The chemical and physical characteristics of heavy metals in humus and till in the vicinity of the base metal smelter at Flin Flon, Manitoba, Canada. D. A. *Environmental Geology*, 34: 39-58.

Hirata, R., (2004) Contaminação de solo e água subterrânea: caracterização, monitoramento e remediação. Curso de extensão. Curitiba-PR.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2004). *Título*. Recuperado em 19 de julho de 2005: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/indicadores_sociais_municipais/abela1a.shtm.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2002). Base de Informações Municipais [CD-ROM]. 3. ed. Rio de Janeiro.

Instituto Geológico do Estado de São Paulo. (1999). *Mapa geológico*. Seleção de áreas para o tratamento e disposição de resíduos sólidos domésticos e industriais na região metropolitana de Campinas. São Paulo.

Instituto Geológico, São Paulo. (1997). *Mapeamento de Vulnerabilidade e Risco de Poluição das Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo*. Instituto Geológico. CETESB, DAEE, Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Ricardo Cesar Aoki Hirata (coord.). São Paulo: Instituto Geológico: CETESB.

Koch Jr., G. S., Link, R. F. (1971). *Statistical analysis of geological Chemical Geology*. 2: 47-65. data. New York: John Willey & Sons Inc. 2 v.

Leite, M. A. (2002). *Análise do aporte, da taxa de sedimentação de metais na água, plâncton e sedimento do Reservatório de Salto Grande, Americana – SP*. Tese de doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 199p.

Lemos, R. C., Santos, R. D. (1996). *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, Campinas, 84p.

Levinson, A.A. (1974). *Introduction to exploration geochemistry*. Applied Publishing: Wilmette, 614 pp.

Licht, O. A. B. (1998). *Prospecção geoquímica: princípios, técnicas e métodos*. Rio de Janeiro: CPRM, 216 p.

Luiz-Silva, W., Matos, R.H.R., Kristosch, G.C., Machado, W. (no prelo). Variabilidade espacial e sazonal da concentração de elementos-traços em sedimentos do sistema estuarino de Santos-Cubatão (SP). *Química Nova*.

Mangabeira, J. A. C. (2002). Tipificação de produtores rurais apoiada em imagens de alta resolução espacial, geoprocessamento e estatística multivariada: uma proposta metodológica. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 134 p.

Manta, D.S., Angelone, M., Bellanca, A., Néri, R., Sprovieri, M. (2002). *Heavy metals in urban soils: a case study from the city of Palermo (Sicily), Italy*. *Sci. Total Environ.*, 300: 229–243.

Matsumoto, E. (2001). Estudo da contaminação ambiental atmosférica e das águas superficiais, empregando a fluorescência de raio-X dispersiva em energia (EDXRF) e reflexão total (TXRF). Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 150 p.

Michelazzo, A.M., Fostier, A. H. (2003). Mercúrio na atmosfera da região de Paulínia (documentário em filme). I Encontro Interno sobre pesquisas ambientais na RMC – Unicamp. 1 VHS. Campinas-SP.

Mielke, H.W., Gonzales, C. R., Smith, M. K., Mielke, P.W. (1999). *The Urban environment and Children's Health: Soils as an integrator of Lead, Zinc, and Cadmium in New Orleans, Louisiana, U.S.A*. *Environmental Research, Section A* 81: 117-129.

- Mogollón, J.L., Bifano, C., Davies, B.E. (1996). Geochemistry and anthropogenic inputs of metals in a tropical lake in Venezuela. *Applied Geochemistry*, 11: 605-616.
- Peixoto, M. N. O., Silva, T. M., Moura, J. R. S. (1997). Reflexos Sobre as Perspectivas Metodológicas em Geografia Física. *Revista de Pós-Graduação em Geografia*, UFRJ, vol. 1.
- Peltola, P., Åström, M. (2003). Urban geochemistry: a multimedia and multielement survey of a small town in Northern Europe. *Environmental Geochemistry and Health*, 25: 397-419.
- Peuquet, D. J. (1994). It's About Time: A Conceptual Framework for the Representation of Temporal Dynamics in Geographic Information Systems. In: *Annals of the Association of Geographers*. 84(3): 441-461.
- Pires Neto, A. G., Castro, S. P., Mendes, E. A., Tominaga, L. K., Goulart, A. C. (1993). *Mapa geomorfológico do município de Campinas*. Instituto Geológico.
- Pompermayer, R. S. (2003). *Aplicação de análise multicritério em gestão de recursos hídricos: simulação para as bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 137 p.
- Ponçano, W. L., Almeida, F. F. M., Carneiro, C. D. R. (1981). *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*. IPT – Divisão de Minas e Geologia Aplicada. 2, esc. 1:50.000.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS - PMC (1982). Carta hipsométrica, escala 1:2000. Levantamento aerofogramétrico – Secretaria de planejamento e coordenação.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS - PMC (1991). *Campinas: Subsídios para a discussão do plano diretor*. Campinas: Secretaria de Obras e Serviços Públicos, 292 p.

- Rasmussen, P.E., Larocque, A.C.L. (1996) Trace metals in the environment: mobilization to remediation. *Geoscience Canada*, 23: 154-157.
- Salomons W., Förstner U. (1984) Metals in the hydrocycle. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 346 p.
- Salomons, W. (1995) Environmental impact of metals derived from mining activities: processes, predictions, prevention. *Journal of Geochemistry Exploration*, 52: 5-23.
- Salomão, M. S. M. B., Tomazelli, A.C., Silva, D. M. L., Santos Jr., D. (2003) *Jornal de Physique IV*, 107: 1181-1184
- Sanchez-Camazano M., Sanchez-Martín M.J., Lorenzo L.F. (1994). Lead and cadmium in soils and vegetables from urban gardens of Salamanca (Spain). *Sci. Total Environ.*, 146/147: 163-168.
- Semeghini, U. C. (1988). *Campinas (1986 a 1980): agricultura, industrialização e urbanização*. Dissertação de mestrado, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 282 p.
- Serra, A. L. R. C. (2002). *Indicadores de pressão para o córrego Piçarrão*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 119 p.
- Servilha, E. R. (2003). *As áreas urbanas de preservação permanente dos cursos d'água urbanos para a ordem pública. Município de Campinas/SP*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 165p.
- Shiller, A. M., Frilot, D. M. (1996). The geochemistry of gallium relative to aluminum in Californian streams. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 60:
- Silva, A. C. N. (2002). *Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto como Apoio ao Planejamento Territorial do Município de Iporanga-SP*. Dissertação de Mestrado, USP.

- Soares, H.M.V.M. *et al.* (1999). Sediments as monitors of heavy metal contamination in the Ave river basin (Portugal): multivariate analysis of data. *Environ. Pollut.*, 105: 311-323.
- Stacciarini, R. (2002). *Avaliação da qualidade dos recursos hídricos junto ao município de Paulínia, Estado de São Paulo Brasil*. Tese de doutorado, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 214 p.
- Steinmann M., Stille P. (1997). Rare earth element behaviour and Pb, Sr, Nd isotope systematic in a heavy metal contaminated soil. *Appl. Geochem.*, 12: 607-623.
- Thornton, I. (1983). *Applied Environmental Geochemistry*. Academic Press, London, 501 p.
- Tomazelli, A. C., Martinelli, L. A. (2003). Heavy metals in six Brazilian watersheds: Levels of contamination in the state of São Paulo. *Journal de Physique IV*, 107: 1305 - 1307
- Tresmocidi, A. C. C. L. (2003). Qualidade do ar na área do pólo industrial de Paulínia (documentário em vídeo). I Encontro Interno sobre pesquisas ambientais na RMC – Unicamp. 1 VHS. Campinas-SP.
- U.S. EPA. (2001). Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicological Analyses: *Technical Manual*. EPA 823-B-01-002. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.
- U.S. NAVFAC. (2000). *Guide for incorporating bioavailability adjustments into human health and ecological risk assessments at U. S. Navy and Marine Corps Facilities (U.S. NAVFAC)*. Part 2: technical background document for Assessing Metals Bioavailability. UG-2041-ENV, Washington DC.
- Villaescusa-Celaya, J.A., Gutiérrez-Galindo, E.A., Flores-Munõz, G. (2000). Heavy metals in the fine fraction of coastal sediments from Baja California (Mexico) and

California (USA). *Environ. Pollut.* 108: 453-462.

Vitorino, A. C. T., Ferreira, M. M., Curi, N., Lima, J. M., Silva, M. L. M., Motta, P. E. F. (2003). Mineralogia, química e estabilidade de agregados do tamanho de silte de solos da Região Sudeste do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 38: 133-141.

Wilcke, W., Muller, S., Kanchanakool, N., Zech, W. (1998). Urban soil contamination in Bangkok: heavy metal and aluminium partitioning in topsoils. *Geoderma*, 86: 211–228.

Wong, C. S. C., Li, X. D. (2004) Pb contamination and isotopic composition of urban soils in Hong Kong. *The Science of the Total Environment*, 319: 185–195.