



UNIVERSIDADE
ESTADUAL de LONDRINA

ALAN ALVES ALIEVI

**O CONSUMO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DO AQUÍFERO
SERRA GERAL NA REGIONAL DE SAÚDE DE LONDRINA
(PR) E IMPLICAÇÕES À SAÚDE COLETIVA –
UMA DISCUSSÃO DA GEOGRAFIA DA
SAÚDE APOIADA NA HIDROGEOQUÍMICA**

ALAN ALVES ALIEVI

**O CONSUMO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DO AQUÍFERO
SERRA GERAL NA REGIONAL DE SAÚDE DE LONDRINA
(PR) E IMPLICAÇÕES À SAÚDE COLETIVA –
UMA DISCUSSÃO DA GEOGRAFIA DA SAÚDE APOIADA NA
HIDROGEOQUÍMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Dinâmica Espaço Ambiental da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Paulo P. Pinese

Londrina
2012

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

A398c Alievi, Alan Alves.
O consumo de água subterrânea do aquífero Serra Geral na Regional de Saúde de Londrina (PR) e implicações à saúde coletiva : uma discussão da geografia da saúde apoiada na hidrogeoquímica / Alan Alves Alievi. - Londrina, 2012.
197 f: il.

Orientador: José Paulo Peccinini Pinese.
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2012.
Inclui bibliografia.

1. Geografia médica – Teses. 2. Hidrogeoquímica – Teses. 3. Saúde Coletiva – Teses. 4. Águas subterrâneas – Qualidade – Teses. I. Pinese, José Paulo Peccinini. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU 911.3:614

ALAN ALVES ALIEVI

**O CONSUMO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA DO AQUÍFERO SERRA
GERAL NA REGIONAL DE SAÚDE DE LONDRINA (PR) E
IMPLICAÇÕES À SAÚDE COLETIVA –
UMA DISCUSSÃO DA GEOGRAFIA DA SAÚDE APOIADA NA
HIDROGEOQUÍMICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Dinâmica Espaço Ambiental da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de mestre.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Paulo P. Pinese
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Christovam Barcellos
DIS/CICT/FIOCRUZ – Rio de Janeiro – RJ

Prof. Dr. André Celligoi
UEL – Londrina – PR

Londrina, 02 de abril de 2012.

*Dedico esse trabalho ao meu pai,
minha mãe e a minha irmã,*
POR TUDO QUE COMPARTILHAMOS!

AGRADECIMENTOS

É sempre muito difícil elencar e agradecer a todos que diretamente tiveram participação na realização deste trabalho. Com certeza cometerei algumas injustiças por não identificar e agradecer a todos. Todavia, não posso deixar de correr esse risco e agradecer a alguns em particular:

- Ao meu orientador, José Paulo P. Pinese, pelo seu empenho, paciência e pelos momentos de discussão.
- À Profa. Dra. Nilza A. Freres Stipp e ao Prof. Dr. André Celligoi, pelas valiosas contribuições enquanto membros da minha banca de qualificação.
- Às funcionárias da secretaria do Departamento de Geociências e de Pós-Graduação do CCE, pelas vezes que me atenderam e ajudaram a providenciar documentos ou esclarecer dúvidas burocráticas.
- À todos os professores do Departamento de Geociências e do Programa de Pós-Graduação da UEL, que contribuíram para a minha formação acadêmica.
- Aos meus colegas do curso de graduação e do mestrado pelos bons momentos compartilhados, em especial, aos amigos Eliseu, Maurício Galera, Ferdinando, Fábio, Rogério, Rodrigo Scandio, Rodrigo Orasmo e Márcio.
- Às professoras Alice Asari, Ruth Tsukamoto, Eloiza Torres, Ideni Antonello, Jeani Moura e Kumagae Kasukuo Stier, por propiciarem valiosos momentos de discussão e aprendizagem no âmbito do grupo PET (Programa de Educação Tutorial).
- Aos colegas do grupo PET de Geografia com os quais convivi de 2006 a 2008.
- Ao técnico de laboratório Dionisio e ao pessoal da iniciação científica (Glauco, Letícia, Diego, Ângela e Naibi), pelo auxílio quando da necessidade.
- Aos motoristas Seu Joaquim e Alex que tornaram os trajetos dos trabalhos de campo mais agradáveis.
- Às colegas Tatiane, Josilaine e Mariana pelo auxílio quando da necessidade.
- À Kenia Zanetti, sempre pronta a ajudar e esclarecer muitas dúvidas específicas do campo da química.

- Aos professores Osvaldo, Angelo, Fernanda, Pedro, Zaqueu e André, pelas conversas e pelos diversos momentos de descontração.
- Ao pessoal do laboratório de Química da UEL por terem cedido espaço para o armazenamento das amostras de água.
- Ao coordenador do Laboratório de Geoquímica (Labogeo)-UNESP de Rio Claro, prof. Dr. Antonio José R. Nardy, que prontamente nos atendeu e disponibilizou o laboratório. E ao Dr. Adilson Roberto Fontanetti, que nos auxiliou nas análises químicas, trabalho de suma importância para a finalização de nossa pesquisa.
- Aos estudantes da república Mansão de Rio Claro-SP pela acolhida e hospedagem.
- Ao pessoal que me recebeu nas cidades da Regional de Saúde de Londrina onde foram realizadas as coletas de água subterrânea.
- Ao CNPq e Fundação Araucária do Estado do Paraná, Brasil, pelo suporte financeiro através dos projetos do Convênio CNPq/Fundação Araucária: 61.0088/06-8 e Convênio Fundação Araucária/UEL: 063/08, assim como pelo suporte financeiro decorrente da oferta de bolsa de mestrado.

Enfim, à todos aqueles que não foram citados mas que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização desse trabalho, minha gratidão, principalmente a uma pessoa muito especial que só ilumina minha vida com todo amor que me concede, agradeço a você, Léia Veiga.

ALIEVI, Alan Alves. **O consumo de água subterrânea do Aquífero Serra Geral na regional de saúde de Londrina (PR) e implicações à saúde coletiva** – Uma discussão da Geografia da Saúde Apoiada na Hidrogeoquímica. 2012. 197f. Dissertação de Mestrado (Geografia Dinâmica Espaço Ambiental) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

RESUMO

Procurando colaborar junto ao campo da Geografia da Saúde buscou-se nesta pesquisa estabelecer relações entre a saúde da população da área de estudo e elementos químicos presentes nas amostras de água subterrânea coletadas de poços tubulares localizados nesta área. Enfim, analisar aspectos hidrogeoquímicos das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), especificamente, aquelas encontradas na 17ª. Regional de Saúde – Londrina (PR), procurando compreender as possíveis correlações entre o estado da saúde coletiva e anomalias hidrogeoquímicas no contexto da organização espacial, bem como o papel desta nestes agravos, foi o intento desta dissertação. Entre os materiais e métodos utilizados, destacam-se a coleta de informações junto ao DATASUS e a Secretaria de Vigilância em Saúde da 17ª. RSL, entre outros dados necessários à análise espacial, bem como a caracterização hidrogeoquímica e das áreas de risco (anomalia positiva), em que foram mensurados os parâmetros físico-químicos e hidrogeoquímicos das amostras de água através do uso do ICP-AES, o qual determinou os teores de Sódio (Na – 1.100 a 66.500 µg/L); Cálcio (Ca – 630 a 48.201 µg/L); Silício (Si – 1.403 a 32.548 µg/L); Magnésio (Mg – 53 a 18.594 µg/L); Potássio (K – 170 a 7.900 µg/L); Zinco (Zn – 0 a 397 µg/L); Estrôncio (Sr – 2 a 356 µg/L); Bário (Ba – 0 a 229 µg/L); Fósforo (P – 0 a 177 µg/L); Ferro (Fe – 3 a 110 µg/L); Cobre (Cu 0 a 76 µg/L); Manganês (Mn – 0 a 5 µg/L) e Cromo (Cr – 0 a 4 µg/L), nestes intervalos para todas as amostras. Verificou-se que as doenças comumente associadas ao contato direto ou mesmo indireto com os elementos elencados em concentrações demasiado altas estão agrupadas no quadro das doenças ligadas ao sistema nervoso, sistema circulatório (coração e anexos), sistema respiratório, aparelho geniturinário, doenças neoplásicas. Em geral, identificou-se também uma tendência de aumento dos óbitos para estas doenças, entre outras. Os padrões na morbidade encontrados neste estudo implicaram em um questionamento acerca dos fatores que condicionaram a sua distribuição espacial e, por conseguinte algumas ocorrências foram registradas e analisadas. Quase todos os municípios apresentaram em seus territórios maiores ou menores correlações entre as variáveis, porém, a população de alguns pode estar mais exposta aos teores anômalos encontrados, bem como aos possíveis efeitos adversos oriundos do consumo de água subterrânea explorada pelos seus órgãos municipais de abastecimento público, que o fazem em algumas zonas de anomalia positiva ou de alta concentração dos teores.

Palavras-chave: Geografia da Saúde. Saúde Coletiva. Hidrogeoquímica. Água Subterrânea. Aquífero Serra Geral.

ALIEVI, Alan Alves. **The consumption of groundwater of Serra Geral aquifer in the regional of health of Londrina (PR) and Implications for public health** - A discussion of the Geography of Health Supported in Hydrogeochemistry. 2012. 197p. Dissertação de Mestrado (Geografia Dinâmica Espaço Ambiental) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

ABSTRACT

Looking to collaborate with the field of geography of health in this study sought to establish relationships between the health of the population of the study area and chemicals present in groundwater samples collected from wells located in this area. Finally, analysis of groundwater hydrogeochemical aspects of the Serra Geral Aquifer System (SASG), specifically those found in the 17th. Regional de Saúde - Londrina (PR), seeking to understand the possible correlations between the state of public health and hydrogeochemical anomalies in the context of spatial organization, as well as the role of these grievances was the intent of this dissertation. Among the materials and methods used, we highlight the collection of information from the DATASUS and Secretaria de Vigilância em Saúde of the 17th. RSL, among other data necessary for spatial analysis and hydrogeochemical characterization and risk areas (positive anomaly), which were measured in the physical and chemical parameters of hydrogeochemical and water samples by using ICP-AES, which determined the levels of de Sódio (Na – 1.100 a 66.500 µg/L); Cálcio (Ca – 630 a 48.201 µg/L); Silício (Si – 1.403 a 32.548 µg/L); Magnésio (Mg – 53 a 18.594 µg/L); Potássio (K – 170 a 7.900 µg/L); Zinco (Zn – 0 a 397 µg/L); Estrôncio (Sr – 2 a 356 µg/L); Bário (Ba – 0 a 229 µg/L); Fósforo (P – 0 a 177 µg/L); Ferro (Fe – 3 a 110 µg/L); Cobre (Cu 0 a 76 µg/L); Manganês (Mn – 0 a 5 µg/L) e Cromo (Cr – 0 a 4 µg/L), these intervals for all samples. It was found that the diseases commonly associated with direct or indirect contact with the elements listed in too high concentrations are grouped under the diseases related to nervous system, circulatory system (heart and attachments), respiratory system, genitourinary system, neoplastic diseases. In general, also identified a trend for increased mortality for these diseases, among others. The morbidity patterns found in this study led to a questioning of the factors that conditioned its spatial distribution, and therefore few events were recorded and analyzed. Almost all municipalities in their territories had higher or lower correlations between the variables, however, some people may be more exposed to anomalous levels, as well as possible adverse effects from the consumption of groundwater exploited for their organs municipal supply public, they do in some areas of positive anomaly or high levels of concentration.

Keywords: Geography of Health, Public Health, Hydrogeochemistry, Groundwater, Serra Geral Aquifer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Recorte espacial da área de estudo	17
Figura 2	Representação esquemática da distribuição vertical da água no solo e subsolo, mostrando as diversas zonas de umidade	47
Figura 3	Representação esquemática de um aquífero confinado e de diferentes tipos de poços	49
Figura 4	Geologia da área de estudo (17ª. RSL).....	67
Figura 5	Estruturas primárias de derrames na Formação Serra Geral	68
Figura 6	Tipos de solos na área de estudo (17ª. RSL)	71
Figura 7	Produto Interno Bruto per capita (reais), 2006	76
Figura 8	Distribuição dos poços tubulares amostrados junto aos municípios da 17ª. RSL	79
Figura 9	Índice de carência habitacional para o abastecimento de água na 17ª. RSL.....	86
Figura 10	Taxas de mortalidade proporcional à população para DAC e DAD no ano de 2009	108
Figura 11	Taxas de mortalidade proporcional à população para DENM e DAG no ano de 2009	109
Figura 12	Taxas de mortalidade proporcional à população para DSN e DAR no ano de 2009	110
Figura 13	Taxas de mortalidade proporcional à população para TMC e Neoplasias no ano de 2009	111
Figura 14	Evolução do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal em 1991 e 2000	113
Figura 15	Espacialização dos valores de condutividade elétrica da água do SASG na 17ª RSL.....	121
Figura 16	Espacialização dos valores de temperatura da água do SASG na 17ª RSL.....	123
Figura 17	Espacialização dos valores de oxigênio dissolvido da água do SASG na 17ª RSL.....	125

Figura 18	Espacialização dos valores de pH da água do SASG na 17ª RSL.....	127
Figura 19	Espacialização dos valores de turbidez da água do SASG na 17ª RSL.....	129
Figura 20	Concentração de Alumínio (Al) da água do SASG na 17ª RSL.....	132
Figura 21	Concentração de Bário (Ba) da água do SASG na 17ª RSL.....	134
Figura 22	Concentração de Cádmio (Cd) da água do SASG na 17ª RSL.....	138
Figura 23	Concentração de Cálcio (Ca) da água do SASG na 17ª RSL	140
Figura 24	Concentração de Cromo (Cr) da água do SASG na 17ª RSL	142
Figura 25	Concentração de Ferro (Fe) da água do SASG na 17ª RSL	145
Figura 26	Concentração de Fósforo (P) da água do SASG na 17ª RSL	147
Figura 27	Concentração de Manganês (Mn) da água do SASG na 17ª RSL	150
Figura 28	Concentração de Zinco (Zn) da água do SASG na 17ª RSL	152
Figura 29	Concentração de Cobre (Cu) da água do SASG na 17ª RSL.....	156
Figura 30	Concentração de Estrôncio (Sr) da água do SASG na 17ª RSL	158
Figura 31	Concentração de Magnésio (Mg) da água do SASG na 17ª RSL.....	159
Figura 32	Concentração de Silício (Si) da água do SASG na 17ª RSL	162

LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

Quadro 1	Metais pesados oriundos de atividades industriais, origem e efeitos à saúde humana	46
Quadro 2	Principais contaminantes das águas subterrâneas	54
Quadro 3	Total populacional da 17ª RSL	73
Quadro 4	Quantidade de poços tubulares e percentual de participação de cada município na soma total de poços na área estudada.....	80
Quadro 5	Participação bruta da indústria no PIB da 17ª. Regional de Saúde – Londrina (PR)	88
Gráfico 1	Proporção aproximada das quantidades de poços para cada município da área estudada	80
Gráfico 2	Evolução temporal dos números de óbitos totais para cada grupo de causas no interior da 17ª. RS entre os anos de 2000 a 2009	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores Máximos Permitidos (VMP) para concentrações na água subterrânea conforme uso preponderante	59
Tabela 2	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) dos municípios da 17ª RSL	75
Tabela 3	Metodologia de análises físico-químicas.....	83
Tabela 4	Óbitos segundo causa básica – Alvorada do Sul (PR) – 2000 a 2009	92
Tabela 5	Óbitos segundo causa básica – Bela Vista do Paraíso (PR) – 2000 a 2009	92
Tabela 6	Óbitos segundo causa básica – Cambé (PR) – 2000 a 2009.....	93
Tabela 7	Óbitos segundo causa básica – Florestópolis (PR) – 2000 a 2009	93
Tabela 8	Óbitos segundo causa básica – Ibiporã (PR) – 2000 a 2009	94
Tabela 9	Óbitos segundo causa básica – Jaguapitã (PR) – 2000 a 2009.....	94
Tabela 10	Óbitos segundo causa básica – Jataizinho (PR) – 2000 a 2009.....	95
Tabela 11	Óbitos segundo causa básica – Londrina (PR) – 2000 a 2009	95
Tabela 12	Óbitos segundo causa básica – Miraselva (PR) – 2000 a 2009	96
Tabela 13	Óbitos segundo causa básica – Pitangueiras (PR) – 2000 a 2009	96
Tabela 14	Óbitos segundo causa básica – Prado Ferreira (PR) – 2000 a 2009	97
Tabela 15	Óbitos segundo causa básica – Primeiro de Maio (PR) – 2000 a 2009	97
Tabela 16	Óbitos segundo causa básica – Rolândia (PR) – 2000 a 2009.....	98
Tabela 17	Óbitos segundo causa básica – Sertãozinho (PR) – 2000 a 2009	98
Tabela 18	Óbitos segundo causa básica – Tamarana (PR) – 2000 a 2009	99
Tabela 19	Óbitos segundo causa básica – Assaí (PR) – 2000 a 2009	99
Tabela 20	Estabelecimentos de saúde na 17ª. Regional de Saúde – Londrina.....	114

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

17 ^a . RSL	17 ^a . Regional de Saúde (Londrina)
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BTEX	Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CID	Classificação Internacional de Doenças
COMEL	Coordenação da Região Metropolitana de Londrina
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CUT-RJ	Central Única dos Trabalhadores – Rio de Janeiro
DAC	Doenças do Aparelho Circulatório
DAD	Doenças do Aparelho Digestivo
DAG	Doenças do Aparelho Geniturinário
DAR	Doenças do Aparelho Respiratório
DENM	Doenças Endócrinas Nutricionais e Metabólicas
DSN	Doenças do Sistema Nervoso
TMC	Transtornos Mentais e Comportamentais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OMS	Organização Mundial da Saúde
PIB	Produto Interno Bruto
RML	Região Metropolitana de Londrina
SASG	Sistema Aquífero Serra Geral
SESA/PR	Secretaria de Saúde do Estado do Paraná
SUDERHSA	Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
VMP	Valores Máximos Permitidos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	GEOGRAFIA DA SAÚDE	20
2.1.1	Geografia da Saúde no Brasil	25
2.2	O MOVIMENTO DA SAÚDE COLETIVA	28
2.2.1	O Movimento da Saúde Coletiva no Brasil	29
2.3	GEOGRAFIA E SAÚDE AMBIENTAL	31
2.3.1	A Contribuição da Geologia e Geografia Médicas	32
2.4	ELEMENTOS QUÍMICOS DO SISTEMA ÁGUA E SOLO E SAÚDE HUMANA	33
2.4.1	Contribuição da Hidrogeoquímica	35
2.4.2	A Dispersão Geoquímica e Impactos na Saúde Humana	37
2.4.3	Elementos Químicos e Agravos à Saúde Humana	38
2.4.3.1	Não-metais inorgânicos	39
2.4.3.2	Metais	40
2.4.3.3	Outros Elementos	43
2.5	ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	46
2.6	A IMPORTÂNCIA DAS ÁREAS DE RECARGA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA	50
2.7	CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E IMPLICAÇÕES À SAÚDE COLETIVA	53
2.8	A REGIONALIZAÇÃO DA SAÚDE NO BRASIL	59
2.9	A ORGANIZAÇÃO ESPACIAL COMO COMPONENTE DE ANÁLISE	62
2.10	ANÁLISE ESPACIAL EM DADOS DE SAÚDE	63

3	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PRINCIPAIS ASPECTOS FÍSICOS E SOCIOECONÔMICOS DA ÁREA DE ESTUDO	66
3.1	CONTEXTO GEOLÓGICO E SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL (SASG).....	66
3.2	GEOMORFOLOGIA	69
3.3.	SOLOS	70
3.4.	ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DA 17ª REGIONAL DE SAÚDE DE LONDRINA (PR).....	72
4	MATERIAIS E MÉTODOS	82
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	85
5.1	ANÁLISE DOS DADOS DE SAÚDE PARA OS MUNICÍPIOS DA 17ª. REGIONAL SAÚDE – LONDRINA (PR)	90
5.1.1	Elementos Analisados Pelo Aparelho Multi-Parâmetros	118
5.2	ANÁLISE ESPACIAL DAS DISTRIBUIÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES HIDROGEOQUÍMICAS	129
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	166
	REFERÊNCIAS	178
	ANEXOS	186
	ANEXOS A – TABELAS.....	187
	Tabela A.1 - Características gerais dos pontos de coleta na área da 17ª Regional de Saúde de Londrina – PR.	187
	Tabela A.2 - Valores de Temperatura, Potencial Hidrogeniônico (pH), Condutividade, Turbidez e Oxigênio Dissolvido nos pontos de coleta de água subterrânea, municípios da 17ª Regional de Saúde de Londrina-PR, julho-agosto de 2011.	191
	Tabela A.3 - Teores dos elementos químicos nos pontos de coleta de água subterrânea, municípios da 17ª Regional de Saúde de Londrina-PR, julho-agosto de 2011.	194
	Tabela A.4 - Proporção entre número total de óbitos (doença) e total de habitantes por município da 17ª Regional de Saúde de Londrina-PR para o ano de 2009.	197

1 INTRODUÇÃO

Atualmente tem ocorrido um crescente uso das águas subterrâneas, devido à relativa facilidade de sua obtenção e diminuição de custos, sendo o mesmo quase irrestrito tendo em vista a qualidade destas águas. Se por um lado as águas subterrâneas aparentemente tornam-se uma alternativa viável, por outro é preocupante, caso não sejam realizadas algumas considerações mais profundas acerca do seu uso, principalmente no que tange o seu uso no abastecimento público e possíveis impactos à saúde coletiva.

Destaca-se neste trabalho, a utilização das águas subterrâneas no abastecimento público, que atinge uma parcela cada vez maior da população e que tem impacto sobre a saúde desta. Segundo Zoby (2008), no Brasil, 15,6% dos domicílios utilizam exclusivamente água subterrânea, 77,8% usam rede de abastecimento de água e 6,6% usam outras formas de abastecimento, conforme dados obtidos junto à ABAS (2009). Os autores destacam ainda que entre os domicílios que possuem rede de abastecimento de água, uma parte significativa usa água subterrânea. O número de poços tubulares em operação no Brasil foi estimado em cerca de 300.000, com um número anual de perfurações de aproximadamente 10.000 (MMA, 2002).

Dentre os múltiplos usos da água pode-se elencar: abastecimento humano, abastecimento industrial, irrigação, recreação, pastoril, geração de energia elétrica, transporte, etc. Em se tratando da utilização de águas subterrâneas no Brasil, as mesmas tem abastecido indústrias, hotéis de luxo, hospitais, postos de serviços, clubes esportivos e condomínios de luxo (MMA, 2002, p. 96).

Diante disso, se faz necessário a realização de estudos geográficos, geológicos e hidrogeoquímicos integrados, a respeito da ocorrência de doenças ligadas à concentração de elementos químicos tóxicos naturais ou não, presentes nas águas subterrâneas, enquanto subsídios a políticas de gestão dos recursos hídricos subterrâneos que preocupem-se com os impactos sobre a saúde coletiva advindos de possíveis contaminações destes mananciais, que geram agravos à saúde da coletividade que consome destas águas.

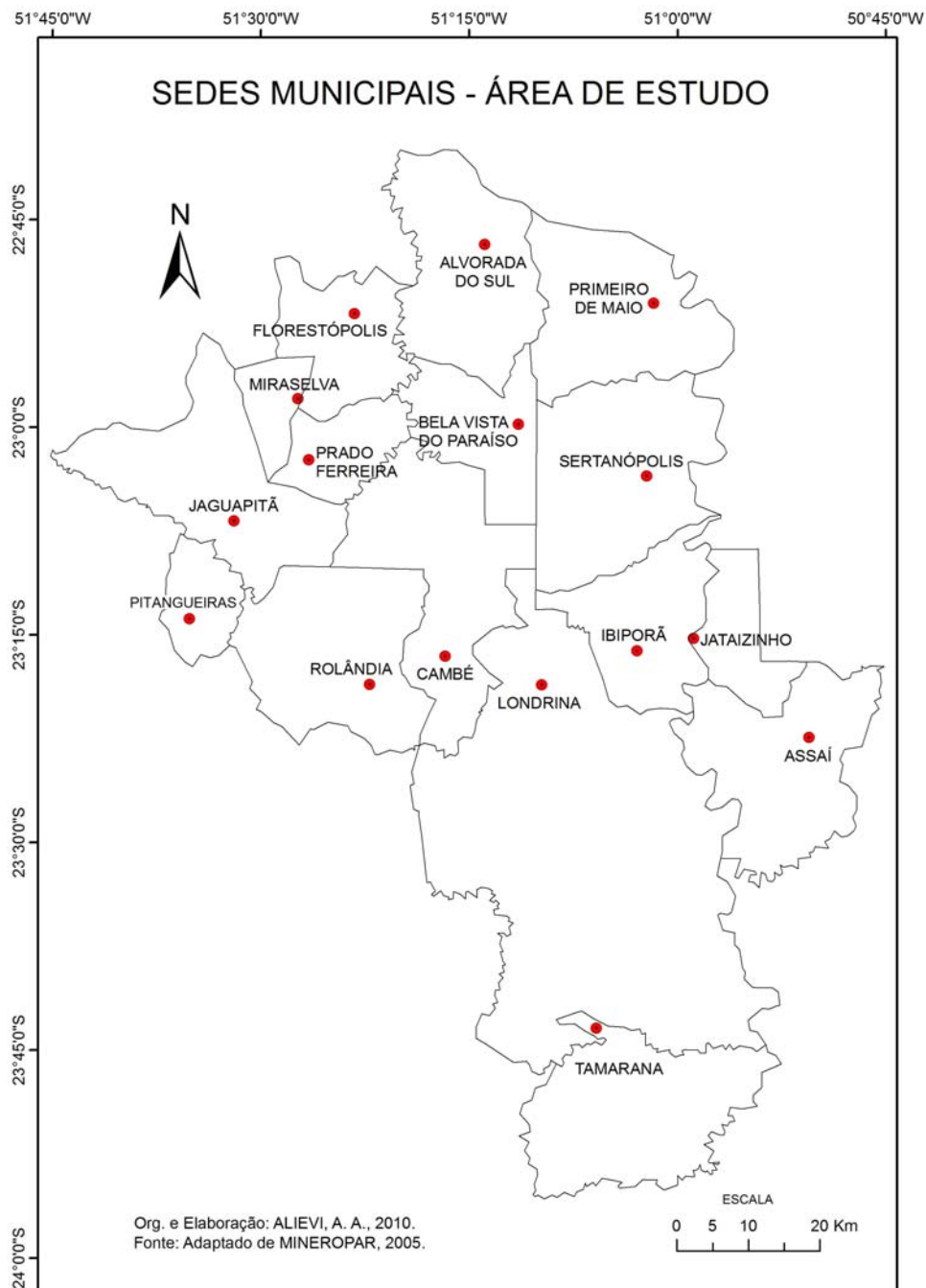
Destarte, esse estudo tem por objetivo geral analisar aspectos hidrogeoquímicos das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral, porção Norte do Paraná, especificamente, aquelas encontradas mediante a perfuração de poços na 17ª. Regional de Saúde – Londrina(PR), procurando compreender as possíveis correlações entre o estado da saúde coletiva e anomalias hidrogeoquímicas no contexto da organização espacial, bem como entender o papel, desta nestes agravos à saúde da coletividade em destaque.

Ainda em relação aos objetivos, dentre os específicos, pretende-se caracterizar e mapear as condições hidrogeoquímicas na área de estudo, procurando trabalhar com multi-elementos, tais como metais pesados e elementos-traço; discutir a ocorrência de elementos traços e sua significância para a saúde da população desta localização, modelando perfis de risco de anomalias geoambientais; pesquisar e analisar a origem de possíveis elementos químicos tóxicos nas águas subterrâneas da área de estudo; avaliar o impacto das atividades antrópicas (industriais ou agropecuárias) na área delimitada (17ª. Regional de Saúde – Londrina) sobre a geoquímica das águas subterrâneas do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG); analisar a distribuição de doenças nas populações inseridas nas áreas onde se localizam os poços analisados para determinar padrões da situação de saúde no recorte espacial pretendido, e delimitar áreas de risco na organização espacial.

Como expressado nos objetivos anteriormente descritos, a área de estudo deste trabalho está circunscrita a Londrina e a 17ª. Regional de Saúde, estando a escolha do recorte espacial em questão atrelada a três motivos. Em primeiro lugar, procurou-se estudar a área da regional de saúde do setor Londrina – 17ª. Regional de Saúde – esta área compreende os municípios de Londrina (sede), Tamarana, Cambé, Ibiporã, Rolândia, Jataizinho, Sertãoópolis, Bela Vista do Paraíso, Prado Ferreira, Jaguapitã, Pitangueiras, Miraselva, Guaraci, Cafeara, Lupionópolis, Centenário do Sul, Porecatu, Florestópolis, Alvorada do Sul e Primeiro de Maio, em um total de 20 municípios.

No entanto, percebeu-se que seria necessário restringir esta área aos municípios que estão efetivamente sobre a Formação Serra Geral, que compõe o próprio Sistema Aquífero Serra Geral (SASG). Desta forma, alguns municípios foram desconsiderados pelo fato dos mesmos se encontrarem predominantemente (mais 80% da sua área municipal) sobre o aquífero Caiuá, como ocorre com os municípios de Guaraci, Cafeara, Lupionópolis, Centenário do Sul e Porecatu. Ainda que alguns destes municípios obtenham, também, água do Serra Geral, torna-se demasiado complicado constatar o tipo de impacto ambiental provocado por estes municípios no contexto geológico da Formação Serra Geral, que encontra-se, na verdade, abaixo da capa rochosa do arenito que forma o aquífero Caiuá (que não está no âmbito desta pesquisa) e, ainda que o mesmo tenha suas conexões com aquele, devido ao escopo e restrições necessárias do objeto de pesquisa, não será possível abordar de forma profunda e adequada as questões e implicações destas conexões entre aquíferos Caiuá e Serra Geral.

Figura 1 - Recorte espacial da área de estudo



Mediante o que foi colocado, a área de análise proposta se concretiza no arranjo exibido na figura 01. Cabe ressaltar ainda que a região Metropolitana de Londrina (RML), base territorial desta pesquisa, compreende uma outra combinação de municípios, que é, no entanto, similar àquela da 17ª. Regional de Saúde, ainda que com as modificações propostas neste trabalho. Desta forma, alguns dados acerca da RM de Londrina serão arrolados no decorrer desse trabalho para que se perceba, dentre outras coisas, a relevância

que a mesma detêm no contexto estadual e das necessidades de abastecimento de água com boa qualidade e livre, na medida do possível, de agentes que promovem enfermidades à saúde desta coletividade regional.

Portanto, dividida em basicamente três grandes capítulos, o primeiro dos mesmos diz respeito ao referencial teórico que norteará a pesquisa e servirá de suporte conceitual as discussões engendradas no decorrer do trabalho. Nele discute-se a Geografia da Saúde, seu desenvolvimento geral e no Brasil, assim como seu papel; em seguida tratar-se-á da Saúde Coletiva; no próximo ponto será trabalhada a Saúde Ambiental¹ no âmbito da Geografia e em seguida a contribuição da Geologia e Geografia Médicas; sendo uma parte essencial da pesquisa, a água é posta em questão; elementos químicos e saúde humana são discutidos na próxima parte e, nos pontos posteriores a contribuição da hidrogeoquímica, compreensão do processo de dispersão química e a descrição dos metais pesados e impactos gerados pelos mesmos à saúde humana são elementos importantes à este trabalho. Questões relativas, especificamente, às subterrâneas são tratadas nos pontos seguintes, como os problemas de sua contaminação e conseqüente implicação à saúde coletiva. Adiante, trabalha-se o processo de regionalização da saúde no Brasil e Paraná para se entender alguns aspectos que viabilizem uma análise espacial dos dados de saúde levantados considerando a emergência de se compreender a organização espacial da regional estudada para se compreender algumas possíveis particularidades da distribuição espacial das doenças e possíveis anomalias hidrogeoquímicas.

O segundo grande capítulo abarca, na verdade, quatro capítulos menores (sub-capítulos), dentre os quais o primeiro diz respeito ao contexto geográfico do objeto de pesquisa, ou seja, da Regional de Saúde de Londrina (17ª. RS). Este recorte espacial abrange não somente os aspectos físicos dentre os quais o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) e suas características, como também as características físicas próprias do recorte espacial elencado tais como sua geologia, geomorfologia, pedologia e clima, mas acima de tudo, as características socioeconômicas e da organização espacial à qual está sujeita a área de estudo, e que permitirá compreender melhor os fenômenos estudados e os condicionamentos possíveis engendrados pelos processos sócio-espaciais na conformação da espacialização das doenças entre os municípios da regional de saúde selecionada.

Neste mesmo capítulo, a metodologia de trabalho e os materiais utilizados na pesquisa também foram caracterizados, naquilo que viria a ser o segundo sub-capítulo. No

¹ Campo da saúde pública que engloba os problemas resultantes dos efeitos que o ambiente exerce sobre o bem-estar do homem em sociedade.

sub-capítulo posterior, o terceiro, foram feitas algumas discussões acerca dos resultados encontrados até o momento, com ênfase nos dados de saúde levantados junto à Secretaria de Saúde do Estado do Paraná (SESA/PR). Foram elaboradas tabelas com o número de óbitos por grupos de causas tais como neoplasias, doenças do aparelho circulatório, dentre outras, com o intuito das mesmas serem analisadas para se verificar a distribuição espacial destes óbitos no recorte espacial da 17ª. RS em um período de 10 anos (do ano de 2000 até 2009), o que permitirá efetuar as correlações com os dados hidrogeoquímicos obtidos a partir das amostras coletadas dos poços tubulares elencados para verificar se as possíveis anomalias geoquímicas podem ter alguma relação com os agravos à saúde da coletividade desta regional que consome das águas subterrâneas do SASG. Sendo esta discussão promovida com o devido aprofundamento no terceiro grande capítulo que procura trazer uma análise geográfica da questão das doenças e possíveis anomalias hidrogeoquímicas e impactos à saúde coletiva. O quarto capítulo traz as análises da distribuição espacial dos teores de elementos químicos elencados para este estudo bem como a discussão das possíveis correlações entre as anomalias geoquímicas encontradas e os dados de saúde. Neste, as considerações finais foram realizadas a partir das constatações levantadas por meio das análises espaciais efetuadas.

Cabe ressaltar igualmente que esta pesquisa é parte integrante do projeto de pesquisa registrado junto à Universidade Estadual de Londrina – Paraná, sob o n.º 05774 – Caracterização Hidrogeológica e Hidrogeoquímica do Sistema Aquífero Guarani/Serra Geral no Estado do Paraná - projeto este em que o objetivo concentra-se no estudo da hidrogeologia do Aquífero Serra Geral como unidade de conectividade com o Aquífero Guarani no Estado do Paraná bem como na investigação da correlação entre ocorrência de possíveis anomalias hidrogeoquímicas na saúde humana e animal, no contexto dos referidos aquíferos.

Enfim, este trabalho procura trazer elementos que permitam estudar o possível impacto do consumo de água subterrânea à saúde coletiva de um dado recorte espacial (Regional de Saúde de Londrina) em função não somente da análise hidrogeoquímica e correlação aos dados de saúde, mas também do entendimento de como a organização espacial condiciona a distribuição espacial das variáveis estudadas. Portanto, tentativamente procurar-se-á contribuir ao campo da Geografia da Saúde com elementos analíticos que possam auxiliar no trato de questões relativas ao espaço geográfico e doenças não-infecciosas como àquelas ligadas ao consumo de águas subterrâneas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GEOGRAFIA DA SAÚDE

As primeiras tentativas - conhecidas na história ocidental - de se explicar racionalmente as doenças e *modus operandi* das mesmas ocorreram, conforme as literaturas acerca do assunto, nas terras margeadas pelo Mar Mediterrâneo, ao sul da Europa, na região conhecida como Balcãs, ou mais precisamente, na Grécia. Segundo Vieites & Freitas (2007, p. 190), este pioneirismo grego não ocorreu ao acaso, pois caracteristicamente a medicina grega era compatível com o pensamento grego de se analisar o comportamento humano, além das atividades práticas do dia-a-dia ou mesmo religiosas, com uma postura racional, sendo que esta atividade alcançou maturidade com a filosofia pré-socrática, que tratava da idéia de *physis* e que viria a ser a base da idéia de dinâmica do corpo e doença da medicina hipocrática.

No transcorrer da história da sociedade humana, especificamente na idade média houve, de certa forma, uma regressão dos estudos sobre saúde, pois, conforme destaca Pires (2008, p. 33), houve uma certa regressão do pensamento acerca da saúde, pois a ocorrência das doenças tinha basicamente duas interpretações, sendo que na primeira, pagãos acreditavam ser as doenças possessões demoníacas ou feitiçarias, e na segunda, utilizada pelos cristãos, as doenças eram vistas como sinais de purificação e expiação dos pecados.

Ainda antes da Idade Média, os antigos hebreus detinham visão semelhante, mas não consideravam a doença necessariamente devida à ação de demônios ou maus espíritos, ainda que acreditassem que ela pudesse representar, de qualquer modo, um sinal da cólera divina de Deus. Na verdade, segundo Scliar (2007, p. 30), a doença era sinal de desobediência ao mandamento divino e, como pode-se perceber, as pessoas na idade média detinham visão semelhante aos antigos hebreus e, sendo então a doença um sinal dessa desobediência ou pecado, a enfermidade proclamava o próprio pecado, quase sempre em forma visível, como no caso da lepra, por exemplo, que por se tratar de uma doença contagiosa, sugeria contato entre os corpos, “[...] contato que pode ter evidentes conotações pecaminosas” (SCLIAR, 2007, p. 30).

Retomando a antiga idéia de *physis*, Vieites & Freitas (2007, p. 190) afirmam que da *physis* provinha tudo que era, o que é e o que será, desde astros, homens, animais e mesmo os deuses. O importante a se perceber é que a idéia de *physis* demonstrava que não havia contraposição entre natural, psíquico e social, pois todas estas dimensões

pertenceriam a ela, sendo que os elementos que a compunham formariam harmonicamente todas as coisas, por meio de forças vivas de reunião e de dispersão – o amor e a discórdia, respectivamente -. “[...] A harmonia e o equilíbrio constituintes da natureza seriam resultados da coexistência dessas forças paradoxais que tenderiam, uma, à agregação, e outra, à desagregação” (VIEITES & FREITAS, 2007, p. 191).

Estes preceitos da filosofia pré-socráticas eram claros no pensamento de Alcmeon (560 - 500 a.C.), médico de Crotona, que afirmava ser a saúde um estado de equilíbrio de forças tais como o úmido e o seco, frio e quente, amargo e doce, entre outras. Assim, “O predomínio de uma delas é causa de doença. Pois tal predomínio de uma delas é pernicioso. Essa é a característica básica que posteriormente orienta a obra de Hipócrates e dos autores do *Corpus Hippocraticum*” (VIEITES & FREITAS, 2007, p. 191), pode-se até mesmo afirmar que este fora o princípio da busca de relações entre doenças e ambientes, pois distanciava-se da idéia de que deuses imputavam aos seres as enfermidades, posto que características “terrenas” como a umidade, o frio, dentre outros elementos do ambiente, passavam a ter preponderância enquanto fatores causadores de doenças sobre o homem.

Assim, a racionalidade como forma de encarar a questão das doenças era visível e norteava os estudos de Hipócrates e seus discípulos. Diferente da visão mágico-religiosa de anteriormente, os escritos desta obra traduzem a racionalidade da medicina praticada naquele momento, como pode-se perceber no início de um texto intitulado “Saúde Sagrada”, em que, segundo Scliar (2007, 32) inicia-se da seguinte maneira: “[...] A doença chamada sagrada não é, em minha opinião, mais divina ou mais sagrada que qualquer outra doença; tem uma causa natural e sua origem supostamente divina reflete a ignorância humana”.

Cabe ressaltar ainda que no *Corpus Hippocraticum* havia conceitos médicos de Hipócrates e sua escola embasados em uma visão holística e ambiental, por assim dizer, que é fundamental na concepção hipocrática, onde

O corpo humano e tudo aquilo que o circunda – que, em conjunto, constituem a *physis* – eram pensados por meio da composição dos elementos ar, terra, água e fogo, e pelas qualidades de frio, quente, seco e úmido. Corpo e espaço eram compreendidos a partir desses elementos e qualidade. Daí a importância de estudar o meio ambiente e o clima das diferentes regiões da Terra para se compreender a sua influência sobre o homem (VIEITES & FREITAS, 2007, p. 192).

A par desta concepção, Hipócrates (460 - 377 a.C.) fundamenta sua obra *Dos Ares, das Águas e dos Lugares*, onde descrevia a influência das mudanças sazonais, dos climas e dos ventos sobre o corpo humano e suas doenças (VIEITES & FREITAS, 2007). Segundo Scliar (2007, p. 33) a obra hipocrática caracteriza-se pela valorização da observação empírica, com uma visão epidemiológica do problema de saúde-enfermidade, sendo que nesta obra, em específico, as observações não se limitam ao paciente em si, mas também ao seu ambiente. Assim, defendia-se nesta obra um conceito ecológico de saúde-enfermidade, sendo que desta obra emerge a idéia de *miasma*, que vem do latim e significa ‘maus ares’, ou seja, “[...] emanções de regiões insalubres capazes de causar doenças como a malária, muito comum no sul da Europa e uma das causas da derrocada do Império Romano” (SCLIAR, 2007, p.33).

Considera-se então que as origens conceituais da Geografia da Saúde podem ser traçadas desde a Grécia antiga e a obra “Ares, Águas e Lugares” de Hipócrates. Antecedentes mais recentes advêm da exploração e colonização européia por meio de relatos acerca do conhecimento das condições de saúde “exóticas”. No século XX, estudos da geografia da saúde e doença desenvolveram-se substancialmente. Inicialmente, permaneceu como sub-campo dos serviços de pesquisa médica e de saúde, os nomes variavam de geografia patológica, geomedicina e epidemiologia geográfica. No entanto, nos anos de 1940, geógrafos humanos começaram a atentar diretamente à doença e saúde, aplicando suas distintas perspectivas disciplinares e desenvolvendo “geografia médica” como uma reconhecida sub-disciplina da geografia humana (SCLIAR, 2007).

Cabe ressaltar que geógrafos médicos tradicionalmente comprometem-se com duas vertentes de pesquisa que, algumas vezes, se sobrepõem. A primeira se interessava pelo mapeamento e modelagem dos determinantes espaciais – distribuição e difusão de doenças. A segunda relatava-se à localização, distribuição, acessibilidade e utilização dos serviços de saúde e emergira na década de 1960 (GATRELL, 2002; KEARNS & MOON, 2002). Motivando as duas vertentes estava a preocupação com a equidade e respeito para oportunidades de boa saúde. Tais oportunidades eram entendidas em referência ao lugar de residência – os tipos de lugares onde pessoas doentes poderiam ser encontradas, ou onde melhor ou pior assistência à saúde era provida, conforme os autores supracitados.

Nos últimos 15 anos, geógrafos médicos têm começado a focar não somente na distribuição característica da doença e dos serviços de saúde/doença, mas também em mais complexas noções de “lugar” (KEARNS & MOON, 2002). Neste ínterim, lugares são conceitualizados não somente como locais onde “observações” são localizadas, mas como

fenômeno cultural e simbólico mais complexo construído por meio de relações entre as pessoas e seu meio. Geógrafos acabaram interessados em entender como os lugares impactam e constroem experiências, bem como a medicina impacta sobre a experiência dos lugares. Estes lugares podem variar em função da escala e configuração dos hospitais que atendem a comunidade, por exemplo. Isto posto, ao lado desta mudança, tem ocorrido um grande engajamento com a teoria social prática e o aumento do uso dos métodos de pesquisa qualitativa, bem como uma mudança nominal de Geografia Médica para Geografia da Saúde (KEARNS & MOON, 2002; PARR, 2004).

Assim posto, uma epidemiologia da paisagem fez-se presente, sendo a mesma baseada na observação de que doenças ocorrem e são transmitidas pelo espaço, em padrões espaciais; esta aproximação provê uma versão espacializada da epidemiologia clássica² (MEADE & EARICKSON, 2005). A hipótese é a de que se os pesquisadores podem mapear e modelar o padrão espacial das doenças, eles podem também determinar onde (e quando) doenças ocorrerão e como se propagarão. A pesquisa nesta área é teoricamente embasada no conceito de ecologia da doença, que considera como o comportamento humano interage com as condições ambientais (tanto natural como construído) para promover ou prevenir doença (MAY, 1958, p. 57).

Há também, na composição das desigualdades espaciais da saúde, considerável debate que foca-se na saúde e a falta da mesma, sendo as mesmas grandemente influenciadas pelas características da população que reside em locais particulares (composição/estrutura), ou pelos fatores que refletem mais a natureza dos ambientes onde cada população vive (MACINTYRE et al., 2002). Segundo estes autores, os fatores composicionais incluem sexo (gênero), status socioeconômico, severidade ou tipos de condições, capacidade de cuidados familiares, recursos econômicos pessoais e despesas. Efeitos contextuais na saúde incluem a qualidade do ambiente construído e renda relativa ou absoluta. Fatores contextuais destacam a significância do lugar nas disparidades de doenças desde que “estruturas oportunistas” baseadas no lugar possam promover ou inibir a saúde e as práticas de saúde.

Este tema tem tradicionalmente envolvido uma grande quantidade de análises quantitativas que incluem modelamento multi-posicional, um desenvolvimento (crescimento) largamente introduzido na pesquisa em saúde pelos geógrafos (DUNCAN et al.,

² A epidemiologia clássica é qualquer tipo de abordagem entre etiologia (estudo da causa) e doença primariamente analisada através de métodos estatísticos. Fonte: http://www.microbiologia.ufrj.br/docs/glos_epidemiologia_ecologia_doencas_infecciosas_parasitarias.pdf - Acessado em: 23/05/2010.

1993). Mais recentemente, uma larga ênfase no capital social tem ajudado a decifrar contextos culturais locais intangíveis para saúde e cuidado (vigilância) em saúde consumida, embasando normas locais compartilhadas, valores, e coesões de grupo e suas identidades, por meio ação grupal, trabalho por prover ou restringir acesso ao cuidado em saúde, saúde, e comportamentos em vigilância da saúde.

No entanto, independente do momento histórico, as questões ambientais são elo comum nos estudos no campo da geografia médica. Segundo Freitas (2003), entre meados do século XVIII e XIX a preocupação com os efeitos à saúde provocados pelas condições ambientais parece ter sido acentuada quando os problemas ambientais sobre a saúde estiveram associados aos efeitos do rápido e intenso processo de industrialização e urbanização. Conforme o autor, “[...] nesse período, as preocupações e estratégias sanitárias tinham por base a teoria dos miasmas, para a qual as sujeiras externas e os odores detectáveis deveriam ser reduzidos ou eliminados para deter a disseminação das doenças” (FREITAS, 2003, p. 139).

Todavia, os trabalhos iniciais sobre Geografia Médica fizeram a vinculação entre áreas endêmicas de doenças com determinadas características culturais, raciais e climáticas, relacionando ambientes e grupos populacionais de forma “determinista”, em virtude da indistinção entre as variáveis de saúde, seus determinantes, bem como seus contornos sócio-econômicos, pelos quais foram atribuídos vários preconceitos étnicos, culturais e ambientais a esse campo científico que surgia (LACAZ *et al.*, 1972).

Todavia, Rojas (1998) considera que devido à intensa fragmentação histórica da geografia, várias foram as direções percorridas pelas diferentes geografias, que de uma forma ou de outra, acabavam por tratar do tema do bem-estar, no entanto, a Geografia Humana, da População, Urbana, Rural, Histórica, Social, Política e Cultural, imbricavam-se em uma emaranhada trama juntamente com os novos ramos que estavam surgindo nas últimas décadas como a Geografia do Comportamento, do Gênero, da Percepção, Humanística e Ambiental.

Assim, inicialmente sugerida como uma nova organização da Geografia Humana (década de 1970), a Geografia do Bem-estar propunha um enfoque integrador que cessasse as fronteiras desnecessariamente incrementadas entre as disciplinas geográficas que abordavam o tema do bem-estar humano (SMITH, 1980 apud ROJAS, 1998, p. 702).

Entretanto, Rojas (1998) afirma que diversas são as denominações que têm sido adotadas por países e regiões, dentre as quais se destacam, com alguma conotação evolutiva, a Topografia Médica, Geografia das patologias, das enfermidades e das mortes,

Geomedicina, Geoepidemiologia e Ecologia Médica, entre outras. Nesta pesquisa, em que pese, adota-se o termo Geografia da Saúde, nos moldes resultantes do desenvolvimento deste campo no âmbito na geografia brasileira.

2.1.1 Geografia da Saúde no Brasil

Segundo Pessoa apud Junqueira (2009), os primeiros relatos relacionando as distribuições de doenças no território brasileiro foram feitos por viajantes estrangeiros e naturalistas como Thevet, Saint Hilaire, Spix e outros, sendo que, após a fundação das Faculdades de Medicina, em 1808, começaram a surgir “[...] diversos trabalhos que abordavam questões referentes à geografia das doenças ou patologia geográfica das várias regiões brasileiras” (JUNQUEIRA, 2009, p. 6).

A partir da década de 1950, as pesquisas se concentravam nas doenças presentes nas áreas em que havia o movimento de interiorização e integração do território brasileiro tais como a Amazônia e o Centro-Oeste. Conforme Junqueira (2009, p. 7), estes estudos de Geografia Médica atendiam ao interesse geopolítico do governo, que implantava projetos de produção de energia, agropecuária e de mineração no interior do país, mas que, no entanto, “[...] não possuíam maior reflexão sobre os problemas relacionados à saúde”.

Ressalta-se que até a década de 1970, o conceito de gênero de vida, proposto por Vidal de La Blache (início do séc. XX), exercera forte influência sobre os estudos de Geografia Médica (OLIVEIRA, 2006). O conceito de gênero de vida propõe que o espaço é o resultado da interação entre o homem, munido de sua cultura local, e o meio natural, ou seja, “[...] o espaço seria o resultado da interação entre uma determinada cultura em um dado meio natural” (OLIVEIRA, 2006, p. 18), e que afirma ainda ser esta abordagem freqüentemente associada ao conceito de região.

Um dos trabalhos mais importantes deste período, no Brasil, foi o de Josué de Castro, que publicou, em 1946, a obra *Geografia da Fome*. O traços da influência vidalina em sua obra são visíveis. Como afirmam Vieites & Freitas (2009, p. 8):

No início de sua trajetória geográfica, fica evidente a influência do pensamento de Vidal de la Blache e do possibilismo na obra de Castro. La Blache [...] reagiu contra o cego determinismo geográfico da escola de Ratzel e, afirmou com segurança que, das relações que ligam o homem a um certo meio, uma das mais marcantes é exatamente a que transparece quando se estudam os meios de nutrição, temática tão cara a Castro.

Encontra-se também na obra de Castro a influência da ecologia humana de Max Sorre, que se inseria em uma geografia que tratava das relações dos grupos humanos com o meio em que vivem, sendo que as condições deste meio estavam sujeitas a um processo contínuo de transformação, tornando-o um meio geográfico, modificado pela ação do homem, diferente do meio natural original (VIEITES & FREITAS, 2007). Segundo estes autores, Sorre contribuíra com a Geografia Médica ao permitir “[...] a apreensão da doença em termos de um fenômeno localizável, passível de delimitação em termos de área, inspirado em rumos já delineados por La Blache, Demangeon, Jean Brunhes e De Martonne, entre outros” (VIEITES & FREITAS, 2007, p. 4).

A partir da década de 1970, Junqueira (2009, p. 7) afirma que, especificamente no ano de 1972, fora publicada a obra *Introdução à Geografia Médica no Brasil*, de Carlos S. Lacaz, em que procurou-se, ainda que sem os resultados esperados, aproximar os conhecimentos médicos e geógrafos sobre a região nordeste e centro-oeste do país. A autora afirma que este objetivo não fora alcançado pelo fato de que, em um contexto de governo militar, a Geografia Médica estava atrelada aos interesses do governo e da classe dominante e, por conta disso, não havia uma análise crítica que relacionasse esses estudos aos fatores socioeconômicos e culturais, como se propusera.

Cabe ressaltar ainda que nesta obra encontra-se a definição que Lacaz havia dado à Geografia Médica, seja a qual:

A Geografia Médica é a disciplina que estuda a geografia das doenças, isto é, a patologia à luz dos conhecimentos geográficos. Conhecida também como Patologia geográfica, Geopatologia ou Medicina geográfica, ela se constitui em um ramo da Geografia humana (Antropogeografia) ou, então, da Biogeografia (LACAZ, 1972, p. 1).

Neste período, Samuel Pessoa, inspirado pelas contribuições Pavlolsky³ e Max Sorre, criara uma escola de estudos em geografia médica no Brasil, no contexto da chamada medicina tropical (CZERESNIA & RIBEIRO, 2000). Segundo os autores, Samuel Pessoa “[...] Estudou as endemias prevalentes no Brasil, também, e especialmente, as transmitidas através de vetores, como esquistossomose, doença de Chagas, filariose, malária, etc.” (CZERESNIA & RIBEIRO, 2000, p. 599)

³ Segundo Czersnia & Ribeiro (2000, p. 598), uma das mais importantes elaborações teóricas do conceito de espaço geográfico vinculado ao estudo de doenças transmissíveis foi feito por Pavlovsky na década de 30. “O conceito de foco natural expressa uma apreensão espacial que integra o conhecimento das doenças transmissíveis com a geografia e a ecologia”.

Em seus escritos percebe-se que Samuel Pessoa defendia a idéia de que devia-se recuperar a velha tradição hipocrática, o que denota-se do fato de que afirmava ser o meio geográfico o criador de condições para a incidência e propagação de doenças, principalmente nos trópicos, sendo o clima um dos fatores preponderantes, e como retomava as idéias de Hipocrates, tratava o ambiente não apenas como meio físico, mas como um conjunto de causas que atuam sobre o homem. Ainda assim, Czeresnia & Ribeiro (2000, p. 599) afirmam que o “[...] eixo de apreensão da relação entre homem e meio na explicação da doença é sua causa microbiológica específica” que se constituía em uma vigente mudança de visão acerca das relações homem-meio e doenças.

Ainda que atendesse aos interesses vigentes na ditadura militar, pouco a pouco a Geografia Médica consolidava-se, e com a criação da Escola Nacional de Geografia Médica (década de 1970) que recebera importante contribuição da Geografia Crítica, em especial de Milton Santos (1926 / 2001), na integração entre social e meio ambiente. Desta integração entre a Geografia Médica e as contribuições teóricas da Geografia Crítica nascera o que veio a ser denominado como Geografia da Saúde (ROJAS, 2003).

Por abordar o espaço enquanto produto das relações sociais de produção, Milton Santos acabara por contribuir com uma abordagem que permitiu às análises espacial das doenças (bem como sua etiologia) passassem a ser relacionadas não apenas aos fatores biológicos ou climáticos, mas com fatores socioeconômicos (JUNQUEIRA, 2009), que eram até então, pouco relevantes devido à realidade do contexto em que se produziam os estudos.

Segundo Czeresnia & Ribeiro (2000), os conceitos geográficos trabalhados por Milton Santos constituem uma das referências mais importantes para as análises da relação entre espaço e doença, sendo que, nos estudos a respeito das doenças endêmicas e epidêmicas buscou-se estudar a sua distribuição como resultado da organização social do espaço, que na elaboração teórica de Milton Santos era considerado como “um conjunto de fixos e fluxos que interagem” (SANTOS, 1978); “um conjunto indissociável de sistemas de objetos e sistemas de ações” (SANTOS, 1996). Como explicam Czeresnia & Ribeiro (2000, p. 600):

O espaço é aquilo que resulta da relação entre a materialidade das coisas e a vida que as animam e transformam. A configuração territorial é uma produção histórica resultante dessa relações. As ações provêm das necessidades humanas: materiais, espirituais, econômicas, sociais, culturais, morais, afetivas. Sistemas de objetos e de ações interligam-se.

2.2 O MOVIMENTO DA SAÚDE COLETIVA

Em princípio, saúde pública e saúde coletiva podem ser considerados sinônimos, no entanto, existem diferenças. Para compreender a noção de saúde pública faz-se necessário realizar um breve histórico do desenvolvimento desta noção, até o momento em que ela passa, devido a alguns fatores, a denominar-se saúde coletiva.

Segundo Gómez-Arias (2003) em meados do século XVI até princípios do século XVII ocorreram na Europa três acontecimentos muito importantes para se compreender a noção de saúde pública, os quais: um desenvolvimento notável do comércio e das forças produtivas, uma acumulação da riqueza proveniente do comércio com oriente e da exploração da América e, por fim, um crescimento importante da população. Este autor destaca que neste contexto de acumulação de riquezas que impunha a idéia de enriquecimento ao pensar coletivo, o utilitarismo, corrente filosófica que “[...] interpretava e valorizava os fatos com base no benefício e rentabilidade [...]” surgira como expressão filosófica do capitalismo, compreendendo a importância dos corpos como fontes de produção e riqueza, e o efeito desfavorável das doenças/enfermidades sobre a produção, pois, “os enfermos não trabalham nem consomem” (GÓMEZ-ARIAS, 2003, p. 4).

Neste ínterim, uma nova forma de governo ganhava impulso por consequência do desenvolvimento de mecanismos que pretendiam controlar a incorporação da população ao processo produtivo ao mesmo tempo em que este denominado Estado Moderno, segundo alguns autores, deveria responsabilizar-se por manter a ordem e garantir a riqueza do reino, mediante ações dirigidas a promover o bem-estar físico, a saúde e longevidade dos súditos produtores de riqueza (GÓMEZ-ARIAS, 2003). Segundo o autor, um aparato de polícia foi desenvolvido para alcançar tais fins, aparato este constituído de diferentes instituições e mecanismos de vigilância, controle e castigo, dirigidos a garantir a ordem, a produção e a saúde da população. É nestas medidas policiais do Estado Moderno que se encontra o germe do que hoje chamamos de saúde pública (GÓMEZ-ARIAS, 2003, p. 5).

Há de se observar ainda que a saúde coletiva pode ser considerada um campo complexamente hierarquizado de saberes e práticas e agentes (LUZ, 2009). Caracteristicamente transdisciplinar, o campo da Saúde Coletiva agrega saberes produzidos pelas ciências biomédicas, humanas e físicas; agentes tais como pesquisadores, técnicos, docentes, gestores; assim como enseja práticas de intervenção, transformação, promovidas por políticas públicas ou não, por meio de técnicas (LUZ, 2009). A Geografia, enquanto um

domínio específico do saber, pode contribuir tanto em termos de teorias e metodologias analíticas, como também nas práticas relativas ao campo da saúde coletiva.

Interessante ressaltar que enquanto campo, existe na Saúde Coletiva uma hierarquização dos saberes e práticas mutável de acordo com as transformações internas e externas a eles (culturais, econômicas, sócio-políticas) (LUZ, 2009, p. 307). Portanto, trabalhar a saúde coletiva em separado dos aspectos socioeconômicos, desprovendo-a do espaço geográfico, torna-se algo pernicioso, pois os saberes e práticas deste campo resultam e interagem reciprocamente junto à sociedade, o que leva considerar-se o papel preponderante detido pela organização espacial e aquela (a sociedade) que a anima.

2.2.1 O Movimento da Saúde Coletiva no Brasil

Pode-se entender o movimento da saúde coletiva no Brasil a partir da origem daquilo que se denominou medicina social, que foi o primeiro movimento a tratar da saúde em um âmbito social, um embrião do atual movimento de saúde coletiva. Meneghel (2004) afirma que a medicina social originou-se no século XVIII, na Europa, em um amplo processo de rearticulação social da prática médica, algo que, segundo a autora, o filósofo Foucault⁴ havia denominado de “nascimento da medicina social”, que era um indicativo da socialização do corpo (indivíduo) como força de produção e de trabalho a qual o capitalismo havia engendrado, e que por fim, este fato haveria de ser consolidado por meio da medicina.

Tomando como objeto o espaço da sociedade, ainda que em uma estratégia biopolítica (MENEGHEL, 2004), a medicina social estuda “[...] a dinâmica do processo saúde/doença, a relação com a estrutura de atenção médica e com a sociedade, visando à obtenção de níveis máximos possíveis de saúde e bem-estar” (MENEGHEL, 2004, p. 1). A medicina social havia emergido na Europa do século XVIII e diferenciava-se, segundo a autora, em três vertentes principais, as quais:

o sanitarismo inglês, centrado na medicina da força de trabalho; o urbanismo francês, preocupado com a salubridade das cidades; e a polícia médica, que se estruturou na Alemanha, marcada por forte preocupação com o controle sanitário (MENEGHEL, 2004, p. 1).

A figura do Estado era bastante presente no patrocínio destas perspectivas, tanto é que a participação política postulada como principal estratégia de transformação da

⁴ Michael Foucault (1926-1984) foi um filósofo francês em que suas obras tratava da filosofia do conhecimento.

realidade de saúde por meio da medicina social (MENEGHEL, 2004) era engendrada na maioria das vezes por esta instituição. Na América Latina, o período compreendido entre o século XIX até 1930, caracterizou-se pelas “[...] investigações no campo da higiene, patrocinadas pelo Estado e desenvolvidas por institutos de pesquisa nos moldes europeus” (MENEGHEL, 2004, p. 2). O início do século XX correspondeu à criação dos institutos de medicina tropical, ao saneamento dos portos, às pesquisas baseadas na parasitologia e aos levantamentos entomológicos, segundo o autor supracitado.

Influenciada, sobretudo, pela medicina urbana francesa, a medicina social praticada no âmbito da América Latina era uma medicina higienista que, sobre o pretexto de controlar as doenças e “limpar” as cidades, tinha na verdade como objetivo eliminar organizações populares, possíveis “focos” de rebeliões (MENEGHEL, 2007), assim como atender a certos interesses, pois nesta época em que havia grandes campanhas de controle de doenças tais como febre amarela, malária, dentre outras ditas “tropicais”, atendia-se às “[...] necessidades de saneamento dos portos para exportação de produtos da colônia aos países centrais” (MENEGHEL, 2007, p. 5).

Somente na década de 1970 é que se observa o que viria a ser o arcabouço teórico-conceitual da Saúde Coletiva, pois como escreve Nunes (1994, p. 4) na fase que se estende de 1974 a 1979, durante a construção da medicina social, verifica-se um “[...] momento importante na construção teórico-conceitual, com pesquisas sociais, epidemiológicas sobre determinantes econômicos da doença e do sistema de saúde, associada à discussão de propostas alternativas ao sistema de saúde vigente”. Segundo o autor supracitado, é no final da década de 1970 que será repensada a saúde de maneira ampliada, de forma a serem criados cursos de pós-graduação em saúde pública e medicina social, que posteriormente seriam enquadrados no campo das ciências da saúde, com a denominação de Saúde Coletiva (NUNES, 1994).

2.3 GEOGRAFIA E SAÚDE AMBIENTAL

Toma-se o ambiente em sua acepção holística, não separando-o da sociedade, mas sim tomando-o como a própria totalidade em que se insere a sociedade e as relações desta com o meio em que a mesma se desenvolve, um todo que abarca sociedade, economia, política e cultura, assim como a natureza, que não é mero substrato, mas condição existencial para a sociedade. Tal como enfatiza Nascimento & Laranja (2008), compreendendo que a sociedade em suas diversas esferas (cultural, econômica, etc.) faz parte

de processos relativos à problemática ambiental contemporânea, deve-se levar em conta a sociedade como componente e como sujeito dessa problemática.

Alguns estudiosos utilizam o termo meio ambiente, no entanto, no âmbito deste trabalho considerar-se-á os termos ambiente e meio ambiente como sinônimos, posto que se concorda serem os conceitos muito semelhantes. Como embasamento, leia-se o que diz Veyret (apud MENDONÇA & KOZEL, 2004) acerca do conceito de meio ambiente

A noção de meio ambiente não recobre somente a natureza, ainda menos a fauna e a flora somente. Esse termo designa as relações de interdependência que existem entre o homem, as sociedades e os componentes físicos, químicos, bióticos do meio e integra também seus aspectos econômicos, sociais e culturais (MENDONÇA & KOZEL, 2004, p. 125).

Independente do termo, utilizar-se-á o vocábulo ‘ambiente’ nesta dissertação, no sentido amplo de seu significado, ou seja, uma totalidade que se dá em função das relações de interdependência entre sociedade e natureza.

Destarte, um tema bastante trabalhado em saúde ambiental é a questão das doenças contagiosas oriundas de ambientes propícios à ocorrência das mesmas. Quando se trata dos ambientes aquáticos, muitas são as formas de se adquirir, ou entrar em contato, com agentes contagiosos que encontram-se neste meio.

Verifica-se, na maioria das vezes, que a forma mais comum de se contrair doenças contagiosas é a ingestão de água e alimentos contaminados, no entanto, algumas podem ser transmitidas por outros vetores (animais, humanos) ou pelo contato direto com a água contaminada. Doenças não-contagiosas também podem ser contraídas destas formas, excetuando-se os casos de transmissão por vetores.

As doenças infecciosas causadas diretamente pela água que podem ser provocadas pela ingestão de água contaminada com urina ou fezes, humanas ou animais, contendo bactérias ou vírus patogênicos, incluem: cólera, febre tifóide, amebíase, leptospirose, giardíase, hepatite infecciosa e diarréias agudas. Doenças causadas pela falta de limpeza e de higiene com água, provocadas por má higiene pessoal ou contato de água contaminada na pele ou nos olhos, incluem: escabiose (sarna), pediculose (piolho), tracoma (causa cegueira), conjuntivite bacteriana aguda, salmonelose, enterobíase, ancilostomíase (amarelão), ascaridíase (lombriga). Existem também doenças causadas por parasitas encontrados em organismos que vivem na água, ou por insetos vetores com ciclo de vida na água que podem transmitir doenças, tais como: esquistossomose (barriga d’ água), dengue, malária, febre amarela e filariose (elefantíase).

Segundo Angjeli (1995, p. 154) surtos imediatos por focos de água são caracterizados pela infecção de considerável número de pessoas em um período relativamente pequeno de tempo. “A configuração da distribuição dos casos está intimamente ligada à configuração do sistema de distribuição ou ao recurso hídrico”.

Desta forma, conforme está estruturado o sistema de abastecimento de água, o mesmo incidirá na distribuição de doenças correlacionadas a concentração de elementos do ambiente físico como os metais pesados (ou mesmo aos agentes infecciosos), considerando ainda que o estruturamento deste sistema obedece a maneira pela qual se dá a organização espacial do espaço geográfico, em última instância este conduzirá concretamente a maneira pela qual se dará a distribuição espacial de agentes patogênicos e elementos tóxicos por entre a coletividade que consome das águas que perpassam o sistema de abastecimento, que não deixa de ser um objeto técnico, tal qual Santos (1996) assevera, ou seja, um objeto criado em função do trabalho social e que traz em si uma funcionalidade e ao mesmo tempo uma espacialidade convencionada e animada pela sociedade, ou porção dela, em que pese.

2.3.1 A Contribuição da Geologia e Geografia Médicas

Os elementos químicos que ocorrem naturalmente e que se encontram alojados nas rochas não se distribuem igualmente na superfície e extrato subterrâneo da Terra. As concentrações podem variar e se apresentarem muito baixas (deficiência) ou muito elevadas (toxicidade). Os elementos químicos formadores da rocha e dos solos podem apresentar riscos à saúde dos seres vivos. Conforme acentua Selinus apud Silva et al. (2006, p. 2) a dificuldade que o ambiente tem de prover o balanço químico dos elementos pode levar a sérios problemas de saúde, e é importante ressaltar que “[...] As interações entre o ambiente e saúde são particularmente importantes para a sobrevivência das populações que são altamente dependentes deste local para suprir sua alimentação”.

A par desta premissa, a Geologia Médica é definida, segundo Selinus apud Silva et al. (2006, p. 1), como a ciência que estuda a influência de fatores geológicos ambientais relacionados à distribuição geográfica das doenças humanas e dos animais. A geoquímica e hidrogeoquímica do ambiente são relacionadas com a saúde das populações locais.

Segundo Araújo (2006) a Geologia Médica faz a espacialização das anomalias geoquímicas e saúde das populações locais, tendo como método geral de pesquisa

o estudo da química dos solos, da água e dos sedimentos em relação à incidência de doenças geograficamente distribuídas.

Figueiredo apud Silva (et al., 2006) ressalta que ao se conhecer melhor como ocorre a distribuição espacial dos problemas de saúde provocados por fatores geológicos, a Geologia Médica tem condições de atuar de forma não apenas corretiva, mas também preventiva. O autor explica ainda que identificada uma área que contém algum elemento natural potencialmente nocivo à saúde, é possível adotar ações para a correção do problema ou mesmo evitar que ele venha a prejudicar as pessoas.

Se a Geologia Médica estuda as relações entre geoquímica do espaço que vivemos e a saúde da população pertencente a este domínio (ARAÚJO, 2006, p. 16), a Geografia Médica dedica-se a evidenciar a importância do meio geográfico no aparecimento e distribuição de uma determinada doença, visando fornecer bases seguras para os programas de saúde pública (LACAZ apud ARAÚJO, 2006, p.15).

Segundo Ferreira (1991, p. 303)

Os contatos iniciais entre a geografia científica e a epidemiologia, ambas ainda sob a influência predominante da tradição positivista do século XIX, resultou nos primeiros trabalhos sistemáticos de geografia médica, voltados à descrição minuciosa da distribuição regional das doenças, empregando amplamente recursos cartográficos

Desse modo, é relevante o fato de que a ocorrência de algumas doenças tenham relação com a distribuição geográfica de elementos químicos presentes nas localidades atingidas por endemias. Segundo Martins Jr & Pinese (2003) as correlações entre o ambiente e perfil patológico apresentado por determinadas populações é vista claramente com populações que obtêm seus alimentos e água de beber das imediações de onde vivem. Fato que ocorre principalmente com a população rural, que diferentemente da população urbana, está condicionada ao acesso à alimentação e água provenientes do solo sobre o qual vivem.

2.4 ELEMENTOS QUÍMICOS DO SISTEMA ÁGUA E SOLO E SAÚDE HUMANA

Segundo Guilherme (et al., 2005), os elementos-traço estão presentes naturalmente em solos e sistemas aquáticos superficiais e sub-superficiais, ainda que, conforme os mesmos, não haja perturbação antrópica do ambiente, sendo que o aumento em sua concentração pode ocorrer tanto em razão de processos naturais quanto por atividades

antropogênicas. Dentre os processos naturais que contribuem para o aparecimento de elementos-traço nos sistemas aquáticos estão o intemperismo de rochas e lixiviação no perfil do solo, enquanto que as fontes antropogênicas estão associadas, principalmente, às atividades de mineração e às atividades industriais, assim como aos resíduos sólidos urbanos (GUILHERME et al., 2005, p. 353).

Devido à influência do solo, tal como da rocha, na composição química das águas subterrâneas, os elementos-traço provenientes daquele também podem ocorrer nestas últimas, como destacado no parágrafo anterior. Desta forma, há de se considerar as fontes de contaminação do solo por elementos-traço como fontes igualmente contaminantes das águas subterrâneas, assim, ainda que em menor grau, as principais fontes de contaminação por elementos-traço em solo, tais como as cinzas provenientes da queima de carvão e o descarte de produtos comerciais (GUILHERME et al., 2005) também podem afetar a qualidade da água subterrânea. Entretanto, os autores supracitados destacam que as mais importantes fontes de contaminação por elementos-traço nos ecossistemas aquáticos (que incluem as águas superficiais e subterrâneas) são os efluentes domésticos (As, Cr, Cu, Mn e Ni), a queima de carvão para geração de energia (As, Hg e Se), a fundição de metais não-ferrosos (Cd, Ni, Pb e Se), a fabricação de ferro e aço (Cr, Mo, Sb e Zn), o descarte de lodo de esgoto (As, Mn e Pb) e a deposição atmosférica (Pb e V) (GUILHERME et al., 2005, p. 354).

Não somente o solo contribui na composição da água sub-superficial como o contrário - em alguns casos - também ocorre, sendo que mesmo a disponibilidade de alguns elementos no solo pode vir a ser modificada. Conforme Araújo (2006), a irrigação do solo com águas subterrâneas alcalinas aumentam a captação de selênio na cadeia alimentar, a lixiviação dos solos ácidos arenosos com pouca matéria orgânica aumenta a perda de iodo e reduz a disponibilidade de selênio e zinco, ou ainda, segundo o autor, em caso de aumento da umidade induzida por irrigação ou drenagem, quando acompanhada por pH alto e condições de redução⁵ favorece-se a captação de molibdênio por plantações de leguminosas e de selênio por “brassicas”⁶ (ARAÚJO, 2006, p. 56).

⁵ Reação química em que um elemento ‘ganha’ elétrons de outrem.

⁶ Grupo de espécies botânicas de interesse econômico (alimento ou condimento), entre as quais, os nabos, rabanetes, mostarda, couve-flor, entre outras.

2.4.1 Contribuição da Hidrogeoquímica

O estudo hidrogeoquímico tem por finalidade identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos das águas subterrâneas, procurando estabelecer uma relação com o meio físico (SANTOS, 1997, p. 81), ele é de suma importância à Geografia da Saúde e Geologia Médica, enquanto auxílio na identificação de elementos químicos que podem ser prejudiciais à saúde humana.

A água no meio natural não é pura, isto porque, conforme os meios em que está interagindo, pode dissolver elementos químicos que estão presentes nos mesmos, e em se tratando das águas que percolam o solo e as rochas, esta ocorrência é ainda mais concreta, pois existe nítido reflexo entre os elementos químicos que ocorrem nas rochas e solos, e aqueles que ocorrem nas águas que os percolaram. Segundo Santos (1997, p. 81) “[...] a água é o solvente mais abundante, sendo capaz de incorporar grandes quantidades de substâncias ao entrar em contato com os minerais constituintes dos solos e rochas, nos quais circula”.

Santos (1997) assevera ainda que existe uma tendência ao aumento da concentração de substâncias dissolvidas à medida que a água subterrânea percola diferentes aquíferos⁷. Isto ocorre por conta da água ser uma substância quimicamente muito ativa, que tem grande facilidade de dissolver e reagir com outras substâncias, sejam elas inorgânicas ou orgânicas. Estas substâncias dissolvidas podem ainda ser encontradas sob a forma molecular ou iônica, porém, nas águas subterrâneas esta última é predominante, tal como destaca Santos (1997, p. 86).

Ocorre então uma movimentação destes íons que obedece uma dinâmica de arranjo e rearranjo de elementos químicos, que existe tanto nos meios superficial como no subterrâneo. Fenômeno esse caracterizado por Licht (1983) como dispersão geoquímica, um processo no qual íons e partículas se movem para novos ambientes geoquímicos, provocado tanto por ação de processos químicos quanto físicos. No grande sistema dinâmico que é a Terra, onde efetua-se a movimentação de materiais, que mudam de forma e composição em função de processos como a fusão, cristalização, erosão, precipitação, etc., há basicamente 2 grandes grupos denominados ambiente supérgeno e ambiente hipógeno.

O primeiro se restringe à superfície, onde as temperaturas e pressão são mais baixas, há maior facilidade para a circulação de fluidos e maior quantidade de oxigênio livre, sendo o meio onde ocorrem os processos de erosão, intemperismo, sedimentação e

⁷ Aquífero: corpo hidrogeológico com capacidade de acumular e transmitir água através dos seus poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos (CONAMA, 2008).

diagênese. O segundo ambiente, hipógeno ou profundo, caracteriza-se por altas temperaturas e pressão, com pouco oxigênio livre e baixa circulação de fluídos. Nele ocorrem processos magmáticos, metamórficos e hidrotermais.

A importância deste ambiente hipógeno para a caracterização hidrogeoquímica das águas subterrâneas se dá, obviamente, pelo fato das mesmas se encontrarem neste meio, entretanto há mais a se considerar. Licht (1983) destaca a existência, no ambiente hipógeno, de depósitos minerais que se manifestam sob a forma de teores anormalmente elevados ou baixos dos elementos químicos que compõem a mineralização ou alteração associada, que são zonas que circundam estes depósitos (enriquecidas ou empobrecidas em vários elementos químicos) zonas estas onde denominam halos geoquímicos primários.

É interessante pontuar que, a incidência destes halos geoquímicos pode ser revelada, dentre outras coisas, pela ocorrência de elementos químicos (que compõem estes halos) nas águas subterrâneas que percolam suas adjacências. Subentende-se então, que de fato há interação entre o meio (rocha) e a água que o percola, e que desta interação resulta a dissolução de íons daquela para esta.

Normalmente existem poucas variações no estado natural de qualidade de águas subterrâneas, entretanto, Pinese e Martins Jr (2005) afirmam que havendo características extremas, destoantes ou diferentes daquelas esperadas, podem indicar a presença de situações anômalas tais como corpos de minério, metamorfismo de rochas, ação antrópica, entre outras. Os autores ainda destacam que o mesmo não é diferente quando se verifica uma concentração alta de metais pesados em águas subterrâneas, fato ligado àquelas situações a pouco descritas, uma vez que estes metais pesados, mesmo nestas águas, apresentam-se em baixas concentrações, “[...] estando com teores normalmente abaixo de 1 mg.L-1, à exceção do Ferro” (PINESE e MARTINS JR, 2005, p. 140).

De qualquer forma, este fato remete à ocorrência de uma distribuição espacial de elementos químicos condicionada por uma anterior absorção/adsorção destes pela água, que os dissolve e termina por transportá-los para outras localidades. Muitas vezes reconhece-se por meio da análise geoquímica destas águas (no caso deste trabalho, em específico, as águas subterrâneas) que alguns espaços geoquímicos, as rochas percoladas por exemplo, apresentam uma anormalidade no sentido de que há um desvio no padrão geoquímico daquele meio.

Para Govett apud Licht (1983) uma anomalia geoquímica é considerada quando teores anormalmente altos ou baixos de um elemento ou combinação dos mesmos, ou

sua distribuição espacial anormal, em um tipo de amostra particular, em ambiente específico, determinado por uma técnica analítica específica, ocorrem num ambiente que teoricamente não deveria apresentar aquele quadro geoquímico. Por isso Licht (1983) salienta que esta anomalia geoquímica é, por definição, um desvio da normalidade, um desvio dos padrões geoquímicos considerados normais para um determinado espaço geoquímico.

Desta forma, destaca-se que os constituintes químicos das águas subterrâneas podem ser influenciados por vários fatores, entre os quais: a deposição atmosférica, processos químicos de dissolução e/ou hidrólise no aquífero e mistura com esgoto e/ou águas salinas por intrusão (FREITAS et al., 2001, p. 651).

2.4.2 A Dispersão Geoquímica e Impactos na Saúde Humana

Conforme anteriormente discutido na hidrogeoquímica, a partir da dispersão geoquímica tratada por Licht (1983) sabe-se que íons e partículas constituintes de um dado material qualquer (rocha, solo, líquido, gases, etc.) se movem por diferentes ambientes. Baseando-se neste conceito, é possível tratar da movimentação de elementos químicos que ora encontravam-se num ambiente e que por processos externos agora encontram-se em outro, que tanto pode ser o ambiente superficial de um rio, por exemplo, como o ambiente da flora intestinal de um ser humano.

É a partir desta premissa que será tratada, neste trabalho, a ocorrência de elementos químicos que podem ou não ser tóxicos ou essenciais à saúde humana, e dos impactos na população de uma dada área que tem acesso direto ou indireto aos diversos elementos químicos que ocorrem onde residem estas pessoas.

Concorda-se e toma-se como balizamento para a análise da saúde das populações abastecidas pelos poços perfurados para captação de água subterrânea, em consonância com a verificação das condições hidrogeoquímicas do aquífero, a afirmação de Araújo (2006) de que os benefícios ou prejuízos para a saúde humana surgirão em função da ingestão, por parte dos mesmos, dos alimentos e água principalmente, sendo que os alimentos trarão as propriedades dos solos que forem cultivados e as águas das rochas que percolam. Acrescenta-se ainda a esta afirmação que os alimentos consumidos também estão em contato com estas águas e, portanto, podem também apresentar propriedades destas.

Para exemplificar, tome-se o caso exposto por Pinese e Martins Jr. (2003, p. 117) para corroborar a idéia de que existe correlações entre elementos da natureza e perfis patológicos, principalmente em países pobres dos trópicos:

Isto pode ser comprovado no caso da contaminação por Arsênio por uma população rural de Bangladesh, quando o consumo de água adquirida em poços perfurados em áreas com altíssimas concentrações daquele elemento, acima da dose reconhecida para exposição ao Arsênio, resultou em graves consequências para aquela comunidade.

No que tange a atuação antropogênica na modificação da qualidade das águas subterrâneas, as fontes de contaminação são em geral diretamente associadas a despejos domésticos, industriais e ao chorume oriundo de aterros de lixo. E assim como ocorre com a água que penetra nos solos e alcança a zona saturada do aquífero, estes contaminantes também mobilizam metais naturalmente contidos no solo, como alumínio, ferro e manganês, assim como também são potenciais fontes de nitrato e substâncias orgânicas extremamente tóxicas ao homem e ao meio ambiente (FREITAS et al., 2001).

Portanto, a saúde humana, assim como de outros seres vivos, está condicionada a fenômenos geológicos, que agindo direta ou indiretamente, promovem a dispersão e/ou concentração de elementos essenciais (tanto a nível traço ou não) ou elementos não essenciais que podem ser tóxicos para os organismos vivos. No que tange a este trabalho, a água subterrânea é considerada como o elo principal na movimentação destes elementos químicos, e seu estudo é primordial para entendermos o papel da mesma na ocorrência de doenças correlacionadas a anomalias geoquímicas do ambiente.

2.4.3 Elementos Químicos e Agravos à Saúde Humana

Segundo McCally (2002), a importância dos metais pesados enquanto contaminantes severos é tão grande que no ranking criado pela agência norte-americana de substâncias tóxicas e registro de saúde (U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry – ATSDR), onde são listados todos os contaminantes presentes em lixo tóxico de acordo com sua prevalência e severidade de sua toxicidade, metais pesados ocupam a primeira, a segunda, a terceira e a sexta colocação da lista, em tempo, os mesmos são: chumbo, mercúrio, arsênio e o cádmio, respectivamente.

Nesta lista estão elencados os metais pesados contidos no lixo tóxico, que é essencialmente produto das atividades antrópicas e que impactam o ambiente. Ainda assim, o ambiente contém metais pesados originalmente naturais assim como metais pesados oriundos de atividades humanas como a indústria, agricultura e agropecuária, dentre outras. Entretanto, em algumas situações pode ocorrer um aumento da quantidade de metais pesados nos meios

aquático, terrestre e atmosférico, o que gera concentrações potencialmente tóxicas, às quais grupos populacionais podem estar expostos (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

Segundo Azevedo & Chasin (2003), os efeitos tóxicos dos metais dependem de diversas variáveis, do hospedeiro e de sua condição temporal e dos parâmetros de exposição, como via, dose e duração. Pode-se acrescentar ainda que os aspectos espaciais ligados às condições socioeconômicas, tais como, por exemplo, residência em locais onde pouca ou nenhuma condição sanitária é observável devido ao fato de que a mesma encontra-se em uma situação de segregação espacial em relação às outras localidades, também influenciam os efeitos tóxicos dos metais pesados, assim como de outros elementos causadores de agravo à saúde humana, como por exemplo, dos patógenos.

Metais como o arsênio, berílio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio e níquel são reconhecidamente imunotóxicos, pois seus efeitos tóxicos atingem as funções biológicas do sistema imunológico. Considerando que o sistema imunológico deve ser mantido na integridade de sua competência durante toda a vida do indivíduo (AZEVEDO & CHASIN, 2003), a interação entre estes metais imunotóxicos, advindos de contaminantes ambientais e/ou substâncias químicas, junto aos componentes celulares e humorais do sistema imune, podem induzir alterações que comprometam a imunocompetência.

No entanto, outros metais pesados como o ferro, zinco, cobre e manganês mostram efeitos importantes para as funções celulares e podem, conforme Azevedo & Chasin (2003, p. 406), ser considerados como imunomoduladores essenciais para as funções imunológicas. Seguem pequenas descrições das características dos elementos químicos trabalhados nesta dissertação, seguindo a classificação proposta por Fetter (1993), no entanto, elementos não abarcados nesta foram categorizados como “outros”.

2.4.3.1 Não-metais inorgânicos

Fósforo (P)

O fósforo é um nutriente primário e, como um constituinte do DNA e do RNA, é essencial para a vida. Na forma de fosfato de cálcio é o principal componente da parte esquelética dos animais, como ossos e dentes. O fósforo elementar é extremamente tóxico, sendo a variedade branca mais que a vermelha. O envenenamento crônico de trabalhadores que manipulam fósforo branco sem proteção causa a necrose da mandíbula. Ésteres fosfatados agredem o sistema nervoso central e fosfatos inorgânicos são relativamente pouco perigosos. A quantidade média de fósforo numa pessoa de 70 Kg é de 780 g e a ingestão média diária é

de 900 a 1.900 mg. A ingestão de 100 mg de fósforo branco por via oral em seres humanos é considerada como letal (WINTER, 1998 apud MINEROPAR, 2005, p. 209).

2.4.3.2 Metais

Chumbo (Pb)

O chumbo tem sido intensamente estudado nos últimos anos, devido em parte, ao fato de que, por séculos, o mesmo tem sido explorado pela mineração e utilizado como matéria-prima para indústria. Efeitos tóxicos nos animais incluem anemia, disfunções neurológicas e renais (KOLJOLEN ET al, 1992 apud MINEROPAR, 2005, p. 148). Apesar do Pb ser considerado tóxico, a maior parte do que é ingerida passa pelo organismo sem ser absorvida. Entretanto, tem efeito cumulativo e pode ser carcinogênico e teratogênico. A quantidade média de Pb numa pessoa de 70 kg é de 120 mg e a ingestão média diária é de 0,06 a 0,5 mg (WINTER, 1998 apud MINEROPAR, 2005, p. 148).

Estrôncio (Sr)

Onde as concentrações de estrôncio na natureza são altas, minerais discretos de apatita se formam - como o estrôncio-apatita, $(\text{Sr}, \text{Ca})_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$. Embora não seja um elemento essencial para saúde humana, o estrôncio sempre está presente em quantidades mínimas, alguns ppm, em osso mineral (MINEROPAR, 2005). A contaminação por estrôncio 90 pode levar à anemia e leucemia, pelo fato de ficar incorporado no sistema esquelético do indivíduo.

Níquel (Ni)

Segundo Azevedo & Chasin (2003), o níquel é largamente distribuído na natureza e após sua mineração é utilizado na indústria do aço. Encontra-se o mesmo nos resíduos de combustíveis como o carvão e o petróleo, assim como na incineração de lixo. “[...] A população humana é exposta via respiratória ou digestiva por alimentos e água”, sendo que pela via digestiva (água e alimentos) a população, em geral, ingere “[...] cerca de 1.500 μg Ni/dia” (AZEVEDO & CHASIN, 2003, p. 406). Os efeitos tóxicos do níquel dependem, segundo Azevedo & Chasin (2003), da via de exposição, essencialmente. “[...] Tanto os pulmões como os rins representam os órgãos-alvo para o efeitos e acúmulo do níquel” (AZEVEDO & CHASIN, 2003, p. 406). Assim, sintomas respiratórios são muito

comuns, seja pela irritação química seja por consequência de fenômenos alérgicos, mas pesa o fato de que o níquel tem papel carcinogênico também.

Cádmio (Cd)

Difícilmente o cádmio é encontrado como metal puro na natureza, segundo Azevedo & Chasin (2003, p. 407), este elemento está normalmente associado a minérios de zinco. Conforme os autores, pequenas quantidades de cádmio são encontradas no ar, no solo, nas rochas e na água, assim como também são encontradas nas carnes, grãos, laticínios e vegetais. Na indústria é usado para a “[...] manufatura de baterias, estabilizadores, ligas, pigmentos e plásticos” (AZEVEDO & CHASIN, 2003, p. 406). Todos os compostos de Cd devem ser vistos como extremamente tóxicos, já que tem efeito cumulativo, provocam danos nos rins, são carcinogênicos e podem ser teratogênicos.

Cobalto (Co)

O cobalto é um nutriente essencial, sendo fundamental na produção de vitamina B¹², porém, em elevadas concentrações é tóxico e carcinogênico. A quantidade média de Co numa pessoa de 70 Kg é de 3 mg e a ingestão média diária é de 0,005 a 1,8 mg (WINTER, 1998 apud MINEROPAR, 2005, p. 155). O Co apresenta efeitos benéficos e maléficos à saúde humana. Exposições a altas doses de cobalto podem resultar em efeitos nos pulmões e coração e dermatites. Danos no fígado e nos rins têm sido observados em animais expostos a altas quantidades do metal (ATSDR, 1999 apud MINEROPAR, 2005, p. 155).

Cobre (Cu)

O cobre é um micronutriente essencial para todos os organismos. Os animais podem absorver cerca de 50% do cobre ingerido, que se acumula no fígado, no cérebro e nos rins (KOLJONEN et al, 1992 apud MINEROPAR, 2005, p. 160). A quantidade média de cobre numa pessoa de 70 kg é de 72 mg e a ingestão diária é em média de 0,50 a 6 mg. O cobre é essencial para uma boa saúde, porém exposições prolongadas podem causar irritação nas vias respiratórias, bocas e olhos, além de dores de cabeça, vertigem, náusea e diarreia (WINTER, 1998 apud MINEROPAR, 2005, p. 160). Principais distúrbios envolvendo o cobre: depressão, irritabilidade, dores articulares, nervosismo.

Cromo (Cr)

O cromo é um nutriente essencial que funciona aumentando a tolerância à glicose no sangue e dessa forma potencializando a ação da insulina. O Cr^{3+} é um nutriente essencial que auxilia o corpo no uso de açúcar, proteínas e gordura. O cromo é um dos mais importantes poluentes industriais. Todos os seus compostos devem ser considerados como tóxicos. A inalação de altos níveis de Cr^{6+} pode causar irritações nasais tais como sangramentos, ulcerações e até buracos no septo nasal. Já a ingestão de grandes quantidades de Cr^{6+} pode causar desordens estomacais e úlceras, convulsões, danos nos rins e fígado e até morte. O contato com a pele pode causar ulcerações (ATSDR, 1999 apud MINEROPAR, 2005, p. 168). Os principais distúrbios envolvendo o cromo são: dermatite, úlceras, funções renais e hepáticas afetadas.

Ferro (Fe)

Os papéis desempenhados pelo ferro na fisiologia são numerosos. Nos animais, o ferro desempenha um papel vital no metabolismo como componente da hemoglobina e de certas enzimas, a deficiência conduz à anemia. Concentra-se nos animais e nos homens em teores elevados no fígado e no baço (KOLJOLEN ET al, 1992 apud MINEROPAR, 2005, p. 200). A quantidade média de Fe numa pessoa de 70 Kg é de 4, 2 g e a ingestão média diária é de 6 a 40 mg. Os compostos de Fe^{2+} , a dosagem de 200 mg é tóxica e a dosagem de 7 a 35 g é considerada com letal (WINTER, 1998 apud MINEROPAR, 2005, p. 200). Os distúrbios principais que envolvem o ferro são: Anorexia, tontura, fadiga, cefaléias, cirrose hepática, dentre outros.

Zinco (Zn)

O zinco é um elemento traço essencial em todos os sistemas vivos, desempenhando um papel importante nas atividades enzimáticas, metabolismo de ácidos nucleicos, síntese de proteínas, manutenção da estrutura e função das membranas, atividade hormonal, reprodução e maturidade sexual. Animais com deficiência de zinco necessitam de 50% mais de alimentos para adquirir o mesmo peso que os animais com suplemento adequado do metal. O zinco é encontrado em todos os tecidos e fluidos do corpo humano e é essencial para o crescimento, desenvolvimento e reprodução. As desordens metabólicas provocadas pelo zinco são geralmente devidas mais às suas carências que aos seus excessos (KOLJOLEN ET AL, 1992 apud MINEROPAR, 2005, p. 394). Os compostos de zinco mais comuns não são tóxicos, mas certos sais de zinco podem ser carcinogênicos. A poluição por

emissões aéreas industriais pode causar câncer de pulmão. Doses acima de 100 – 300 mg/dia, pode reduzir a resposta imune por várias semanas (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

2.4.3.3 Outros Elementos

Alumínio (Al)

O papel desempenhado pelo Al na fisiologia humana não é bem conhecido. Embora o metal seja ingerido através dos alimentos e da água, acredita-se que grande parte seja eliminada. Em seres humanos, a dosagem numa pessoa de 70 kg é de 60 mg e a ingestão diária é de 2,45 mg/kg. A dosagem de 5 mg é considerada como tóxica (MINEROPAR, 2005, p. 95). Em sistemas subterrâneos ou superficiais, é possível a ocorrência de alumínio dissolvido. A exposição ao alumínio se dá inevitavelmente pela sua abundância e seus variados usos. Primariamente, a via de entrada do alumínio nos humanos é a oral, sendo as principais fontes: a água potável, os resíduos nos alimentos, os utensílios de cozinha, as embalagens de alimentos e bebidas, as formulações antiácidas e as formulações antiperspirantes (AZEVEDO & CHASIN, 2003).

Bário (Ba)

Na natureza o bário ocorre somente na forma combinada, sendo as principais a barita (sulfato de bário natural) e a witherita (carbonato de bário natural). O bário também é encontrado em quantidades-traço em rochas ígneas e sedimentares (CETESB, 2009). A ingestão de pequenas quantidades de bário em curtos períodos de tempo pode provocar vômito, cólicas estomacais, diarreia, dificuldades respiratórias, alterações da pressão sanguínea, adormecimento da face e debilidade muscular. A ingestão de altas quantidades de compostos de bário solúveis em água ou no conteúdo estomacal pode causar alterações no ritmo cardíaco e paralisia, e se não houver tratamento, pode levar a óbito (CETESB, 2009).

Cálcio (Ca)

É o elemento mais abundante no corpo humano, aproximadamente 98% deste atua como componente estrutural dos ossos e dos dentes. Principais distúrbios envolvendo o cálcio: anorexia, afasia, depressão, irritabilidade, memória afetada, cansaço muscular, comportamento psicótico. Doses muito elevadas podem fragilizar os ossos e interferir no metabolismo da Vitamina K (WINTER, 1998 apud MINEROPAR, 2005, p. 131).

Magnésio (Mg)

O magnésio é um elemento importante tanto para a vida animal quanto para a vegetal, já que as clorofilas são porfirinas baseadas em magnésio. É também um elemento necessário para a ativação de algumas enzimas. Os compostos de magnésio não são normalmente tóxicos. Os asbestos, minerais magnesianos, são carcinogênicos não pela sua composição química, mas por sua forma fibrosa (KOLJOLEN ET al, 1992 apud MINEROPAR, 2005, p. 261). Principais distúrbios envolvendo o Magnésio: fadiga, bradicardia, hipotensão arterial, boca seca, náuseas, vômitos, insuficiência respiratória, sede intensa (WINTER, 1998 apud MINEROPAR, 2005, p. 261).

Manganês (Mn)

O Mn é um micronutriente essencial para todos os organismos e raramente ocorre em concentrações perigosas. Os animais necessitam dele para o desenvolvimento ósseo normal, para a reprodução e para o funcionamento do sistema nervoso central. Dentre os sintomas de deficiência em Mn, estão as anormalidades esqueléticas, o crescimento mal proporcionado e as dificuldades reprodutivas. Alguns indivíduos expostos a altíssimas quantidades de Mn por longos períodos de tempo desenvolveram distúrbios mentais e emocionais, além de movimentos lentos do corpo; esta combinação de sintomas é causada por uma doença chamada manganismo (KOLJOLEN ET al, 1992 apud MINEROPAR, 2005, p. 266). Segundo o autor supracitado, os principais distúrbios envolvendo o manganês são: anorexia, alucinações, dificuldade de memorização, raciocínio confuso, insônia, mialgias, alterações neurológicas similares ao Parkinsonismo, cefaléias hipertensivas.

Potássio (K)

O potássio e seus sais são essenciais para os processos vitais, tanto que é o cátion mais importante nos fluidos intracelulares. É um macronutriente não tóxico que ativa as reações enzimáticas, participa nas funções musculares e é essencial para o sistema nervoso e funções cardíacas. Por outro lado, os sais de potássio são extremamente tóxicos quando injetados. A quantidade média de potássio numa pessoa de 70 kg é de 140 g e a ingestão diária é em média de 1400 a 7400 mg (WINTER, 1998 apud MINEROPAR, 2005, p. 307). Principais distúrbios envolvendo o potássio: confusão mental, disfasia, cansaço.

Sódio (Na)

Todas as águas naturais contêm algum sódio, já que ele é um dos elementos mais abundantes na Terra e seus sais são altamente solúveis em água, encontrando-se na forma iônica (Na^+), e nas plantas e animais, já que é um elemento ativo para os organismos vivos (CETESB, 2009). As concentrações nas águas subterrâneas frequentemente excedem 50 mg/L. Embora a concentração de sódio na água potável geralmente seja menor que 20 mg/L, esse valor pode ser excedido em alguns países, porém concentração acima de 200 mg/L pode dar à água um gosto não aceitável (CETESB, 2009). Dentre os problemas de saúde significativos oriundos do excesso de sódio na água, estão o aumento do risco de hipertensão, acidente vascular cerebral, catarata, pedra nos rins (cálculo renal), câncer de estômago, dentre outros.

Silício (Si)

Segundo Santos (1997), embora seja o elemento mais largamente encontrado nas rochas, não ocorre em quantidades significativas nas rochas devido essencialmente à baixa solubilidade dos compostos que forma no intemperismo das rochas. Segundo o autor, sua presença nas águas não prejudica à saúde nem à agricultura, “[...] porém é prejudicial quando as águas são utilizadas para fins industriais, porque a sílica forma incrustações resistentes, principalmente em caldeiras” (SANTOS, 1997, p. 97).

Compreender a dinâmica e a disponibilidade dos elementos destacados, bem como suas concentrações no ambiente é muito importante, principalmente diante da constatação de que os impactos tecnogenéticos sobre esses sistemas têm se intensificado nos últimos anos. Como pode-se observar, os metais pesados também são produto das atividades industriais, que são o principal meio de propagação antropogênica destes elementos no ambiente. No quadro 01 a seguir, encontra-se uma síntese dos metais pesados, caracterizando sua origem na produção industrial e os efeitos à saúde humana.

Quadro 1 - Metais pesados oriundos de atividades industriais, origem e efeitos à saúde humana

Metais	Origem	Efeitos à saúde
Alumínio	Produção de artefatos de alumínio; serralheria; soldagem de medicamentos (antiácidos) e tratamento convencional de água.	Anemia por deficiência de ferro; intoxicação crônica.
Cádmio	Soldas; tabaco; baterias e pilhas.	Câncer de pulmões e próstata; lesão nos rins.
Chumbo	Fabricação e reciclagem de baterias de autos; indústria de tintas; pintura em cerâmica; soldagem.	Saturnismo (cólicas abdominais, tremores, fraqueza muscular, lesão renal e cerebral).
Cobalto	Preparo de ferramentas de corte e furadoras.	Fibrose pulmonar (endurecimento do pulmão) que pode levar à morte.
Cromo	Indústrias de corantes, esmaltes, tintas, ligas com aço e níquel; cromagem de metais.	Asma (bronquite); câncer.
Níquel	Baterias; aramados; fundição e niquelagem de metais; refinarias.	Câncer de pulmão e seios paranasais.
Org.: ALIEVI, A. A., 2009. Fonte: Adaptado de CUT – RJ. Comissão de Meio Ambiente. s/a.		

2.5 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Segundo Feitosa & Filho (1997) muito antes da compreensão da origem, da ocorrência e movimento destas águas, túneis e poços eram construídos para a captação de águas subterrâneas. Desde a idade antiga, e mesmo os filósofos gregos como Homero, Tales e Platão admitiam a hipótese de que “[...] as nascentes eram formadas por água do mar conduzida através de canais subterrâneos para baixo das montanhas, de onde ascendiam até superfície depois de purificadas” (FEITOSA & FILHO, 1997, p. 3).

Para se entender a origem da água subterrânea é necessário tratar do ciclo hidrológico, que segundo Heath (1983) refere-se ao constante movimento da água sobre, na e sob a superfície da Terra. Desta forma, o autor chama a atenção para importância da compreensão do que vem a ser este ciclo, pois “[...] O conceito de ciclo hidrológico é central ao entendimento da ocorrência de água e ao desenvolvimento e administração de suprimentos em água” (HEATH, 1983, p. 5).

Atualmente sabe-se que a origem da água subterrânea está ligada ao ciclo hidrológico, que é um sistema natural (fechado) em que a água circula do oceano para a

fração, pode percolar até o nível freático, constituindo a recarga do aquífero. Este nível freático refere-se ao que comumente é conhecido como lençol freático, mas que na hidrogeologia é conhecido como nível hidrostático ou superfície piezométrica, sendo que a profundidade desta varia conforme mudanças climáticas, topografia da região e permeabilidade da rocha (LEINZ & AMARAL, 2003, p. 78).

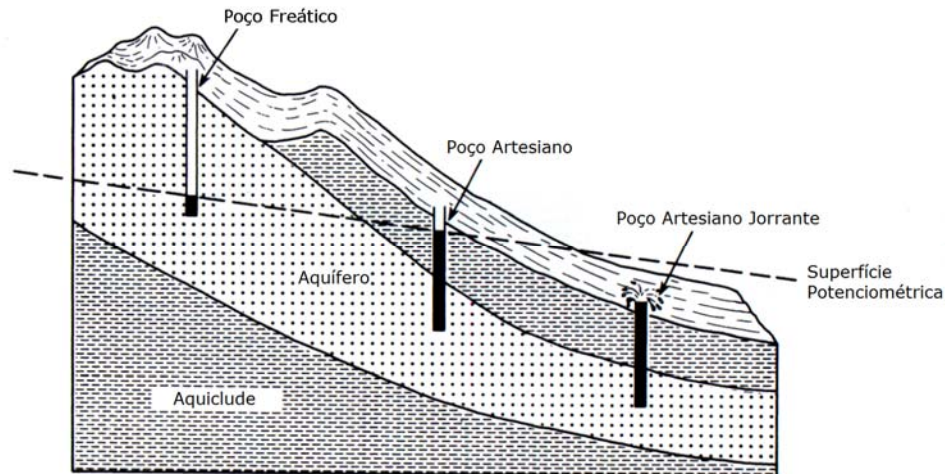
Neste último nível, abaixo da superfície piezométrica, que também é conhecido como zona saturada, a água subterrânea preenche os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas (cristalinas). As águas atingem esta zona por gravidade, até alcançar uma profundidade limite, onde as rochas encontram-se saturadas, simplesmente porque os poros e capilares estão cada vez menores, devido à compressão das rochas superiores (LEINZ & AMARAL, 2003, p. 76). Segundo Teixeira (et al., 2003), esta profundidade limite pode alcançar um máximo de 10.000m, dependendo da situação topográfica e do tipo de rocha. Assim: “[...] Pode-se imaginar então que toda água de infiltração tende a atingir este limite inferior, onde sofre um represamento, preenchendo todos os espaços abertos em direção à superfície” (TEIXEIRA et al., 2003, p. 119).

Heath (1983) faz menção também, em relação à questão dos limites alcançáveis pela água subterrânea, às fronteiras que existem onde aquíferos terminam “contra” (grifo do autor) um material impermeável, o que vem a se denominar fronteira impermeável. Um fato importante a ser destacado é de que, ao se estudar a posição e a natureza destes limites, torna-se mais claro o entendimento de questões críticas acerca de problemas de água subterrânea, “[...] incluindo o movimento e o destino de poluente e a resposta de aquíferos a rebaixamentos” (HEATH, 1983, p. 46).

O tipo de rocha tem papel primordial para a profundidade máxima atingida por um aquífero, Leinz & Amaral (2003) destaca que rochas sedimentares apresentam porosidade mesmo a grandes profundidades, porosidade esta que determina a capacidade de armazenamento da água nas rochas, em seus poros, fendas ou capilares. Em se tratando das rochas cristalinas a capacidade de armazenar água é menor conforme a profundidade, devido ao fato da rocha tornar-se mais maciça e com menor quantidade de fendas. O fato de um aquífero ser do tipo confinado ou não (figura 3) também influencia na sua capacidade de armazenamento. Segundo Heath (1983) o coeficiente de armazenamento de um aquífero não-confinado é cerca de 100 a 10.000 vezes o coeficiente de armazenamento de um aquífero confinado. Lembrando que um aquífero confinado é aquele em que um estrato permeável

(aqüífero) está confinado entre duas camadas pouco permeáveis ou impermeáveis (TEIXEIRA et al., 2003, p. 126), conforme pode-se observar na figura 3 a seguir.

Figura 3 - Representação esquemática de um aqüífero confinado e de diferentes tipos de poços.



Fonte: Adaptado de FETTER, 2000.

A circulação das águas subterrâneas está condicionada tal qual o armazenamento das mesmas, à quantidade de poros (fendas) das rochas. Porém, paralelo à quantidade, as dimensões dos poros (fendas) podem permitir uma intercomunicação na rocha, facilitando assim o fornecimento de água (ABAS, 2009). Sendo assim, a propriedade de permitir a circulação da água no interior da rocha é conhecida como permeabilidade, onde ocorre que as rochas com maior permeabilidade são aquelas em que a quantidade de poros ou fendas comunicáveis é maior, e o fornecimento de água torna-se facilitado, assim como a circulação da mesma.

Interessante ressaltar que, a água pode mover-se verticalmente num aqüífero saturado, ou então lateralmente, e conforme assevera Mota (1995, p. 142): “[...] O tipo de movimento influi na percolação e sobrevivência dos poluentes, bem como na distância que os mesmos podem alcançar a partir de determinada fonte”. Desta forma, pode-se afirmar que a movimentação de poluentes segue o sentido do fluxo da água no meio subterrâneo, considerando que as águas que percolam todo o solo alcancem a zona saturada, estes poluentes podem alcançar um rio que seja alimentado pelo fluxo subterrâneo, como ocorre

com os rios efluentes⁸. Destaca-se que conforme a direção do gradiente hidráulico, um rio pode ser ou a fonte ou o exutório do poluente (HEATH, 1983, p. 46).

Cabe ressaltar que, muitas vezes as águas subterrâneas estão interligadas às águas superficiais, podendo num momento as águas superficiais serem as provedoras, quando proporcionam a recarga dos reservatórios subterrâneos, assim como podem também as reservas subterrâneas promoverem a recarga dos cursos d'água e reservatórios superficiais (MOTA, 1995, p. 142).

Isto demonstra que as águas subterrâneas têm importância não somente por si, mas também por suas relações com as águas superficiais, que também podem apresentar problemas de poluição e/ou contaminação derivadas daquelas. Em se tratando de um aquífero fraturado, como é o caso do SASG, ainda que o mesmo detenha conexões com aquíferos como o Caiuá e o Guarani, esta dinâmica junto aos rios é ainda mais evidente, pois, tal como afirmado por CETESB (2009), as principais saídas de drenagem de um aquífero basáltico são os rios. Assim, além deste aspecto físico do meio, é muito importante a consideração do estudo hidrogeoquímico das águas subterrâneas, para verificar a qualidade destas, e para que sejam tomadas medidas tanto preventivas como mitigadoras, quando necessário.

Posto desta forma, como destaca Abdelmonem (et al., 1990) a proteção das águas subterrâneas não é simples pois as potenciais fontes de contaminação são numerosas e muito diversificadas, e elas variam muito de uma região à outra conforme o clima, densidade populacional, intensidade das atividades agrícolas e industriais, assim como a hidrologia apresentada pelas mesmas. “Esta complexidade significa que não há padrão uniforme para os problemas ligados à água subterrânea e cada situação precisa ser analisada no contexto de suas circunstâncias particulares” (ABDELMONEM et al., 1990, p. 280).

2.6 A IMPORTÂNCIA DAS ÁREAS DE RECARGA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

De forma geral, a recarga de água subterrânea pode ser definida como o fluxo de água descendente que alcança o nível freático, tornando-se uma adição ao reservatório subterrâneo (LERNER et al., 1990, p. 6). Os autores acrescentam ainda que a recarga do reservatório subterrâneo pode ocorrer naturalmente da precipitação, rios, canais e lagos e como fenômenos induzidos pelo homem via algumas atividades como irrigação e

⁸ Rios efluentes são rios em que a recarga é feita tanto pelo aquífero como pela precipitação em sua cabeceira, tornando-o perene e caudaloso. São rios cuja vazão aumenta para jusante e que tipicamente encontram-se em regiões úmidas (TEIXEIRA et al., 2003).

urbanização – perdas dos programas de irrigação freqüentemente provêm uma contribuição que excede aquela da chuva.

Existem alguns fatores que afetam a recarga de aquíferos, dentre os quais Rushton (1988, apud LERNER et al., 1990) destaca, conforme alguns aspectos:

- 1) Sobre a superfície terrestre – topografia; precipitação: magnitude, intensidade, duração, distribuição espacial; *runoff*⁹; lâmina de água; colheita padrão; evapotranspiração atual.
- 2) Irrigação – natureza do agendamento da irrigação; perdas para canais e cursos de água; aplicação nos campos, preparação da terra, perdas para o campo.
- 3) Rios – rios que fluem para a área de estudo; rios que deixam a área de estudo; rios que ganham ou perdem água para o aquífero.
- 4) Zona do Solo – natureza do solo, profundidade, propriedades hidráulicas; variabilidade do solo, profundidade dos enraizamentos no solo.

Acrescenta-se ainda o tipo de uso do solo nas zonas de recarga de aquíferos. Além do uso agrícola expressivo, devido ao alto grau de urbanização pelo qual o norte-paranaense vem passando ao longo dos últimos anos, o impacto das malhas urbanas sobre as áreas de recarga, além de mais rápido, tem sido contundente, o que torna-se um desafio à políticas de gestão hídrica urbana, que além de lidarem com as questões ligadas às águas superficiais, também devem abarcar as águas subterrâneas, e em princípio, os locais em que a mesma é recarregada. Assim, o solo urbano torna-se um elemento preponderante, que precisa ser levado em consideração.

O solo urbano é bastante suscetível à contaminação por elementos-traço, oriundos, principalmente, das atividades industriais. Em se tratando de Brasil, poucos são os estudos encontrados acerca das condições geoquímicas do solo urbano das cidades brasileiras, no entanto, quando se trata dos países europeus e dos países asiáticos (recentemente), predominantemente, os estudos europeus têm maior visibilidade. Isto tem haver com a industrialização de longa data a qual a Europa têm passado, o que tem legado um histórico de contaminação dos solos urbanos europeus.

Na maioria destes estudos europeus, o elemento predominantemente encontrado nas amostras é o chumbo (Pb). Este elemento é um metal pesado que fora um dos primeiros metais a serem trabalhados pelo homem. No contexto atual, sua aplicação se dá

⁹ Fluxo de água que ocorre quando o solo está saturado e não mais permite a infiltração da água superficial, o que resulta no escoamento superficial ou *runoff*.

principalmente na indústria, sendo um dos metais mais utilizados pela mesma. A principal aplicação das ligas de chumbo ocorre no fabrico de baterias automotivas, no entanto, o mesmo pode estar presente em diversos outros produtos industrializados, desde embalagens, trefilados de fios metálicos, munições a tintas e pigmentos.

Estudos em outras localidades do planeta verificaram outros problemas, ligados a outros tipos de elementos químicos, assim como as dificuldades observadas no trato das complexas relações entre estes e o solo. Após um estudo piloto acerca da determinação de iodo nos solos e águas de Kabul, Afeganistão¹⁰, em que sua população apresenta problemas relativos à deficiência de iodo no organismo, verificou-se a grande dificuldade para correlacionar alguns dados encontrados e explicar as relações entre os fatores e elementos que controlam a quantidade de iodo nos solos analisados, assim como as sua biodisponibilidade ou mobilidade pelos mesmos. Tal como afirmam Watts e Mitchell (2009), os resultados conflitantes deste e de outros estudos sugerem que fatores complexos que controlam a fixação de iodo nos solos, tais como pouca matéria orgânica, natureza alcalina dos solos afegãos, incitam novas investigações que permitam compreender melhor a biodisponibilidade e mobilidade de iodo nos solos utilizados para produção de culturas no Afeganistão.

Geralmente, os solos são muito suscetíveis à contaminação promovida pelas atividades humanas, seja quais forem, mas principalmente pelas atividades industriais, mas também pelas atividades agrícolas, mineração, disposição de resíduos urbanos, entre outros. Um fator contaminante muito comum nos centros urbanos é a utilização de fossas negras nas áreas de baixa renda, que acabam por impor um impacto ambiental significativo ao solos e aos mananciais subterrâneos.

Conforme constatado por Alievi (et al., 2009a), as localidades de maior risco do ponto de vista sócio-ambiental e de contaminação dos solos e mananciais subterrâneos (principalmente por dejetos domésticos) são as áreas que apresentam população de baixa renda, e que não são completamente assistidas por infra-estrutura de saneamento básico. Ainda que este fato remeta-se a uma área de estudo que se resumia ao perímetro urbano de Londrina (PR), comprovou-se na verdade o que geralmente se verifica na maioria dos centros urbanos, o que permite, de certa forma, extrapolar este fato a nível da regional da saúde e seus centros urbanos.

Por conta disso, é de suma importância analisar e verificar o estado do solo sobre as áreas de recarga, principalmente, pois conforme o tipo de uso pode-se tentativamente

¹⁰ Segundo Watts e Mitchell (2009, p. 503), no Afeganistão, a cada ano, 500.000 bebês nascem com dano intelectual causado pela deficiência em iodo durante a gravidez das mães.

indicar um processo de contaminação das águas subterrâneas que por estas zonas são abastecidas. O poder público municipal precisa criar programas de proteção destes lugares de acordo com os artigos 2.º e 3.º contidos resolução da CONAMA n.º 92/08 que delegam aos gestores públicos (e privados) a promoção de estudos e planos de delimitação e proteção das áreas de recarga de aquíferos (ALIEVI et al., 2009a, p. 14).

2.7 CONTAMINAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E IMPLICAÇÕES À SAÚDE COLETIVA

A contaminação dos solos e da água subterrânea decorre principalmente do crescimento desordenado dos aglomerados urbanos e da produção industrial que não estão sujeitos a um controle ambiental mais efetivo. Segundo Valentim (2007) esta situação propicia cenários de risco à saúde humana e demandam abordagem integrada de avaliação e gerenciamento, principalmente nas áreas de maior concentração da população e das atividades produtivas.

Conforme Alievi (et al., 2009b), nestas áreas é maior a pressão sobre os recursos hídricos, que são contaminados por meio de esgotos sanitários e industriais, entre outros. Os empreendimentos industriais apresentam potencial capacidade de contaminação dos solos e da água subterrânea, principalmente as atividades dos setores de produção têxtil, alimentícia, gráfica, química, metalúrgica, siderurgia, celulose, minerais metálicos e não-metálicos, farmacêuticos, dentre outros. Atualmente, os produtos químicos tóxicos representam a maior ameaça para a segurança do abastecimento de água nas nações industrializadas. Existem muitas possíveis fontes de contaminação química na água. Estas incluem hidrocarbonetos clorados, resíduos industriais da produção química, metais pesados oriundos de operações de metalização, pesticidas, e a salinidade provida da lixiviação de terras agrícolas. O quadro 02 abaixo contém alguns dos principais contaminantes das águas subterrâneas, a saber:

Quadro 2 - Principais contaminantes das águas subterrâneas: fontes, destino ambiental e efeitos à saúde.

Contaminante	Fonte	Destino Ambiental	Efeitos à Saúde
Solventes <ul style="list-style-type: none"> • Naftaleno • Tolueno • Benzeno • Tetracloroetileno • Tricloreto • Cloreto de (vinilo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Indústria • Manutenção de veículos • Limpeza da partes metálicas, desengorduramento • Limpeza a seco • Finalização de móveis • Impressão • Aditivos de gasolina • Produtos de limpeza • Disposição imprópria em sistemas sépticos • Limpadores de tanques sépticos 	<p>Superfície: volatiliza rapidamente</p> <p>Solo: resiste à biodegradação; produtos da decomposição podem ser tóxicos</p> <p>Água Subterrânea: mobilidade alta e persistente; alguns são densos como a água e movem-se até a formação rochosa</p>	<p>Cloreto de vinilo e benzeno são carcinógenos humanos conhecidos; alguns outros, especialmente solventes clorados, são carcinógenos suspeitos; podem causar uma série de outros efeitos à saúde, incluindo efeitos no sistema nervoso central, irritação dos sistemas respiratório e gastrointestinal.</p>
Produtos do petróleo <ul style="list-style-type: none"> • Gasolina • Óleo de motor • Óleo combustível 	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção de veículos • Postos de serviço automóvel • Tanques de aquecimento de combustível • Maquinário industrial 	<p>Superfície: óleos leves, gasolina, volatilizam rapidamente.</p> <p>Solo: baixa solubilidade, podem persistir nos poros e lixiviado à água subterrânea pela precipitação de longo período.</p> <p>Água Subterrânea: gasolina e óleos leves flutuam no lençol freático; óleos pesados tem menor mobilidade; movem-se até o leito rochoso</p>	<p>Produtos do petróleo podem produzir uma variedade de efeitos tóxicos, incluindo dano ao sistema nervoso central, irritação dos sistemas respiratório e gastrointestinal; o benzeno, um aditivo da gasolina, causa leucemia em humanos</p>
Pesticidas <ul style="list-style-type: none"> • Hidrocarbonos clorados • Carbamates • Organofosfatos 	Agricultura <ul style="list-style-type: none"> • Aplicações em gramados • Manufatura de pesticidas, armazenamento 	<p>Muito variável: hidrocarbonos clorados tendem a ser muito persistentes, muito suscetíveis à lixiviação, e produzem produtos tóxicos na degradação; outros pesticidas podem degradar para formas inertes ou fazer fronteira à partículas do solo.</p>	<p>Largo espectro de toxicidade aos humanos; alguns pesticidas são altamente tóxicos, causam dano ao sistema nervoso central ou são carcinógenos suspeitos.</p>
Nitratos	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura (fertilizantes e adubos) • Cuidado com 	<p>Solo: muito solúvel, alta mobilidade; pode ser absorvidos por plantas em</p>	<p>Nitratos podem reagir com hemoglobina do sangue, prejudicando a habilidade de</p>

	<ul style="list-style-type: none"> gramado Sistemas sépticos Sistemas de coleta e tratamento de esgoto 	crescimento. Água Subterrânea: altamente móvel e persistente.	transporte do oxigênio, bebês podem ser fatalmente afetados mesmo a baixas concentrações.
Poluentes biológicos <ul style="list-style-type: none"> Bactéria Vírus parasitas 	<ul style="list-style-type: none"> Sistemas sépticos e de rede de esgoto. Agricultura (adubos) 	Solo: bactérias e parasitas são rapidamente removidos pela filtração do solo.	Bactérias causam doenças gastrointestinais (cólera, tifoide, enterite, hepatite); doenças virais não são comuns na água subterrânea, mas não existem bons testes laboratoriais.
Sal (cloreto de sódio)	<ul style="list-style-type: none"> Armazenamento e aplicação de sal em estradas Intrusão salina (costa, litoral) 	Solo: muito solúvel, alta mobilidade Água Subterrânea: móvel e persistente	Consumo excessivo de sódio tem sido ligado à alta pressão sanguínea e hipertensão.
Metais <ul style="list-style-type: none"> Chumbo Cromo Prata Mercúrio Alumínio Ferro Manganês 	Trabalho e finalização industrial de metais Processamento de fotos e raio-x Impressão de pintura Radiador de veículos Etc.	Solo e Água Subterrânea: metais são rapidamente removidos por reações com partículas do solo sob condições neutras à básicas, mas são solúveis e móveis em águas ácidas	Alguns metais pesados (ex. chumbo, cromo) são altamente tóxicos, causam efeitos nos sistemas de desenvolvimento e nervoso; ferro, manganês são menos tóxicos.
Ácidos e Bases	Industria Processamento de fotos Impressão Pintura Radiador de veículos	Solo e Água Subterrânea: móveis e persistentes exceto na presença de ‘amenizadores’ de pH naturais, como o calcário.	
Org. ALIEVI, A. A., 2009. Fonte: Adaptado de Bureau of water protection and land reuse – Departamento de proteção ambiental do estado de Connecticut – EUA (2008).			

Como apontado anteriormente, o consumo de água subterrânea vem aumentando, não somente em nível mundial, mas também a nível do território brasileiro. O fato é que a perfuração de poços tubulares¹¹, principalmente na malha urbana, está aumentando, e os mesmos estão abastecendo desde hospitais à “shopping centers”, notadamente em áreas densamente ocupadas, sem que haja, muitas vezes, estudos mais aprofundados da qualidade destas águas subterrâneas para o consumo humano, o que vem a se configurar num risco à saúde da população estabelecida e consumidora destas águas (ALIEVI et al., 2009b).

¹¹ O poço tubular, conhecido popularmente como poço artesiano, destina-se à captação de água subterrânea, é perfurado por máquinas e possui alguns centímetros de abertura (no máximo 50 cm), é revestido com canos de ferro ou de plástico.

Outro fato importante a se considerar em se tratando da poluição de águas subterrâneas é que, devido a estas águas estarem sempre em movimento, os poluentes seguem o fluxo das mesmas, passando das zonas de recarga para as zonas de descarga do aquífero (PINTO, 2003), o que pode vir a comprometer, além do próprio aquífero, os cursos d'água normalmente abastecidos pelos reservatórios subterrâneos, como já se destacou anteriormente neste trabalho.

Cabe ressaltar, conforme D'Aguila (2000), que os riscos à saúde relacionados com a água podem ser distribuídos em duas categorias principais: 1) riscos relativos à ingestão de água contaminada por agentes biológicos (vírus, bactérias); 2) riscos derivados de poluentes químicos, oriundos em geral, de efluentes de esgotos industriais.

Em relação aos primeiros, destacam-se por ocorrerem geralmente nas águas superficiais, e assim promovem o aparecimento de doenças diarréicas de veiculação hídrica como a febre tifóide, cólera, salmonelose, shigelose e outras gastroenterites, poliomelite, hepatite A, verminoses, amebíase e giardíase (FREITAS et al., 2001)

Enquanto que em relação aos segundos, ou seja, os riscos derivados de poluentes químicos oriundos das atividades industriais, a questão se dá em torno do fato de que os efluentes industriais contém metais pesados, que causam um grave impacto ambiental sobre os recursos hídricos subterrâneos pois, na água, estes metais pesados “[...] persistem por mais tempo que poluentes e percolam da superfície para a camada subterrânea de água” (PATHAK et al. apud FREITAS et al., 2001, p. 651). O autor ainda ressalta que a natureza geoquímica do solo é também um importante fator de poluição por metais, particularmente em fontes de águas subterrâneas.

Casos de exposição ambiental a certos elementos químicos prejudiciais à saúde são divulgados em vários estudos pelo mundo. Muitos ambientes, naturais ou construídos, apresentam quantidades, ou pelo menos, maiores possibilidades de concentrar elementos químicos, tanto oriundos de atividades humanas como por ocorrências naturais. Um estudo experimental recente (2009) realizado no Reino Unido pela British Geological Survey (Keywoth, UK) junto aos moradores de uma antiga mina de arsênio em Devon (UK) partiu da idéia de se utilizar as unhas dos pés como bio-marcador da exposição a elevadas concentrações de arsênio do ambiente. Como destacado no estudo, bio-marcadores pode ser utilizados para produzir estimativas quantitativas de exposição à substâncias prejudiciais e subsequente risco à saúde (BUTTON et al., 2009). A utilização das unhas dos pés (humanos) como bio-marcador ocorreu pelo fato de que o arsênio - após digestão do mesmo pelo organismo - tende a acumular-se nos cabelos e nas unhas como resultado da sua afinidade aos

grupos sulfídricos e permanece isolado dos processos metabólicos do organismo mesmo depois da formação da unha como também durante seu crescimento (BUTTON et al., 2009).

Desta forma, foram realizadas comparações entre um grupo controlado e os moradores que haviam trabalhado na antiga mina de arsênio e verificou-se que estes últimos apresentavam concentração de arsênio nas unhas dos pés muito maior do que aqueles do grupo controlado, os números destacam que no caso do grupo controlado, a concentração de arsênio total nas unhas dos pés variou de 73 a 273 $\mu\text{g.Kg}^{-1}$, enquanto que no grupo exposto a concentração de arsênio total nas unhas variara de 856 a 25.981 $\mu\text{g.Kg}^{-1}$ (BUTTON et al., 2009).

Segundo Button (et al., 2009), devido à acumulação a longo prazo do arsênio nas unhas humanas, isto as torna mais úteis enquanto bio-marcadores de exposição crônica ao arsênio do que a urina ou sangue, o que possibilitou constatar que existe ligação entre a alta concentração de arsênio nas unhas dos moradores amostrados com o arsênio encontrado no ambiente, no caso, a mina de arsênio onde os mesmos haviam trabalhado. Ao concluir, os pesquisadores afirmaram que “Os dados apresentados destacam a sensibilidade das unhas como bio-marcador de alta exposição ao arsênio ambiental em áreas tais como o Sudoeste do Reino Unido, onde a histórica atividade mineradora pode levar a uma contaminação generalizada de arsênio” (BUTTON et al., 2009).

A par de todos estes fatos, é importante notar que no Brasil (assim como em outras partes do mundo) é expressiva a porcentagem da população que se serve das águas subterrâneas para consumo próprio. Segundo Leal (1999) apud Zoby (2008), a crescente oferta de energia elétrica e a poluição das fontes hídricas de superfície foram importantes fatores que desencadearam o aumento do uso de águas subterrâneas, sendo que no Brasil, além disso, “[...] as condições climáticas e geológicas do país permitiram a formação de sistemas aquíferos, alguns deles de extensão regional, com potencial para suprir a água em quantidade e qualidade necessárias às mais diversas atividades” (ZOBY, 2008, p. 2).

Ainda segundo o autor supracitado, mesmo devido a relevância da água subterrânea para o desenvolvimento econômico brasileiro, é escasso no país o conhecimento do potencial hídrico de seus aquíferos, seu estágio de exploração, bem como a qualidade de suas águas. Como assevera Zoby (2008, p. 2), “Os estudos regionais são poucos e encontram-se defasados. A maior parte dos estudos de qualidade da água subterrânea publicados mais recentemente têm caráter localizado”, o que provoca a necessidade de estudos desta natureza, sendo que no caso deste trabalho, procurar-se-á preencher parte desta lacuna, no que tange esclarecer o estado de qualidade das águas subterrâneas da porção do sistema aquífero em questão.

Devido o fato da maior atenção à questão da saúde coletiva, decorrendo do consumo humano da água subterrânea, o estudo da qualidade dos mananciais subterrâneos é deveras importante no âmbito deste trabalho, principalmente no que tange a um dos objetivos deste, que é o de levantar e mapear possíveis anomalias geoquímicas na área de estudo, para posteriormente correlacionar estes dados a possíveis agravos à saúde da coletividade local.

Deriva-se desta forma, que a qualidade da água subterrânea para consumo humano é bastante importante, e tanto o é assim que os parâmetros de qualidade usados para constatar a potabilidade destas águas é diferenciado, conforme o tipo de uso das mesmas (tabela 01). Assim, são necessários diferentes padrões de qualidade para a utilização de recursos hídricos de acordo com o uso ou atividade a que se destinam. Mota (1995, p. 11) afirma que “[...] As exigências para uma água destinada ao consumo humano são diferentes das relativas às águas a serem usadas em irrigação ou recreação”.

Tabela 1 - Valores Máximos Permitidos (VMP) para concentrações na água subterrânea conforme uso preponderante (CONAMA, 2008).

	Consumo Humano	Dessedentação de animais	Irrigação	Recreação
	<i>µg.L-1</i>			
Alumínio	200	5.000	5.000	200
Antimônio	5	-	-	-
Arsênio	10	200	-	50
Bário	700	-	-	1.000
Berílio	4	100	100	-
Boro	500	5.000	500	1.000
Cádmio	5	50	10	5
Chumbo	10	100	5.000	50
Cianeto	70	-	-	100
Cloreto	250.000	-	100.000 – 700.000	400.000
Cobalto	-	1.000	50	-
Cobre	2.000	500	200	1.000
Crômio	50	1.000	100	50
Ferro	300	-	5.000	300
Fluoreto	1.500	2.000	1.000	-
Lítio	-	-	2.500	-
Manganês	100	50	200	100
Mercúrio	1	10	2	1
Molibdênio	70	150	10	-
Níquel	20	1.000	200	100
Nitrato	10.000	90.000	-	10.000
Nitrito	1.000	10.000	1.000	1.000
Prata	100	-	-	50
Selênio	10	50	20	10
Sódio	200.000	-	-	300.000
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	1.000.000	-	-	-
Sulfato	250.000	1.000.000	-	400.000
Urânio	15	200	10	-
Vanádio	50	100	100	-
Zinco	5.000	24.000	2.000	5.000

Org. Alievi, A. A. 2010.

Fonte: Adaptado de CONAMA, resolução n.º 396, 2008.

Como destaca Mota (1995, p. 1) “[...] O líquido destinado ao consumo humano deve apresentar um elevado padrão sanitário, devido aos riscos que uma água com impurezas tem de transmitir doenças”. Assim, se considerarmos o uso das águas subterrâneas para o abastecimento público, torna-se imperioso entender como se dá a sua dinâmica, os processos químicos em que as mesmas são submetidas, bem como em que material geológico se encontram alojadas, para então atestar a ocorrência de elementos químicos que podem vir a prejudicar o seu consumo. Adiciona-se, os condicionantes sócio-ambientais que causam impactos sobre a forma como o ambiente é visto e utilizado.

2.8 A REGIONALIZAÇÃO DA SAÚDE NO BRASIL

A priori, o processo de regionalização da saúde no Brasil está relacionado ao SUS, ou Sistema Único de Saúde. A definição do SUS deu-se através do movimento da Reforma Sanitária que teve seu maior momento quando da realização da 8ª Conferência Nacional de Saúde, em 1986. Segundo Guimarães (2005), essa Conferência representou o evento mais significativo em termos de debate da política de saúde já acontecido na história do Brasil e dele se estabeleceu princípios e diretrizes que posteriormente foram a base do Capítulo da Saúde na Constituição Federal de 1988.

Neste capítulo da Constituição de 1988, o direito à saúde fora reconhecido um direito detido pelo sujeito, assim como promovia a responsabilidade do Estado como devedor deste direito. Guimarães (2005) afirma ainda que, era claro também no texto constitucional que, além de cuidar da própria saúde, o sujeito deveria contribuir para a saúde coletiva, pois o direito à saúde obrigava a todos, indistintamente, a não prejudicar a saúde de outrem, alcançando desde pessoas até empresas e a própria sociedade, uma clara alusão à proteção do meio ambiente em favor da saúde coletiva.

Segundo Guimarães (2005), consta na Portaria MS/GM n. 373, que regulamentara a NOAS¹², que a região de saúde é a

¹² A Norma Operacional da Assistência à Saúde - NOAS – SUS 01/2001 (Portaria MS/GM n. 95. Diário Oficial da União 2001; 29 jan) – regulamentou as diretrizes gerais para a organização regionalizada da assistência à saúde no Brasil (GUIMARÃES, 2005, p. 1017).

[...] base territorial de planejamento da atenção à saúde, não necessariamente coincidente com a divisão administrativa do estado, a ser definida pela Secretaria Estadual de Saúde, de acordo com as especificidades e estratégias de regionalização da saúde em cada estado, considerando-se as características demográficas, sócio-econômicas, geográficas, sanitárias, epidemiológicas, oferta de serviços, relações entre municípios, entre outras [...] Por sua vez, a menor base territorial de planejamento regionalizado, seja uma região ou uma microrregião de saúde, pode compreender um ou mais módulos assistenciais”, definido, segundo a mesma portaria, como um “conjunto de municípios, entre os quais há um município-sede (GUIMARÃES, 2005, p. 1018).

Até a promulgação desta portaria, a regionalização da saúde era considerada enquanto meio para que se concretiza-se o que era previsto no texto da Constituição Federal de 1988. A Constituição estabelece que a saúde é direito de todos e dever do Estado e que as ações e serviços públicos de saúde devem integrar uma rede regionalizada e hierarquizada constituindo um sistema único, organizado com as diretrizes de descentralização, integralidade e participação da comunidade (GUIMARÃES, 2005).

Para que fosse devidamente implementado o Sistema Único de Saúde, o Ministério da Saúde passou a editar as chamadas Normas Operacionais Básicas. Conforme Guimarães (2005), A NOB 01/91 deu início a descentralização, bem como a implantação dos Conselhos e Fundos Estaduais e Municipais de Saúde; no entanto, manteve os municípios limitados ao papel de prestador de serviços, recebendo recursos mediante a fatura de procedimentos conforme a mesma tabela aplicada pelos serviços contratados. Este é um trecho importante do documento para que se entenda o papel do estado do Paraná assim como dos seus municípios no âmbito das regionais de saúde.

O estado do Paraná tem uma responsabilidade diferente daquela dos seus municípios. Segundo consta no sítio da Secretaria de Saúde do Estado do Paraná, as 22 regionais de saúde constituem a instância administrativa intermediária da SESA/ISEP (www.saude.pr.gov.br). Consta ainda que cabe ao estado, por meio das regionais, apoiar, fornecer cooperação técnica e investimentos aos municípios e aos consórcios, não cabendo ao estado o papel de executor das ações e serviços de saúde. Assim,

Os municípios, isoladamente ou aglutinados em módulos intermunicipais, devem assumir todas as ações e serviços que possam por eles ser absorvidos. À Regional de Saúde cabe desenvolver a inteligência necessária para apoiar o município em todas as áreas e para influenciar na gestão das questões regionais, fomentando a busca contínua e crescente da eficiência com qualidade (SESA/PR, 2009).

Considerando que a regionalização requer a definição de uma base territorial, em que ações correspondentes se dão em territórios concretos, onde as pessoas vivem, trabalham, constroem redes de relacionamento e exercitam o poder (GIL et al., 2006), o Ministério da Saúde utilizou o conceito de região enquanto expressão desta base territorial. Segundo Gil (et al., 2006), por essa razão, o Ministério da Saúde almeja que:

A regionalização se dê por meio de um processo de constituição de regiões de saúde, que são definidas como recortes territoriais, de abrangência imediatamente acima da esfera municipal, compostas por um ou mais municípios, com o fim de assegurar o cumprimento dos princípios constitucionais de universalidade, equidade e integralidade das ações e serviços de saúde (GIL et al., 2006, p. 38).

No caso das regionais de saúde do Paraná, pode-se considerar que os recortes territoriais estão relacionados aos arranjos espaciais preconizados nas regiões metropolitanas, ou seja, os dois tipos de recortes espaciais são semelhantes, e provavelmente o governo do estado do Paraná escolheu utilizar recorte semelhante ao da região metropolitana de Londrina para a 17ª. Regional de Saúde. Isto é possível, pois, como ressalta Gil (et al., 2006), o Ministério da Saúde estabeleceu ainda que as regiões de saúde poderiam assumir diferentes escalas, arranjos e desenhos organizacionais distintos dos preconizados pela Norma, o que permitia ao poder público estadual a escolha dos recorte espacial do território conforme fosse do seu interesse.

Guimarães (2005) afirma que devido a portaria não exigir que a divisão da regionais de saúde coincidissem com divisões administrativas, assim como conferir o papel de condução do processo de regionalização às secretarias estaduais de saúde, havia tornado-se implícito que o ordenamento jurídico do Estado brasileiro serviria como estrutura geral. Ademais, conforme Guimarães (2005), é sugerido na NOAS que a delimitação da região de saúde seja em um espaço contínuo

[...] que diz respeito a uma parte de alguma unidade da federação, e cuja a lógica é determinada pela interdependência funcional e pela polarização de um determinado município-sede, com um raio de abrangência de outros municípios vizinhos por meio dos fluxos entre os serviços de saúde e de suas aglomerações urbanas [...] (GUIMARÃES, 2005, p. 1018).

2.9 A ORGANIZAÇÃO ESPACIAL COMO COMPONENTE DE ANÁLISE

Segundo Corrêa (1990), a organização espacial é resultado do trabalho humano acumulado (trabalho social) ao longo do tempo, é a segunda natureza, ou seja, a natureza primitiva transformada pelo trabalho social. “[...] A sociedade concreta cria seu espaço geográfico para nele se realizar e reproduzir, para ela própria se repetir” (CORRÊA, 1990, p. 57).

Defende-se que a maneira pela qual o espaço geográfico é organizado produz as condições propícias à ocorrência de doenças entre os indivíduos da sociedade que cria e organiza este espaço, assim como, por conta desta organização que lhe é própria, acaba por distribuir desigualmente os vetores e fatores causadores de doenças pela sociedade, que por ser dividida em classes, organiza o espaço a partir da lógica imposta pela classe de maior poder econômico e político, também.

Assim, devido o fato de que no capitalismo, aquele trabalho humano acumulado, de onde resulta a organização espacial, realizar-se sob o comando do capital, ou dos diferentes proprietários dos diversos tipos de capital, assim como pela ação do Estado - que acaba por constituir-se, junto ao capital, como um dos agentes de organização do espaço - deve-se destacar que a organização espacial obedece a ação do capital, que não é uniforme em termos temporais e espaciais, pois “[...] Há uma diferenciação espaço-temporal nos investimentos de capital” (CORRÊA, 1990, p. 56), desta forma:

O grande capital, o Estado e o pequeno capital, cada um destes agentes da organização espacial possui uma estratégia de ação que lhes é aparentemente específica, e que inclui uma dimensão espacial (p.62) [...] *sendo então a organização espacial resultado do trabalho social* [...] a organização espacial resultante [do trabalho social] refletirá estas características básicas da sociedade. Refletirá o desenvolvimento das forças produtivas¹³ e as relações de produção. E como estas últimas vão traduzir-se em classes sociais e seus conflitos, a organização espacial as espelhará (CORRÊA, 1990, p. 67).

Portanto, os agravos à saúde em grupos sociais podem ser consequência da distribuição desigual, no espaço, de fontes de contaminação ambiental, da dispersão ou concentração de agentes de risco, da exposição da população a estes agentes e das características de suscetibilidade destes grupos (CORVALÁN et al., 1996).

¹³ Conjunto entre força de produção e os meios de produção no interior do processo de produção.

Devido à organização espacial, grande parte destes determinantes à saúde são passíveis de localização no espaço. Através da união entre os processos desencadeadores de riscos ambientais, pode-se estabelecer uma complementaridade de eventos que permitem a análise globalizada de riscos à saúde (BRIGGS, 1992).

Assim, a análise ecológica de dados ambientais e epidemiológicos pode permitir, mais que uma verificação de associações entre estes fenômenos, uma melhor compreensão do contexto em que se produzem os processos sócio-espaciais (SUSSER, 1994). Os dados epidemiológicos dizem respeito a distribuição e os determinantes das doenças em populações humanas.

Posto desta forma, as análises das amostras de água coletada de poços, assim como o levantamento pedológico e geológico das áreas em que se encontram os poços analisados, juntamente com os dados de saúde da população destas áreas e levantamento sócio-econômicos acerca da mesma, permitem inquirir as relações entre doenças-ambiente-sociedade no contexto de uma sociedade que historicamente produz espaço, e que portanto, cria as suas próprias condições, propícias ou não, em relação à saúde coletiva.

Tal como afirma Borges (et al., 2003, p. 49), o efeito das desigualdades sobre a qualidade de vida e, conseqüentemente, nas condições de saúde da população tem sido historicamente um dos objetos centrais da epidemiologia, e por isso da necessidade de se “[...] estudar a heterogeneidade, desde o individuo ao ambiente e fazer particular identificação dos espaços que são mais urgentes para intervenções”.

Assim, é preciso notar que a epidemiologia apresenta um aporte teórico que, atualmente, incorpora a categoria espaço (organização espacial) como ponto essencial para compreender os processos de saúde/doença. Posto desta forma, concorda-se com a afirmação de Santos (1988), onde a utilização da categoria espaço não pode limitar-se à mera localização de eventos de saúde, isto porque o lugar atribui a cada elemento constituinte do espaço um valor particular. A diferenciação espacial subentende vários diferenciais, tais como características genéticas, cultura, renda, habitação, educação, e, sobretudo o ambiente.

2.10 ANÁLISE ESPACIAL EM DADOS DE SAÚDE

A análise de fenômenos de saúde no espaço serve antes de tudo para a síntese de indicadores epidemiológicos, ambientais e sociais. Essa análise pode ser realizada, utilizando-se diversas escalas e unidades espaciais de referência. Os diferentes recortes a que pode ser submetido o espaço separam estruturas espaciais e grupos populacionais segundo

critérios que podem realçar ou suavizar diferenças entre valores, ou mesmo gerar flutuações aleatórias desses indicadores (BARCELLOS et al., 2002).

Isto ocorre pois diferentes recortes espaciais demonstram que alguns indicadores têm diferentes valores conforme a escala de análise, sendo que pode acontecer de um determinado indicador ter uma relevância maior em uma determinada escala, como a do lugar, por exemplo, mas não deter a mesma importância em uma escala regional, assim como ocorre de um indicador nesta última não tenha grande papel em uma escala como o lugar, devido em parte a algumas particularidades inerentes ao mesmo, que podem ou não tornar relevante certos indicadores.

Quando o padrão de distribuição de uma doença é previamente desconhecido busca-se sua identificação estatística ou visualmente, o que pode ser usado para a distinção de áreas de ocorrência de eventos selecionados segundo critérios de similaridade (CARVALHO, 1996; ATTEIA et al., 1994 apud BARCELLOS e BASTOS, 1996). Com base nas considerações de Jacobson (1984), os autores ressaltam que durante a fase de análise de dados epidemiológicos, os mesmos podem ser reagregados com base em critérios de regionalização estabelecidos através de análises sócio-demográficas e administrativas, ou seja, o padrão de distribuição espacial de uma doença pode ser traçado por meio dos critérios de distinção estabelecidos e que permitirão agrupar certos eventos, como por exemplo, a taxa de mortalidade em determinada localidade classificada conforme suas características sócio-econômicas.

Ademais, segundo Barcellos e Bastos (1996, p. 393) existem três vertentes principais no que tange a relação entre ambiente e saúde por meio da análise espacial. As mesmas têm em comum o fato de que suas estratégias de abordagem da relação entre saúde e ambiente são desenvolvidas a partir de hipóteses previamente estabelecidas, sendo que:

No primeiro caso, a fonte ou agente de risco são conhecidos e estudam-se suas conseqüências sobre a saúde. No segundo caso, o lugar é conhecido e estuda-se a relação entre variáveis ambientais, sócio-econômicas e de saúde. No terceiro, o agravo e sua etiologia¹⁴ são conhecidos e estuda-se sua relação com os fatores ambientais. Em todas estas abordagens, os critérios utilizados para regionalização são determinantes dos resultados esperados. Nos primeiros casos, a região é previamente estabelecida, isto é, um pressuposto do trabalho, e no terceiro ela é conseqüência do próprio processo de análise de dados epidemiológicos, isto é, seu resultado (BARCELLOS e BASTOS, 1996, p. 394).

¹⁴ Estudo das causas, busca as causas de determinado objeto ou conhecimento.

Como afirmam Barcellos (et al., 2002, p. 131), estas abordagens possuem cada qual suas limitações específicas, mais relacionadas aos conceitos e métodos utilizados por elas do que ao uso da categoria espaço nestas análises, pois a utilização da categoria espaço não serve à mera localização de eventos de saúde, pois é “[...] ao mesmo tempo, produto e produtor de diferenciações sociais e ambientais, processo que tem importantes reflexos sobre a saúde dos grupos sociais envolvidos”.

No contexto deste trabalho, há uma miscelânea na abordagem da relação ambiente e saúde visto que diversos fatores socioespaciais (antropogênicos) e ambientais (naturais) podem afetar a distribuição espacial dos casos de doenças no interior do recorte espacial estudado. Seguindo os apontamentos de Barcellos e Bastos (1996), verifica-se que o trato da questão proposta nesta dissertação, ou seja, de se verificar as possíveis correlações entre doenças e consumo de água subterrânea, abrange a utilização das 3 estratégias de abordagem propostas pelos autores supracitados.

Assim, a necessidade de se desvendar as fontes ou agentes de risco são objetivo e resultado dos estudos realizados; sabe-se também do lugar (recorte espacial) bem como procurou-se relacionar as variáveis ambientais e sociais que lhe são próprias para compreender a distribuição espacial dos dados de saúde (óbitos por grupos de causa) bem como dos dados hidrogeoquímicos (teores dos elementos na água subterrânea) levantados. Coadunando com a terceira vertente, atina-se à etiologia dos agravos de saúde elencados para estudo para, tentativamente, relacioná-los aos fatores ambientais e mesmo socioespaciais.

Para tanto, primeiramente, faz-se necessário buscar os elementos (variáveis) socioeconômicos e ambientais que contribuem para a distribuição espacial dos elementos estudados no interior do recorte espacial, em que pese, a 17ª Regional de Saúde - Londrina.

3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PRINCIPAIS ASPECTOS FÍSICOS E SOCIOECONÔMICOS DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 CONTEXTO GEOLÓGICO E SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL (SASG)

Segundo Maack (2001), a constituição geológica do terceiro planalto (onde se encontra a área de estudo) é relativamente simples. Sobre os horizontes coloridos da formação Esperança e as camadas vermelhas, areno-argilosas do grupo Rio do Rasto, constituintes do pedestal da Serra da Boa Esperança, ou da escarpa triássico-jurássica respectivamente, começa, em toda a sua extensão, com uma discordância de erosão, o arenito terrestre Botucatu da série São Bento com paredões e alguns degraus, protegidos por lençóis de rochas básicas, diabásios, diabásio-porfíritos, meláfíros amidalóides ou também andesitos augíticos.

Ainda segundo o autor supracitado:

Os poderosos lençóis de rochas eruptivas básicas alcançam uma espessura medida de 450-600 m, sem, contudo, ter sido observada a base dos mesmos. Estas camadas básicas ocupam toda a extensão do terceiro planalto, deixando exposto o arenito Botucatu em alguns vales do bloco norte do planalto de Apucarana (MAACK, 2001, p. 177)

Formado por rochas ígneas oriundas dos derramamentos basálticos da Formação¹⁵ Serra Geral (que cobre aproximadamente dois terços da superfície do estado do Paraná) (figura 04), assim como de intrusões diabásicas, o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) é um aquífero do tipo fraturado, em que, devido à impermeabilidade das rochas, a água armazenada encontra-se nas fraturas ou fendas, assim como a intercalação de rochas próximas e permeáveis.

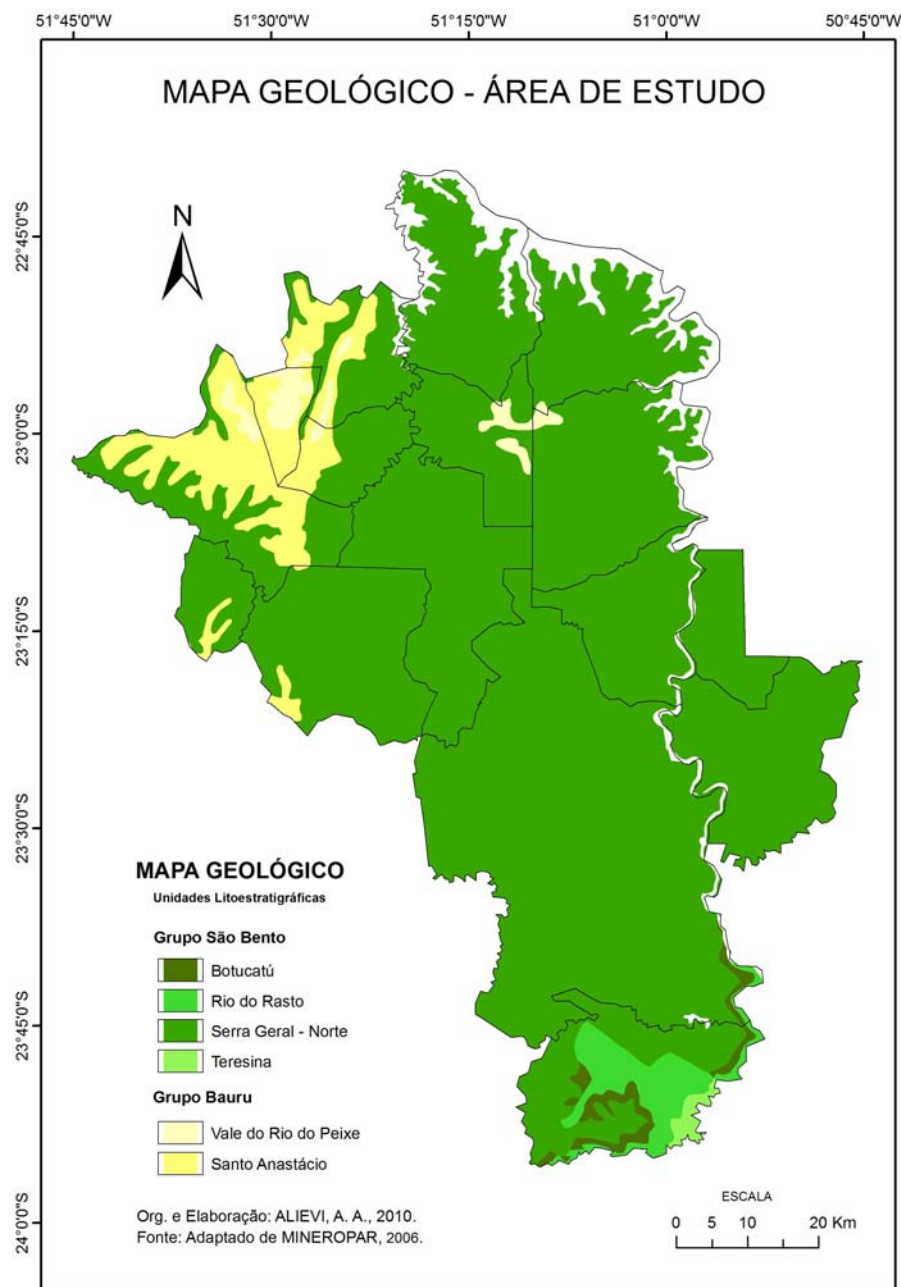
Como destaca CETESB (2009, p. 12), por si só, os derrames basálticos e as intrusões diabásicas não constituem camadas aquíferas, por certo, o armazenamento da água “[...] ocorre somente ao longo de linhas estruturais (falhas e fraturas), nos horizontes vesiculares, nos interderrames e nos arenitos intertrapeanos”.

Segundo Nanni (2008, p. 31), a morfologia das unidades eruptivas da Formação Serra Geral é muitas vezes marcada por “[...] uma zona basal com disjunções

¹⁵ Segundo Eicher (1988, p. 79), as *formações* são unidades litológicas (corpos de tipos distintos de rochas) fundamentais que subdividem-se em *membros* ou *camadas*. O agrupamento de formações em unidades litológicas maiores é conhecido como *grupo*. Assim, a hierarquia constitui-se em: Grupo, Formação, Membros ou Camadas.

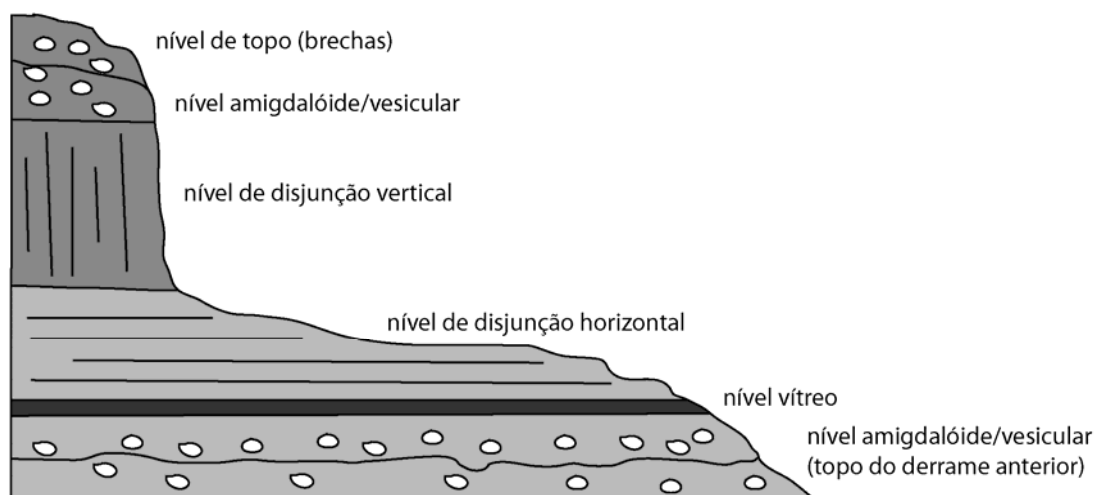
tabulares e raras ocorrências de vidro vulcânico, uma zona central com disjunções colunares e uma zona superior com disjunções tabulares e abundantes vesículas e amígdalas”, como é demonstrado na figura 05. Archela (et al., 2003, p. 137) afirmam ainda que, “[...] nas porções superiores e inferiores dos derrames vulcânicos haverá fluxo de água, preferencial, na direção aeral horizontal, enquanto que, nas porções centrais ocorrerão fluxos verticais descendentes”.

Figura 4 - Geologia da área de estudo (17ª. RSL).



Devido à natureza de sua constituição basáltica, o SASG detêm diferenças estruturais em relação aos aquíferos em que a água é armazenada nos poros da rocha, como ocorre nos arenitos que formam o Aquífero Caiuá (à noroeste do estado) (Figura 04), por exemplo. Isto resulta que a aferição de suas características como permeabilidade e porosidade não se assemelham à de aquíferos porosos¹⁶, o que faz diferenciar a maneira pela qual é medida sua potencialidade, que se relaciona, na verdade, à densidade do fraturamento, o grau de alteração dos horizontes vesiculares, aos sistemas de alimentação e a sua inter-relação com outros aquíferos (CETESB, 2009).

Figura 5 - Estruturas primárias de derrames na Formação Serra Geral



Fonte: Adaptado de NANNI (2008).

Devido a estas características, ou basicamente por ser fissural, “[...] o SASG se desenvolve ao longo de fraturas e discontinuidades, compreendendo zonas vesiculares e amigdaloidais de topo de derrame e zonas de disjunção horizontal” (NANNI, 2008, p. 34). Ocorre ainda que, ao serem interceptadas por zonas de fraturas, estas feições interconectam-se e podem armazenar grandes volumes de água (NANNI, 2008).

Assim, geologicamente, a área estudada localiza-se sobre rochas vulcânicas basálticas da Formação Serra Geral, que segundo Celligoi & Duarte (1997), possui espessura local de cerca de 850m. Outras características apresentadas por estas rochas são:

¹⁶ Ocorrem em rochas sedimentares, sedimentos inconsolidados e solos.

Textura microcristalina, estrutura maciça e vesicular e/ou amigdaloidal, intenso fraturamento, bem como esfoliações esferoidais [...]. São observadas disjunções colunares em raras localidades, geralmente nos termos maciços. Destaca-se a presença de fraturas e/ou falhamentos regionalizados com direções predominantes NE-SW e NW-SE, principalmente, as quais podem constituir falhas simples ou extensas zonas de falhas (CELLIGOI & DUARTE, 1997, p. 118).

Ainda que as rochas vulcânicas da Formação Serra Geral constituam-se como meios fraturados, suas características litológicas e estruturais diferem-se hidrogeologicamente de outros meios fraturados como as rochas ígneas plutônicas ou as metamórficas (CELLIGOI & DUARTE, 1997). Estes autores explicam, citando Rebouças (1978), que devido às características litológicas de rochas cristalinas do estrato rochoso que compõe a Formação Serra Geral, o SASG constitui-se em um meio aquífero de condições hidrogeológicas heterogêneas e anisotrópicas.

3.2 GEOMORFOLOGIA

Aproximadamente 90% do recorte espacial encontra-se no terceiro planalto paranaense, enquanto que o restante encontra-se sobre o segundo planalto. Estas duas unidades morfoesculturais estão sobre uma grande unidade morfoestrutural denominada Bacia Sedimentar do Paraná, bacia esta que abrange uma área de cerca de 1.600.000 Km², que segundo Santos (et al., 2006, p. 10), “[...] Acha-se encravada na Plataforma Sul-Americana e estende-se pelos estados de Minas Gerais, Mato Grosso, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, além do Uruguai, Paraguai e Argentina”.

Dos municípios inseridos na 17^a. RS, somente Tamarana situa-se, em parte, no segundo planalto paranaense. Assim sendo, conforme destacam Santos (et al., 2006, p. 10), o segundo planalto encontra-se esculpido na faixa de rochas Paleozóicas e apresenta-se, no Paraná, “[...] como um planalto modelado em estruturas monoclinais, sub-horizontais, mergulhando para oeste”. É conhecido também como Planalto de Ponta Grossa ou Planalto Paleozóico.

Segundo o DHGC (2010), o relevo no Segundo Planalto Paranaense é contrastante. Junto à Escarpa Devoniana (leste) as amplitudes são grandes, com encostas abruptas, canyons e trechos encaixados dos rios, inúmeras cachoeiras e corredeiras sobre leito rochoso. Afastando-se da Escarpa Devoniana, no sentido oeste e noroeste, predomina

paisagem de topografia suavemente ondulada de configuração muito uniforme, formada por colinas e outeiros.

Outras feições morfológicas presentes neste planalto são as furnas e os relevos ruiniformes, particularmente na região dos Campos Gerais. Nas proximidades da Escarpa da Serra Geral, destacam-se mesetas, colinas e morros testemunhos, formados por rochas vulcânicas da Era Mesozóica (derrames de basalto da Formação Serra Geral), formas de relevo muito encontradas no município de Tamarana.

No caso do Terceiro Planalto, onde se encontra aproximadamente 90% da área de estudo, cerca de 2/3 da superfície do estado do Paraná são ocupados por este planalto, que é denominado de Planalto de Guarapuava. Segundo Santos (et al., 2006), o terceiro planalto paranaense corresponde ao grande derrame mesozóico de rochas eruptivas básicas associados, na porção noroeste, às rochas areníticas do Grupo Bauru.

[...] Desenvolve-se como um conjunto de relevos planálticos, com inclinação geral para oeste-noroeste e subdivididos pelos principais afluentes do rio Paraná, atingindo altitudes médias de cimeira de 1100 a 1250m, na Serra da Esperança, declinando para altitudes entre 220 e 300 metros na calha do rio Paraná (SANTOS et al., 2006, p. 10).

3.3 SOLOS

Sendo o solo o resultado da ação intempérica sobre a rocha exposta, os diferentes tipos de solos resultam, entre outras coisas, dos diferentes processos de intemperismo e também das características constituintes e intrínsecas a cada tipo de rocha. Assim, as propriedades que caracterizam os solos e os diferenciam são resultado daquilo que Dokuchaev¹⁷, em 1898, afirmava ser os fatores de formação do solo, os quais são, a saber: material de origem (tipo de rocha), clima, organismos, topografia (relevo) e tempo (MUGGLER et al., 2005, p. 66).

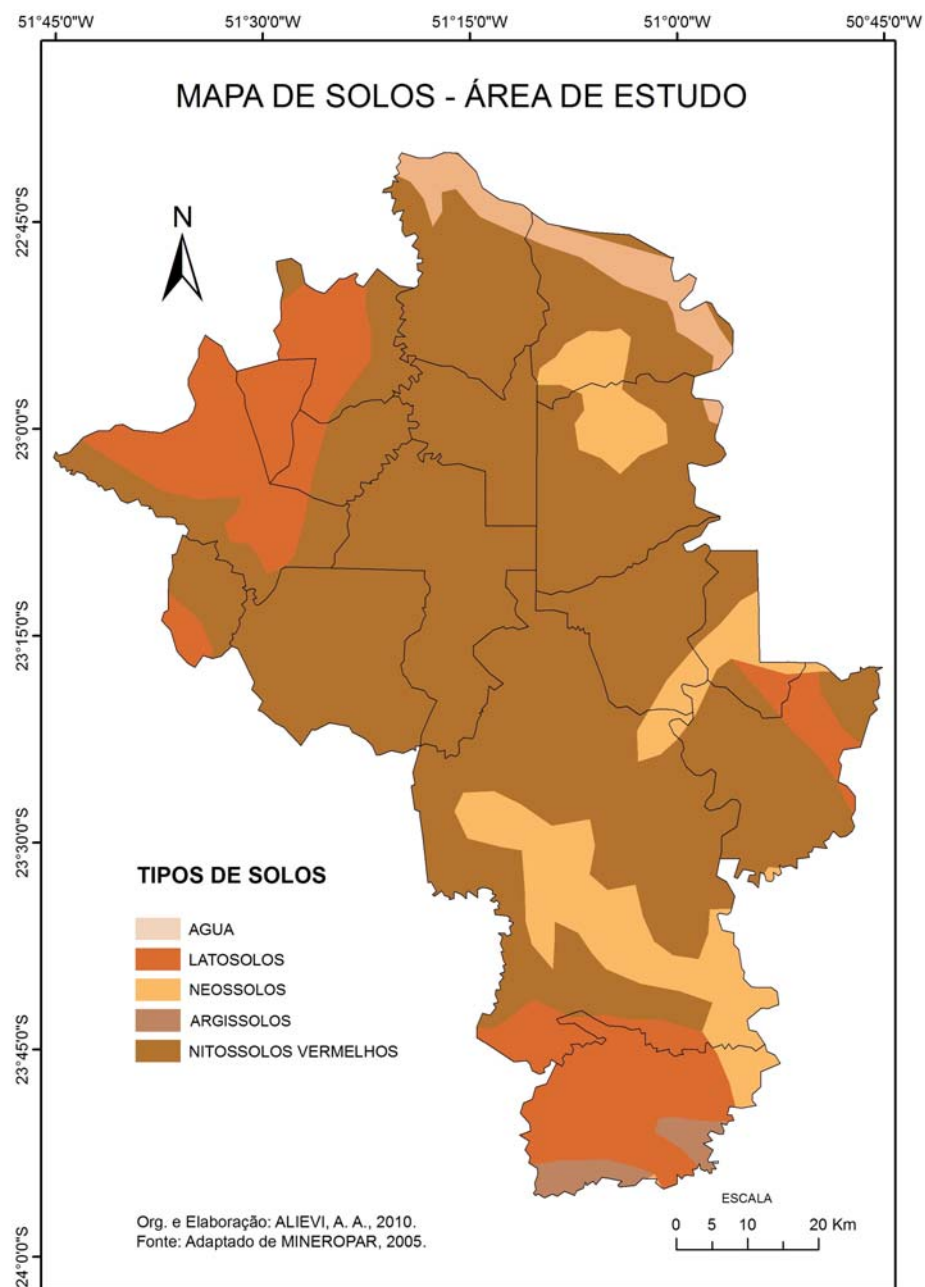
Na área de estudo deste trabalho (Figura 06) predominam os nitossolos vermelhos, latossolos vermelhos e vermelho-amarelos, argissolos vermelhos e neossolos regolíticos¹⁸. As maiores ocorrências dizem respeito aos nitossolos e latossolos, sendo que estes últimos, em se tratando do estado do Paraná, ocupam uma área total de aproximadamente 30,76%, cerca do dobro do que é ocupado pelos argissolos (15,53%) e

¹⁷ A pedogênese ou formação do solo é estudada pela Pedologia, cujas noções básicas e conceitos fundamentais foram definidos em 1877, pelo cientista russo Dokuchaev (MUGGLER et al., 2005, p.66).

¹⁸ O nome dos solos está de acordo com a nova classificação de solos do SiBCS (Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, datada de 2005).

nitossolos (15,18%) e um pouco mais do que é ocupado pelos neossolos (22,22%), conforme dados da EMBRAPA (2008). Retomando-se o nível da regional, em seguida tem-se uma ocorrência considerável de neossolos regolíticos, enquanto que os argissolos (nas duas variações encontradas), ocupam as menores porções da área estudada, como pode-se observar na figura 06.

Figura 6 - Tipos de solos na área de estudo (17ª. RSL).



Devido o fato de que cerca de 90% da área de estudo situar-se sobre o terceiro planalto, os solos desta porção formaram-se a partir dos processos intempéricos exercidos sobre as rochas deste planalto, ou seja, rochas como o basalto, diabásio, riolito, entre outras. Ademais, por ser bastante uniforme do ponto de vista geológico, o próprio relevo e os solos são um tanto quanto homogêneos no terceiro planalto, como um todo. O clima tropical úmido/semi-úmido submeteu as rochas oriundas dos derrames de lava fazendo delas derivar um solo de fertilidade variável.

Ainda no terceiro planalto, uma pequena porção dos solos situa-se sobre o arenito Caiuá (noroeste) e cobre, principalmente, o topo dos espigões, são solos do tipo argissolo vermelho. Estes solos ocorrem em partes dos municípios de Jaguapitã, Miraselva, Florestópolis e Prado Ferreira.

Latossolos caracterizam-se por apresentarem teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%, conforme dados encontrados no site da Embrapa. Segundo dados relatados em Pinese (2002), os latossolos podem ocorrer nos espigões divisores d'água, ou seja, ocupam normalmente posições de topo até o terço médio das encostas suavemente onduladas, típicas das áreas de derrames basálticos, são solos com alta permeabilidade à água, o que se traduz numa maior infiltração (EMBRAPA, 2008). São desta forma, solos muito apropriados à recarga de aquíferos.

Os nitossolos formam-se sobre rochas básicas e ocupam as porções média e inferior de encostas onduladas até fortemente onduladas. É comum sua ocorrência em áreas bem drenadas, próximas a cursos d'água onde predominam rochas básicas (basalto, diabásio). Estão frequentemente associadas à Latossolos vermelho-escuros (EMBRAPA, 2008).

Basicamente, no contexto desta área de estudo, somente no município de Tamarana encontram-se os argissolos vermelho-amarelos, que devem sua coloração, em parte, ao fato dos solos do segundo planalto apresentarem-se praticamente desprovidos da camada superficial que é rica em húmus, o que faz com que estes solos tenham uma coloração mais clara.

3.4 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DA 17ª REGIONAL DE SAÚDE DE LONDRINA (PR)

No que tange os aspectos socioeconômicos, percebe-se que a 17ª RSL detém índices que chamam a atenção. O primeiro dado a quem chama-se a atenção é a quantia populacional desta região, conforme quadro 03.

Considerando-se somente a área da Região Metropolitana de Londrina (RML), a partir de levantamentos junto ao IBGE, e fazendo-se a soma do total populacional de cada município integrante da RML, chegou-se ao número de 766.682 mil habitantes (2009), sendo que, somente Londrina responde por aproximadamente 67% deste contingente populacional da RML, o que destaca seu peso populacional em relação aos outros municípios e acaba convertendo-se em uma maior demanda por recursos hídricos nesta área, tanto em termos de uso industrial e comercial como também, principalmente, no uso para abastecimento público/privado de água à população local. Segundo consta no Banco de Dados Agregados (SIDRA/IBGE)¹⁹, a densidade demográfica da RML é de 182,31 hab/km², isto para o ano de 2000.

Quadro 3- Total populacional da 17ª RSL. 2009.

Município	População (2009)
Bela Vista do Paraíso (PR)	15.496
Alvorada do Sul	10.283
Assaí	16.354
Jaguapitã	12.225
Florestópolis	11.222
Miraselva	1.862
Prado Ferreira	3.434
Pitangueiras	2.814
Primeiro de Maio	10.832
Cambé (PR)	97.329
Ibiporã (PR)	47.514
Jataizinho (PR)	11.604
Londrina (PR)	510.707
Rolândia (PR)	56.352
Sertanópolis (PR)	16.103
Tamarana (PR)	11.577
TOTAL	835.708
Org. Alievi, A. A. 2010.	
Fonte: IPARDES, estimativa julho/2009.	

¹⁹ <www.sidra.ibge.gov.br>. Acessado em: 17/11/2009.

Segundo Nascimento & Barros (2009, p.9) no que tange a dinâmica populacional nestes municípios a “[...] direção migratória parece se fazer no sentido das cidades médias, dentro da mesma região, onde a qualidade de vida e as facilidades existentes são bem apreciadas, sobretudo em comparação às grandes e pequenas cidades”.

Assim, devido à complexidade de suas funções econômicas, que lhe permitem ofertar diversos tipos de bens e serviços, Londrina acaba por polarizar para si os municípios da região em que está inserida, o que, segundo Nascimento & Barros (2009), fez com que a Região Metropolitana de Londrina fosse institucionalizada com o objetivo de se obter maiores investimentos e promover a integração e atendimento das necessidades entre os municípios, algo que ainda não ocorreu doravante, pois, poucas foram as ações políticas que ocorreram neste sentido. Esta ação tornou Londrina não somente o centro da Região Metropolitana como também prescindiu a centralização da 17ª RSL neste mesmo município.

De qualquer forma, o município de Londrina, por seu papel polarizador nesta região, principalmente no que tange aos serviços, produz um fluxo muito grande de pessoas que deslocam-se das cidades vizinhas até a mesma. Segundo Pires (et al., 2006), este afluxo justifica-se também pelo fato de Londrina concentrar, dentre os municípios componentes da RML (e 17ª RSL), o maior número de equipamentos sociais na área do lazer, da educação e da saúde. Aliás, em relação à este último, que interessa neste momento, as autoras supracitadas destacam que Londrina, até o ano de 2004, concentrava cerca de 83,6% dos estabelecimentos de saúde localizados na RML, considerando que Londrina detinha, até então, 193 estabelecimentos (47 privados e 146 públicos), caso fossem desconsiderados esses números de Londrina, a RM contaria com apenas 18 unidades (12 privadas e 6 públicas), “o que representaria uma demanda próxima de 38.000 pessoas para cada estabelecimento público” (PIRES et al, 2006, p.9), um número muito alto, mas que reflete parte da importância que Londrina tem como pólo de atração da população que procura por serviços de saúde.

Pose-se afirmar que parte desta movimentação ocorre em função do grau de desenvolvimento diferenciado entre os municípios, o que provoca a busca por locais que apresentam uma maior oferta de serviços e que consequentemente apresentem índices mais elevados de desenvolvimento. Veja-se, por conseguinte, o IDH dos municípios desta região. O Índice de Desenvolvimento Humano foi criado originalmente para medir o nível de desenvolvimento humano dos países a partir de indicadores de educação (alfabetização e taxa de matrícula), longevidade (esperança de vida ao nascer) e renda (PIB per capita). O índice varia de 0 (nenhum desenvolvimento humano) a 1 (desenvolvimento humano total). Segundo consta no site <www.frigoletto.com.br/GeoEcon/idhmcalt.htm>, para aferir o nível de

desenvolvimento humano de municípios (IDHM) as dimensões são as mesmas – educação, longevidade e renda –, mas alguns dos indicadores usados são diferentes. Embora meçam os mesmos fenômenos, os indicadores levados em conta no IDH municipal (IDHM) são mais adequados para avaliar as condições de núcleos sociais menores (Acessado em: 2009). Ou seja, em escala local, opta-se utilizar o IDHM como parâmetro para se verificar o estado de desenvolvimento humano dos municípios, e portanto, se utilizará do mesmo nesta pesquisa. Na tabela a seguir (tabela 02), verificam-se os índices de desenvolvimento municipal relativos aos municípios de 17ª RSL para os anos de 1991 e 2000.

Tabela 2 Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) dos municípios da 17ª RSL.

Código	Município	IDHM 1991	IDHM 2000
410280	Bela Vista do Paraíso (PR)	0,703	0,771
410080	Alvorada do Sul	0,667	0,745
412050	Primeiro de Maio	0,681	0,747
410800	Florestópolis	0,643	0,723
411600	Miraselva	0,690	0,787
412033	Prado Ferreira	0,638	0,756
411965	Pitangueiras	0,652	0,754
411190	Jaguapitã	0,672	0,761
410190	Assaí	0,681	0,748
410370	Cambé (PR)	0,702	0,793
410980	Ibiporã (PR)	0,723	0,801
411270	Jataizinho (PR)	0,673	0,733
411370	Londrina (PR)	0,766	0,824
412240	Rolândia (PR)	0,703	0,784
412650	Sertanópolis (PR)	0,727	0,781
412667	Tamarana (PR)	0,659	0,683

Org. Alievi, A. A. 2010.

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil – PNUD.

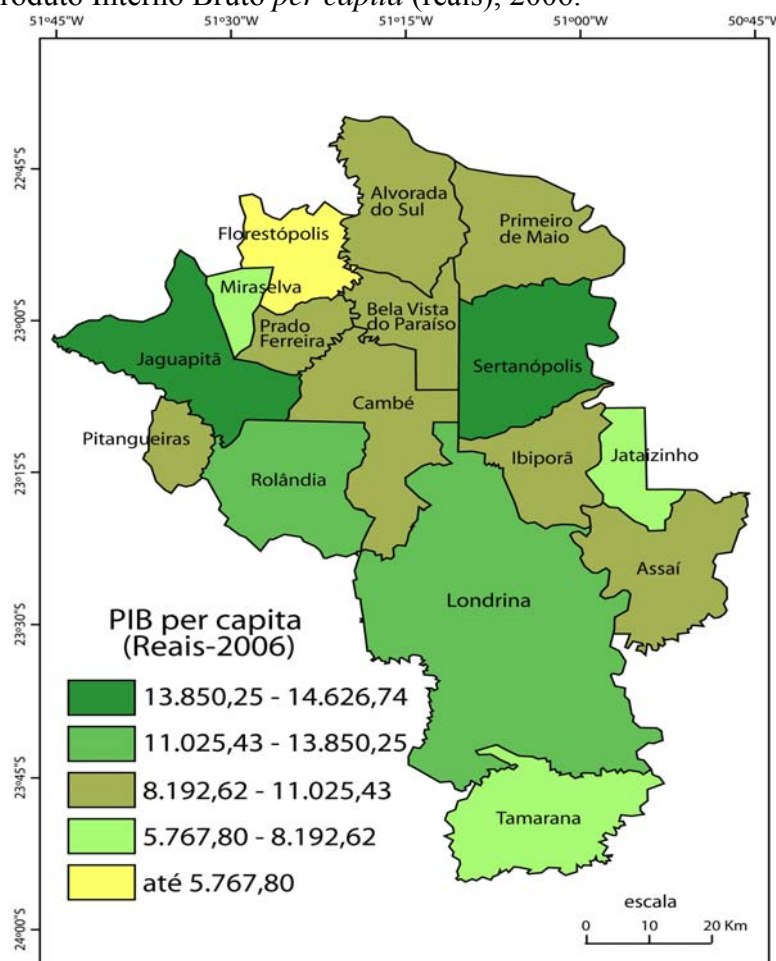
No geral, percebe-se uma melhora nos índices de todos os municípios. No entanto, o IDHM não reflete as condições socioeconômicas dos municípios analisados a partir do entendimento de como se processou a organização espacial destes municípios, desconsidera portanto, o real desenvolvimento das sociedades locais, tornando difícil saber até que ponto realmente está havendo algum desenvolvimento local, no sentido de se beneficiar a

população dos municípios como um todo. Posto que estes números desconsideram, até devido sua natureza cartesiana, a especificidade do desenvolvimento local de cada município, os mesmos servem somente como um parâmetro inicial para a análise dos dados de saúde e do contexto em que os mesmos estão inseridos.

Conforme a figura 07 a seguir, o Produto Interno per capita demonstra outra dimensão do aspecto socioeconômico local.

Observa-se na referida figura que os municípios de Jaguapitã e Sertãoópolis apresentam, segundo dados do IPARDES (2010), os maiores PIB's per capita da 17ª. RSL, em seguida aparecem Londrina e Rolândia, verifica-se também que Florestópolis apresenta o menor valor, ou mais precisamente, seu PIB per capita é de 5.767,80 reais, compare-se com o PIB per capita do Brasil, que era de 15.240,00 reais até o ano de 2008 (IPARDES, 2010). Simplificadamente, veja-se os fatores que contribuem para estes números.

Figura 7- Produto Interno Bruto *per capita* (reais), 2006.



Org. e Elaboração. ALIEVI, A. A, 2010.

Fonte:IPARDES, 2010.

O primeiro deles diz respeito ao peso populacional, pois, mesmo no caso de Londrina, que apresenta um PIB bruto (total) de 6.612.092,58 reais, o seu PIB per capita acaba por ser menor do que o de Jaguapitã por conta do contingente populacional de cada um destes municípios. Enquanto Londrina tem uma população estimada em cerca de 495.000 hab., aproximadamente, Jaguapitã detém cerca de 11.168 habitantes, que dividem (desigualmente, há de se considerar) um PIB bruto total de 163.351,46 reais.

Obviamente, este é um dos fatores, ele não explica toda a situação, mas ajuda a compreender parte da questão. Outro fator importante diz respeito ao fato de que, proporcionalmente, a produção de riqueza e geração de renda, para cada município (Londrina e Jaguapitã) é um tanto desigual, com vantagens para esta última, ou seja, Jaguapitã destaca-se, essencialmente, por sua produção agropecuária e suas indústrias de mesas para bilhar, que rendem à cidade um grande volume de capital e renda, que é desigualmente difundida entre a população, que no entanto é maior, proporcionalmente, ao que é gerado em Londrina.

Veja-se: ainda que Londrina detenha, em termos gerais, maior poder de agregar valor aos produtos de sua indústria e agropecuária, por concentrar maior tecnologia para isso, assim como obter maior produção de renda devido ao seu forte setor de serviços (lembrando que se está considerando tudo isso em termos monetários), a mesma não detém um PIB²⁰ bruto total suficiente para dividi-lo entre a população de modo a se alcançar um valor maior do que o de Jaguapitã e mesmo Sertãoópolis. Neste caso em específico, parece ser o peso populacional o fator determinante destes fatos.

Em termos puramente econômicos, a 17ª RSL destaca-se por sua estrutura de serviços, que segundo IPARDES (2010), ocupam cerca de 51,3% de participação no valor adicionado do PIB total, maior até mesmo do que o percentual do próprio estado do Paraná, que é de 43,0%. Ainda segundo o IPARDES (20010, na RML a indústria ocupa 41,0% de participação, com destaque para Cambé, que dentre os municípios da RML, apresentou a maior participação da indústria, com cerca de 55,0%, maior do que o de Londrina, que contava com 40,1% de participação. No setor agropecuário, verifica-se que na RML o mesmo participa com cerca de 7,7%, o que é pouco se comparado com os outros setores.

No entanto, para alguns municípios o setor agropecuário detém ainda uma grande participação no valor adicionado do PIB. Por exemplo, Tamarana, com seu PIB (a preço de mercado corrente) de 55.574 mil reais (IPARDES, 2000), deve em grande parte este valor ao setor agropecuário, que responde sozinho pelo percentual de 45,9% do valor

²⁰ É preciso atentar ao fato de que o PIB (Produto Interno Bruto) é um indicador de natureza macroeconômica, e portanto, não reflete em absoluto as especificidades espaço-temporais de cada município.

adicionado. Outros municípios com valores relevantes são: Bela Vista do Paraíso (33,0%), Sertanópolis (30,2%), Jataizinho (29,1%) e Rolândia (16,5%).

Isto ocorre pois, segundo Pires (et al., 2006, p. 6), o setor agropecuário assume ainda uma importância significativa na economia regional. Porquanto,

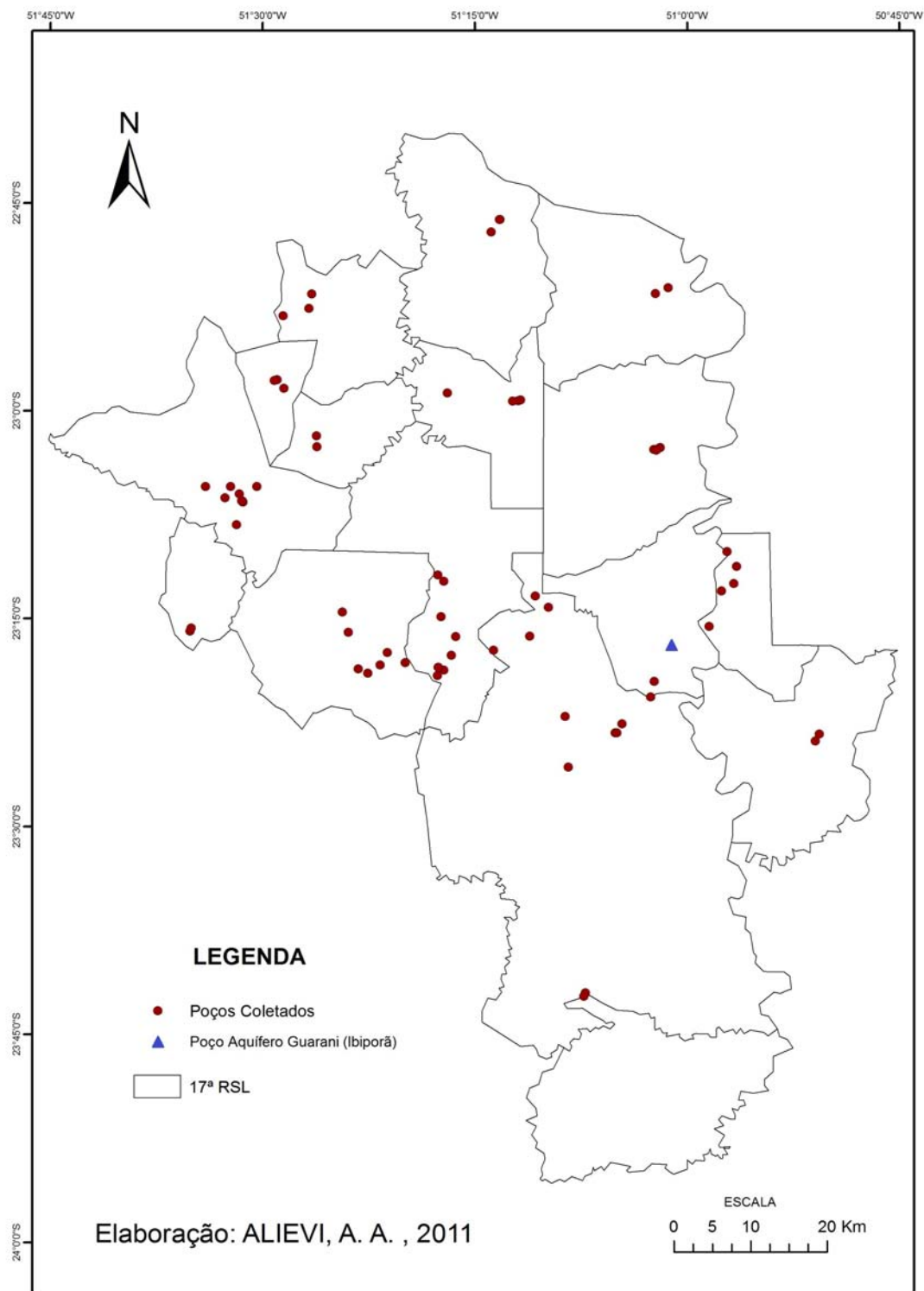
Vale dizer, apesar da citada crise que o cultivo do café vivenciou desde meados da década de 1970, levando praticamente à erradicação desta cultura na região norte do Paraná, o setor agropecuário se mantém significativo nos dias atuais. Dentre as atividades dominantes estão a avicultura, a pecuária bovina e a produção de soja, de trigo, de milho e de cana-de-açúcar.

Ainda que o setor agropecuário detenha grande peso sobre os rendimentos econômicos dos municípios que compõem a 17ª RSL, a maior parte dos poços tubulares situados neste recorte espacial não localizam-se nas áreas de agricultura e pecuária, mas sim, nas zonas urbanas. Existem cerca de 329 poços (cadastrados junto à SUDERHSA) na área de estudo, distribuídos conforme é mostrado na figura 08. Seus usos são os mais variados possíveis, vão desde o uso industrial ao uso recreacional. Somente em Londrina, que detém a maior quantidade de poços tubulares, encontra-se aproximadamente 186 poços, localizados em sua maioria no perímetro urbano de Londrina (88%). Segundo Alievi (et al., 2009b), verificou-se uma grande concentração de poços na área central da cidade, mais especificamente, aos arredores da avenida Higienópolis, marcadamente composta por edifícios residenciais e comércio de média a alta renda.

No âmbito de toda a regional, os poços concentram-se principalmente nos centros urbanos, como verifica-se na figura citada anteriormente. Nos menores municípios existe uma certa dispersão na distribuição espacial dos poços pelo território de cada qual, no entanto, ao se tratar dos centros maiores como Londrina, Cambé, Rolândia, Ibiporã e Jaguapitã, verifica-se que os poços concentram-se em seus respectivos perímetros urbanos. No quadro 04 são exibidas as quantidades de poços tubulares para cada município da área em questão (ressaltando que se tratam daqueles com outorga), assim como a porcentagem de participação de cada município na quantidade total de poços tubulares do recorte espacial.

Como pode-se verificar pelo quadro 04 e pelo gráfico 01, somente Londrina detém cerca de 57% (valor aproximado) dos poços tubulares da área de pesquisa, uma alta concentração que pode sobrevalorizar os dados relativos ao município, fato que deve ser considerado nas análises.

Figura 8- Distribuição dos poços tubulares amostrados junto ao SASG nos municípios da 17ª. RSL.

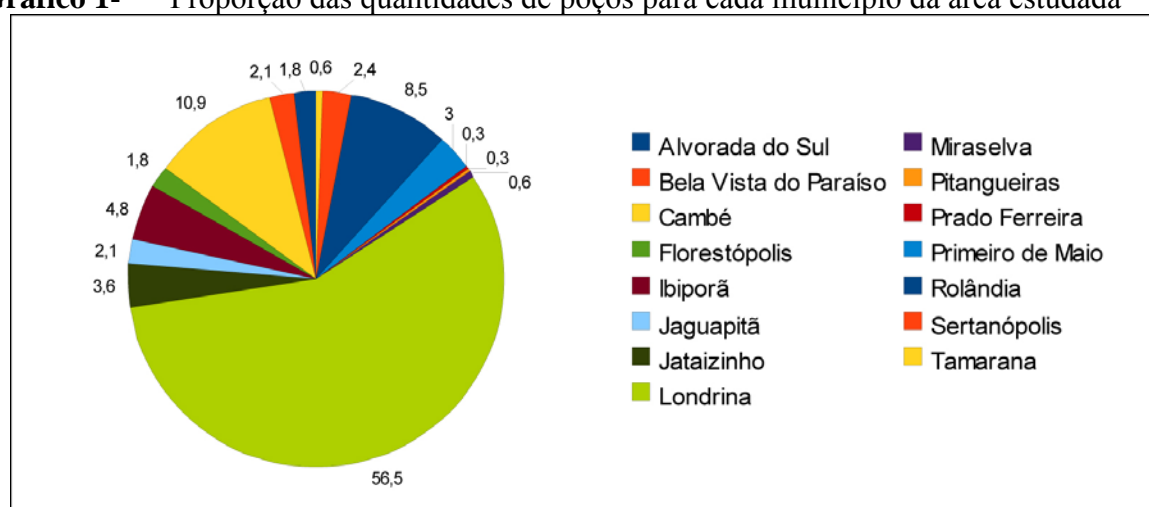


Quadro 4 - Quantidade de poços tubulares e percentual de participação de cada município na soma total de poços na área estudada

Municípios	Quantidade	(%)
Alvorada do Sul	6	1,8
Bela Vista do Paraíso	7	2,1
Cambé	36	10,9
Florestópolis	6	1,8
Ibiporã	16	4,8
Jaguapitã	7	2,1
Jataizinho	12	3,6
Londrina	186	56,5
Miraselva	2	0,6
Pitangueiras	1	0,3
Prado Ferreira	1	0,3
Primeiro de Maio	10	3,0
Rolândia	28	8,5
Sertanópolis	8	2,4
Tamarana	2	0,6
Total	329	100

Org. ALIEVI, A. A., 2009.
Fonte: SUDERHSA (2005).

Gráfico 1- Proporção das quantidades de poços para cada município da área estudada



Org. ALIEVI, A. A., 2009.

Fonte: SUDERHSA (2005).

Segundo consta na cartilha informativa acerca das *Noções Básicas sobre Poços Tubulares* elaborada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 1998) o poço tubular é também conhecido como poço “artesiano”, sendo aquele onde a perfuração é realizada por meio de máquinas perfuratrizes à percussão, rotativas e rotopneumáticas. Possui alguns centímetros de abertura (no máximo 50 cm) e é revestido com canos de ferro ou de plástico.

No estado do Paraná, é exigido registro junto a SUDERHSA (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental), visando à obtenção da respectiva anuência prévia (licença) e posterior outorga de direito de

uso da água, como consta no endereço eletrônico da superintendência <www.suderhsa.gov.br>²¹. Ainda é destacado no mesmo que a empresa contratada para fazer a perfuração deve elaborar um relatório conclusivo onde constem a localização, perfil de sondagem, perfil das características construtivas e hidráulicas, gráficos com condições de exploração, análise físico-química e bacteriológica, assim como, a outorga de uso.

É preciso ressaltar que os poços tubulares amostrados (figura 08) localizam-se nas proximidades dos outros poços cadastrados juntos à SUDERHSA e, devido a impossibilidade de acesso a alguns destes últimos, procurou-se utilizar de poços semelhantes e que apresentassem conectividade junto aos poços cadastrados junto ao órgão supracitado.

²¹ Acessado em março de 2009.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para caracterização hidrogeoquímica e avaliação do risco ambiental para a saúde humana através da correlação com metais pesados²² foram mensurados os parâmetros físico-químicos (pH, Condutividade) e hidrogeoquímicos de qualidade de água através do uso do ICP-AES – Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma de Argônio Indutivamente Acoplado.

As amostragens de água subterrânea do Aquífero Serra Geral foram realizadas no período compreendido entre 18/07 e 02/08 de 2011. Porém, antes das coletas, houve a definição da localização dos poços de abastecimento público de interesse, buscando uma distribuição que abrangesse a maior parte do território dos municípios da 17ª RSL. Nos municípios de responsabilidade da SANEPAR, como não foi possível a coleta, buscou-se por outros poços particulares, procurando, na medida do possível, manter proximidade com os poços da companhia.

Coletaram-se dois litros de águas subterrâneas por poço, após escoamento de alguns minutos, para que não fossem coletadas amostras estagnadas e/ou contaminadas. Utilizou-se para isso, garrafas de polietileno devidamente lavadas com a água do poço amostrado, no próprio local de coleta. Eram feitas 3 lavagens por vez, antes que a água fosse condicionada no frasco.

Parâmetros físicos como condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido – OD (mg/L) e turbidez (NTU) foram caracterizados, com equipamentos de leitura direta, no próprio local de amostragem com o aparelho MULTIPARAMETROS (tabela 03). Sempre que uma amostra era analisada, executava-se a limpeza do horiba com água deionizada, para que não houvesse contaminação de uma amostra para outra.

²² No processo de análise das amostras de água dos poços, não foram feitos testes para patógenos, pois, devido os poços estudados apresentarem profundidades que variam de 50 a 150 metros, dificilmente seriam encontrados microorganismos em corpos hídricos confinados a profundidades semelhantes, pois o pH, temperatura, e o próprio filtramento realizado pelas rochas dificultam a ocorrência de microorganismos neste ambiente.

Tabela 3- Metodologia de análises físico-químicas.

Parâmetro	Mínimo Detectável	Método de Análise
pH	-	MULTIPARAMETRO
Condutividade	-	MULTIPARAMETRO
Turbidez	-	MULTIPARAMETRO
Temperatura da água	-	MULTIPARAMETRO
Alumínio (mg/L)	0,006	ICP-AES
Cádmio (mg/L)	0,001	ICP-AES
Fósforo (mg/L)	0,004	ICP-AES
Cromo (mg/L)	0,001	ICP-AES
Bário (mg/L)	0,0002	ICP-AES
Zinco (mg/L)	0,001	ICP-AES
Chumbo (mg/L)	0,005	ICP-AES
Níquel (mg/L)	0,003	ICP-AES
Manganês (mg/L)	0,0002	ICP-AES
Ferro (mg/L)	0,002	ICP-AES
Cobalto (mg/L)	0,002	ICP-AES
Cobre (mg/L)	0,001	ICP-AES

Org. ALIEVI, A. A., 2011.

Fontes: Manual Horiba U-52 e Laboratório de Geoquímica – UNESP/Rio Claro-SP.

Após a coleta, procedeu-se com o armazenamento das amostras e as mesmas foram preservadas na câmara fria do Laboratório de Química - Departamento de Química (CCE/UEL) e em um Freezer no Laboratório de Geologia e Solos – Departamento de Geociências sob temperatura de aproximadamente 4°C. Antes das amostras serem enviadas à análise química, as mesmas foram transferidas para frascos de 1 litro, porém, ocupando um volume de 500 ml, sendo estas as alíquotas enviadas ao laboratório de análise química.

Posteriormente, estas alíquotas foram acondicionadas em caixas de isopor com gelo e transportadas até o Laboratório de Geoquímica da Universidade Estadual Paulista de Rio Claro (SP), onde foram preparadas, para a quantificação dos teores de Alumínio, Cádmio, Fósforo, Cromo, Bário, Zinco, Chumbo, Níquel, Manganês, Ferro, Cobalto e Cobre por meio de Espectrometria de Emissão em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-AES). Os resultados das análises químicas das mesmas serão analisados no decorrer desta dissertação.

Após os resultados da análise química, os mesmos foram aplicados em um software de estatística para estabelecer as possíveis correlações entre as variáveis hidrogeoquímicas analisadas junto a um Sistema de Informação Geográfica – SIG. Em relação aos dados regionalizados, fora realizada a análise espacial utilizando o software ArcMap 9, por meio do método de interpolação IDW (Inverse Distance Weighted - Inverso do Quadrado da Distância), com parâmetros ajustados com os seguintes valores: Power (2); Search radius type (Variable); Number of points (12).

Para estabelecer possíveis relações entre a saúde da população da área de estudo e elementos químicos como os metais pesados, foram coletadas informações junto ao Sistema Datasus e a Secretaria de Vigilância em Saúde da 17ª. Regional de Saúde – Londrina (PR), com a solicitação de informações sobre Doenças Diagnosticadas em números de óbitos (absolutos), entre outros dados necessários para a análise contextual e geográfica das conclusões encontradas. No desenvolvimento dos dados relativos a caracterização sócio-econômica e da saúde da população da 17ª. Regional de Saúde – Londrina (PR), foi utilizado o software Philcarto²³.

²³ Software de cartografia temática escrito por Philippe Waniez, disponibilizado gratuitamente por meio do endereço: <http://perso.club-internet.fr/philgeo>.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

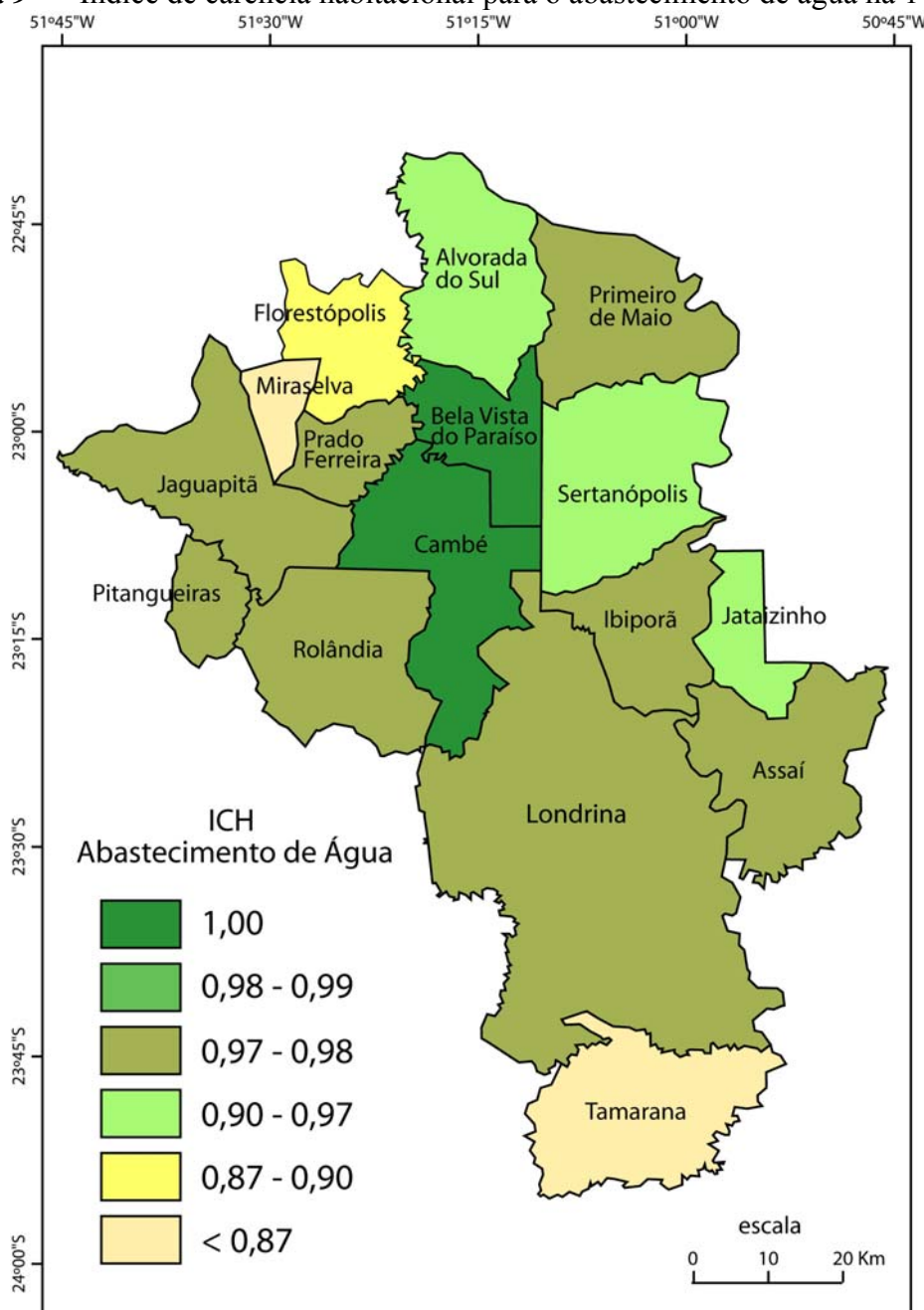
Como afirmado anteriormente o consumo de água subterrânea tem aumentado nos últimos anos em uma escala global. No Brasil também se observa tal tendência, bem como no recorte espacial desta pesquisa, onde verifica-se uma grande concentração de poços tubulares nos maiores centros urbanos como Londrina, Cambé, Rolândia, Ibiporã e Assaí. A princípio, estes municípios concentram a maior parte dos poços encontrados na área de estudo devido à demanda por água imposta pelos diversos setores da economia, poderes públicos e classes sociais locais.

Obedecendo a premissa desta pesquisa, ou seja, de se tentativamente buscar correlações entre doenças e consumo de água subterrânea no recorte espacial proposto, faz-se necessário o entendimento do contexto socioespacial e econômico em que se enquadra a área de estudo. Um dos primeiros parâmetros que demonstram a perceptível demanda/acesso à água neste recorte espacial é o índice de carência habitacional para o abastecimento de água (figura 09), que permite evidenciar a necessidade que alguns municípios tem de maiores opções de obtenção de água, em que pese, opções tais como os poços tubulares.

A figura 09 demonstra a distribuição do índice de carência habitacional (ICH)²⁴ acerca do abastecimento de água. A princípio, chama a atenção o índice alcançado pelos municípios centrais, Cambé e Bela Vista do Paraíso, que apresentam, em números absolutos, semelhante índice, ou seja, 1,0 (ICH). Este índice diz respeito à carência a que estão sujeitos os municípios analisados em relação ao abastecimento de água, considerando que o município de Cambe é um dos mais populosos, esta deficiência poderia incentivar políticas municipais de melhora do sistema de abastecimento, que poderiam inclusive exercer pressão na procura de novas formas de obtenção de água para consumo, dentre as quais a utilização de poços profundos para captação de água subterrânea do SASG, que sabidamente têm menor custo à prefeitura, mas que no entanto, sem uma devida consideração acerca da qualidade destas águas, poder-se-iam ocorrer problemas à saúde pública devido ao consumo de águas subterrâneas que não passaram por criteriosa análise química.

²⁴ Índice criado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) para medir as condições materiais da população brasileira por meio da qualidade dos serviços prestados. Quanto mais próximo de 1 (hum) menor é a carência, indicando-se que a oferta deste tipo de serviço está próxima do adequado. Fonte: <www.cidadesdobrasil.com.br>.

Figura 9- Índice de carência habitacional para o abastecimento de água na 17^a. RSL.



Org. e Elaboração: ALIEVI, A. A, 2010.

Fonte: IBGE, 2002.

O município de Miraselva apresenta o pior índice, seguido de Tamarana e Florestópolis (lembrando que quanto menor o número, pior o índice). A princípio, apesar dos municípios restantes apresentarem bons índices, por outro lado, torna-se maior o contingente populacional suscetível ao contato com elementos químicos perigosos à saúde na possibilidade da água coletada e consumida esteja de fato contaminada, o que poderia ser amenizado caso se fizesse um adequado tratamento desta água.

Portanto, deve-se lembrar que devido o fato de que os metais pesados constituem contaminantes químicos nas águas, pois em pequenas concentrações trazem efeitos adversos à saúde, os mesmos podem inviabilizar os sistemas públicos de abastecimento de água, uma vez que as estações de tratamento convencionais não os removem eficientemente e os tratamentos especiais necessários são muito caros.

A questão do tratamento não seria tão preocupante não fosse o fato de que existem modos diversos de incidência de metais pesados na água subterrânea e, principalmente em função de atividades produtivas da sociedade, pois muitas vezes os metais pesados surgem nas águas naturais devido (excetuando-se processos naturais) aos lançamentos de efluentes industriais tais como os gerados em indústrias extrativistas de metais, indústrias de tintas e pigmentos e, especialmente, as galvanoplastias, que se espalham em grande número nas periferias das grandes cidades. Além destas, os metais pesados podem ainda estar presentes em efluentes de indústrias químicas, como as de formulação de compostos orgânicos e de elementos e compostos inorgânicos, indústrias de couros, peles e produtos similares, indústrias do ferro e do aço, lavanderias e indústria de petróleo.

Portanto, a possibilidade de contaminação por efluentes químicos industriais é maior onde maior for a concentração de atividades industriais. Como parâmetro para, simplificar, quantificar o número de indústrias em cada município da 17ª. Regional de Saúde Londrina, utilizou-se o valor adicionado bruto da indústria no PIB de cada município (Quadro 05), de forma a diferenciá-los e verificar em quais dos mesmos a atividade industrial apresenta-se em quantia tal que se possa estimar em quais municípios a preponderância de atividades industriais pode vir a gerar maior impacto ao ambiente, em especial, aos mananciais subterrâneos.

Considerando os dados do quadro 05, que de certa forma demonstram o peso da indústria não somente para a composição bruta do PIB, mas também para demonstrar quais municípios da 17ª. RSL tem maior relevância quanto à atividade industrial, e conseqüentemente, podem causar maiores impactos ao ambiente, de uma forma geral, nesta tabela verifica-se que os municípios de Londrina, Cambé, Rolândia e Ibiporã apresentam os maiores valores. Em seguida, chama atenção a pequena cidade de Jaguapitã, que devido ao seu valor alcançado, suscita uma pequena reflexão.

Necessariamente, não há equivalência entre quantidade de estabelecimentos industriais e valor produzido pelos mesmos. Alguns tipos de estabelecimentos geram uma receita muito alta para os municípios, como é o caso de Jaguapitã e suas indústrias de mesa para bilhar, que juntamente aos abatedouros avícolas -Avebom e Jaguafrangos- geram uma

receita elevada, tornando alta a participação da indústria na composição bruta do PIB da cidade. Assim, mesmo tendo uma quantidade de indústrias tal como Ibiporã, por exemplo, Jaguapitã apresenta um relevante impacto no contexto da regional quanto à sua atividade industrial e peso da mesma na composição do seu PIB.

Quadro 5 - Participação bruta da indústria no PIB da 17ª Regional de Saúde – Londrina (PR) no ano de 2000.

<i>Valor adicionado bruto da indústria</i>	<i>[mil reais]</i>
Londrina	1.403.102
Alvorada do Sul	5.192
Primeiro de Maio	6.886
Florestópolis	16.030
Miraselva	943
Jaguapitã	68.278
Pitangueiras	1.732
Prado Ferreira	3.097
Bela Vista do Paraíso	13.250
Sertanópolis	42.729
Rolândia	247.361
Cambé	369.695
Ibiporã	114.528
Tamarana	17.135
Org. ALIEVI, A. A., 2010. Fonte: IPARDES, 2010.	

Na verdade, a idéia é unicamente utilizar-se desta tabela como uma aproximação da compreensão de que alguns municípios, devido à participação dos seus setores industriais na composição de seus PIBs, detêm uma atividade preponderante que suscita uma preocupação com os impactos destas atividades industriais ao ambiente e, especificamente, aos mananciais subterrâneos. Posto desta forma, existe a necessidade de se compreender o impacto das atividades industriais no ambiente.

Segundo Hirata (1993), as atividades industriais geram cargas contaminantes aos aquíferos. As fontes podem ser de emissão pontual, mais fáceis de identificar, ou podem ser fontes dispersas. Dentre as fontes de emissão ligadas à atividade industrial estão: o vazamento de tanques/tubos, derramamento acidental, lagoas de efluentes, lançamento de efluentes em superfície, canais e rios receptores, lixiviado de resíduos sólidos, drenos de pátios, material em suspensão e gases, dentre outros.

Posto que, devido “[...] altas concentrações de produtos químicos que manuseiam e algumas praticas de disposição de efluentes e produtos que empregam, estas atividades [industriais] são seguramente as que apresentam maiores riscos ambientais para as águas subterrâneas” (HIRATA, 1993, p. 43).

[...] agrega-se o fato de os órgãos de controle ambiental estarem mais preparados para analisar contaminações em águas superficiais do que em águas subterrâneas. A contaminação de aquíferos é assunto relativamente novo e pouco conhecido [...] Normalmente os cadastros de indústrias controladas e monitoradas são estabelecidos com base nos lançamentos às águas superficiais e à atmosfera (HIRATA, 1993, p. 43).

Portanto, esta relação entre a participação industrial para cada município e a possibilidade de contaminação ambiental servem como um parâmetro simples de verificação preliminar das áreas de risco ambiental devido às atividades industriais, que concentram-se em determinados municípios da regional de saúde, não somente por ser esta uma inferência inicial sem maiores respaldos empíricos, mas pela própria dificuldade em se obter dados concretos da situação em que se encontram as indústrias em relação à possível contaminação dos mananciais subterrâneos, como atestado por Hirata (1993).

Desta forma, os vínculos entre desenvolvimento econômico, condições ambientais e de saúde são muito estreitos, pois as condições para a transmissão de várias doenças são propiciadas pela forma com que são realizadas as intervenções humanas no ambiente (PIGNATTI, 2004, p.43).

Estas modificações no ambiente, realizadas pela sociedade em seu território, resultam em fatores que podem provocar riscos ambientais à coletividade, por isso da importância de diagnostico da situação de saúde, que manifesta-se no espaço. Como afirmam Barcellos (et al., 2002), “se a doença é uma manifestação do individuo, a situação de saúde é uma manifestação do lugar”, e continuam,

Os lugares, dentro de uma cidade ou região, são resultado de uma acumulação de situações históricas, ambientais e sociais que promovem condições particulares para a produção de doenças. Uma das questões importantes para o diagnóstico de situações de saúde, nesse sentido, é o desenvolvimento de indicadores capazes de detectar e refletir condições de risco à saúde advindos de condições ambientais e sociais adversas. Esse indicadores devem permitir a identificação dos lugares, suas relações com a região, bem como a relação entre população e seu território. É nessas relações que se desenvolvem meios propícios para o desenvolvimento de doenças e também para seu controle (BARCELLOS et al., 2002, p.130)

Outro aspecto relevante levantado pelos autores supracitados, é que “[...] A análise da situação de saúde tem uma lógica territorial, porque no espaço se distribuem populações humanas segundo similaridades culturais e socioeconômicas” (p.130), pois como afirmam os autores, sendo também a situação de saúde dependente do processo de territorialização dos sistemas locais de saúde, nela se reconhece as porções deste território a partir da lógica territorial fruto das relações entre condições de vida, saúde e acesso aos serviços de saúde (BARCELLOS et al., 2002).

Portanto, há de se considerar que a ocorrência de doenças não se restringe simplesmente à surgência no espaço conforme os dados possam, em um primeiro momento, apontar. Algumas vezes, áreas em que fatores que promovem a ocorrência de determinadas doenças não são suficientemente preponderantes, ou não fazem com que possa-se traçar ligações relevantes entre os processos doenças/população em outra área qualquer. Certas situações, em determinados contextos, engatilham certas ocorrências e nem sempre é possível afirmar que condições semelhantes possam desenvolver situações semelhantes em diferentes organizações espaciais.

5.1 ANÁLISE DOS DADOS DE SAÚDE PARA OS MUNICÍPIOS DA 17ª. REGIONAL DE SAÚDE – LONDRINA (PR)

Considerando o objetivo deste trabalho que parte da idéia inicial de se correlacionar doenças e consumo de água subterrânea, a quem se atribui uma organização espacial que pode vir a condicionar ou mesmo ajudar a explicar algumas características particulares da forma pela qual os casos de doença levantados acabam por se distribuir no espaço geográfico da 17ª Regional de Saúde, faz-se necessário o uso de uma análise espacial que não seja descontextualizada, que não perca de vista os fatores socioeconômicos e históricos atrelados a organização espacial.

Cabe lembrar que devido não somente à dificuldade de obtenção de dados individuais, os mesmos não permitem uma análise contextual da situação de saúde da coletividade, e portanto, não são um bom parâmetro para se medir os efeitos e a distribuição espacial de doenças ao nível de grupo. Tal como asseveram Carvalho & Souza-Santos (2005, p. 362) acerca dos tipos clássicos de investigação epidemiológica, a ênfase é dada “[...] às doenças da população em oposição às doenças do indivíduo” , ou seja, não procura-se trabalhar com as causas dos casos de doença, mas sim, com “[...] as causas da incidência da

doença em grupos populacionais, comparando diferentes populações, em geral definidas como moradores de uma mesma área”.

Os dados seguintes dizem respeito aos óbitos segundo causa básica para município que faz parte do recorte espacial proposto neste trabalho. A lista de causas baseia-se na Classificação Internacional de Doenças (CID)²⁵.

Assim, as tabelas nas páginas seguintes, trazem dados acerca de casos de óbitos por causas básicas elencadas pela CID-10, entre as quais: I - Algumas doenças infecciosas e parasitárias; II - Neoplasias (tumores); III - Doenças sangue órgãos hemat. e transt. imunitár.; IV - Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas; V - Transtornos mentais e comportamentais; VI - Doenças do sistema nervoso; IX - Doenças do aparelho circulatório; XI - Doenças do aparelho digestivo; XII - Doenças da pele e do tecido subcutâneo; XIII - Doenças sist. osteomuscular e tec. conjuntivo; XIV - Doenças do aparelho geniturinário; XVI - Algumas afecções originadas no período perinatal.

De acordo com o que já foi exposto neste trabalho, verifica-se as doenças comumente associadas ao contato direto ou mesmo indireto com metais pesados e/ou elementos-traço em concentrações demasiado altas estão agrupadas no quadro das doenças ligadas ao sistema nervoso, sistema circulatório (coração e anexos), sistema respiratório, aparelho geniturinário, e por fim, as doenças neoplásicas. De uma forma ou de outra a presença elementos tóxicos afeta o organismo, bem como afeta um ou mais órgãos de todos os sistemas e aparelhos que fazem parte do organismo do ser humano, no entanto, resolveu-se por escolher os sistemas mais afetáveis pelos efeitos da alta concentração de metais pesados e/ou elementos-traço.

²⁵ Basicamente é uma classificação que anteriormente tratava das causas de morte, mas que nas suas duas últimas versões (CID-9 e CID-10) foram expandidas ao ponto de serem utilizadas não somente em estudos de mortalidade com também para estudos de morbidade (CASTRO & CARVALHO, 2005, p.321). Segundo consta, a CID-10 foi conceituada para padronizar e catalogar as doenças e problemas relacionados à saúde, tendo como referência a Nomenclatura Internacional de Doenças, estabelecida pela Organização Mundial de Saúde (OMS) <www2.datasus.gov.br/DATASUS/>. Precisamente, a sigla vem do inglês (International Statical Classification of Deseases and Related Health Problems – ICD). A origem desta classificação remonta os anos de 1850, mas esta última edição, a CID-10, foi desenvolvida em 1992. No Brasil, sua implementação ocorreu no ano de 1996 em cumprimento à Portaria GM/MS n.º 1.832/94.

Tabela 4 - Óbitos segundo causa básica – Alvorada do Sul (PR) – 2000 a 2009.

Alvorada do Sul - Óbitos segundo causa básica										
Capítulo CID-10	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	3	1	2	0	1	4	2	2	0	1
II. Neoplasias (tumores)	7	16	11	12	10	10	18	11	10	7
III. Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	3	9	1	6	6	2	3	5	4	7
V. Transtornos mentais e comportamentais	2	1	1	2	2	2	3	0	3	2
VI. Doenças do sistema nervoso	0	0	0	1	1	2	3	3	2	4
IX. Doenças do aparelho circulatório	27	27	22	29	16	27	19	21	22	33
X. Doenças do aparelho respiratório	7	3	4	5	9	4	8	4	8	8
XI. Doenças do aparelho digestivo	1	4	8	2	3	8	7	1	4	1
XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
XIII. Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	1	0	0	1	0	0	1	0	2	1
XVI. Algumas afec originadas no período perinatal	1	0	1	2	3	1	0	0	1	2
XVII. Malf cong deformid e anomalias cromossômicas	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: SESA/PR, 2010.

Tabela 5 - Óbitos segundo causa básica – Bela Vista do Paraíso (PR) – 2000 a 2009.

Bela Vista do Paraíso - Óbitos segundo causa básica										
Capítulo CID-10	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	3	2	4	5	3	1	2	1	1	2
II. Neoplasias (tumores)	17	8	19	24	14	14	29	15	29	23
III. Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár	0	0	0	1	1	0	0	2	1	2
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	8	5	6	1	5	11	7	5	6	6
V. Transtornos mentais e comportamentais	1	1	0	1	1	1	0	0		2
VI. Doenças do sistema nervoso	0	0	5	0	1	2	3	1	2	5
IX. Doenças do aparelho circulatório	52	56	48	52	50	53	39	37	52	47
X. Doenças do aparelho respiratório	17	10	19	8	10	10	14	12	13	22
XI. Doenças do aparelho digestivo	2	6	8	7	4	8	6	5	2	3
XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo	1	0	0	1	0	0	2	0		
XIII. Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	1	3	0	0	4	2	1	1	1	3
XV. Gravidez parto e puerpério	0	1	0	0	0	0	0	0		
XVI. Algumas afec originadas no período perinatal	2	1	1	1	0	0	0	1		7

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: SESA/PR, 2010.

Tabela 6 - Óbitos segundo causa básica – Cambé (PR) – 2000 a 2009.

Cambé - Óbitos segundo causa básica											
Capítulo CID-10	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	16	23	15	25	20	15	27	23	11	15	
II. Neoplasias (tumores)	82	64	77	89	88	99	99	96	83	96	
III. Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár	5	1	0	4	0	2	1	1	3	1	
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	28	26	36	21	24	23	34	15	37	33	
V. Transtornos mentais e comportamentais	2	2	4	3	5	3	4	4	8	9	
VI. Doenças do sistema nervoso	6	5	5	7	7	11	12	12	18	9	
IX. Doenças do aparelho circulatório	175	152	172	156	160	158	163	158	155	153	
X. Doenças do aparelho respiratório	55	62	53	48	59	58	66	71	63	93	
XI. Doenças do aparelho digestivo	22	33	25	19	19	34	25	28	33	20	
XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo	0	1	3	3	0	0	4	0	4	2	
XIII. Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	0	2	1	2	2	2	3	3		1	
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	5	13	9	11	15	10	6	9	6	19	
XVI. Algumas afec originadas no período perinatal	17	11	15	10	14	13	8	14	6	15	

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: SESA/PR, 2010.

Tabela 7 - Óbitos segundo causa básica – Florestópolis (PR) – 2000 a 2009.

Florestópolis - Óbitos segundo causa básica											
Capítulo CID-10	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	3	6	5	6	2	4	2	2	1	2	
II. Neoplasias (tumores)	6	5	13	11	10	12	13	14	17	15	
III. Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	1	3	5	1	7	6	6	3	6	6	
V. Transtornos mentais e comportamentais	1	1	1	0	1	1	0	2	3	1	
VI. Doenças do sistema nervoso	1	1	0	0	2	0	1	1	1		
VIII. Doenças do ouvido e da apófise mastóide	1	0	0	0	0	0	0	0			
IX. Doenças do aparelho circulatório	34	21	24	40	30	32	35	28	30	27	
X. Doenças do aparelho respiratório	5	15	7	2	6	5	8	4	7	9	
XI. Doenças do aparelho digestivo	2	2	5	7	6	4	4	3	4	7	
XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo	0	0	0	0	0	0	1	1		1	
XIII. Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	0	2	0	0	1	1	0	0			
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	0	1	2	4	1	2	0	0	2	1	
XVI. Algumas afec originadas no período perinatal	0	3	1	4	2	0	1	3		1	

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: SESA/PR, 2010.

Tabela 8 - Óbitos segundo causa básica – Ibiporã (PR) – 2000 a 2009.

Ibiporã - Óbitos segundo causa básica											
Capítulo CID-10	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	13	5	12	13	11	8	10	9	13	20	
II. Neoplasias (tumores)	40	41	49	33	46	50	41	46	50	51	
III. Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár	1	1	1	1	2	1	1	3	6	4	
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	12	7	19	19	22	17	23	17	25	29	
V. Transtornos mentais e comportamentais	1	3	6	5	7	3	5	6	5	4	
VI. Doenças do sistema nervoso	5	4	1	3	3	7	5	8	12	7	
IX. Doenças do aparelho circulatório	68	87	73	91	111	109	75	92	82	92	
X. Doenças do aparelho respiratório	45	43	55	44	49	30	36	47	38	49	
XI. Doenças do aparelho digestivo	17	12	15	10	15	18	24	32	21	20	
XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo	0	1	0	1	0	0	1	0	3		
XIII. Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	0	1	1	1	2	2	2	0	1		
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	11	5	8	5	2	7	5	7	9	8	
XV. Gravidez parto e puerpério	0	1	1	0	0	0	0	1			
XVI. Algumas afec originadas no período perinatal	4	8	5	1	4	7	5	5	2	8	

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: SESA/PR, 2010.

Tabela 9 - Óbitos segundo causa básica – Jaguapitã (PR) – 2000 a 2009.

Jaguapitã - Óbitos segundo causa básica											
Capítulo CID-10	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	4	3	5	8	6	3	5	8	3	3	
II. Neoplasias (tumores)	12	12	17	13	11	10	17	17	17	18	
III. Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár	0	2	1	0	0	0	1	1		1	
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	9	6	4	6	6	3	7	4	3	4	
V. Transtornos mentais e comportamentais	1	1	1	3	1	0	0	1	2		
VI. Doenças do sistema nervoso	0	1	2	4	1	1	2	3	2	3	
IX. Doenças do aparelho circulatório	25	32	29	26	16	34	22	22	24	27	
X. Doenças do aparelho respiratório	5	4	4	12	8	4	3	15	9	11	
XI. Doenças do aparelho digestivo	6	4	2	3	2	1	2	3	5	6	
XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo	0	0	1	0	0	0	0	0			
XIII. Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	1	0	0	0	0	1	0	1			
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	0	1	1	2	1	2	0	2			
XV. Gravidez parto e puerpério	0	0	0	0	0	1	0	0			
XVI. Algumas afec originadas no período perinatal	1	1	0	1	0	0	4	0	1	2	

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: SESA/PR, 2010.

Tabela 10 - Óbitos segundo causa básica – Jataizinho (PR) – 2000 a 2009.

Jataizinho - Óbitos segundo causa básica										
Capítulo CID-10	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	1	5	4	1	1	5	1	3	1	2
II. Neoplasias (tumores)	3	11	8	15	10	9	12	18	13	16
III. Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár	1	0	1	1	1	0	0	1		
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	3	2	6	2	2	4	5	3	12	9
V. Transtornos mentais e comportamentais	3	2	0	3	1	3	2	2	4	1
VI. Doenças do sistema nervoso	1	0	2	1	0	1	2	1	2	5
IX. Doenças do aparelho circulatório	20	30	28	25	19	27	17	21	21	36
X. Doenças do aparelho respiratório	6	4	2	7	10	10	10	10	10	13
XI. Doenças do aparelho digestivo	7	4	2	4	4	3	3	3	7	3
XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo	0	0	0	0	0	0	0	3		1
XIII. Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	0	1	0	1	0	0	0	0		
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	1	2	1	3	1	2	2	2	2	2
XV. Gravidez parto e puerpério	0	0	1	0	0	1	0	0		
XVI. Algumas afec originadas no período perinatal	0	4	2	1	2	1	2	0	1	

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: SESA/PR, 2010.

Tabela 11 - Óbitos segundo causa básica – Londrina (PR) – 2000 a 2009.

Londrina - Óbitos segundo causa básica										
Capítulo CID-10	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	158	116	99	124	100	131	109	104	93	90
II. Neoplasias (tumores)	492	479	512	484	519	529	560	595	603	615
III. Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár	8	10	12	8	6	5	2	5	6	9
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	155	152	139	121	183	120	114	96	115	101
V. Transtornos mentais e comportamentais	34	41	47	25	32	50	46	53	50	43
VI. Doenças do sistema nervoso	58	61	54	72	68	70	78	103	99	114
VII. Doenças do olho e anexos	0	0	0	0	0	0	1	0		
IX. Doenças do aparelho circulatório	846	854	898	837	832	824	844	855	932	857
X. Doenças do aparelho respiratório	236	261	284	286	312	295	349	279	333	327
XI. Doenças do aparelho digestivo	143	136	157	142	154	142	130	166	168	159
XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo	1	13	1	5	1	0	10	5	2	11
XIII. Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	8	8	8	14	13	13	18	10	13	17
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	25	45	50	40	63	56	60	48	65	74
XVI. Algumas afec originadas no período perinatal	68	43	46	59	37	36	61	56	40	88

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: SESA/PR, 2010.

Tabela 12 Óbitos segundo causa básica – Miraselva (PR) – 2000 a 2009.

Miraselva - Óbitos segundo causa básica										
Capítulo CID-10	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	0	2	2	0	0	0	0	0		
II. Neoplasias (tumores)	3	3	3	1	3	1	4	2	4	3
III. Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	0	0	1	1	0	0	0	2	4	
V. Transtornos mentais e comportamentais	0	0	1	0	0	0	0	0	2	
VI. Doenças do sistema nervoso	0	1	0	0	1	0	0	0		
IX. Doenças do aparelho circulatório	2	5	2	6	9	10	3	2	2	6
X. Doenças do aparelho respiratório	1	1	4	2	3	3	3	3	1	6
XI. Doenças do aparelho digestivo	1	0	0	0	0	1	2	2	1	3
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	1	1	0	0	0	0	0	0		2

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: SESA/PR, 2010.

Tabela 13 - Óbitos segundo causa básica – Pitangueiras (PR) – 2000 a 2009.

Pitangueiras - Óbitos segundo causa básica										
Capítulo CID-10	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	2	0	0	1	1	0	0	0		
II. Neoplasias (tumores)	4	0	3	0	2	1	4	3	2	3
III. Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár	0	0	0	1	0	0	1	0		
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	2	0	1	0	1	1	0	1	2	
VI. Doenças do sistema nervoso	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
IX. Doenças do aparelho circulatório	4	5	3	5	3	7	4	4	2	7
X. Doenças do aparelho respiratório	5	4	1	1	4	1	3	1	3	2
XI. Doenças do aparelho digestivo	0	1	0	0	0	0	0	0	2	2
XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo										1
XVI. Algumas afec originadas no período perinatal	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: SESA/PR, 2010.

Tabela 14 Óbitos segundo causa básica – Prado Ferreira (PR) – 2000 a 2009.

Prado Ferreira - Óbitos segundo causa básica											
Capítulo CID-10	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	0	2	0	1	1	0	2	1	1		
II. Neoplasias (tumores)	3	1	5	3	6	6	2	7	2	9	
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	1	0	1	1	2	1	0	1		1	
V. Transtornos mentais e comportamentais	1	0	0	1	0	0	0	1	1		
VI. Doenças do sistema nervoso	0	0	0	0	0	0	1	0	1		
IX. Doenças do aparelho circulatório	6	11	3	6	6	4	3	4	5	11	
X. Doenças do aparelho respiratório	3	0	2	1	5	3	0	1	1	3	
XI. Doenças do aparelho digestivo	1	2	2	1	0	3	3	2	1	1	
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	0	2	0	0	0	1	0	0		1	
XV. Gravidez parto e puerpério	0	0	0	0	0	1	0	0			

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: SESA/PR, 2010.

Tabela 15 Óbitos segundo causa básica – Primeiro de Maio (PR) – 2000 a 2009.

Primeiro de Maio - Óbitos segundo causa básica											
Capítulo CID-10	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	7	1	4	5	2	1	2	3	2	2	
II. Neoplasias (tumores)	16	9	9	15	14	14	17	16	16	10	
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	3	5	6	3	11	1	4	5	2	2	
V. Transtornos mentais e comportamentais	1	0	0	1	2	2	0	0		2	
VI. Doenças do sistema nervoso	2	2	1	0	1	2	1	0	2	3	
VIII. Doenças do ouvido e da apófise mastóide	0	0	1	0	0	0	0	0			
IX. Doenças do aparelho circulatório	28	17	21	31	21	26	19	25	16	30	
X. Doenças do aparelho respiratório	8	8	4	6	10	14	18	11	15	7	
XI. Doenças do aparelho digestivo	1	3	2	6	8	4	7	2	5	5	
XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	
XIII. Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	0	0	0	0	0	0	0	2		1	
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	0	2	2	0	1	3	1	0		1	
XV. Gravidez parto e puerpério	0	0	0	0	0	1	0	0			
XVI. Algumas afec originadas no período perinatal	0	1	1	1	0	0	1	2	1		

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: SESA/PR, 2010.

Tabela 16 - Óbitos segundo causa básica – Rolândia (PR) – 2000 a 2009.

Rolândia - Óbitos segundo causa básica										
Capítulo CID-10	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	11	17	13	12	16	8	9	10	10	5
II. Neoplasias (tumores)	51	52	51	40	53	40	71	70	56	65
III. Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár	2	2	1	1	1	0	1	1	3	1
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	21	19	17	16	25	22	19	26	22	21
V. Transtornos mentais e comportamentais	4	5	1	3	2	2	4	2	4	4
VI. Doenças do sistema nervoso	7	3	8	2	4	8	9	7	4	10
VIII. Doenças do ouvido e da apófise mastóide	1	0	0	0	0	0	0	0		
IX. Doenças do aparelho circulatório	99	96	106	108	108	120	124	124	98	90
X. Doenças do aparelho respiratório	35	39	20	28	24	30	35	35	32	32
XI. Doenças do aparelho digestivo	17	18	6	16	17	11	17	20	19	14
XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo	0	2	0	2	0	1	0	3	1	
XIII. Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	8	4	3	4	4	7	1	7	5	8
XVI. Algumas afec originadas no período perinatal	7	4	6	6	10	5	6	5	8	13

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: SESA/PR, 2010.

Tabela 17 - Óbitos segundo causa básica – Sertãoópolis (PR) – 2000 a 2009

Sertãoópolis - Óbitos segundo causa básica										
Capítulo CID-10	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	4	1	6	5	3	2	6	2	4	3
II. Neoplasias (tumores)	14	21	18	19	14	20	15	9	19	17
III. Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár	0	0	0	0	1	0	0	0		
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	1	2	4	7	2	2	6	4	10	2
V. Transtornos mentais e comportamentais	1	1	1	0	1	0	2	0	3	
VI. Doenças do sistema nervoso	0	1	1	0	3	2	1	2		1
IX. Doenças do aparelho circulatório	34	29	33	30	31	33	30	33	31	39
X. Doenças do aparelho respiratório	9	10	14	10	13	14	12	11	18	18
XI. Doenças do aparelho digestivo	3	2	4	4	7	5	2	10	7	3
XIII. Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	0	1	1	0	0	0	0	2		
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	1	3	2	2	2	1	1	0	1	2
XV. Gravidez parto e puerpério	0	0	0	0	0	0	0	1		
XVI. Algumas afec originadas no período perinatal	2	0	1	3	3	2	0	1	4	

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: SESA/PR, 2010

Tabela 18 - Óbitos segundo causa básica – Tamarana (PR) – 2000 a 2009

Tamarana - Óbitos segundo causa básica										
Capítulo CID-10	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	3	2	1	3	0	1	3	1	3	1
II. Neoplasias (tumores)	3	10	17	9	10	8	7	7	11	17
III. Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár	0	1	0	1	0	0	1	0	1	
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	4	2	4	2	9	2	1	2	3	3
V. Transtornos mentais e comportamentais	0	1	0	0	0	2	1	1		
VI. Doenças do sistema nervoso	2	0	0	0	1	0	0	0		
IX. Doenças do aparelho circulatório	13	18	15	18	18	20	23	20	17	16
X. Doenças do aparelho respiratório	8	10	9	5	8	7	4	6	8	7
XI. Doenças do aparelho digestivo	1	5	5	5	0	5	2	1	4	5
XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo									1	1
XIII. Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	0	0	1	0	0	0	0	0		
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	0	1	0	1	0	1	0	0	2	1
XV. Gravidez parto e puerpério	1	1	1	0	0	0	0	0		

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: SESA/PR, 2010

Tabela 19 - Óbitos segundo causa básica – Assaí (PR) – 2000 a 2009

Assaí - Óbitos segundo causa básica										
Capítulo CID-10	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
I. Algumas doenças infecciosas e parasitárias	1	8	8	3	6	5	4	5	1	4
II. Neoplasias (tumores)	22	12	13	20	18	12	20	21	20	24
III. Doenças sangue órgãos hemat e transt imunitár	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0
IV. Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas	10	11	4	8	14	4	7	11	8	3
V. Transtornos mentais e comportamentais	0	2	4	0	5	6	3	0	3	1
VI. Doenças do sistema nervoso	2	2	2	2	2	8	4	3	1	2
IX. Doenças do aparelho circulatório	39	41	52	36	25	28	35	47	35	45
X. Doenças do aparelho respiratório	16	8	9	5	9	6	20	4	16	13
XI. Doenças do aparelho digestivo	6	4	13	6	9	8	6	9	12	9
XII. Doenças da pele e do tecido subcutâneo	0	0	0	1	0	1	0	2	0	1
XIII. Doenças sist osteomuscular e tec conjuntivo	0	1	3	0	2	0	0	0	0	1
XIV. Doenças do aparelho geniturinário	0	0	4	3	2	0	1	4	1	2

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: SESA/PR, 2010

Assim, quando remete-se aos óbitos ligados às doenças do aparelho circulatório, diz-se respeito aos agravos ocorridos aos órgãos que compreendem este sistema, ou seja, as veias, artérias, capilares e coração. Por exemplo, metais pesados como o Bário podem provocar efeitos no coração, constrição dos vasos sanguíneos, elevando a pressão arterial e afetar até mesmo o sistema nervoso, que se constitui dos nervos, gânglios, medula e cérebro, simplificada e. Dentre os que podem provocar câncer cita-se o Níquel, que causa câncer de pulmão e seios paranasais²⁶, assim como o Arsênio que tem alto efeito carcinogênico. Deve-se ressaltar também que as neoplasias dizem respeito à neoplasia maligna ou simplesmente câncer, que é uma multiplicação descontrolada de células defeituosas ou atípicas, que acabam determinando a formação de tumores, que são um acúmulo de células cancerosas. É uma doença que pode afetar pessoas de todas as idades, mas especialistas advertem que o risco é maior entre a população idosa (ALIEVI et al., 2010).

Portanto, a análise dos dados se concentrará nas doenças que podem ter maior relação com a influencia de metais pesados e/ou elementos-traço, ou seja:

- Neoplasias (tumores)
- Doenças do sistema nervoso (DSN)
- Doenças do aparelho circulatório (DAC)
- Doenças do aparelho respiratório (DAR)
- Doenças do aparelho digestivo (DAD)
- Doenças do aparelho geniturinário (DAG)
- Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas (DENM)
- Transtornos mentais e comportamentais (TMC)

Primeiramente, algumas ocorrências chamam a atenção. A primeira delas diz respeito ao fato de que os maiores índices (totais) de óbito estão ligadas às doenças do aparelho circulatório. Verifica-se que as mesmas alcançaram o primeiro lugar, por assim dizer, nas ocorrências em todos os 15 municípios. Marcadamente, doenças ligadas ao coração estão entre as que mais matam, não somente no Brasil como no mundo. As neoplasias foram a segunda maior ocorrência (total), apresentando-se em 14 dos 15 municípios, exceto Pitangueiras, em que as doenças do sistema respiratório ficaram em 2º. lugar (25 óbitos), Neoplasias (2). O município de Miraselva apresentou números semelhantes para neoplasias e aparelho respiratório (27).

Em Alvorada do Sul (tabela 04) verificou-se que o número de óbitos por neoplasias alcançou seu máximo no ano de 2006, com 18 óbitos, enquanto que os anos de

²⁶ Seios paranasais são cavidades situadas ao lado das fossas nasais, que comunicam-se com estas por meio de canais e óstios. Fonte: <http://www.anatomiaonline.com/esplancno/seios.htm>

2000 e 2009 registraram igualmente o menor números de óbitos (7). No ano de 2001 houvera um pico de 16 óbitos que fora diminuindo até o ano de 2005 (10), para no ano seguinte (2006), ser registrada aquela maior marca. Do ano de 2007 até 2009 houve um novo decréscimo dos números, até o registro da menor marca (7 óbitos), no ano de 2009. No total, foram registrados, para o período compreendido entre 2000 e 2009, cerca de 112 óbitos, o que colocava as neoplasias como a segunda maior causa de óbitos no município de Alvorada do Sul. O município de Bela Vista do Paraíso (tabela 05) obteve números e padrão semelhantes, tendo o total de óbitos alcançado a marca de 192 óbitos, sendo o ano de 2006 o ápice das ocorrências por registrar 29 óbitos, enquanto que 2001 registrara somente 8 casos.

Ainda em relação à Alvorada do Sul, como se verificará em outros, as doenças do sistema circulatório são a maior causa de óbitos dentre as causas elencadas nas tabelas. No caso de Alvorada do Sul, dos 243 óbitos ocorridos no período compreendido entre os anos de 2000 e 2009, os 33 óbitos ocorridos em 2009 foram a maior quantia registrada, sendo por outro lado, o ano de 2004, o que menos casos registrara (16 óbitos). No caso de Bela Vista do Paraíso registrou-se um total bem maior de óbitos para esta causa no mesmo período, ou seja, 486 óbitos; neste caso, a maior marca foi o ano de 2001, que registrou 56 óbitos (11,5% do total). O interessante no caso de Bela Vista do Paraíso é que a flutuação dos valores não foi muito acentuada, pois variavam de 37 óbitos (2007) aos 56 óbitos (2001), o que demonstra uma certa constância, sem sobressaltos.

Assim como Bela Vista do Paraíso, o município de Cambé (tabela 06) registrou no período analisado uma certa invariabilidade dos números de óbitos a partir das doenças do sistema circulatório. Obtendo um total de 1.602 óbitos no período (2000-09), em Cambé verificou-se que a série variava de 152 (2001) a 175 (2000) óbitos, havendo uma tendência à diminuição a partir do ano de 2006 (163 óbitos) até 2009 (153 óbitos). Ainda que não tenha havido grande variabilidade, ou melhor, a amplitude entre os dados mínimos e os máximos tenha sido pouco expressiva, observa-se que a maior amplitude ocorre entre os anos de 2000 e 2001, que respectivamente obtiveram o maior e a menor quantia de óbitos. Devido ao pequeno lapso de tempo entre os dois momentos (anos), pode ter ocorrido algum fato (ou fatos) que ajudaram na reprodução de tais números. Para as neoplasias somaram-se 873 óbitos, sendo que nos anos de 2005 e 2006 observa-se, respectivamente, os maiores valores, ou seja, 99 óbitos para cada, e como no caso das DAC, há pouca amplitude dos dados, pois a menor quantia registrada foi de 77 óbitos, no ano de 2002. Até este momento da análise dos dados, verifica-se um certo padrão em relação aos máximos relativos às neoplasias, assim, o

ano de 2006 tem sido, até agora, o ano em que observa-se as maiores quantidades de óbitos relacionados às neoplasias.

No entanto, diferente dos municípios até então destacados, identifica-se no município de Florestópolis (tabela 07) uma diferença em relação ano em que houve o maior numero de óbitos ligados às neoplasias. Se até agora o ano de 2006 era o que apresentava os maiores números para cada município, no caso de Florestópolis verifica-se que o ano de 2008 registrou o maior número de óbitos, cerca de 17, enquanto que o menor numero (5 óbitos) ocorrera em 2001. No total, registrou-se pouco mais do que em Alvorada do Sul (112), ou seja, 116 óbitos relacionados às neoplasias. A partir do ano de 2005 (12) começara a haver um aumento que se seguiria até o ano de 2008, que havia sido o maior registro até então e confirmou-se como sendo o maior de toda a série. Em 2009 houve uma diminuição para 15 óbitos (12,9% do total).

Outro município que não seguira o padrão foi Ibiporã (tabela 08), onde foi registrado o pico de 51 óbitos ligados às neoplasias no ano de 2009, enquanto que 33 óbitos foram registrados no ano em que se obtivera a menor quantia, ou seja, o ano de 2003. O número total de 447 óbitos relacionados às neoplasias foi pouco maior do que o total alcançado pelas doenças do aparelho respiratório, que registraram no período analisado um total de 436 óbitos, sendo o pico de óbitos o ano de 2002 (55 óbitos). Houvera aumento de 2005 (30) a 2007 (47), seguido de baixa em 2008 (38) e alta em 2009 (49 óbitos). Assim como as neoplasias, o pico em matéria de óbitos relacionados à doenças endócrinas nutricionais e metabólicas ocorreu em 2009, com cerca de 29 óbitos. A soma total de óbitos para esta classe de doenças foi de 190 óbitos, um pouco mais do que fora o total de óbitos ligados à doenças do aparelho digestivo, 184 óbitos, com pico máximo de 32 óbitos no ano de 2007, ressaltando que este número foi alcançado no fim de uma série de iterações que vinham desde o ano de 2003, quando foram registrados 10 óbitos e posteriormente, 15 (2004), 18 (2005), 24 (2006) e finalmente, 32 (2007). Doenças do aparelho geniturinário promoveram um total de 67 óbitos, dos quais 11 ocorreram no ano de maior ocorrência, ou seja, 2000; no ano de 2004 houvera o menor número de óbitos, somente 2.

Assim como em Ibiporã, no município de Jaguapitã (Tabela 09) verificou-se que o maior número de óbitos relacionados às neoplasias ocorrera no ano de 2009, onde foram registrados 18 óbitos. No ano de 2005 havia sido registrado o menor número, 10 óbitos, no entanto, a partir deste ano houve um aumento destas ocorrências, desta forma, nos três anos seguintes (2006, 2007 e 2008), foram registradas 17 mortes por neoplasias; no total, Jaguapitã registrou 144 óbitos relacionados às neoplasias. Novamente, as DAC alcançaram o

primeiro posto em óbitos, considerando-se todas as causas elencadas. Para tanto, foram registrados 257 óbitos no total, sendo que o ano de 2005 ocorrera o maior ocorrência de óbitos, cerca de 34, que em termos percentuais, corresponde a 13,2% do total relativo ao período estudado. Havia ocorrido uma diminuição dos óbitos entre os anos de 2001 (32) e 2004 (16), porém, em 2005 o número cresceu (34), acompanhado de uma pequena queda em 2006 (22) e posterior aumento até 2009 (27 óbitos). As DENM e as DAD registraram, respectivamente, 9 e 6 óbitos no ano de 2000, ano em que ocorrera o pico de valor das respectivas séries. No total, houveram mais óbitos em função das DENM, um número de 52 óbitos, enquanto que as DAD promoveram 34 óbitos totais.

Jataizinho (tabela 10) traz algumas diferenças em relação aos outros municípios. A primeira delas diz respeito ao fato de que no ano de 2009 foram registrados os picos de óbitos para três tipos de causas, as DSN, as DAC e as DAR. No ano anterior (2008), foi registrado o pico de óbitos relacionados às DENM e em 2007 o pico das neoplasias. Fogem deste padrão as DAD, que promoveram uma maior ocorrência de óbitos no ano de 2000 e as DAG que o fizeram no ano de 2003. Veja-se os números: por conta das DAC, obteve-se um total de 244 óbitos, um pouco mais do que o dobro provocado pelas neoplasias, que totalizaram 115 óbitos. No pico de ocorrências, o ano de 2007 apresentou o valor 18 óbitos relacionados às neoplasias, enquanto que as DAC registraram a sua maior ocorrência no ano de 2009, com 36 óbitos.

Como já fora demonstrado ao longo deste trabalho, Londrina (tabela 11) devido à sua posição polarizadora na regional, acaba por concentrar um grande numero de ocorrências em seus dados. Ainda assim, seus números, comparativamente e proporcionalmente, são semelhantes aos dos outros municípios analisados até o momento. Veja-se que as DAC ainda são as doenças que mais provocam óbitos entre os dados levantados, seguidas das neoplasias, das DAR e das DAG. Somente as DAC correspondem à aproximadamente 31% dos óbitos totais, considerando todas as doenças que estão na tabela. Este percentual é semelhante ao que ocorre no Brasil como um todo, onde os óbitos por doenças do aparelho circulatório correspondem a proporção de 32% dos óbitos totais, apresentando-se como o grupo de doenças que lideram os índices de mortalidade no país (CARVALHO & PINTO, 2007, p.349). Para Londrina, o ano que apresentou o maior número de óbitos por este grupo de causas foi o de 2008, onde foram registrados 932 óbitos, ou cerca de 11% dos óbitos totais durante o período analisado (2000/09); as segunda maior causa de óbitos, o grupo das neoplasias, viu o seu maior número de óbitos ocorrer no ano de 2009, onde foram registrados 615 óbitos para este grupo de causas. Neste caso em especial, observa-

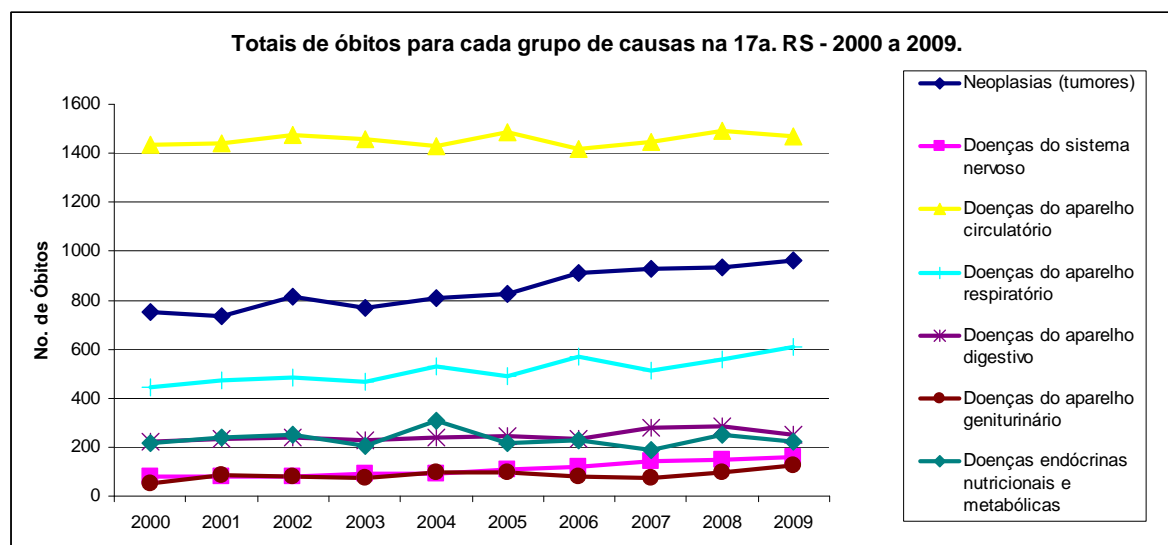
se que desde o ano de 2003 vem ocorrendo um aumento gradual de óbitos desta natureza, sendo que a série inicia-se com 484 óbitos (2003), chega à casa dos 519 óbitos no ano seguinte (2004) e alcança a casa dos 603 óbitos em 2008, para chegar aos 615 óbitos de 2009, no final, soma total de óbitos decorrentes das neoplasias foi de 5.388 óbitos.

Para as DAR, Londrina registrara que o maior número de óbitos desta causa ocorrera no ano de 2006, onde verificou-se a quantia de 349 mortes provocadas por este grupo de doenças. Houvera um crescimento destes números do período compreendido entre 2000 (236 óbitos) e 2004 (312 óbitos), parece haver uma tendência de diminuição, pois foram registrados 327 óbitos no ano de 2009, abaixo dos 349 óbitos de 2006, no total, foram anotados 2.962 óbitos para este grupo de causas. Em relação às DAG, registrou-se uma soma total de 1.497 óbitos, sendo que destes 168 ocorreram no ano de 2008, ano em que foi registrado o maior numero de óbitos por esta causa.

Observa-se, para toda a série, um ligeiro aumento do número de óbitos a partir destas doenças, com alguns momentos de queda, mas no geral, o que se observa é um aumento do óbitos para este grupo de causas. O interessante é que após o ano de menor ocorrência, onde foram registrados 130 óbitos (2006), verificou-se um aumento de 21% nos óbitos, ou seja, o número subiu para 166 óbitos no espaço de um ano (2006) para o outro (2007). As DENM assinalaram um total de 1.296 óbitos, assim como vêm passando por uma queda em seus números, quando a partir do ano de maior ocorrência, ou seja, 2004, com 183 óbitos relatados, observa-se uma diminuição dos mesmos, até o ano de 2009, onde 101 casos de óbito por este grupo de causas foram obtidos. Na verdade, o ano com menor número de óbitos fora o de 2007, com 96 óbitos deste natureza.

Observando-se o gráfico 02 verifica-se que as doenças do aparelho circulatório, tal como ocorre no Brasil como um todo, são aquelas em que mais se registram óbitos. No entanto, percebe-se pelo padrão registrado que não houveram grandes sobressaltos nos números e, no máximo, verifica-se que a tendência de queda que vinha se desenvolvendo desde o ano de 2002 havia sido interrompida no ano de 2005, quando fora registrada a segunda maior ocorrência de óbitos para este grupo de causas, ou seja, cerca de 1884 óbitos. Um ano depois houvera uma nova queda seguida de ascensão dos números até o ano de 2008, quando fora registrado o maior número de óbitos em decorrências das DAC nesta série, 1489 óbitos. Tendendo a uma queda, no ano de 2009 foram registrados 1471 óbitos, tal como se pode observar em relação às DAG e DENM, que também parecem desenvolver uma tendência de queda no período analisado. Ademais, a variação entre os anos de 2000 e 2009 é de aproximadamente 2,6% de um ano a outro.

Gráfico 2 - Evolução temporal dos números de óbitos totais para cada grupo de causas no interior da 17ª. RSL entre os anos de 2000 a 2009.



Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: SESA/PR.

A segunda maior causa de óbitos haviam sido as neoplasias, que desde o ano de 2000 vêm desenvolvendo franca ascensão. Se no ano de 2000 haviam sido registrados 753 óbitos, no final da série, o ano de 2009 registrara 965 óbitos, um expressivo aumento de aproximadamente 28%, neste período. Assim como ocorre no país, as neoplasias são a segunda maior causa de óbitos, depois das doenças do sistema circulatório. Os únicos anos em que fora registrada pequena queda no número de óbitos foram os anos de 2001 e 2003, que respectivamente registraram 732 e 768 óbitos; ainda assim, o que verifica-se é uma tendência de aumento que se acentua a partir de 2004, observando-se ainda que ocorre uma pequena estabilização dos números entre os anos de 2006 a 2008, quando na passagem para o ano seguinte observa-se um aumento de aproximadamente 3,5%, ou seja, dos 932 óbitos de 2008, passou-se para os 965 óbitos de 2009, que devido à tendência de crescimento dos números, registrara o maior número de óbitos para este grupo de causas.

Apesar de serem a terceira maior causa de óbitos na 17ª. RS, as DAR obtiveram um aumento de cerca de 36,4% no número de óbitos desde o ano de 2000 até o de 2009, sendo um dos grupos de causas em que registrou-se o maior aumento de ocorrências dentre todas as outras doenças no período analisado. Enquanto no ano de 2000 foram registrados cerca de 445 óbitos, no final do período (2009) registraram-se 607 óbitos, e por conta disso, a tendência é de subida do número de óbitos. A única e relativa estabilidade dos números ocorrera entre os anos de 2000 (445 óbitos) e 2003 (485 óbitos), quando a variação foi de aproximadamente 8,3% no número de óbitos neste pequeno período.

Os grupos de causas restantes registram números de óbitos sempre abaixo dos 400, ou seja, responderam por cerca de aproximadamente 1/3 dos óbitos em relação às DAC, dentro desta gama que se visualiza no gráfico 02. Assim, os números de óbitos em decorrência das DAD, das DENM, das DSN e das DAG foram pouco expressivos em relação a maior causadora de óbitos durante o período decorrido na 17^a. RS, ou seja, às DAC. Dentre estas 4 causas, metade apresenta tendência de aumento e a outra metade de decréscimo, visto que as DAD passaram por pequeno período de aumento, verifica-se uma diminuição do número de óbitos no ano de 2009, que registrara 252 óbitos, no ano anterior, haviam sido registrados cerca de 283 óbitos, sendo o ano que apresentara o maior número de óbitos para este grupo de causas.

O outro grupo que apresentara tendência de queda é o das DENM. Apesar de apresentar um pico de 305 óbitos no ano de 2004, a tendência de crescimento que vinha se desenvolvendo até então não continuara, e uma queda brusca ocorrera no ano seguinte (2005), quando foram registrados 215 óbitos, e a partir deste ano até o ano de 2007 o montante da queda chegara aos 189 óbitos e, mesmo com o aumento significativo de 32,8% ocorrido no ano seguinte de 2008, quando foram registrados 251 óbitos, o ano de 2009 registrara uma nova queda, ao patamar de 224 óbitos.

Dos restantes grupos de causas em que se observa tendência de aumento, ressalta-se a taxa de crescimento obtida pelas DAG. Enquanto no ano de 2000, este grupo de causas registrara 54 óbitos, no ano de 2009 haviam sido registrados cerca de 123 óbitos, um aumento de mais de 125% no número de óbitos durante o período, sendo desta forma o grupo de causas que registrara o maior aumento de ocorrências dentre todas as doenças destacadas no gráfico 02. As DAN registraram um aumento considerável também, mas menor do que o das DAG, ou seja, uma taxa de aumento de cerca de 96% no período. Assim, ainda que apresentem os menores números de óbitos dentre todos grupos de causas elencados no gráfico 02, estes dois grupos de causas obtiveram uma taxa de crescimento muito alta, ainda que ao se observar o gráfico citado não pareça haver grande variação no padrão de desenvolvimento deste quadro demonstrado por estas doenças.

Desta forma, a partir de tudo que fora levantado até aqui, no âmbito geral da 17^a. RSL, verifica-se uma tendência de aumento geral dos óbitos nesta regional em decorrência das doenças elencadas e presentes nas tabelas e gráfico expostos. As exceções dizem respeito às DENM e às DAG, onde se observa uma tendência de diminuição dos óbitos. Na verdade, em relação às DAG, o que se percebe ao se efetuar a leitura do gráfico 02 é que não há mudanças bruscas no decorrer do período entre o ano de 2000 e 2009, posto que

a curva parece ascender de 2006 a 2008, mas pouco acima do que já se vinha ocorrendo desde o ano de 2000. Assim, em média, os valores para as DAG pouco se alteraram, e a amplitude dos dados foi pequena, então a tendência de decréscimo não parece refletir uma real queda dos óbitos ligados à este grupo de causas, mas sim, a uma adequação dos dados a um padrão que vinha se desenhando desde o ano de 2000.

No caso da tendência decrescente das DENM, parece haver dinâmica semelhante, no entanto, no ano de 2004 ocorrera uma elevação abrupta do número de óbitos, quando os mesmos alcançaram o patamar de 305 óbitos, sendo que em 2003 havia-se registrado a quantia de 207 óbitos. No ano posterior, 2005, ocorrera queda para o número de 215 óbitos, quando no ano de 2007 verificou-se o menor número de óbitos, cerca de 189 e, sucede-se então um aumento repentino para a marca de 251 óbitos e, posterior queda à 224 óbitos, conforme a tendência de queda que se vem a observar. Tal qual o caso das DAG, nas DENM não se pode afirmar com veemência se está ocorrendo uma real queda dos números ou então um ajustamento ao padrão que vinha se desenvolvendo na série analisada, ou seja, pequenas quedas e aumentos, com baixa amplitude na variação dos dados em função do tempo decorrido (2000 a 2009).

Estes padrões na morbidade implicam em um questionamento acerca dos fatores que condicionam a sua constituição enquanto um fenômeno que tem uma certa distribuição espacial, e portanto, envolvem uma análise espacial que leve em conta estes padrões e permita a correlações necessárias ao entendimento dos processos que estão atuando no contexto da 17ª. RS e a implicação dos mesmos na conformação dos possíveis padrões espaciais de distribuição das enfermidades e suas correlatas causas, em que pese, aquelas promovidas pelo consumo de águas subterrâneas do SASG que estejam apresentando anomalias geoquímicas significantes.

Prosseguindo neste sentido, elaborou-se a tabela de taxas de mortalidade em função da população e número total de óbitos por município para o ano de 2009 (vide Anexo A – Tabela A.4), a partir do cálculo da proporção de número total de habitantes x número total de determinada doença por município, pois caso contrário, municípios como Londrina e Cambé, por exemplo, sempre apresentariam maior ocorrência considerando-se somente a quantidade de óbitos, o que reduziria a análise a somente este fato. Pode-se verificar algumas ocorrências que suscitaram uma interpretação analítica do contexto espacial em que estes dados viam-se espacializados, como demonstrado na seqüência a seguir (figura 10 a 14).

Figura 10 - Taxas de mortalidade proporcional à população para DAC e DAD no ano de 2009.

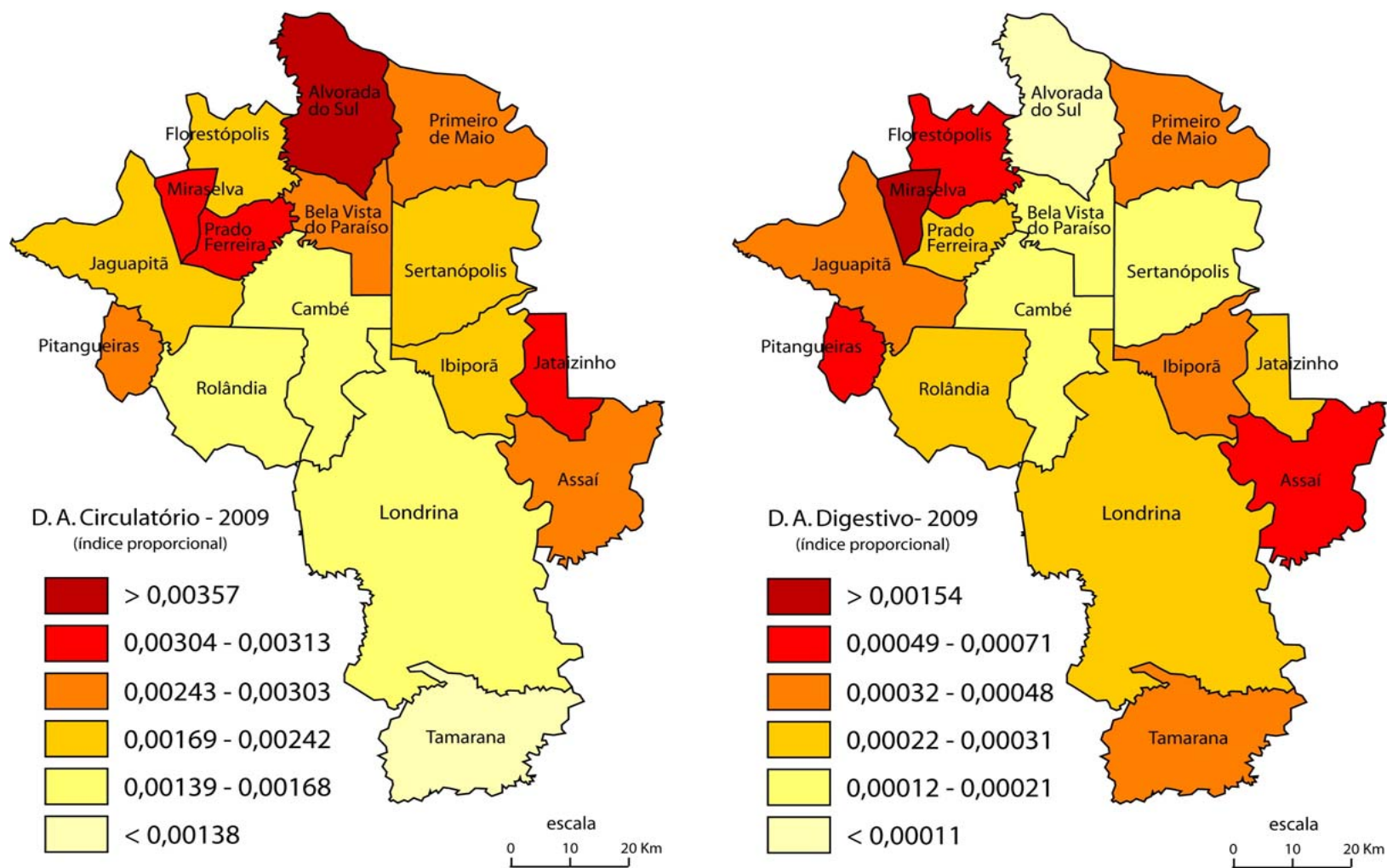


Figura 11 - Taxas de mortalidade proporcional à população para DENM e DAG no ano de 2009.

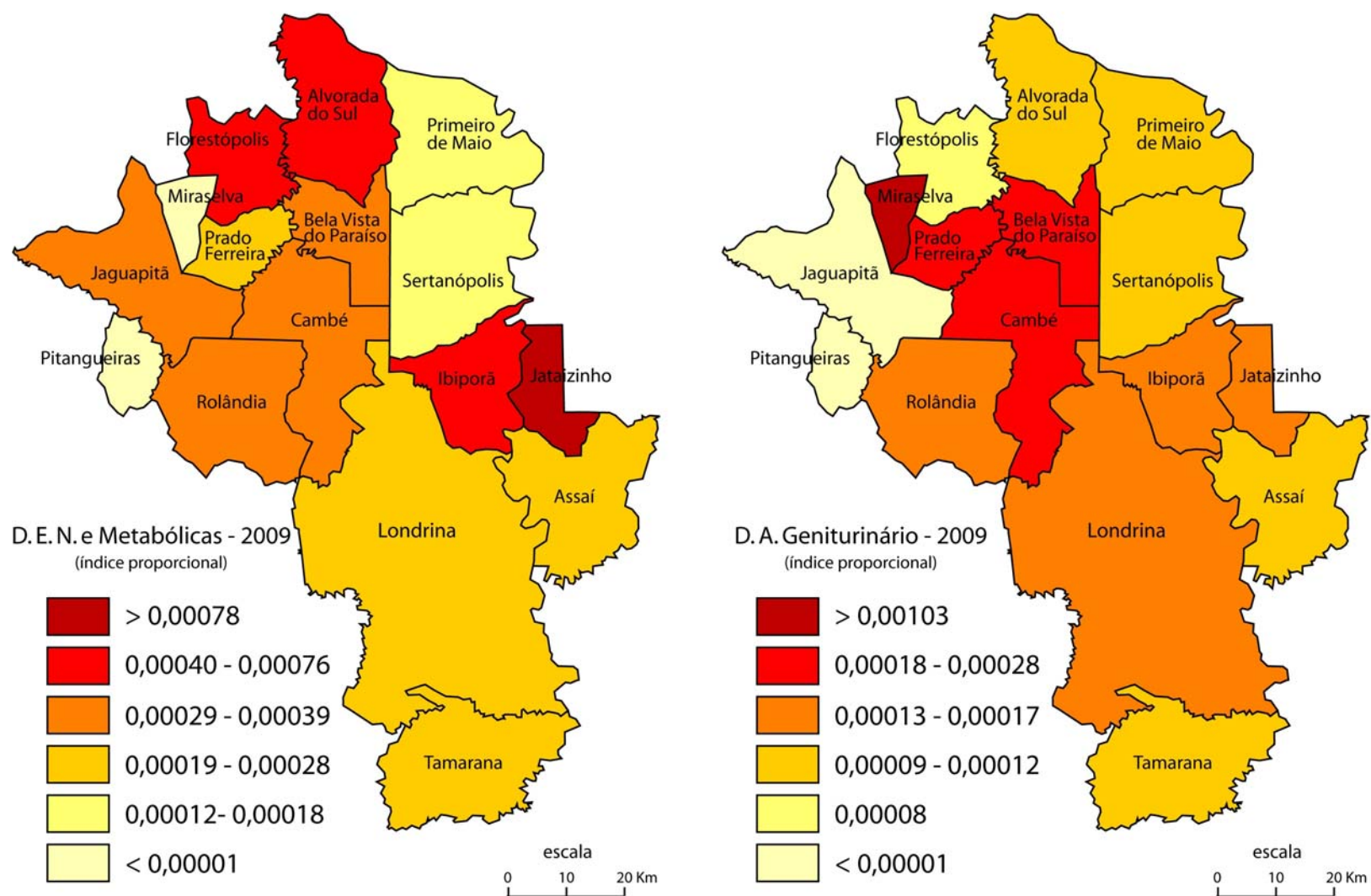


Figura 12 - Taxas de mortalidade proporcional à população para DSN e DAR no ano de 2009.

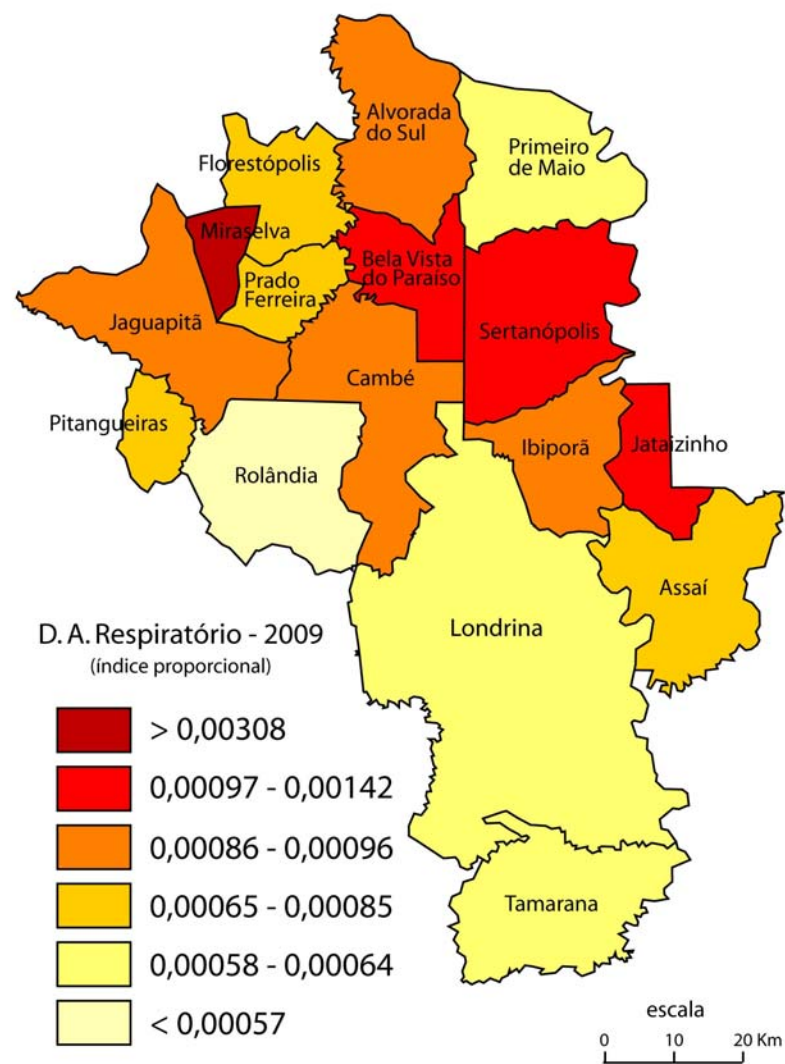
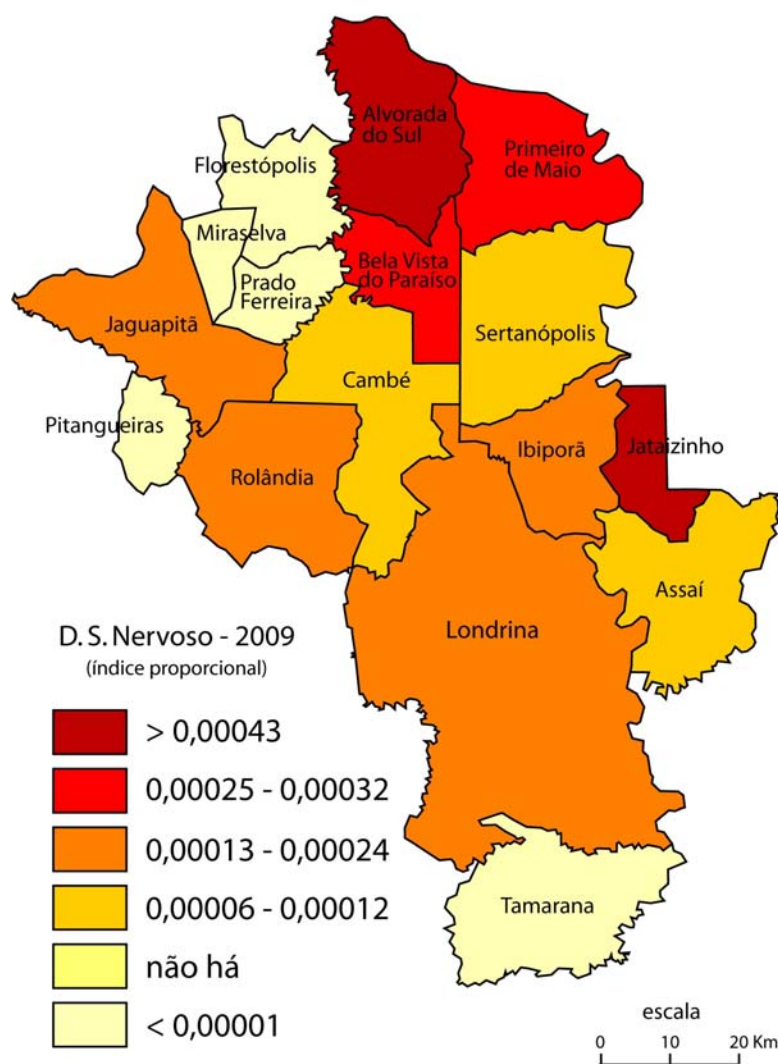
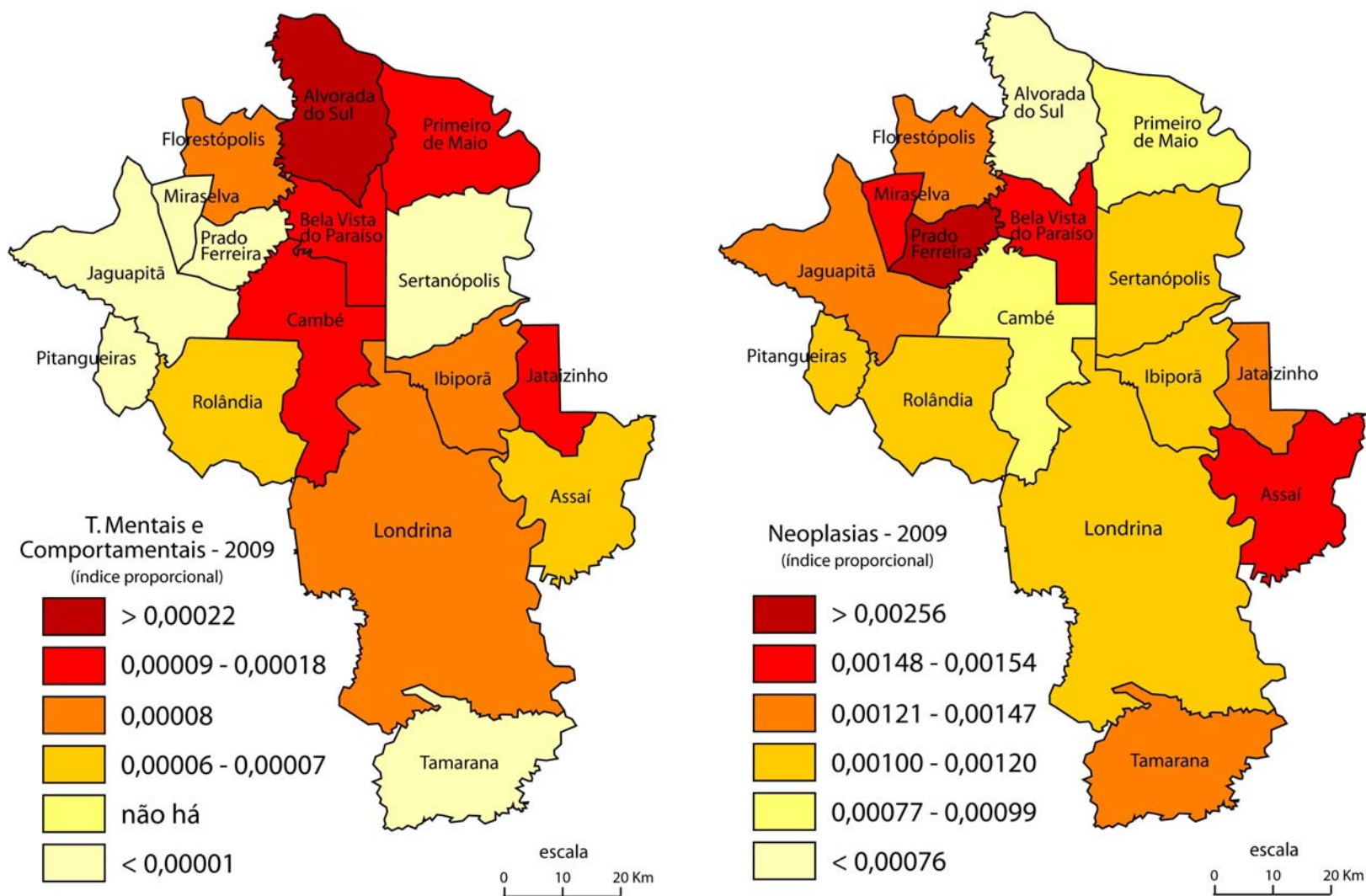


Figura 13 - Taxas de mortalidade proporcional à população para TMC e Neoplasias no ano de 2009.

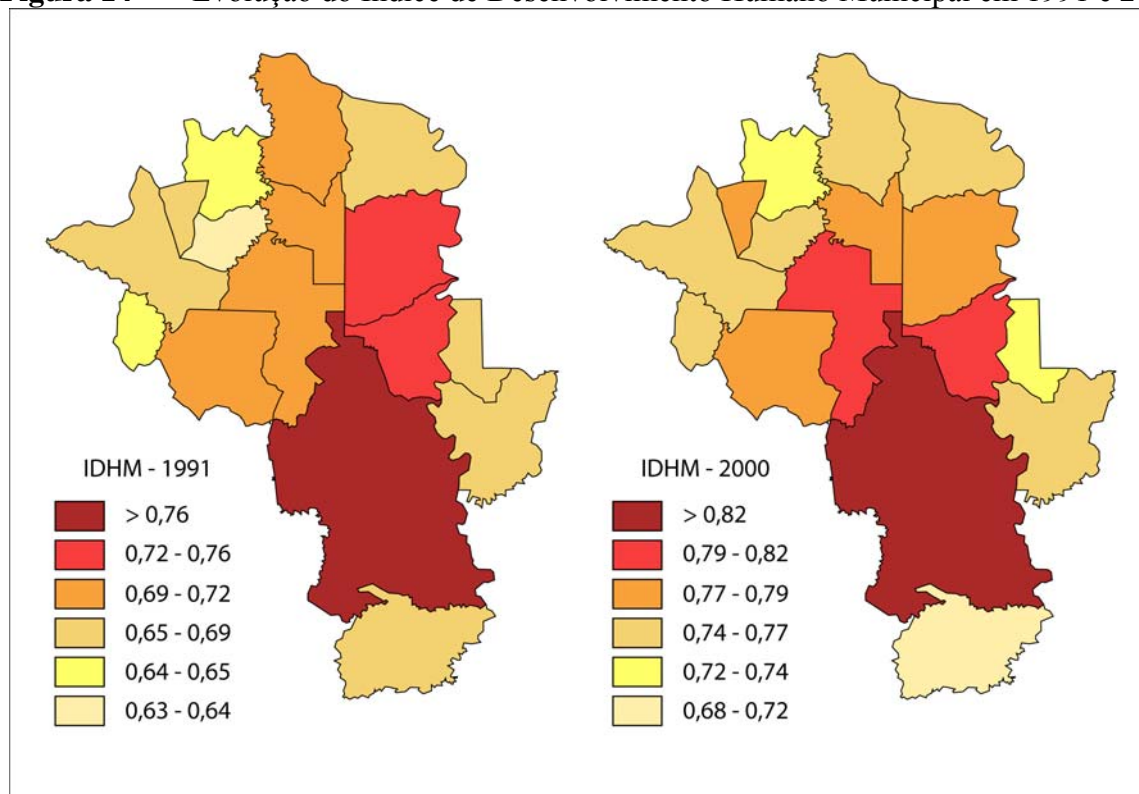


Ademais, conforme pode-se verificar no gráfico 2, em relação às neoplasias, houve um aumento no número de internações hospitalares. Enquanto que no ano de 1995 ocorreram 1.197 internações, para o último ano da série, 2007, o número de 3.658 internações foi encontrado. Para que se tenha uma idéia da expressividade destes números, em termos percentuais, houve um aumento de cerca de 305% nestas ocorrências.

Explicações para tal fato podem ser descritas como sendo de ordem socioeconômica, como a melhora de vida na população em geral (Figura 10), que apesar de parecer paradoxal em relação às neoplasias, produz uma maior longevidade da população e conseqüentemente uma maior quantidade de pessoas idosas que vem a compor aqueles números, parcela esta da população sabidamente suscetível aos diversos tipos de câncer (pele, pulmão, próstata, etc.); e de ordem geográfica, onde se explica o aumento destas internações por conta dos movimentos pendulares²⁷ - em um conceito retirado da geografia urbana - da população por entre os municípios que compõem a Região Metropolitana de Londrina, ou mais especificamente, a movimentação de pessoas dos municípios componentes à sede da RML, ou seja, Londrina, que acaba por concentrar em si, a maior parte das internações.

A maior facilidade de transporte é um fator que facilita o acesso aos hospitais que atendem casos de neoplasias, como ocorre majoritariamente em Londrina. As prefeituras de cidades menores, como meio de não se verem obrigadas a investir em melhores equipamentos e mão-de-obra hospitalar, assim como nas próprias estruturas hospitalares que poderiam atender e internar estes enfermos, acabam por investir em equipamento automotor, como ônibus, para que as pessoas que necessitam de atendimento especializado sejam transportadas, na sua maioria, para Londrina, Cambé ou mesmo Ibiporã. O que de certa maneira, diminui em muito o gasto público com o que fora descrito há pouco.

²⁷ Diferente dos movimentos de migração, que envolvem a mudança de residência, os movimentos pendulares caracterizam-se por deslocamentos entre o município de residência e outros municípios, com finalidade específica (MOURA et al., 2005), tais como residência-trabalho, residência-comércio/serviços, e mais especificamente no âmbito deste trabalho, os movimentos inter-metropolitanos de residência-serviços médicos públicos.

Figura 14 - Evolução do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal em 1991 e 2000

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte: IPARDES, 2010.

Alguns dados levantados junto ao IPARDES demonstram as disparidades no que tange a capacidade de atendimento dos estabelecimentos públicos de saúde, principalmente aqueles vinculados aos SUS, nos municípios da 17ª. Regional de Saúde – Londrina. Veja-se a tabela 20 a seguir.

Alguns números chamam a atenção, dentre os quais, o mais preponderante diz respeito à quantidade total de estabelecimentos de saúde em Londrina, que sozinha detém um total que chega a ser maior do que a soma dos totais dos municípios restantes, ou seja, sozinha, Londrina tem 176 estabelecimentos de saúde, enquanto que somados, os municípios restantes têm cerca de 107 estabelecimentos desta natureza, até o ano de 2005. Demonstra-se assim, que Londrina concentra uma grande quantidade de serviços relativos à saúde, o que não é surpresa, pois, Londrina é reconhecidamente um pólo em matéria de serviços na área da saúde. Conforme Londrina (2007), a cidade de Londrina se caracteriza pela importante estrutura de serviços para atenção à saúde sendo referencia regional e estadual de serviços de média e alta complexidade tanto no setor privado quanto no público.

Tabela 20 - Estabelecimentos de saúde na 17ª. Regional de Saúde – Londrina.

Município	No. de Estabelecimentos de Saúde SUS	Estabelecimentos de Saúde que prestam serviço ao SUS Ambulatorial	Total de Estabelecimentos de Saúde	Total de Estabelecimentos de Saúde Pública
Londrina	98	73	176	64
Cambé	20	15	24	16
Ibiporã	11	9	14	9
Rolândia	15	12	21	8
Jaguapitã	3	3	5	3
Sertãoópolis	4	2	5	1
Miraselva	2	2	2	2
Prado Ferreira	3	2	3	3
Florestópolis	3	2	3	3
Alvorada do Sul	6	5	7	6
Bela V. Paraíso	7	5	10	4
Primeiro de Maio	4	4	4	4
Tamarana	4	4	4	4
Jataizinho	4	4	4	3
Pitangueiras	1	1	1	1

Obs. Números para o ano de 2005, obtidos do IBGE <www.ibge.gov.br>.

Org. ALIEVI, A. A., 2010.

Fonte. IBGE.

Como consta em artigo publicado no site do IPARDES (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social), no período compreendido entre 2003 e 2006, o Paraná teve um significativo avanço na geração de emprego e renda, na educação, na saúde e na qualidade do acesso aos serviços adequados na habitação <www.ipardes.gov.br>.

A melhora do nível de vida geral da população paranaense faz com que ocorra um aumento da expectativa de vida, que no Paraná passou de 70,6 anos em 1990 para 73,8 anos em 2006 (IPARDES, 2007), com este aumento na expectativa de vida aumenta também a suscetibilidade às neoplasias, e ainda que esta relação nem sempre seja tão causal, é um dado a se considerar, até mesmo no direcionamento da distribuição espacial das unidades de atendimento e diagnóstico em municípios onde a população idosa tem aumentado.

Verifica-se que os municípios vizinhos à Londrina são os que apresentam os maiores números de óbitos dentre os restantes, ressaltando que os mesmos são os mais populosos também. Nestes municípios também é preponderante a atividade industrial, que direta ou indiretamente pode afetar a saúde daqueles que trabalham nas mesmas ou de populações que residam próximo a industriais e que são suscetíveis ao contato com substâncias cancerígenas presentes no processo industrial, como o níquel e o arsênio, por exemplo.

Retomando a questão dos equipamentos, devido à defasagem anterior em termos tecnológicos, muitos casos acabavam por não serem corretamente diagnosticados, o que incorria em um menor número de ocorrências, com a melhora dos equipamentos, além do

maior acesso aos mesmos, o diagnóstico melhorou e, maiores se tornaram as chances de diagnóstico preciso de câncer entre a população assistida pelos serviços públicos.

Assim, a qualidade dos registros da doença melhorou, mais pessoas têm acesso a melhores exames e equipamentos de diagnóstico, o que fez aumentar as ocorrências de internação por neoplasias. No entanto, há de se destacar que existe uma diferenciação espacial em termos de propriedade destes equipamentos por parte dos hospitais dos diferentes municípios que compõem a RML, e desta forma, tal como ocorre naquilo que Milton Santos (1996) dizia ser o espaço opaco, ressentido de tecnologia, e neste caso em particular, tecnologia hospitalar, que alguns municípios não detêm ou mesmo detêm, mas enquanto equipamentos defasados, o que faz com que as cidades que detenham melhores serviços e equipamentos assumam, como que por inércia, a maior parte dos serviços desta natureza, constituindo-se em espaços luminosos e ao mesmo tempo, espaços concentradores, que direcionam para si o fluxo pendular das pessoas que estão em busca de melhores serviços médico-hospitalares públicos (e particulares), seja por escolha, ou o mais corrente, a necessidade por conta da falta de serviço e equipamentos semelhantes onde reside, o que reflete-se nos números e informações levantadas.

Assim, explica-se, em parte, este fato em função dos fluxos de pessoas em busca de internação hospitalar no município de Londrina que, por concentrar a maior parte do aparelho médico-hospitalar no interior da 17a. RS, registra um alto número de óbitos devido ao fluxo de pacientes que acaba por receber de outros municípios (ALIEVI et al., 2010).

Segundo consta no relatório produzido pela NEPO (Núcleo de Estudos de População) da Universidade Estadual de Campinas (SP), em relação às internações hospitalares nos anos de 2005 e 2006, de forma geral, aproximadamente 14% das internações no interior da RM tem origem exterior à mesma, sendo que daquelas interiores à RM, Londrina concentra cerca de 73%, e destas 12% provêm de outros municípios da RM, lembrando que se tratam dos municípios que compõem somente a RM de Londrina, ou seja, a mesma, Cambé, Bela Vista do Paraíso, Sertãoópolis, Rolândia, Ibiporã, Jataizinho e Tamarana.

No mesmo relatório verifica-se que os fluxos advindos dos municípios que compõem a 17a. RSL²⁸ ocorrem em maior grau dos municípios de Jaguapitã, Primeiro de Maio, Bela Vista do Paraíso, Sertãoópolis, Florestópolis, Porecatu e Centenário do Sul. O

²⁸ Os demais municípios, assim como Jaguapitã, tem adotado procedimento semelhante, isto pode ser verificado, em parte, nas áreas próximas aos hospitais e clínicas de Londrina, onde observa-se a chegada e saída de ônibus identificados com placa do município de origem e tarja lateral, como por exemplo, SAÚDE JAGUAPITÃ, SAÚDE FLORESTÓPOLIS, SAÚDE PORECATU, dentre outros.

restante dos municípios tais como Cafeara, Lupionópolis, Guaraci e Prado Ferreira registram um menor número de fluxos à Londrina em busca de internação hospitalar. Municípios como Miraselva e Pitangueiras registram um fluxo ainda menor do os demais, lembrando que estes números são para os anos de 2005 e 2006, onde registrara-se os maiores números de óbitos por neoplasias em quase 35% dos municípios da 17a. RSL.

Veja-se, por exemplo, o caso relatado por Veiga (2007, p.117) para o município de Jaguapitã “[...] os casos mais graves e urgentes eram encaminhados para outras cidades da rede, no caso, para o hospital Cristo Rei de Astorga-PR, o João de Freitas em Arapongas-PR e, principalmente, para os hospitais na cidade de Londrina”. Ressalta-se que no caso desta última, a procura não se restringia aos hospitais, mas também é grande o fluxo de pessoas em busca de atendimento especializado nas clínicas.

Ainda segundo a autora, o transporte dessas pessoas para o atendimento médico-hospitalar em hospitais ou clínicas na cidade de Londrina-PR era realizado por meio de um ônibus que fora disponibilizado pela Prefeitura Municipal, sendo o trajeto Jaguapitã-Londrina realizado duas vezes ao dia (manhã e tarde). Nos casos de urgência, o transporte era realizado por duas ambulâncias pertencentes ao hospital municipal de Jaguapitã-PR (VEIGA, 2007).

O caráter urbano das aglomerações que compõem a RML também é um fator na distribuição espacial de doenças, em especial as neoplasias. Há uma certa convergência na distribuição espacial dos casos de câncer, que ocorre normalmente nas áreas urbanas, devido em maior parte aos diversos fatores de risco encontrados neste meio. Segundo Meade & Earickson (2005), em países industrializados, a geografia dos fatores de risco está associada a difusão da cultura urbana. “These risk factors include air and water pollution, cigarette smoking, alcohol consumption, diet, occupation, socioeconomic status, stress, and medical practices” (MEADE & EARICKSON, 2005, p. 228).

Cabe destacar que, dentre os fatores de risco elencados para este trabalho, inclui-se a poluição da água (subterrânea), a condição socioeconômica, assim como a qualidade e características físico-químicas naturais da água subterrânea.

Em termos de contaminação do solo e conseqüentemente das águas subterrâneas por conta das atividades agrícolas na região, pouco se tem a respeito na atualidade. No entanto, sabe-se que a região Norte do Paraná foi cenário, a alguns anos, de uma grande área cafeeira. Segundo Passos (et al., 2009) no Paraná, as lavouras de café chegaram a ocupar, no ano de 1968, cerca 1.187.532 ha, correspondendo a 46,22% da área do café cultivado no Brasil, e em 1969, 58,12% da produção cafeeira brasileira. Em específico,

“O norte do Paraná sempre participou com mais de 85% da área cultivada de café no Estado, com área superior a 900.000 ha, até o início dos anos setenta do século XX” (PASSOS et al., 2009, p.10).

A alta pluviosidade que ocorrera em certos períodos em que a cultura do café estava franca expansão, pode ter promovido uma espécie de “lavagem” dos agrotóxicos presentes nas plantas, que viriam a contaminar o solo e as águas superficiais e subterrâneas. Há de se ressaltar ainda que o uso de agrotóxicos somente se intensificou a partir da década de 1970, por conta do aparecimento da ferrugem do cafeeiro (TEIXEIRA & SANTOS, 2007).

Estes autores afirmam que algumas substâncias presentes nos agrotóxicos (dentre os quais, inseticidas, herbicidas, fungicidas, acaricidas, etc.) permanecem intactas no solo ou em aquíferos por décadas ou mesmo séculos, podendo estas transformarem-se em produtos mais ou menos tóxicos que o produto original, ou ter sua persistência aumentada.

A persistência é um fator muito importante a se considerar quando se trata de agrotóxicos, independente do tipo de cultura em que os mesmos são utilizados. Em estudo efetuado na região de Bom Repouso, Minas Gerais, que tem se caracterizado pelo crescimento das lavouras de tomate e alho, os pesquisadores Espindola (et al., 2009) desvelaram um alto nível de agrotóxicos nos corpos hídricos locais, assim como nos solos cultivados. Segundo os mesmos foram detectados, entre outros, agrotóxicos como organoclorados²⁹, heptacloro³⁰, endosulfan³¹ e BHC³², que são, conforme destacam os autores, proibidos para uso agropecuário no Brasil desde 1985, quando foi implementada a portaria 329/85. Cabe destacar a explanação levantada pelos autores, ou seja, “uma possível explicação para estes produtos ainda serem encontrados no ambiente é um dos motivos pelo qual tiveram seu uso proibido: sua persistência no ambiente por longos períodos de tempo, que podem ser de até 40 anos (ESPINDOLA et al., 2009, p.7).

²⁹ "Organoclorado" é um termo genérico que abrange substâncias que contêm carbono e cloro. Alguns compostos foram usados nos últimos 50 anos como inseticidas com grandes vantagens, mas, posteriormente, foram atribuídas a eles propriedades indesejáveis, como efeitos tóxicos e cumulativos a longo prazo para animais, inclusive seres humanos. Fonte: < http://www.abiclor.com.br/?a=subcanal&id=92&can_id=39>.

³⁰ O Heptacloro é um pesticida de uso restrito ao tratamento de algumas sementes. Pertence ao grupo de poluentes chamados POPs (Poluentes Orgânicos Persistentes). Fonte: < <http://saocamilolab.com.br/exames/?indice=H&id=2424>>.

³¹ Inseticida organoclorado.

³² O BHC é um inseticida e sua sigla advém do nome inglês "Benzene Hexachloride".

5.1.1 Elementos analisados pelo aparelho Multi-Parâmetros

Dentro do proposto na metodologia, a coleta de amostras fora planejada de forma a que se conseguisse abarcar a maior parte do recorte espacial proposto, por meio de uma distribuição de poços o mais homogênea possível, bem como numericamente relevante (vide Anexo A – Tabela A.1). Há, no entanto, algumas ressalvas necessárias quanto a escolha dos poços que seriam amostrados.

A proposta inicial era de que fossem amostrados poços que abastecessem o maior contingente populacional possível devido à necessidade, prevista no objetivo geral, de correlação entre doenças e consumo de água subterrânea na área de estudo. Para tanto, em meio as opções, decidiu-se pela amostragem de poços utilizados para o abastecimento público e privado, bem como de poços com uso diverso, mas que poderiam auxiliar na caracterização geral das condições hidrogeoquímicas no recorte espacial. Ressalta-se que as coletas foram realizadas entre os meses de julho e agosto do ano de 2011.

Muitos dos poços amostrados localizam-se em áreas urbanas e rurais e de forma geral, todos foram construídos no período entre os anos de 2000 e 2010, exceção feita a alguns poços com mais de 15 anos de idade. Estes poços dividem-se também quanto à propriedade, pois, alguns são de propriedade particular, principalmente aqueles locados em postos de combustíveis, chácaras, condomínios enquanto que outros são de domínio público, como aqueles utilizados pelos órgãos municipais de abastecimento e esgotamento tais como a SAMAE e SAAE. Destas últimas, destaca-se que seus poços servem ao abastecimento público dos municípios de Jaguapitã, Prado Ferreira, Alvorada do Sul, Sertanópolis, Iporã e Jataizinho (vide Anexo A – Tabela A.1).

Todos os parâmetros físicos discutidos a partir deste ponto são indicativos das condições em que se encontra o aquífero Serra Geral no âmbito do recorte espacial proposto neste trabalho. Estas condições podem indicar o estado geral das condições físico-químicas do aquífero em questão e estão longe de serem conclusivas, pois seriam necessários estudos mais aprofundados acerca da questão. No entanto, ao mesmo tempo, estas condições gerais podem produzir indícios que levem demais pesquisadores à realização de estudos com maior poder de averiguação acerca de algumas anomalias (positivas e negativas) acerca do meio estudo, algo que foge ao escopo deste trabalho. Ainda assim, algumas considerações foram feitas a partir dos dados levantados.

Cabe ressaltar que a amostragem ocorrera em uma época seca (julho e agosto), onde há menor ingresso das águas pluviométricas no sistema aquífero, a

consequência é que havendo menor ingresso destas águas, há também uma menor dissolução dos sais encontrados na água subterrânea e, portanto, existe uma maior concentração dos sais (ionizados) no meio aquoso. Disto deriva que a coleta se deu em um período em que há maior concentração dos elementos presentes nas amostras de água coletada. Em função da impossibilidade de realização da amostragem durante todo ano (estação seca e úmida), os valores dizem respeito a tão somente o período seco, em que há maior concentração dos íons dissolvidos na água subterrânea.

Outro fato importante diz respeito ao equipamento utilizado. Por meio do Horiba, um analisador multi-parâmetros de qualidade da água, tem-se a facilidade da realização da leitura *in situ* dos parâmetros físicos encontrados nas amostras de água logo após sua coleta junto aos poços visitados. Porém, esta facilidade oculta o fato de que uma análise múltipla pode não ser tão precisa quanto uma análise individual de cada parâmetro, o que pode resultar em valores imprecisos acerca dos parâmetros destacados, tais como temperatura, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e turbidez. Ainda assim, como indícios da qualidade das amostras de água recolhidas, as leituras do Horiba permitem algumas considerações acerca do estado geral (aproximado) das águas do aquífero Serra Geral circunscritas ao recorte espacial e temporal estudado neste trabalho.

Conforme tabela B.2 (Anexo A) os valores encontrados nas amostras no momento em que as coletas haviam sido realizadas, em que pese, são apresentados os valores de temperatura, pH, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e turbidez. Em linhas gerais, é possível observar que dentre os 69 pontos de amostragem, a variação entre o menor e o maior valor apresentado por cada variável, respectivamente foi: temperatura (15,23° a 35,72° C), pH (6,20 a 10,34), condutividade elétrica (0,012 a 0,430 mS/cm), oxigênio dissolvido (3,78 a 36,54 mg/L) e turbidez (0,00 a 457,00 NTU). A partir do conteúdo dessa tabela, foram produzidos mapas de distribuição espacial destas variáveis (Figuras 11 a 15) e realizada uma análise específica das possíveis causas para a distribuição destes parâmetros pela área do recorte espacial estudado.

Condutividade Elétrica

Os sais dissolvidos e ionizados presentes na água transformam-na num eletrólito capaz de conduzir a corrente elétrica. Como há uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica, podemos estimar o teor de sais pela medida de condutividade de uma água. A medida é feita através de condutivímetro e a

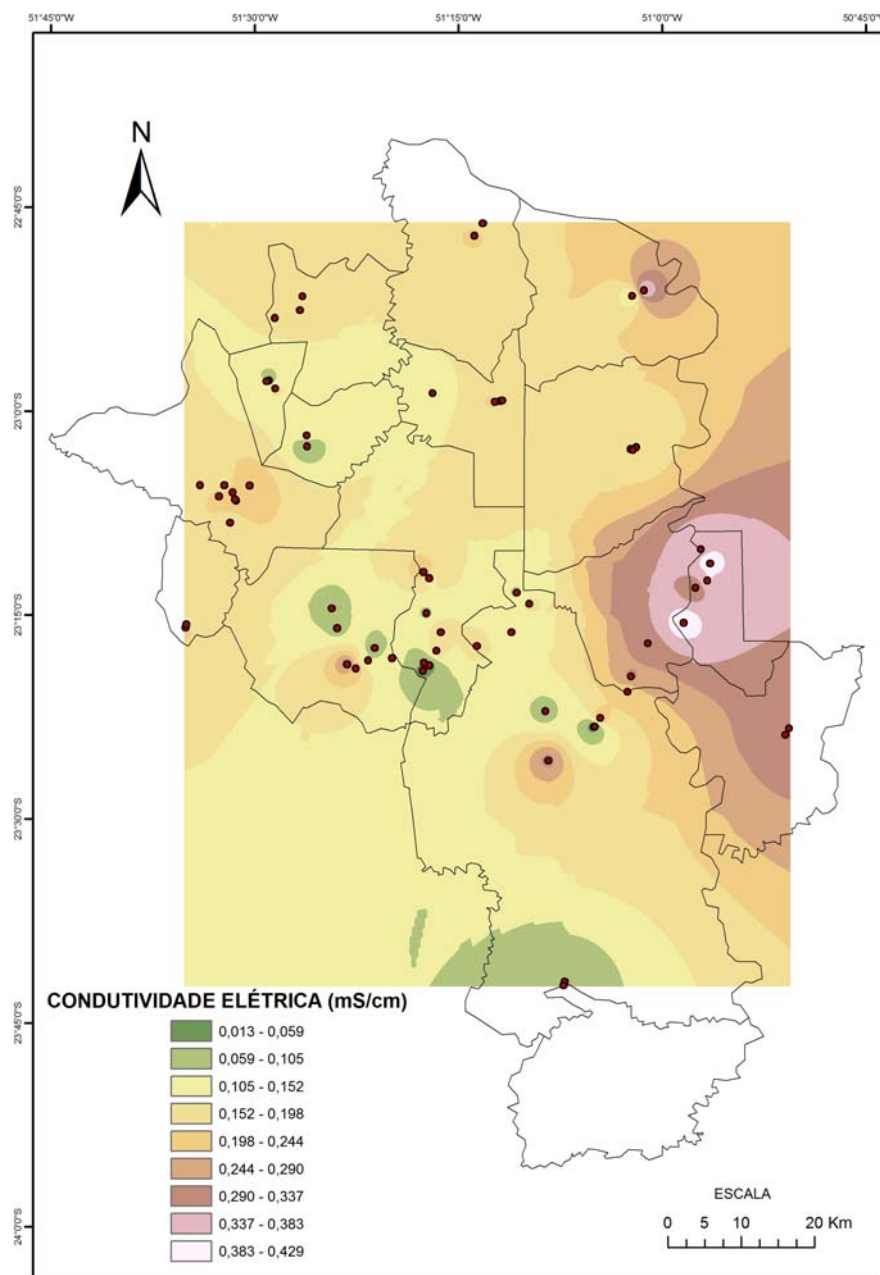
unidade usada é o MHO (inverso de OHM, unidade de resistência). Como a condutividade aumenta com a temperatura, usa-se 25°C como temperatura padrão, sendo necessário fazer a correção da medida em função da temperatura se o condutivímetro não o fizer automaticamente. Para as águas subterrâneas as medidas de condutividade são dadas em microMHO/cm.

A figura 11 a seguir, apresenta a distribuição espacial dos valores de condutividade elétrica encontrados nas amostras coletadas durante o período em que ocorreram os levantamentos de campo. Os valores variam de 0,013 a 0,429 mS/cm. Pode-se por meio deste mapa que existe uma heterogeneidade bastante expressiva na distribuição espacial das variáveis, o que suscita algumas considerações.

Verifica-se um aumento nos valores de condutividade elétrica (róseo) em direção à porção Leste da área de estudo, encaminhando-se rumo aos municípios de Ibiporã, Assaí e Jataizinho, que apresenta-se como a zona central desta alta concentração nos valores levantados. Focos menores de alta concentração foram encontrados também nos municípios de Primeiro de Maio (porção Nordeste), Londrina (porção Central) e Rolândia (porção Sul). Opostamente, os focos de menores valores (verde) para condutividade elétrica situam-se nos municípios de Miraselva, Prado Ferreira, Rolândia, Londrina e Tamarana.

É importante ressaltar que a condutividade elétrica de um meio aquoso esta atrelada à quantidade de sais dissolvidos no mesmo, assim, conforme a variação na concentração dos sais dissolvidos existe uma conseqüente variação nos valores de condutividade elétrica encontrados para um grupo de amostras daquele meio. Isto deriva da idéia de que a condutividade elétrica é a medida da aptidão da água em conduzir corrente elétrica e que, para tal, existe a necessidade de uma quantidade relevante de íons (cátions e ânions) para que ocorra a condução elétrica em meio aquoso.

Figura 15 - Espacialização dos valores de condutividade elétrica da água do SASG na 17^a RSL.



Org.: ALIEVI, A. A., 2011.

Fonte. Coleta *in situ* analisada por HORIBA, 2011.

Conforme destacado anteriormente na metodologia de trabalho, a amostragem dos poços ocorrera entre os meses de julho e agosto do ano de 2011, período este em que há maior concentração de sais na água subterrânea devido ao pouco ingresso da água (pluviométrica) de recarga no aquífero que viria a diluir os sais da solução desta manancial subterrâneo. Sendo então a condutividade elétrica proporcional ao teor sólidos dissolvidos (íons), no período das coletas os valores encontrados podem ser considerados os valores

máximos que poderiam ser encontrados para tais amostras, cabendo a variação dos valores de CE à variação espacial de suas distribuições no recorte espacial estudado.

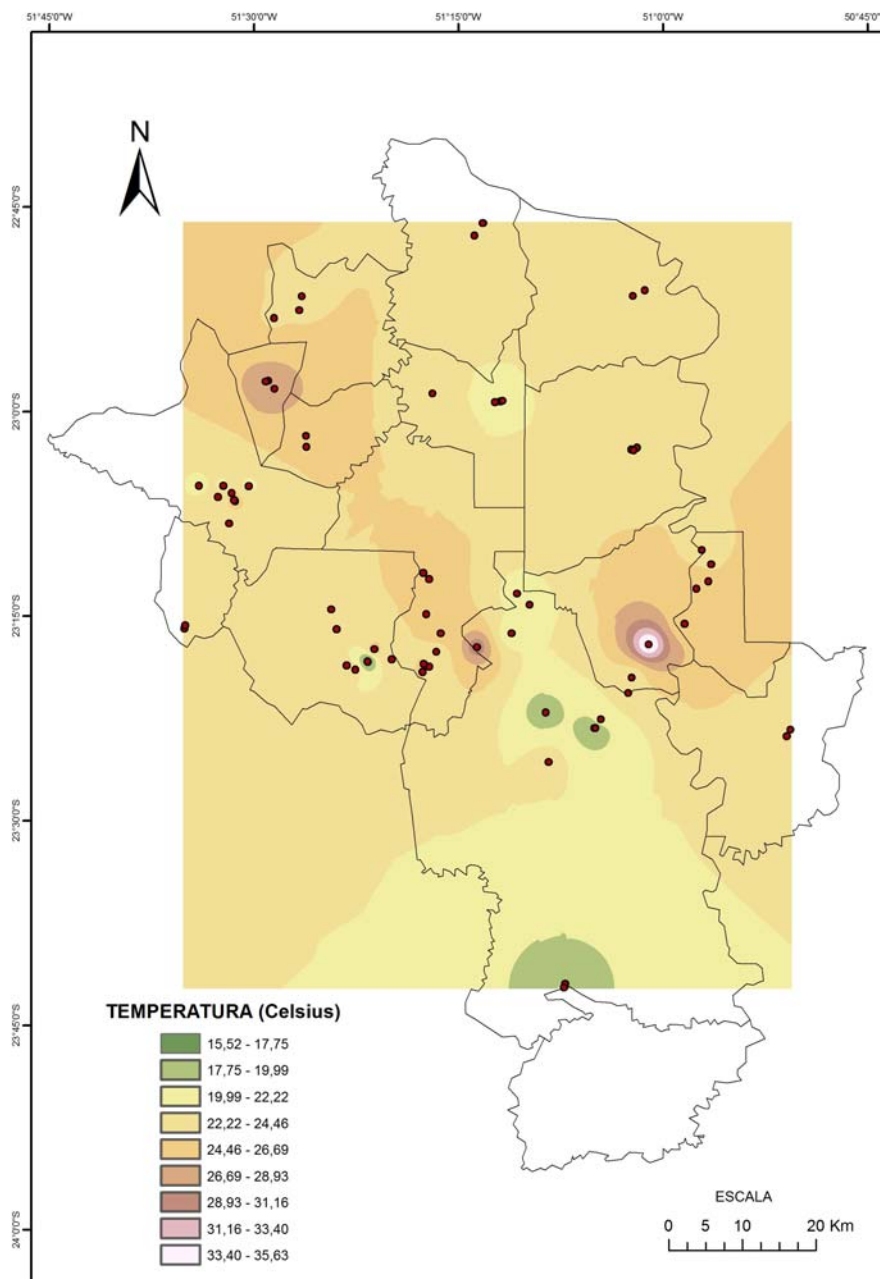
Temperatura

As águas subterrâneas têm uma amplitude térmica pequena, isto é, sua temperatura não é influenciada pelas mudanças da temperatura atmosférica. Exceções são os aquíferos freáticos pouco profundos. Em profundidades maiores a temperatura da água é influenciada pelo grau geotérmico local (em média 1°C a cada 30 m) (ANA, 2002). Ou seja, nos aquíferos pouco profundos a temperatura é influenciada pelas variações diárias da temperatura ambiente, enquanto que nos aquíferos mais profundos o gradiente geotérmico determina a temperatura da água.

Na área do recorte espacial foram identificados 4 poços em que a temperatura da água era menor do que 20°C (média geral de 25°C). Estes poços, conforme demonstrado na figura 12, situam-se majoritariamente nos municípios de Londrina e Tamarana bem como no município de Rolândia, neste último, como descrito anteriormente, a água coletada era resfriada no local (Posto Caviúna). Opostamente, as amostras de água dos poços encontrados nos municípios de Ibiporã, Miraselva e Londrina (1 poço – Laboratório de Produção de Medicamentos – UEL) apresentaram os maiores valores de temperatura, acima da média geral de 25°C.

Acerca do poço amostrado em Ibiporã é preciso ressaltar que o mesmo extrai água do aquífero Guarani, que devido sua composição e localização (abaixo do aquífero Serra Geral) é notadamente mais profundo e suscetível à influencia do gradiente geotérmico posto que a água é explotada a uma profundidade de 585 metros e, em função disto, a temperatura da água medida no momento da coleta foi de 35,6°C.

Figura 16 - Espacialização dos valores de temperatura da água do SASG na 17ª RSL.



Org. ALIEVI, A. A., 2011.

Fonte: Coleta *in situ* analisada por HORIBA, 2011.

Oxigênio Dissolvido

Segundo ANA (2002), o oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção do equilíbrio no ambiente aquático. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do OD nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução de sua concentração no meio. Nas águas subterrâneas pode estar em pequena quantidade, já que

maior parte do ar dissolvido é consumido na oxidação da matéria orgânica durante a percolação da água na zona de aeração.

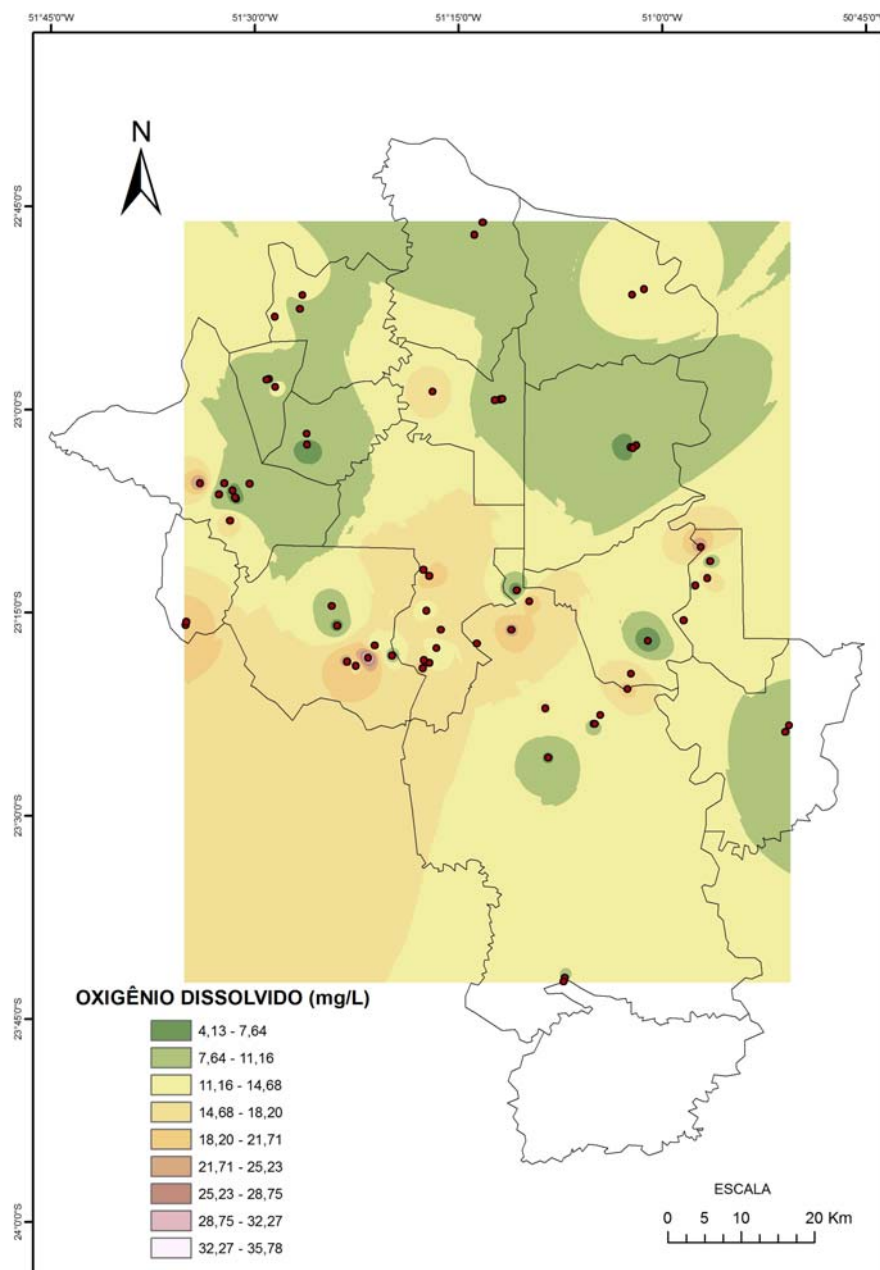
Valores anormais encontrados nestes poços, principalmente no de Jaguapitã (Água das Pedras), podem ser indicativos de atividade bacteriológica ligada ao processo de nitrificação, porém, não há maiores indícios que corroborem com esta afirmação.

Conforme ANA (2002), a quantidade de minerais ou a presença de elevadas concentrações de sais dissolvidos na água em decorrência de atividades potencialmente poluidoras podem, mesmo que em pequena intensidade, influenciar o teor de OD na água. Considerando que entre estas atividades poluidoras estão as praticas agrícolas mal realizadas, a anomalia encontrada em Jaguapitã pode vir a ser causada pelo maior teor de sais dissolvidos decorrentes de fertilizantes e/ou agrotóxicos utilizados na naquela área ou proximidades.

Em geral, os valores encontrados demonstram uma variabilidade que vai dos 4,13 aos 25,23 mg/L (figura 13). Apesar das anomalias encontradas no poço da zona rural de Jaguapitã e no poço da zona urbana de Rolândia, a distribuição espacial das variáveis revela que as menores quantidades de oxigênio dissolvido ocorrem nas amostras de poços com maior profundidade como é o caso dos poços encontrados em Ibiporã (lembrando que o mesmo extrai água do aquífero Guarani), em Sertanópolis e Prado Ferreira.

De qualquer forma, nas poucas áreas de anomalias, bem como nas suas proximidades, faz-se necessário o cuidado em relação às tubulações utilizadas, principalmente se as mesmas foram de aço ou ferro visto que as mesmas são mais suscetíveis à corrosão provocada pela ação do oxigênio.

Figura 17 - Espacialização dos valores de oxigênio dissolvido da água do SASG na 17ª RSL



Org. ALIEVI, A. A., 2011.

Fonte: Coleta *in situ* analisada por HORIBA, 2011.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

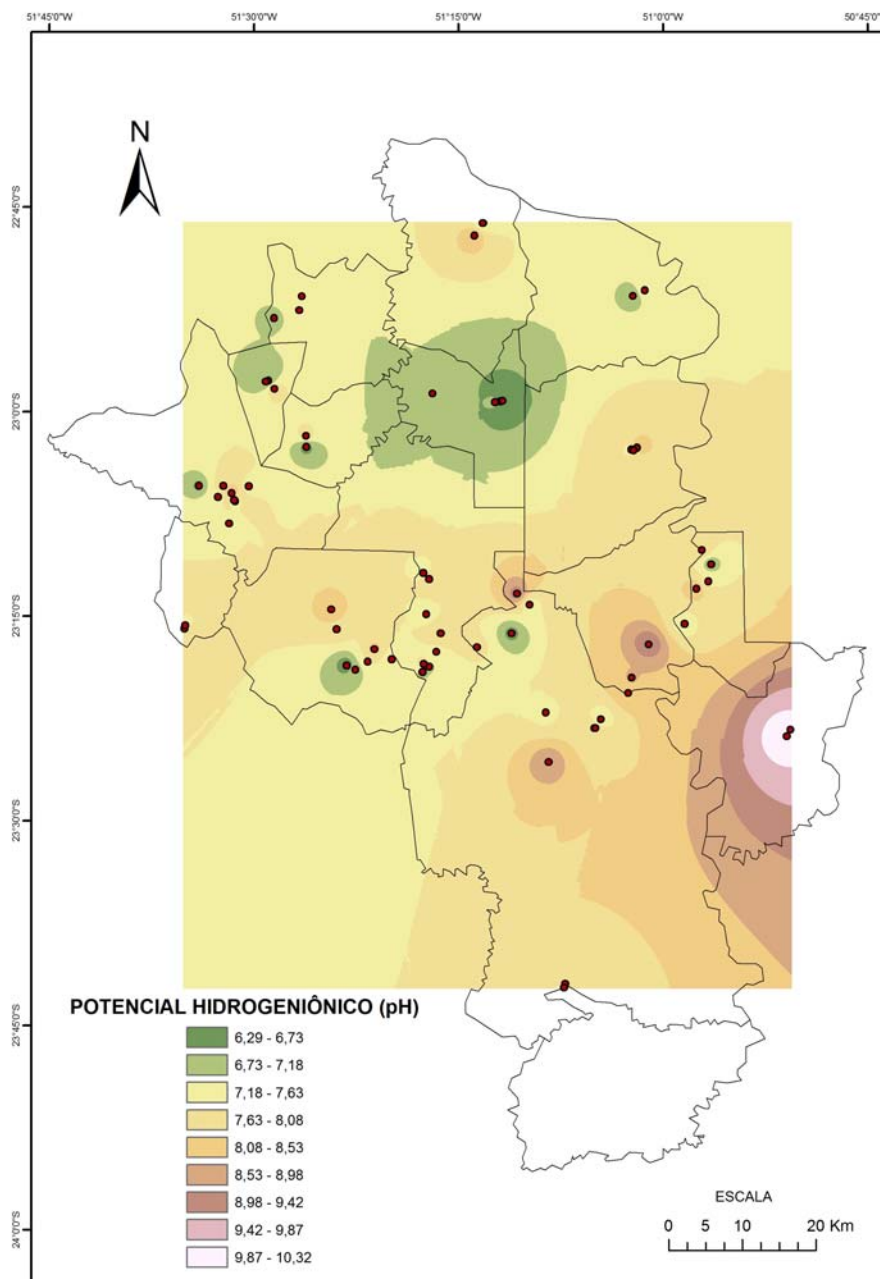
Segundo Santos (1997, p. 90), o pH ou potencial hidrogeniônico é a medida da concentração hidrogeniônica da água ou solução, sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre íons presentes.

Na água quimicamente pura os íons H^+ estão em equilíbrio com os íons OH^- e seu pH é neutro, ou seja, igual a 7. Os principais fatores que determinam o pH da água são o gás carbônico dissolvido e a alcalinidade. O pH das águas subterrâneas varia geralmente entre 5,5 e 8,5 (ANA, 2002, p. 34).

Na área de estudo (figura 14) verificou-se que existem algumas zonas em que o nível de pH nas amostras ultrapassara o valor de 8,5, principalmente em direção à porção Leste do recorte espacial, especificamente em direção ao município de Assaí, onde foram encontradas as maiores leitura de pH, dadas pelas amostras dos poços locados na SAMA (pH – 9,90) e na Chácara Seo Nelson (pH – 10,34). Não é possível, a partir somente dos dados existentes, identificar as causas para esta distribuição espacial do pH pela área de estudo, mas, a diferença nos valores pode ser indicativo da mudança na composição química da água subterrânea no contexto regional.

Segundo consta no sítio Química e Meio Ambiente (disponível em: <https://sites.google.com/site/profpedrofarias/home>), é importante que se conheça a acidez de alguns sistemas, por exemplo nos cultivos agrícolas, piscicultura e na sobrevivência humana. Valores de pH muito baixo, tornam o solo improdutivo. Para corrigir a acidez, geralmente o agricultor utiliza um sistema chamado de calagem do terreno, que é simplesmente a mistura da cal viva (óxido de cálcio) com a terra e desta forma eleva o pH para 7. Para saúde humana as diferenças de pH presentes nas diferentes amostras não traz maiores problemas.

Figura 18 - Espacialização dos valores de pH da água do SASG na 17ª RSL



Org. ALIEVI, A. A., 2011.

Fonte: Coleta *in situ* analisada por HORIBA, 2011.

Turbidez

Dentre os parâmetros físicos que caracterizam de forma geral as águas do aquífero Serra Geral no âmbito do recorte espacial estudado, a turbidez foi a que apresentou a maior disparidade nos valores, tanto no sentido da amplitude dos mesmos quanto dos altos valores encontrados.

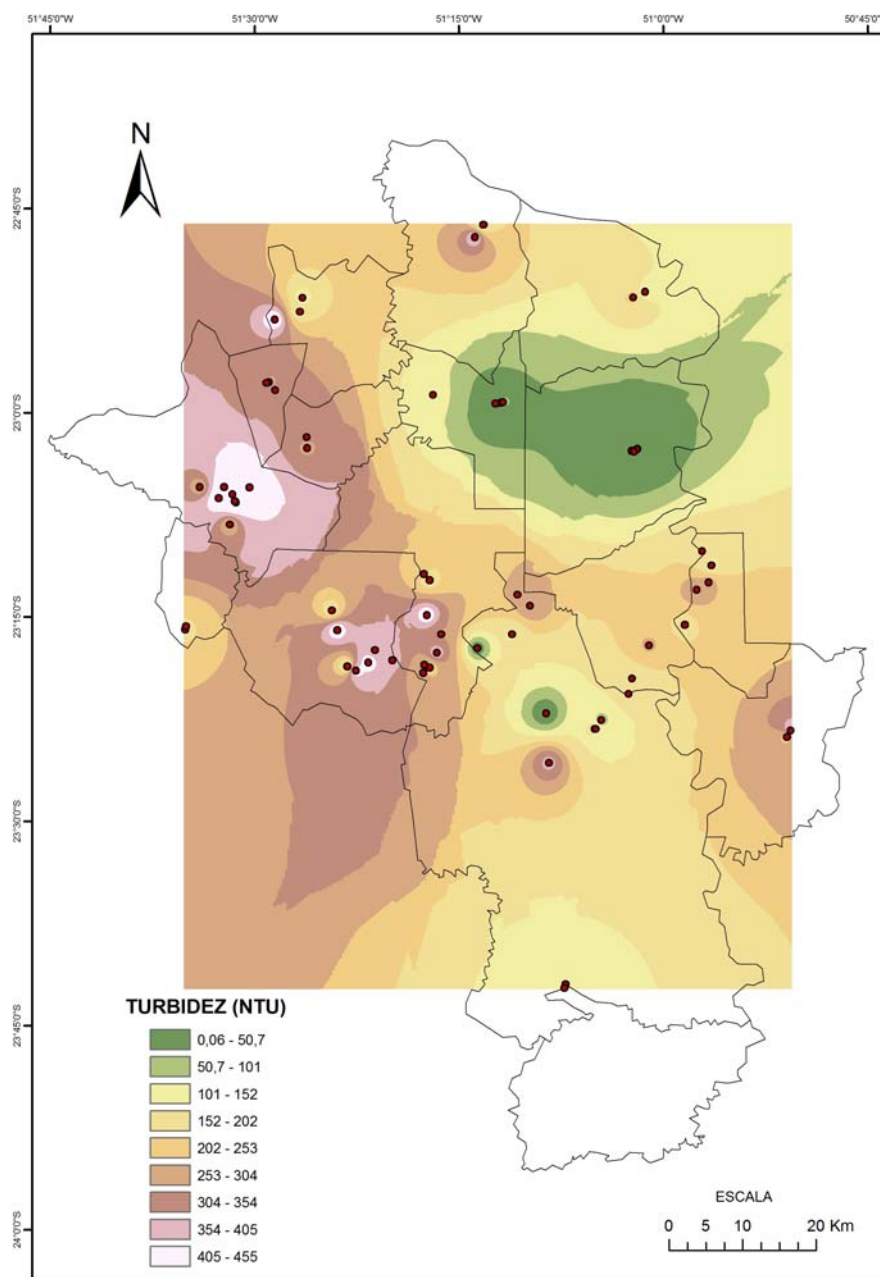
Segundo ANA (2002), a turbidez é a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar uma certa quantidade de água. A turbidez é causada por matérias sólidas em suspensão (silte, argila, colóides, matéria orgânica, etc.). A turbidez é medida através do turbidímetro (encontrado no Horiba) e os valores são expressos em Unidade Nefelométrica de Turbidez (UNT). A cor da água interfere negativamente na medida da turbidez devido à sua propriedade de absorver luz .

Observando-se a figura 14 verifica-se uma série de áreas de anomalias negativas no que tange aos altos valores de turbidez encontrados nas amostras. A mais significativa das mesmas encontra-se no município de Jaguapitã seguida de Rolândia e Cambe. Esparsamente, outras ocorrências relativamente significativas dão-se na porção Oeste do município de Florestópolis, na área central de Alvorada do Sul, nas porções Norte e Central do município de Londrina, na porção Noroeste de Jataizinho e porção Central do município de Assaí.

Segundo consta, as águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas devido ao excesso de turbidez. Em alguns casos, águas ricas em íons Fe (ferro), podem apresentar uma elevação de sua turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar (ANA, 2002). No entanto, os valores levantados obtiveram um alcance que vai dos 0,06 NTU aos 455 NTU, uma variação muito ampla e com altos valores em seu decurso.

Considerando as quantidades de íons de ferro encontradas nas amostras, é possível que o mesmo tenha afetado de forma preponderante os valores de turbidez encontrados nestas mesmas amostras. Há também a questão da presença de sujeira na tubulação, entretanto, conforme procedimento adotado no momento das coletas esperou-se o escoamento inicial da água por alguns minutos justamente para evitar a coleta de água acumulada na tubulação e que poderia apresentar leituras de turbidez anômalas. Ainda assim, os valores de turbidez demonstraram-se bastante altos para os padrões de água subterrânea.

Figura 19 - Espacialização dos valores de turbidez da água do SASG na 17ª RSL.



Org. ALIEVI, A. A., 2011.

Fonte: Coleta *in situ* analisada por HORIBA, 2011.

5.2 ANÁLISE ESPACIAL DAS DISTRIBUIÇÕES DAS CONCENTRAÇÕES HIDROGEOQUÍMICAS

Neste ponto encontram-se as análises espaciais acerca dos teores dos elementos químicos elencados, tais como o Al, Cd, P, Cr, Ba, Zn, Pb, Ni, Mn, Fe, Co, Cu, Si, MG, Ca, Sr, Na e K. Além desta análise da distribuição espacial dos teores, baseando-se nas considerações de Licht (2001) acerca da ocorrência de zonas de anomalias positivas e

negativas em áreas de estudo, tentativamente procurar-se-á correlacionar as ocorrências de anomalias geoquímicas aos óbitos por doenças causadas pela ingestão demasiada ou insuficiente dos elementos químicos destacados a pouco.

Assim, por meio destas correlações será possível demonstrar indícios de áreas de risco em função de teores anômalos e perigosos que podem promover agravos à saúde da coletividade inserida na área do recorte espacial, em que pese, da 17ª Regional de Saúde. Para tanto, serão comparados os teores para cada elemento químico aos valores máximos permitidos (VMP) previstos na resolução n.º 396/08 do CONAMA para cada elemento nas águas subterrâneas e, quando da ausência deste VMP, naquela resolução, para algum elemento, buscar-se-á os valores orientadores para solo e água subterrânea preconizados pela CETESB (São Paulo).

A partir dos dados destacados na tabela A.3 (Anexo A), em linhas gerais, verifica-se que os constituintes com teores detectados pelo ICP-AES nas amostras de poços da área de estudo foram, em ordem decrescente: Sódio (Na – 1.100 a 66.500 µg/L); Cálcio (Ca – 630 a 48.201 µg/L); Silício (Si – 1.403 a 32.548 µg/L); Magnésio (Mg – 53 a 18.594 µg/L); Potássio (K – 170 a 7.900 µg/L); Zinco (Zn – 0 a 397 µg/L); Estrôncio (Sr – 2 a 356 µg/L); Bário (Ba – 0 a 229 µg/L); Fósforo (P – 0 a 177 µg/L); Ferro (Fe – 3 a 110 µg/L); Cobre (Cu 0 a 76 µg/L); Manganês (Mn – 0 a 5 µg/L) e Cromo (Cr – 0 a 4 µg/L). O que diz respeito ao alumínio (Al) e o Cádmio (Cd), os mesmos ocorreram respectivamente na ordem de 44 µg/L no poço número 1 na cidade de Ibiporã e 68 µg/L no poço número 1 da cidade de Bela Vista do Paraíso, não sendo esses elementos detectados nas demais amostras. Ainda é possível observar que não foram detectados nos poços amostrados (teores, se existentes, menores que os limites de detecção) o chumbo (Pb 5 µg/L), o níquel (Ni 3 µg/L) e o cobalto (Co 2 µg/L). Observada a ocorrência de cada um no conjunto das amostras, verifica-se que a presença dos elementos variou muito de um poço para outro, ora sendo detectada em todos os 69 pontos de coleta como no caso do Ferro, Silício, Magnésio, Cálcio, Estrôncio, Sódio e Potássio, ora apresentando níveis de detecção em apenas parte dos poços amostrados, como no caso do Cromo, do Manganês e do Cobre.

Por se tratar de amostragens de diferentes pontos de coleta e do nível de presença de dezoito elementos em cada ponto, optou-se por espacializar os números da referida tabela na forma de mapas de distribuição espacial dos teores (Figuras 16 a 28) e assim proceder com a análise dos mesmos, buscando, apontar possíveis correlações com os óbitos apresentados na tabela A.4 (Anexo A), acerca das seguintes doenças: neoplasias (tumores); endócrinas nutricionais e metabólicas; transtornos mentais e comportamentais; o

sistema nervoso; do aparelho circulatório; do aparelho respiratório; do aparelho digestivo e do aparelho geniturinário. Esta tabela (vide Anexo A – Tabela A.4) foi elaborada a partir do cálculo da proporção de número total de habitantes x número total de determinada doença por município, pois caso contrário, municípios como Londrina e Cambé, por exemplo, sempre apresentariam maior ocorrência considerando-se somente a quantidade de óbitos, o que reduziria a análise a somente este fato.

Alumínio (Al)

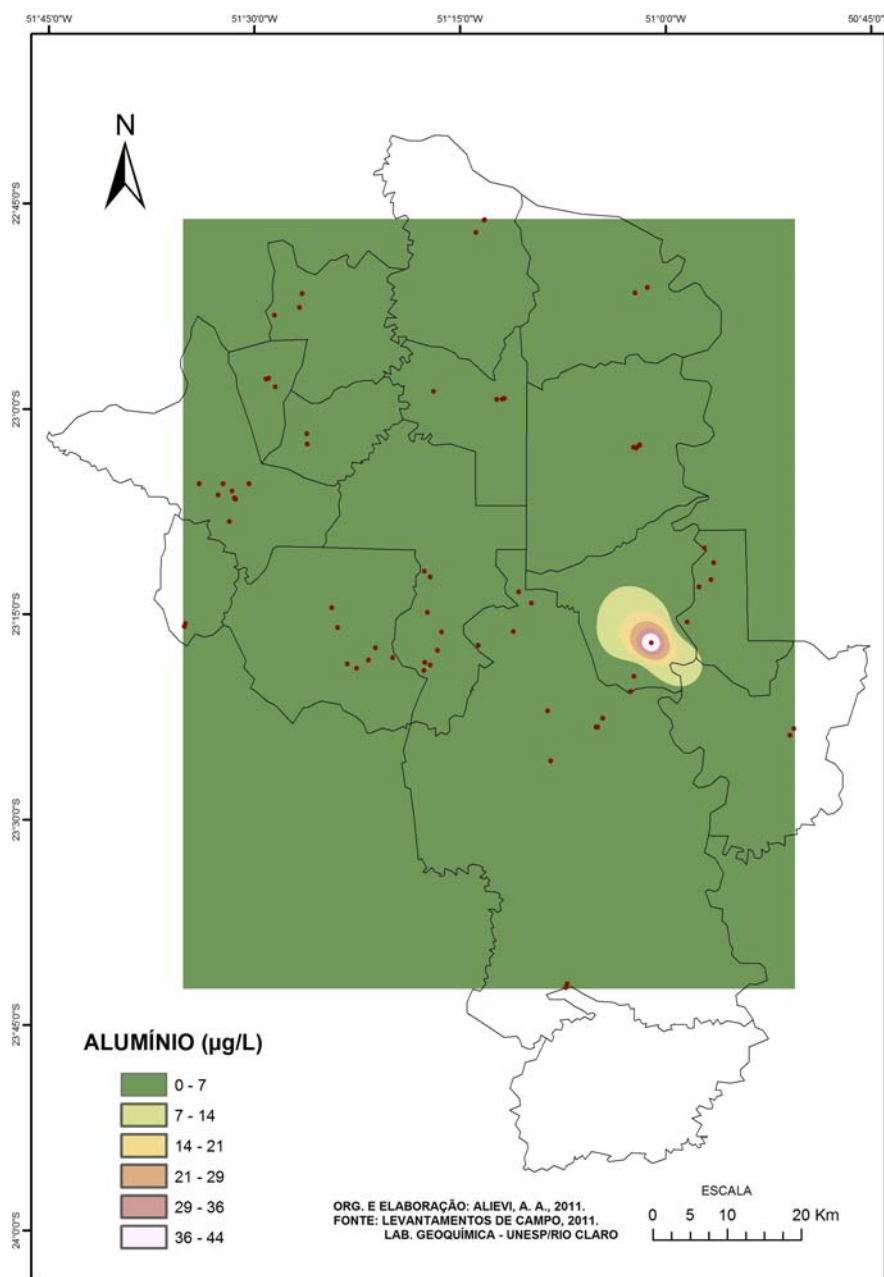
Segundo Cortecci (2006, p. 27), a alumínio (Al) não é elemento essencial para o homem, apesar de sua abundância na crosta terrestre e em todo o sistema solar. Com referência à saúde humana, a ingestão de hidróxido de alumínio por via oral, como antiácido, pode diminuir significativamente a assimilação de fosfato e de flúor, causando hipofosfatemia e desmineralização de ossos.

O teor de alumínio nas amostras coletadas apresentou valores muito abaixo do que o equipamento de medição (ICP-AES) conseguira detectar, visto que o limite de detecção do aparelho para este elemento químico é de 0,006 mg/L. Em função disto, teores abaixo deste limite de detecção não foram computados nos resultados.

Assim, a única amostra em que fora detectada uma concentração acima do limite detectável pelo equipamento havia sido aquela coletada junto ao poço que extrai água do Aquífero Guarani no município de Ibiporã (figura 16). Neste, a concentração de alumínio alcançou o valor de 44 µg/L (0,044 mg/L). Considerando os valores máximos permitidos (VMP) destacados pela resolução nº 396/2008 da CONAMA relativos ao consumo humano, o máximo de concentração de alumínio permitida é de 200 µg/L, cerca de 4,5 vezes mais do que o valor encontrado na amostra de Ibiporã.

Por se tratar de um poço que extrai água subterrânea do aquífero Guarani, que não é objeto de estudo deste trabalho, não observa-se necessidade de maiores esclarecimentos visto que analisar esta amostra de forma minuciosa foge ao escopo deste trabalho.

Figura 20 - Concentração de Alumínio (Al) da água do SASG na 17ª RSL.



Fonte: Coletas *in situ* e medição por ICP-AES (UNESP/Rio Claro).

Bário (Ba)

Segundo ANA (2002), o Bário é um elemento raro nas águas naturais, em teores de 0,0007 a 0,9 mg/L. As principais fontes naturais são o intemperismo e erosão de depósitos naturais, normalmente veios, onde ocorre na forma de barita (Ba SO_4), ou feldspatos ricos em Ba. Porém, a ocorrência do mesmo no ambiente pode provir de atividades humanas, entre as quais “[...] a perfuração de poços, onde é empregado em lamas de

perfuração; produção de pigmentos, fogos de artifício, vidros e defensivos agrícolas” (ANA, 2002).

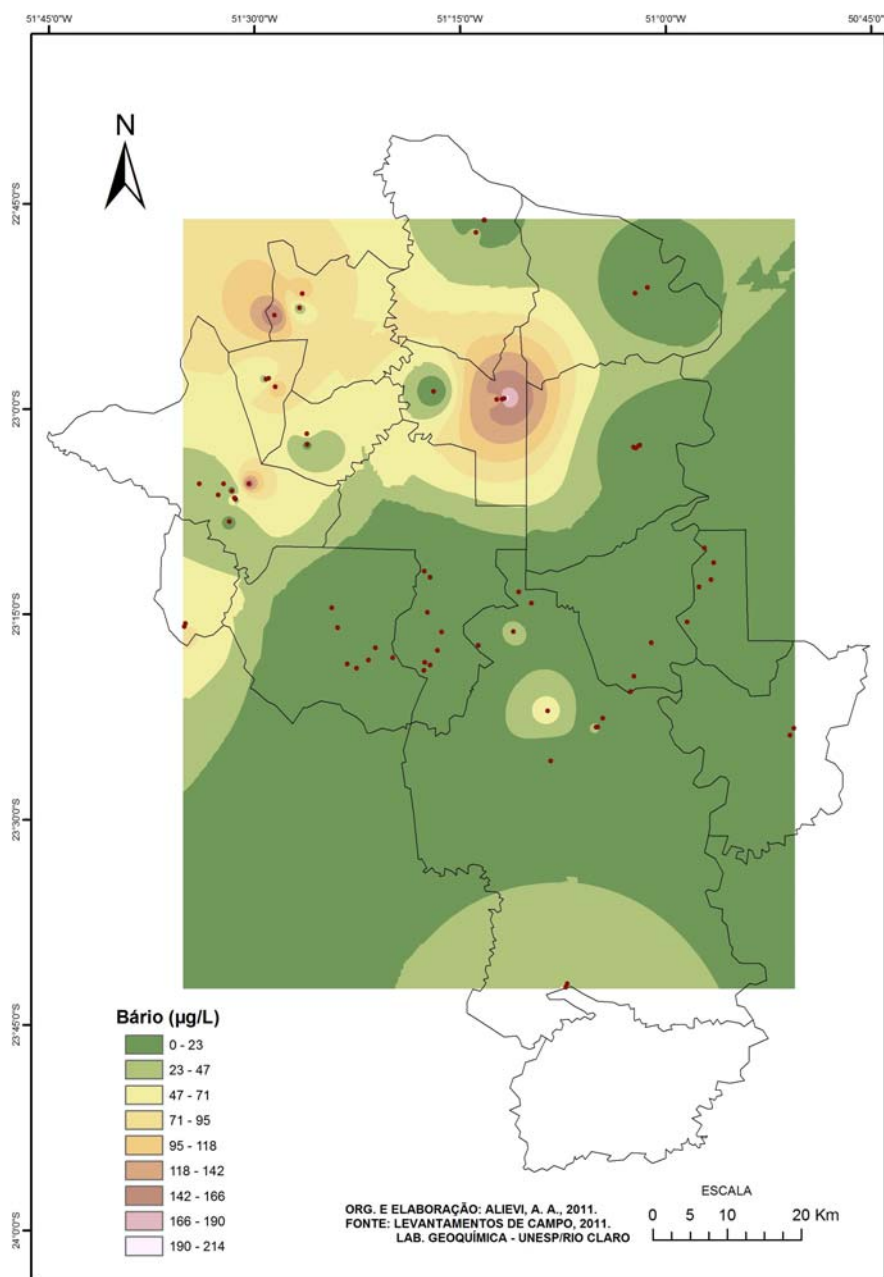
Pela resolução nº 396/2008 da CONAMA, o limite permitido de Ba em águas de abastecimento é de 700 µg/L, valores acima deste comprometem a água e a saúde de quem a consome. Conforme ANA (2002) o bário é um “[...] elemento muito tóxico acima deste teor. Sua ingestão provoca elevação da pressão sanguínea, por vasoconstrição e bloqueio do sistema nervoso”. Na área de estudo (figura 17) pode-se comprovar algumas anomalias positivas e negativas de bário bastante relevantes.

A maior parte da área circunscrita ao recorte espacial apresenta uma concentração de bário que vai do 0 aos 47 µg/L, esta área abrange a totalidade dos municípios que estão estritamente situados sobre a formação rochosa do Serra Geral (porções Central, Nordeste e Sudeste da área de estudo). Exceto pelo poço situado no município de Londrina, bem como pelos poços encontrados em Tamarana, nesta área não se verificaram anomalias positivas de tal elemento, como encontrado no restante da porção Noroeste da área de estudo.

Nesta porção, em direção ao aquífero Caiuá (Noroeste), verificou-se uma maior ocorrência de anomalias positivas, principalmente nos municípios de Jaguapitã, Miraselva, Prado Ferreira, Florestópolis e Bela Vista do Paraíso, onde foram alcançados os maiores valores de concentração de bário para a água coletada em poços destes municípios.

O primeiro aspecto desta distribuição espacial diz respeito à correspondência destas áreas de anomalia positiva com a ocorrência de rochas sedimentares do Grupo Bauru (Formações Santo Anastácio e Vale do Rio do Peixe). Observando-se a figura 17 e correlacionando-a ao mapa geológico, verifica-se que a maior parte dos municípios em que as anomalias positivas ocorreram estão sobre estas rochas da formação Santo Anastácio, como é o caso de Jaguapitã, Miraselva, Prado Ferreira e Florestópolis, bem como acima de rochas do membro Vale Rio do Peixe, no município de Bela Vista do Paraíso.

Figura 21 - Concentração de Bário (Ba) da água do SASG na 17ª RSL.



Fonte: Coletas *in situ* e medição por ICP-AES (UNESP/Rio Claro).

Ainda que os poços em que foram realizadas as coletas extraíam água do Aquífero Serra Geral, existe a possibilidade de que exista certa interconexão entre os aquíferos presentes nas formações rochosas a pouco relacionadas com o Serra Geral, sendo a ocorrência anormal de bário nestas áreas um indicio desta comunicação.

Em estudo realizado por Licht (2001), verificou-se uma grande anomalia positiva de bário na porção Noroeste do Paraná, “[...] coincidente com a área de exposição das rochas sedimentares cretácicas dos grupos Bauru e Caiuá”. Conforme o autor, “[...] Estes

siltitos, arenitos e arenitos conglomeráticos foram depositados em ambiente desértico, com sedimentos químicos associados, o que justificaria a existência da anomalia hidrogeoquímica com teores de até 0,3 mg/L Ba²⁺” (LICHT, 2001, p. 56). Logo, havendo a interconexão entre estes arenitos e o basalto da Formação Serra Geral, é possível que os valores de bário encontrados na água subterrânea do Serra Geral nestas áreas estejam relacionados à esta interconexão.

Ademais, a própria ocorrência de bário em alto teor nestas áreas é provavelmente devido à esta interconexão entre os aquíferos discutidos bem como também às atividades agrícolas praticadas nestas porções, pois, há muitos anos tem-se utilizado (no cultivo de café e algodão) defensivos agrícolas que têm em sua composição o elemento bário³³.

Devido a maior parte dos municípios onde ocorrem as anomalias dispuserem do abastecimento público por meio de poços tubulares, o impacto sobre a saúde da população a partir do consumo da água obtida pode ser significativo visto que a ingestão de doses consideráveis de bário pode ocasionar desde vômitos e diarreias a infarto do miocárdio. Conforme destacado anteriormente, o bário pode provocar aumento na pressão sanguínea e bloqueio do sistema nervoso, assim, a contaminação por bário pode incorrer em enfermidades constantes no grupo das doenças do sistema nervoso (DSN), doenças do aparelho digestivo (DAD) e circulatório (DAC).

A partir dos dados do ano de 2009 para os municípios da 17ª RS, verificou-se que os municípios de Alvorada do Sul/Jataizinho, Bela Vista do Paraíso, Primeiro de Maio e Londrina foram os que apresentaram, respectivamente nesta ordem, os maiores números de óbitos por DSN. No caso das DAD, a sequência fora: Miraselva, Pitangueiras, Florestópolis, Assaí e Jaguapitã. Finalmente, os municípios com a maior quantia de óbitos por DAC foram: Alvorada do Sul, Prado Ferreira, Jataizinho, Miraselva e Bela Vista do Paraíso.

Os municípios de Bela Vista do Paraíso, Florestópolis, Miraselva e Jaguapitã estão mais expostos à zona de anomalia positiva, nestes verificam-se algumas correlações entre esta zona de anomalia positiva e os óbitos pelos 3 grupos de causas (DSN, DAD e DAC). Assim, no município de Bela Vista do Paraíso verifica-se correlação junto aos óbitos por DSN e DAC; no município de Florestópolis a correlação somente ocorre junto aos óbitos por DAD; no município de Miraselva a correlação ocorre junto às DAD e DAC, por

³³ Até a década de 1950, muitos dos defensivos agrícolas eram de origem mineral ou inorgânicos, dentre eles haviam aqueles produzidos a partir de arsenitos de sódio e bário.

fim, no município de Jaguapitã somente ocorre correlação entre a anomalia positiva ali presente e os óbitos por DAD.

Cádmio (Cd)

Conforme Santos (1997), as águas subterrâneas em contato com minerais de chumbo e zinco podem ter teores em torno de 20 µg/L (0,020 mg/L) para cádmio. Para a saúde humana é altamente tóxico, sendo que seu excesso pode provocar hipertensão arterial, anemia, retardamento de crescimento e morte (Santos, 1997, p. 94). Segundo a resolução n.º 396/08 da CONAMA, o teor máximo permitido é de 5 µg/L.

Durante a Segunda Guerra Mundial fora registrado no Japão um caso bastante conhecido de intoxicação por cádmio entre uma população que se alimentara, na época, com comida rica em cádmio. Segundo Cortecci (2006) o caso ocorreu com os habitantes de uma vila situada no vale do rio Zintsu, abaixo de uma mina de chumbo e zinco, que utilizaram a água do rio para consumo e para irrigação dos arrozais.

A relação entre a patologia Itai-Itai e cádmio, o qual ocorre associado com o zinco no mineral esfalerita (ZnS) e com o chumbo no mineral galena (PbS), baseia-se no alto teor de cádmio no sangue, na urina e nos órgãos dos doentes e na grande incidência da doença em rins dos trabalhadores empregados na metalurgia do cádmio (CORTECCI, 2006, p. 24).

Em essência, o cádmio é uma toxina forte e em casos de exposições continuadas podem ocorrer enfisemas pulmonares, perda de olfato, distúrbios vasculares e hipertensão (CORTECCI, 2006, p. 24).

Somente um poço apresentou teor de cádmio suficiente para ser detectado pelo aparelho (ICP-AES) utilizado nas análises químicas, em que pese, o poço situado no Condomínio de Chácaras Salomão, no município de Bela Vista do Paraíso. Nesta área configurou-se uma zona de anomalia positiva, aliás, o teor de cádmio encontrado na amostra deste poço ultrapassou o valor máximo permitido pelo CONAMA visto o valor deparado de 68 µg/L, muito acima do permitido. Ainda que seja apenas a única amostra do poço com tais teores, torna-se necessária uma análise aprofundada desta anomalia.

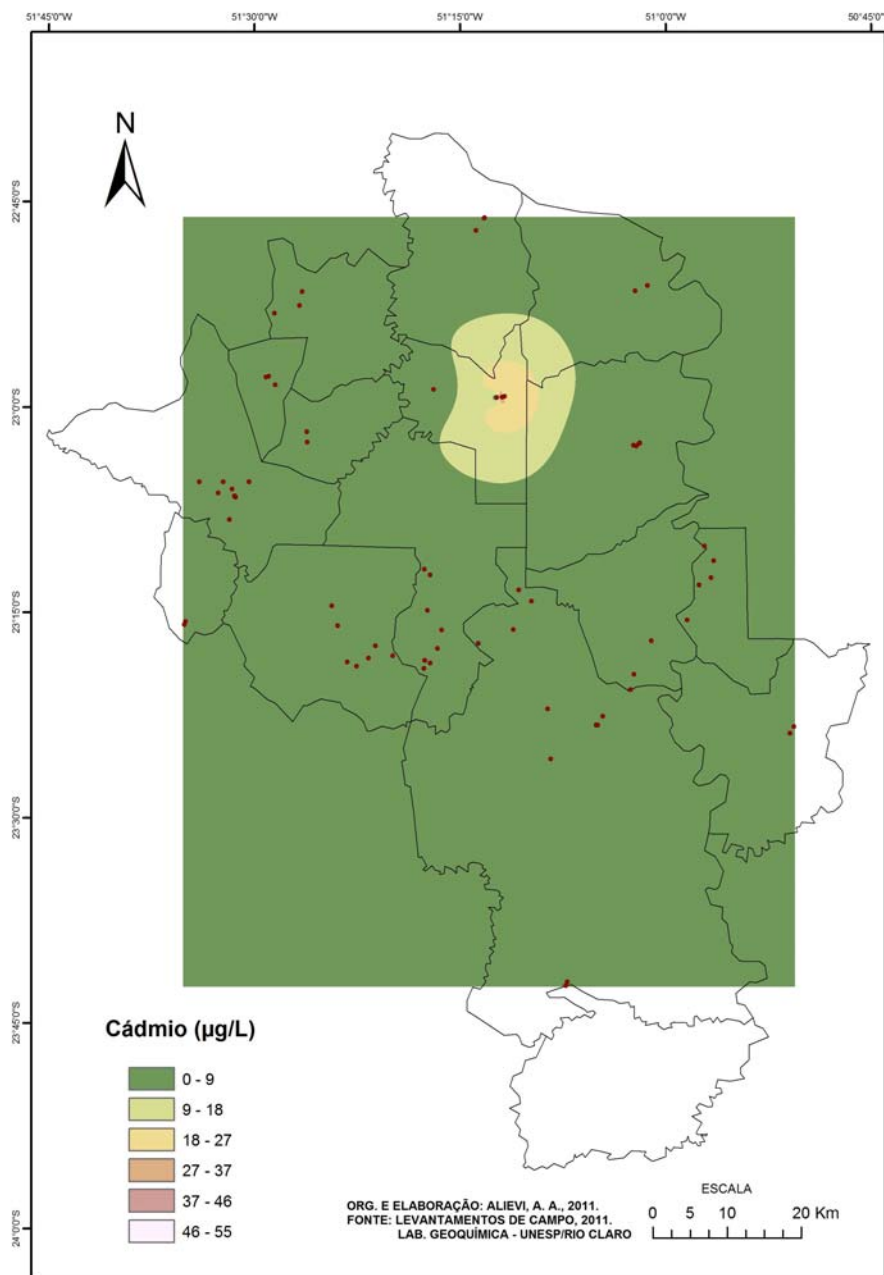
Desta forma, observando-se a figura 18, verifica-se que anomalia positiva corresponde somente ao poço destacado a pouco, assim, não é considerada uma anomalia significativa a ponto de suscitar preocupações maiores (ao nível da regional), no entanto, novas análises deverão ser feitas para a confirmação ou não deste valor e o descarte da possibilidade de uma anomalia de tamanha proporção.

De qualquer forma, pode-se trabalhar com a possibilidade de que tal anomalia positiva possa correlacionar-se a doenças do aparelho circulatório (DAC) dado os problemas de hipertensão arterial provocados pela ingestão de altas doses de cádmio.

Assim, apreciando os dados acerca dos óbitos por DAC, identifica-se que dentre os municípios com as maiores taxas de mortalidade por este grupo de causas encontram-se os municípios de Alvorada do Sul, Prado Ferreira, Jataizinho, Miraselva e finalmente Bela Vista do Paraíso. Exceto por este último, o restante encontra-se em uma ampla área de anomalia negativa (na verdade, não foram registrados quaisquer teores de cádmio nas amostras). Em suma, existe uma correlação significativa entre o pequeno número de óbitos por DAC em Bela Vista do Paraíso e a considerável anomalia positiva presente neste município.

Responsável também por problemas pulmonares, o alto teor de cádmio nas amostras pode ser correlacionado aos óbitos por doenças do aparelho respiratório (DAR) e, neste caso, a correlação é mais significativa pois o município de Bela Vista do Paraíso figura como o segundo em número de óbito para este grupo de causas. Portanto, existe correlação significativa entre óbitos por DAR em Bela Vista do Paraíso e a anomalia positiva (alto teor) manifestada no município.

Figura 22 - Concentração de Cádmio (Cd) da água do SASG na 17ª RSL.



Fonte: Coletas *in situ* e medição por ICP-AES (UNESP/Rio Claro).

Cálcio (Na)

Segundo ANA (2002) o teor de cálcio nas águas subterrâneas varia, de uma forma geral, de 10 a 100 mg/L. As principais fontes de cálcio são os plagioclásios cálcicos, calcita, dolomita, apatita, entre outros, minerais muito comuns em rochas basálticas como as da Formação Serra Geral bem como de rochas sedimentares representadas pela rochas do aquífero Guarani. Conforme autor supracitado, o carbonato de cálcio é muito pouco solúvel em água pura, ocorrendo nas águas na forma de bicarbonato.

A presença significativa de teores de cálcio na área de estudo pode estar relacionada majoritariamente aos basaltos da Formação Serra Geral. Possivelmente, as quantidades de cálcio nesta área estão diretamente relacionadas ao arcabouço químico-mineralógico do aquífero, pois, em concordância a Mocellin & Ferreira (2009, p. 575) refletem a remoção do cálcio dos plagioclásios³⁴ e minerais ferromagnesianos dos basaltos. Tal quantidade de cálcio nas águas subterrâneas do aquífero Serra Geral fez surgir algumas vastas áreas de anomalia positiva no entorno do recorte espacial estudado.

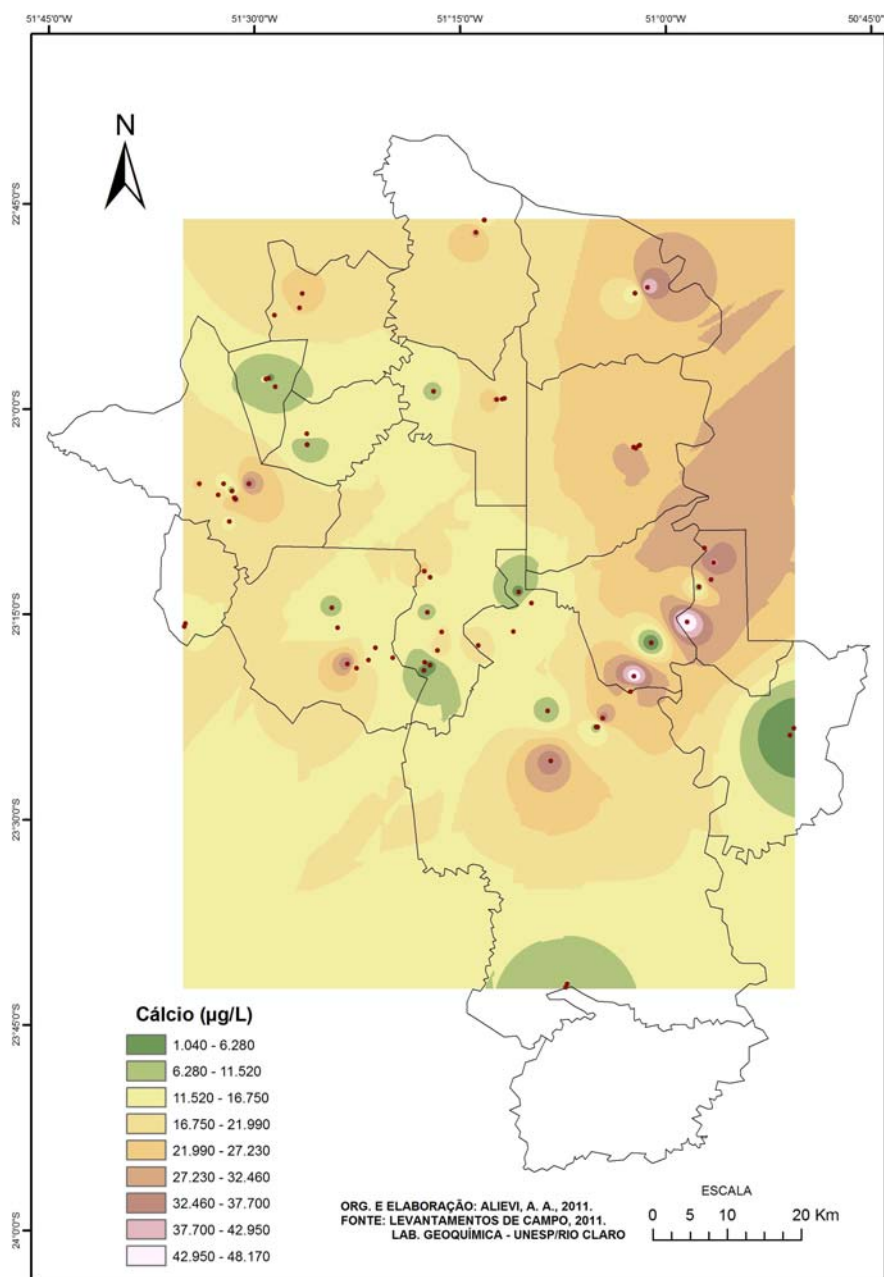
Assim, observa-se, por meio da figura 19, que os pontos de anomalia positiva para os teores de cálcio encontram-se concentrados na porção Leste do recorte espacial. O maior valor encontrado havia sido de 48,2 mg/L para a amostra coletada do poço situado na área central de Jataizinho e pertencente à SAAE local. Valores semelhantes foram encontrados em poços de Ibiporã (SAMA E Pioneiro – 47,6 mg/L) e Primeiro de Maio (Hospital – 43,4 mg/L).

Os menores teores foram encontrados nos municípios de Miraselva, porção Sul de Cambé, algumas partes de Londrina, no poço do aquífero Guarani (SAMA E) em Ibiporã, em Assaí e em uma pequena área de Prado Ferreira, todos como pequenos pontos esparsos no recorte espacial. Em resumo, a maior parte do recorte espacial apresenta zonas de anomalia positiva, principalmente nos municípios de Ibiporã, Jataizinho e Primeiro de Maio. O município de Assaí fora o local onde as amostras apresentaram os menores teores de cálcio (anomalia negativa) do recorte espacial.

Em termos de saúde humana, cabe ressaltar que o cálcio tem a função de manter os ossos saudáveis, além de atuar no mecanismo de coagulação do sangue, controlar os impulsos nervosos e as contrações musculares; Além disso, sua carência provoca raquitismo e osteoporose, enquanto que seu excesso provoca dores musculares, fraqueza, sede, desidratação, enjôo e pedras nos rins (SANTOS, 1997, p. 91). Em alguns estudos assevera-se que doses muito elevadas podem fragilizar os ossos e interferir no metabolismo da vitamina K.

³⁴ Em rochas ígneas o cálcio aparece como constituinte essencial dos silicatos, especialmente aqueles do grupo dos plagioclásios.

Figura 23 - Concentração de Cálcio (Ca) da água do SASG na 17ª RSL.



Fonte: Coletas *in situ* e medição por ICP-AES (UNESP/Rio Claro).

Entretanto, devido inexistência de maiores problemas à saúde humana, não fora possível correlacionar as anomalias positivas aos dados de saúde. Decerto, as áreas de anomalia negativa poderiam ser indicativas de correlação entre a deficiência de cálcio nos indivíduos - e os problemas de saúde oriundos desta carência - junto aos baixos teores de cálcio encontrados nas amostras de água subterrânea, porém, esta correlação seria pouco viável devido a impossibilidade de associação direta entre as variáveis.

Cromo (Cr)

Conforme Cortecci (2006), o cromo (Cr) trivalente é elemento essencial para os homens e os animais, têm função biológica com os complexos organo-metálicos envolvidos na síntese de insulina e no controle dos índices de colesterol e de triglicérides no sangue. Segundo a resolução n.º 396 do CONAMA, o teor máximo permitido nas águas subterrâneas é de 50 ug/L (0,050 mg/L).

Nas águas, o cromo ocorre em solução como Cr (VI), podendo causar deficiências que podem e devem ser combatidas com dietas balanceadas ou por via profilática. O excesso de cromo é tóxico e no caso particular do cromo (VI) pode ser mutagênico a nível celular, com o cromo podendo reagir com o DNA, induzindo erros “de leitura” durante a duplicação da cadeia nucleotídica do ácido nucléico. A exposição a pó de cromo pode ser responsável de patologias de tumores no pulmão.

Segundo Bertolo (et al., 2009), normalmente, a presença de cromo em águas subterrâneas está associada à contaminação de origem antrópica, ligada a atividades como indústrias de metal e de tratamento de madeira, curtumes, mineração e processos de beneficiamento do metal, indústrias de manufaturas de pigmentos, de filmes fotográficos e de inibidores de corrosão, entre outras.

Ao mesmo tempo, após a verificação de que as características regionais da contaminação apontavam para uma possível origem natural, parecia que a anomalia estudada pelos pesquisadores estava associada aos minerais da rocha matriz do aquífero, em que pese, o aquífero Adamantina no município de Urânia (SP), um aquífero formado por sedimentos da Formação Vale do Rio do Peixe³⁵ (Formação Adamantina).

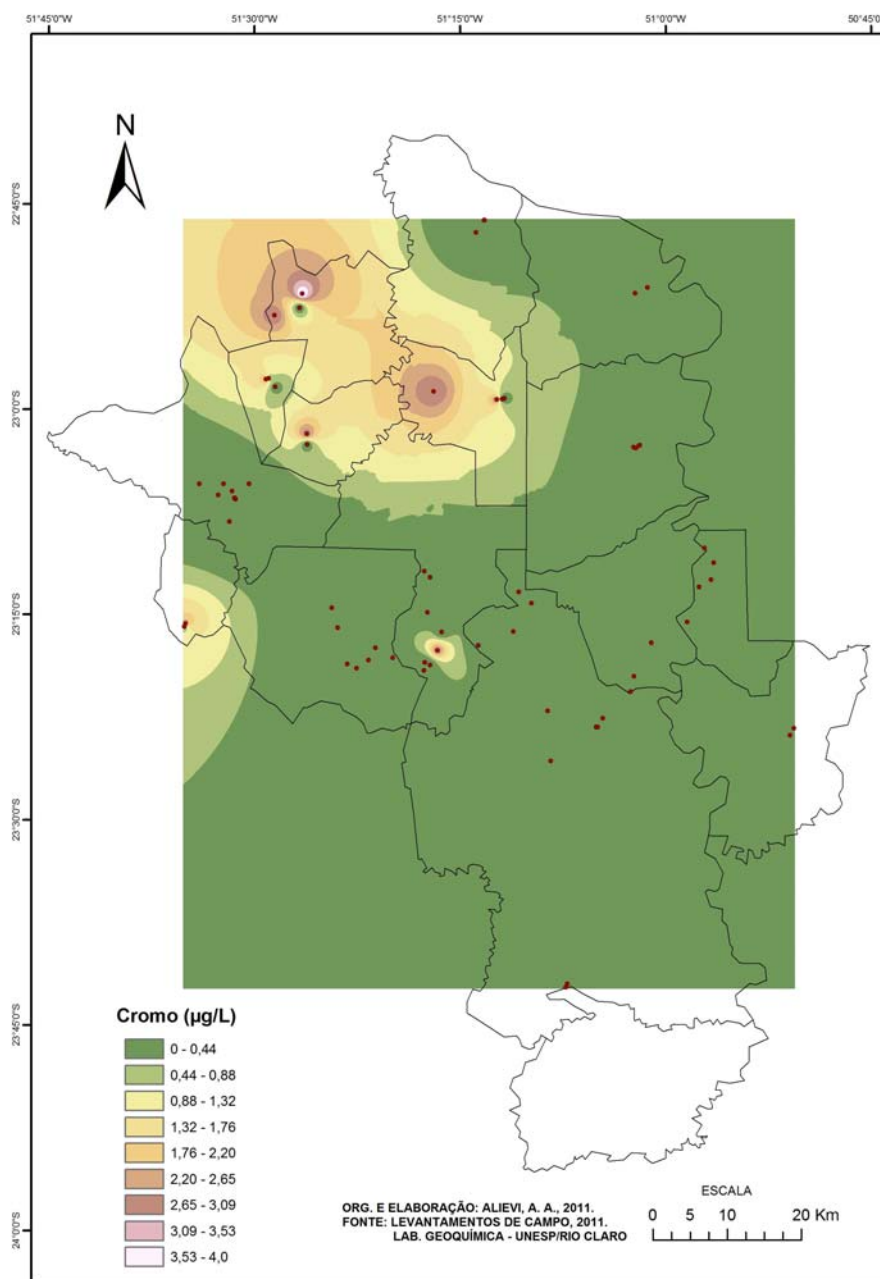
Situação semelhante ocorre no contexto da área de estudo deste trabalho, principalmente na porção Oeste onde se localizam os municípios de Florestópolis, Miraselva, Prado Ferreira (Formação Caiuá) bem como em parte da porção central representada pelo município de Bela Vista do Paraíso (Formação Vale do Rio do Peixe).

Observando-se a figura 20, verifica-se que as áreas de anomalia positiva para cromo estão justapostas à estes municípios. Possivelmente, tal como ocorre na área estudada por Bertolo (et al., 2009), a anomalia de cromo encontrada no recorte espacial (objeto deste estudo) tenha origem natural, produto da dissolução das rochas sedimentares das

³⁵ Segundo os autores, citando Fernandes e Coimbra (2000), o contato inferior da Formação Vale do Rio do Peixe é gradual com a Formação Santo Anastácio ou, conforme ocorre na área de estudo (Urânia-SP), discordante e diretamente sobre os basaltos da Formação Serra Geral.

Formações Santo Anastácio (Miraselva, Prado Ferreira e Florestópolis) e Vale Rio do Peixe (Bela Vista do Paraíso)

Figura 24 - Concentração de Cromo (Cr) da água do SASG na 17ª RSL.



Fonte: Coletas *in situ* e medição por ICP-AES (UNESP/Rio Claro).

A partir disso, tornando-se clara a anomalia positiva na porção Oeste da área de estudo (figura 20), faz-se necessária a busca de correlação da mesma com o agravo à saúde humana comumente atrelado à ingestão de teores anômalos de cromo, ou seja, ao grupo de

causas das doenças do aparelho respiratório (DAR), do qual fazem parte os órgãos mais afetados pelo excesso de cromo no organismo.

Com este intuito, verifica-se que os municípios em que as maiores quantidades de óbitos por DAR foram registradas obedecem à seguinte sequência decrescente: Miraselva, Bela Vista do Paraíso, Jataizinho, Ibiporã e Jaguapitã. Destes, somente os municípios de Miraselva e Bela Vista do Paraíso encontram-se na área de anomalia positiva e, portanto, neles ocorre uma significativa correlação entre os dados levantados.

Ademais, as anomalias positivas registradas em uma pequena área do município de Cambé, bem como no município de Pitangueiras, não apresentam correlação significativa com os óbitos por DAR nestes municípios visto que os mesmos obtiveram baixos índices de mortalidade por este grupo de causas no ano de 2009.

De qualquer forma, atenção maior deve ser dada aos municípios de Miraselva e Prado Ferreira, pois, além da exposição à significativa zona da anomalia positiva, a água subterrânea coletada dos poços destes municípios é utilizada para o abastecimento público da população. No caso de Florestópolis, onde foram registrados os maiores teores de cromo, o cuidado é ainda mais necessário, mesmo porque, o poço em que fora coletada a amostra com o maior teor de cromo ($4 \mu\text{g/L}$) é utilizado pela comunidade do Assentamento Banco da Terra e suas 12 famílias. Ainda assim, os valores pouco se aproximam do limite imposto pelo CONAMA de $50 \mu\text{g/L}$.

Ferro (Fe)

Segundo Behra & Sigg (1990, apud Basílio, 2005) o elemento ferro (Fe), em suas várias espécies, pode ser encontrado em praticamente todos os ambientes geoquímicos do planeta, incluindo-se aí o solo e os sedimentos, as águas superficiais, subterrâneas e até atmosféricas (nuvens, neblinas e chuvas). Basílio (2005, p. 21) afirma ainda que, de um modo geral, o ferro ocorre na rede cristalina de vários minerais ou dissolvido na forma de íons (Fe^{+2} e Fe^{+3}).

Apesar de abundante na natureza, nas águas subterrâneas os teores de ferro normalmente encontrados são de no máximo $0,3 \text{ mg/L}$ e o mesmo ocorre sob diversas formas químicas, frequentemente aparecendo associado ao manganês (SANTOS, 1997, p. 92). O autor destaca ainda que, nas águas subterrâneas, um alto teor de ferro significa que o mesmo possa estar ligado à ocorrência de ferrobacterios ou mesmo à corrosão do revestimento ou filtro do poço.

Essencial à vida e encontrado em praticamente todos os seres vivos, o ferro participa de várias funções dos organismos e, tanto o excesso como a deficiência de ferro podem causar problemas no mesmo. Segundo a literatura médica o excesso de ferro é chamado de hemocromatose enquanto que a sua deficiência é conhecida como anemia.

Tanto a deficiência como o excesso de ferro no ser humano provocam problemas de saúde que enquadram-se no quadro de doenças nutricionais e metabólicas e, mesmo que não provoquem a morte do indivíduo, estes diferentes níveis de ferro no sangue produzem agravos ao metabolismo, ou no mínimo, são indícios para tal. Considerando os grupos de doenças elencados neste trabalho, há possibilidade de correlação dos níveis de ferro na água subterrânea amostrada com os óbitos³⁶ por doenças endócrinas nutricionais e metabólicas (DENM).

Observando-se a figura 21, são encontradas algumas áreas de anomalia positiva que indicam teores mais altos de ferro em suas zonas de atuação. Praticamente, há um espalhamento por todo o recorte espacial e municípios como Jataizinho, Ibiporã, Londrina, Rolândia, Jaguapitã, Bela Vista do Paraíso e Alvorada do Sul, cada qual, apresenta anomalias positivas das mais significativas às pouco relevantes.

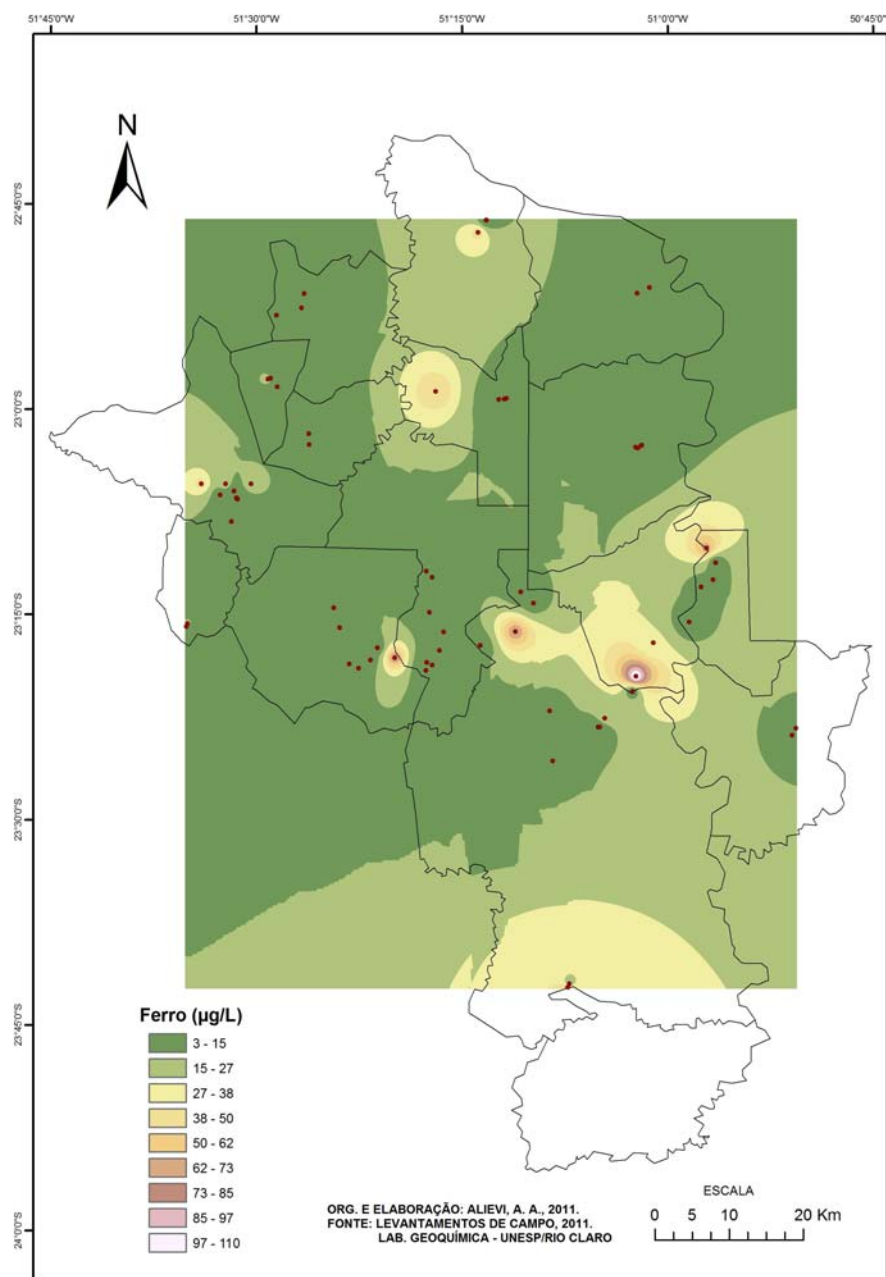
Dentre as anomalias mais significativas destacam-se as encontradas no municípios de Ibiporã, Jataizinho, Londrina e Rolândia. No município de Ibiporã a amostra com o maior teor de ferro encontrado fora coletada do poço da SAMAE nas proximidades da estrada do pioneiros (SAMAE PI) com 110 µg/L. No poço do Posto de Combustíveis Via Sul, em Rolândia, foi encontrado o teor de 76 µg/L.

Por fim, no município de Londrina, a amostra coletada do poço da SINDEMCON (zona urbana) apresentara um teor de 71 µg/L para ferro, enquanto que no município de Jataizinho, junto ao poço Chácara do Taquari fora encontrado um teor de 68 µg/L. Cabe ressaltar que mesmo sendo os teores mais altos dentre o restante observado na regional, os mesmos não ultrapassam o teor máximo de 300 µg/L (0,3 mg/L) permitido pelo CONAMA, não incorrendo assim, em prejuízo maior à saúde da coletividade.

Correlacionando estas ocorrências (anomalias positivas) aos óbitos por DENM percebe-se que a correlação mais significativa se dá junto ao município de Jataizinho posto que este figura como o município com maior quantidade de óbitos por DENM. Seguindo de Jataizinho, o município de Alvorada do Sul também apresenta uma correlação relevante entre os óbitos por DENM e a anomalia positiva em que está inserido.

³⁶ Cabe ressaltar que, no âmbito deste estudo, o óbito por determinada doença é um indicativo mais adequado visto demonstrar que a mesma e somente a mesma provocou a morte do indivíduo.

Figura 25 - Concentração de Ferro (Fe) da água do SASG na 17ª RSL.



Fonte: Coletas *in situ* e medição por ICP-AES (UNESP/Rio Claro).

Na terceira colocação em termos de óbitos por DENM, o município de Ibiporã apresenta uma zona de anomalia positiva preponderante, que facilmente pode correlacionar àqueles óbitos. Em seguida, o município de Florestópolis, porém, o mesmo enquadra-se na área de anomalia positiva o que torna a correlação desta com os óbitos por DENM registrados no município quase inexistente. No caso de Bela Vista do Paraíso, quinto colocado em número de óbitos por DENM, há uma correlação significativa devido a este

município apresentar, em sua porção Oeste, uma zona de anomalia positiva, que possivelmente implique no aumento dos óbitos por DENM no município em questão.

Em suma, ocorreram correlações entre os dados e, ainda que não estejam atrelados de forma contundente em algumas áreas, verifica-se que há alguma correlação entre os óbitos por DENM e as anomalias positivas para ferro na área de regional de saúde estudada.

Fósforo (P)

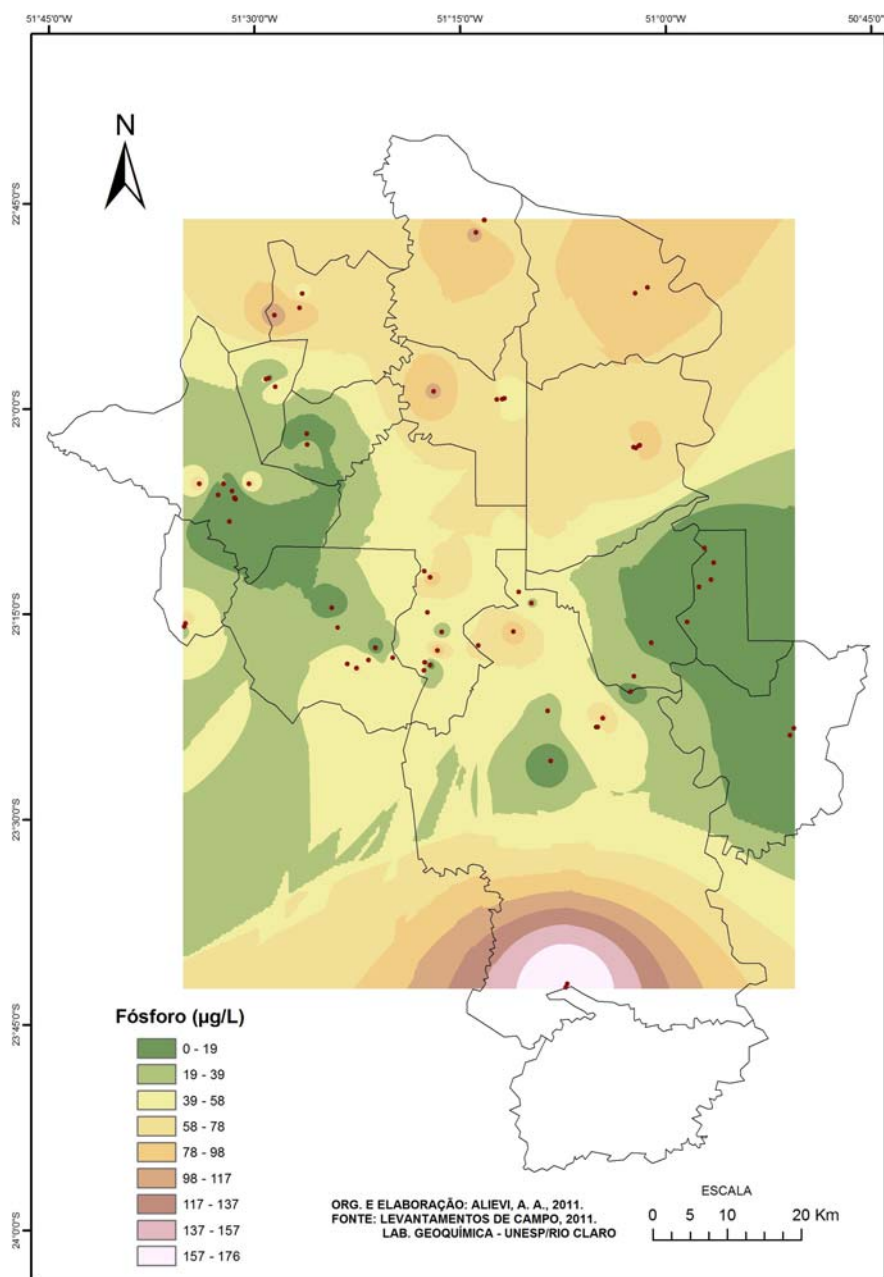
Considerado nutriente essencial para as plantas, o fósforo (P) é um elemento encontrado na natureza em menor concentração do que o nitrato (NO_3) e, a título de comparação, este último se apresenta nas águas subterrâneas em teores de 0,1 a 10 mg/L. Na verdade, fósforo é um nome genérico dado a inúmeras combinações distintas de fosfatos, que é a forma como é o fósforo apresenta-se na natureza.

Segundo diversos estudos, as principais fontes de fósforo estão associadas a rochas ígneas e sedimentares marinhas. Em termos de origem antrópica as principais fontes são os fertilizantes fosfatados, as águas residuais de origem urbana (detergentes), etc. Na área de estudo encontramos todas estas fontes de origem, principalmente as fontes ligadas à utilização de fertilizantes fosfatados dado a considerável produção agrícola da região.

Observando-se a figura 22, verifica-se que há uma considerável área de anomalia positiva na porção Sul do recorte espacial, especificamente, no limite entre os municípios de Londrina e Tamarana. Nesta área foram encontrados teores de fósforo da ordem dos 0,176 mg/L (176 $\mu\text{g/L}$). Particularmente, a amostra do poço encontrado no Posto Bengala apresentou o valor citado, enquanto que a amostra coletada no poço do Aviário do Marcos apresentara o teor de 173 $\mu\text{g/L}$. Cabe ressaltar que não há menção ao elemento fósforo em relação aos valores máximos permitidos do CONAMA, assim como pela CETESB.

Pequenas zonas de anomalia positiva configuram-se nos municípios de Florestópolis, Alvorada do Sul, Bela Vista do Paraíso, Primeiro de Maio e Sertãoópolis. Quanto às anomalias negativas verifica-se sua espacialização nos municípios de Jaguapitã, Prado Ferreira, Londrina, Ibiporã, Jataizinho e Assaí. Para correlacionar estas zonas de anomalia positiva aos dados de saúde, faz-se necessário verificar que tipo de agravo à saúde o fósforo é capaz de causar.

Figura 26 - Concentração de Fósforo (P) da água do SASG na 17ª RSL.



Fonte: Coletas *in situ* e medição por ICP-AES (UNESP/Rio Claro).

Segundo Ehrlich & Newman (2009), o fósforo possui algumas combinações que podem resultar no surgimento da litíase urinária (pedra nos rins) e outras combinações que podem ser inclusive utilizadas no tratamento do problema. Os dois fosfatos que causam litíase urinária são: fosfato amoníaco magnésiano e o fosfato cálcico. Problemas de litíase urinária enquadram-se no grupo de causas representadas pelas doenças do aparelho geniturinário, portanto, é possível tentar correlacionar os óbitos por DAG às zonas de anomalias positiva para o elemento fósforo.

Sendo assim, cabe relacionar os 5 municípios da regional de saúde que no ano de 2009 apresentaram os maiores números de óbitos por DAG, em que pese: Miraselva, Prado Ferreira, Cambé, Bela Vista do Paraíso e Ibiporã/Jataizinho. Destes, Prado Ferreira, Miraselva, Ibiporã e Jataizinho situam-se sobre áreas de anomalia negativa, o que inviabiliza a correlação. Restam assim os municípios de Cambé e Bela Vista do Paraíso, onde se verifica uma correlação significativa entre óbitos por DAG e alto teor de fósforo (anomalia positiva) nas amostras coletadas nestes municípios.

Apesar de figurarem entre os municípios com maior exposição à anomalia positiva, Florestópolis, Alvorada do Sul, Primeiro de Maio e Sertãoópolis foram os municípios com os menores números de óbitos por DAG e, portanto, não houve correlação entre os dados nestes municípios.

Manganês (Cu)

Em geral, o manganês (Mn) é menos freqüente nas águas subterrâneas do que o ferro (Fe), conseqüentemente sua presença nas águas naturais é menos freqüente (SANTOS, 1997). Conforme ANA (2002), o manganês ocorre em teores abaixo de 0,2 mg/L e quase sempre como óxido de manganês bivalente e, por conta disso, se oxida na presença do ar, originando um precipitado negro.

Observando-se a portaria n.º 396/08 da CONAMA, verifica-se que o valor máximo permitido (VMP) para o elemento manganês nas águas subterrâneas é de 100 µg/L (0,1 mg/L), em se tratando do consumo humano. Na área de estudo verificaram-se valores que variavam do 0 aos 0,005 mg/L, bastante abaixo do que o preconizado pela portaria e, portanto, não há maiores preocupações quanto aos teores de manganês na água subterrânea presente no recorte espacial.

De qualquer forma, em termos de nutrição humana, o manganês é um micronutriente essencial e que raramente ocorre em concentrações perigosas, do contrário, quando da carência deste elemento no organismo surgem anomalias esqueléticas, crescimento mal proporcionado e dificuldades reprodutivas, entre outros (KOLJOLEN et al. apud MINEROPAR, 2005, p. 266).

Noutra via, indivíduos expostos a altas quantidades de manganês por longo período de tempo podem desenvolver distúrbios mentais e emocionais (KOLJOLEN et al. apud MINEROPAR, 2005, p. 266). Em função disto, existe a possibilidade de se correlacionar as áreas de anomalia positiva (maior teor) aos óbitos por doenças do sistema nervoso (DSN) e transtornos mentais e comportamentais (TMC), especificamente distúrbios

neurológicos e psiquiátricos. Além disto, segundo Cortecci (2006), o excesso de manganês parece “[...] contribuir para casos de oclusões coronárias e em artrite reumatóide [...]”, destas, a oclusão coronária encaixa-se no grupo de doenças do aparelho circulatório (DAC), as quais, também podem ser tentativamente correlacionadas às anomalias positivas de manganês na área de estudo.

Posto desta forma verificou-se que as áreas de anomalia positiva (figura 23) concentram-se nos municípios de Miraselva e Bela Vista do Paraíso (anomalias positivas mais significativas; Londrina e Jataizinho. Especificamente, as amostras com maiores teores de manganês foram as dos poços: Posto P (Bela Vista do Paraíso) com 5 µg/L (0,005 mg/L); Sítio Primavera (Miraselva) com 5 µg/L (0,005 mg/L) e Posto Formigão (Londrina) com 4 µg/L (0,004 mg/L). O município de Jataizinho apresenta duas áreas de anomalia positiva representadas pelos seguintes: Poço n.º 1 – SAAE (3 µg/L – 0,003 mg/L) e Água do Taquari – SAAE (3 µg/L – 0,003 mg/L).

Em maior número, as áreas de anomalia negativa (figura 23) compreendem diversas porções do recorte espacial, entre as quais, aquelas representadas pelos municípios de Assaí, Cambé, Rolândia, Pitangueiras, Jaguapitã (apesar da pequena área de anomalia positiva presente neste), Prado Ferreira, Florestópolis, Alvorada do Sul, Primeiro de Maio e Sertãoópolis.

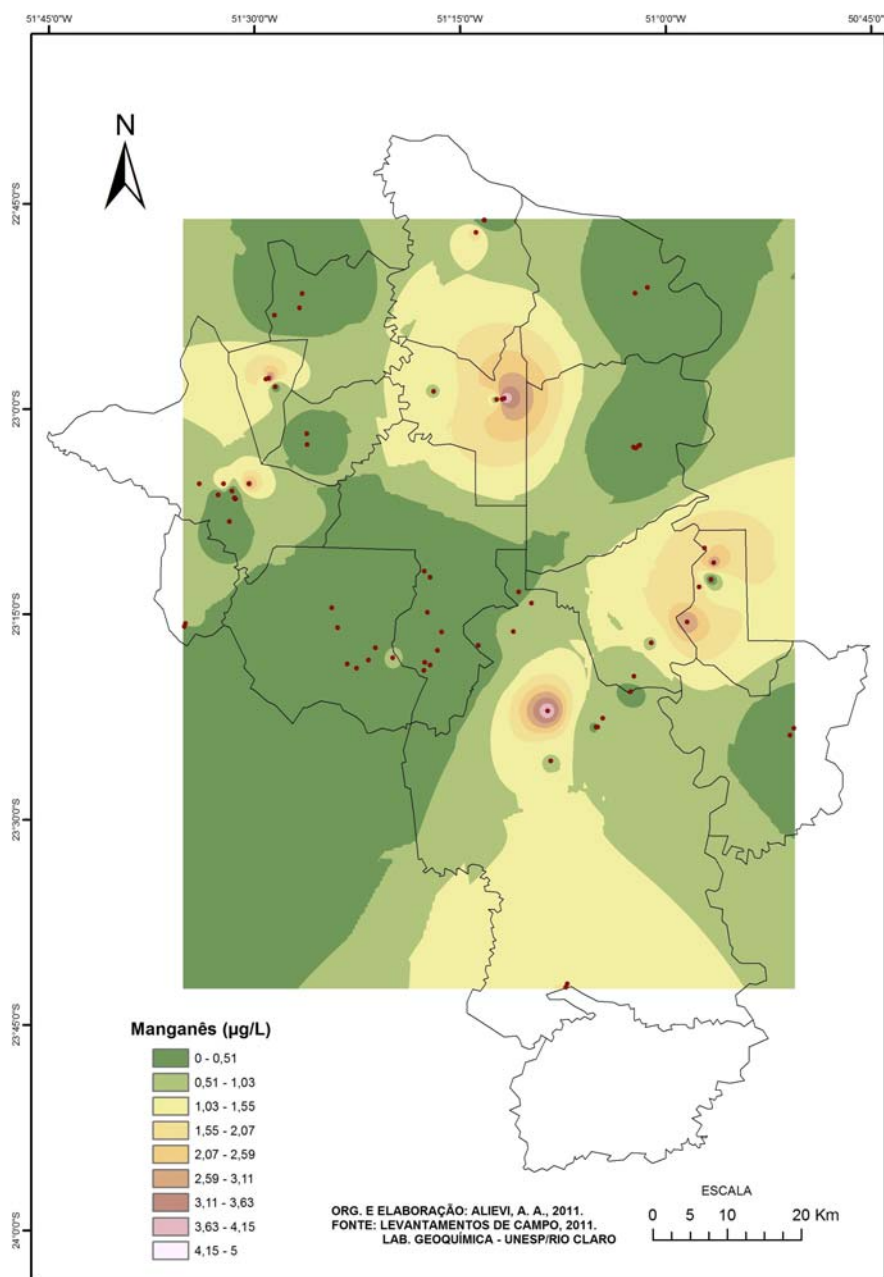
Considerando, conforme trabalhado a pouco, que as áreas de anomalia positiva possam tentativamente ser correlacionadas aos números de óbitos relativos às TMC³⁷, DSN e DAC (em menor grau), constatou-se primeiramente, para cada grupo de doenças, os 5 municípios com maior quantidade de óbitos (proporcional à suas populações) para cada grupo (na ordem):

- TMC – Alvorada do Sul, Primeiro de Maio, Bela Vista do Paraíso, Cambé/Jataizinho e Florestópolis/Ibiporã.
- DSN – Alvorada do Sul/Jataizinho, Bela Vista do Paraíso, Primeiro de Maio, Jaguapitã e Londrina.
- DAC – Alvorada do Sul, Prado Ferreira, Jataizinho, Miraselva e Bela Vista do Paraíso.

De todos os municípios, Alvorada do Sul fora o que sempre obtivera os maiores números de óbitos pelos grupos de doenças elencados. Percebeu-se também que os municípios de Jataizinho e Bela Vista do Paraíso estiveram sempre presentes entre os 5 maiores, variando somente de posição em cada grupo de doenças.

³⁷ TMC – Transtornos Mentais e Comportamentais.

Figura 27 - Concentração de Manganês (Mn) da água do SASG na 17ª RSL.



Fonte: Coletas *in situ* e medição por ICP-AES (UNESP/Rio Claro).

A partir da observação da figura 23 averigua-se que as áreas de anomalia positiva somente apresentam alguma correlação junto aos dados de saúde elencados (TMC, DSN e DAC) nos municípios de Jataizinho e Bela Vista do Paraíso, o mesmo ocorre para Alvorada do Sul, porém a correlação neste é menos significativa, em parte, devido à anomalia positiva ali presente ser pouco relevante em relação às anomalias positivas restantes.

Em particular, considerando cada grupo de doenças, observa-se que no caso dos TMC existe correlação junto às anomalias positivas nos municípios de Bela Vista do Paraíso (bastante significativa), Jataizinho e Ibiporã (pouco significativa). No caso das DSN a correlação se efetiva nos municípios de Jataizinho (bastante significativa), Bela Vista do Paraíso (bastante significativa), Jaguapitã (significativa) e Londrina (muito significativa). Para as DAC, obtêm-se significativa correlação nos municípios de Bela Vista do Paraíso e Jataizinho, e correlação razoável em Miraselva e Alvorada do Sul (pouco significativa).

Há, portanto, áreas de risco quanto à presença de altos teores de manganês em áreas de anomalia positiva no interior do recorte espacial estudado visto que algumas correlações foram bastante significativas, principalmente no município de Bela Vista do Paraíso, onde foram encontradas as anomalias positivas mais relevantes bem como ocorreram as correlações mais significativas entre anomalias positivas e óbitos por TMC, DSN e DAC, ainda que Alvorada do Sul tenha sido o município com o maior número de óbitos para cada grupo destas doenças.

Zinco (Zn)

Dentre os metais pesados, o zinco (Zn) é o mais solúvel e sua concentração é geralmente inferior a 10 µg/L nas águas subterrâneas (SANTOS, 1997, p. 94). Na área do recorte espacial em questão obtiveram-se valores muito acima do que fora proposto pelo autor supracitado, em que pese, os teores variam de 1 a 715 µg/L.

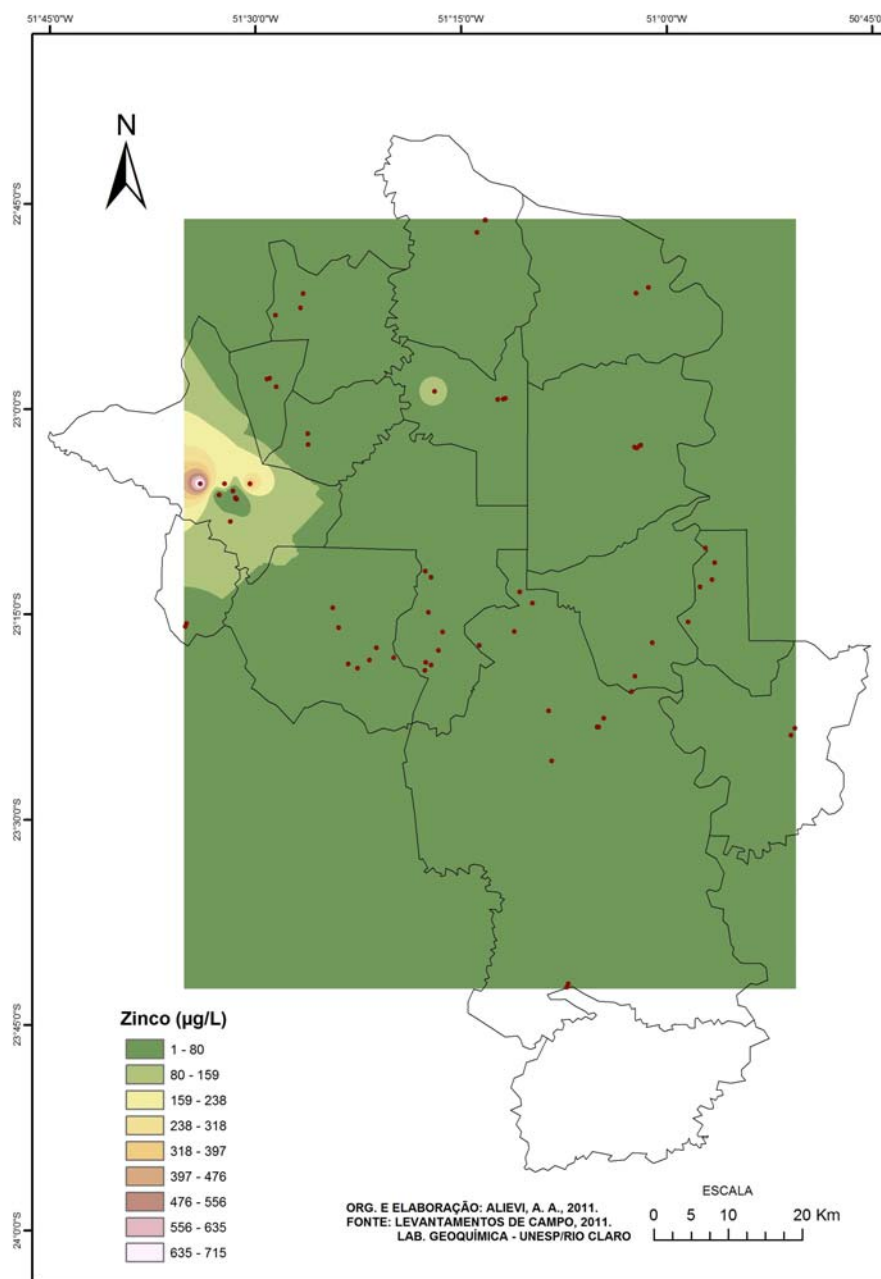
O zinco é continuamente mobilizado e transportado no meio ambiente, como resultado dos processos naturais de erosão, incêndios das florestas, erupções vulcânicas, etc. Quanto às fontes antropogênicas de zinco, destacam-se a mineração, instalações de produção de zinco e de metal, corrosão de estruturas galvanizadas, combustão de carvão e combustível, remoção e incineração de lixo, e o uso de fertilizantes e agroquímicos que contenham zinco. Estas últimas fontes antropogênicas são bastante frequentes na área de anomalia positiva como se verificará adiante.

Comparando as áreas de anomalia positiva com o restante (figura 24), observa-se que a zona de anomalia positiva concentra-se no município de Jaguapitã. No restante há uma grande zona de anomalia negativa visto que na mesma os teores de zinco das amostras variam de 1 a 159 µg/L. Na área de anomalia positiva a variação é de 160 a 715 µg/L.

No município em questão (Jaguapitã), os altos teores de zinco ocorreram nas amostras dos seguintes poços: Água do Salto (716, µg/L – 0,716 mg/L); Alto Irajá (397

$\mu\text{g/L} - 0,397 \text{ mg/L}$) e Baixo Irajá ($282 \mu\text{g/L} - 0,282 \text{ mg/L}$). Todos estes poços localizam-se na área rural de Jaguapitã e abastecem desde pequenos a grandes produtores do município.

Figura 28 - Concentração de Zinco (Zn) da água do SASG na 17ª RSL.



Fonte: Coletas *in situ* e medição por ICP-AES (UNESP/Rio Claro).

Em tempo, a quantidade elevada de zinco nas amostras de água subterrânea deste município pode estar relacionada à própria atividade agrícola realizada nesta área, visto que a agricultura local se utilizara muito de fertilizantes e agrotóxicos que apresentavam zinco

na sua composição em virtude da produção algodoeira e do café, muito disseminadas na região.

Ademais, além da agricultura em si, a pecuária local também pode ter contribuído para o aumento de zinco no solo e conseqüentemente na água subterrânea, pois, “[...] A adição artificial de zinco a um solo pobre no metal aumenta muito a produção das culturas e melhora a saúde dos animais, devido à íntima relação espacial entre o solo, a forragem dos animais e os teores de zinco” (CORTECCI, 2006, p. 24). Obviamente, estudos mais aprofundados serão necessários para a verificação destas ocorrências, porém, ao mesmo tempo, estes indícios servem como explicação parcial para a alta concentração de zinco nesta área de anomalia positiva.

De qualquer forma, os problemas de saúde gerados pelo zinco dizem respeito mais a deficiência (carência) do mesmo do que a alta concentração deste elemento no organismo. Para se ter idéia, a resolução n.º 396/08 do CONAMA considera que o valor máximo permitido para ocorrência de zinco nas águas subterrâneas seja os 5.000 µg/L, um valor muito acima do encontrado nas amostras da regional. Enfim, a carência de zinco é problemática do ponto de vista da saúde humana, sendo que “[...] Evidências experimentais sugerem correlações entre deficiência de zinco no homem e cancerogênese, deficiência imunológica, doenças vasculares, disfunções sexuais e malformações congênitas” (CORTECCI, 2006, p. 26).

O autor destaca ainda que, no homem, “[...] a deficiência não sistemática de zinco pode provocar distúrbios comportamentais, gastrintestinais, perda de cabelo, irritações cutâneas, anemia e inapetência” (CORTECCI, 2006, p.26). Portanto, basicamente, a falta de zinco no organismo pode suscitar problemas de saúde enquadrados nos seguintes grupos de causa: neoplasias, doenças do aparelho circulatório (DAC), doenças do aparelho digestivo (DAD) e transtornos mentais e comportamentais (TMC).

Como a maior parte do recorte espacial encontra-se em uma área de anomalia negativa, exceto o município de Jaguapitã, a análise se prenderá as correlações junto a este município visto que, virtualmente, todo o restante da área de estudo apresenta correlação significativa entre os óbitos pelas doenças destacadas e a anomalia negativa preponderante. Assim, de antemão, sabe-se que todos os municípios (exceto Jaguapitã) apresentarão correlação bastante significativa entre os dados.

Desta forma, veja-se que o município de Jaguapitã localiza-se sobre uma área de anomalia positiva considerável, porém não se enquadra entre os municípios com maior número de óbitos por neoplasia e, portanto, a pequena quantia de óbitos por neoplasia é

garantida pelo alto teor de zinco a que está exposta a população local (obviamente considerando somente o zinco). Isto demonstra que há uma clara correlação entre a ingestão de altas doses de zinco e os menores índices de óbitos por doenças neoplásicas, neste contexto.

Para os casos de óbitos por DAD, o município de Jaguapitã figura no quinto lugar em quantidade de óbitos deste grupo de causas. Neste caso, a correlação é um pouco menos significativa posto que devido à existência da anomalia positiva (alto teor) de zinco no município, a tendência seria de que haveria muito poucos óbitos por DAD. Ainda assim, existe correlação entre estes dados (poucos óbitos por DAD e altos teores de zinco – anomalia positiva).

Seguindo o mesmo padrão, em se tratando dos óbitos por TMC (transtornos mentais e comportamentais) verifica-se que Jaguapitã figura entre os municípios com o menor número de óbitos por TMC e, portanto, a correlação entre óbitos por TMC e a anomalia positiva é bastante significativa, pois, neste município os altos teores de zinco nas amostras de água subterrânea consumida pela população podem colaborar para o aparecimento de poucos óbitos por TMC no município, possivelmente.

De maneira geral, verificou-se que existem correlações entre a grande área de anomalia negativa dada por todos os municípios (exceto Jaguapitã) e os maiores números de óbitos por DAC, DAD e TMC, bem como se averiguou a correlação entre o baixo número de óbitos por aqueles grupos de causa e os altos teores de zinco na água subterrânea do município de Jaguapitã.

Cobre (Cu)

O cobre (Cu) é um elemento que ocorre, em geral, em baixas concentrações na água subterrânea, devido sua pequena solubilidade. Nas águas superficiais são, normalmente, bem menores que 0,020 mg/L e nas águas subterrâneas é inferior a 1 µg/L. Concentrações maiores ocorrem em águas que percolam jazidas de cobre (SANTOS, 1997, p. 94).

As atividades humanas responsáveis pela introdução de cobre na água são: corrosão de tubos de cobre e de latão por águas ácidas, algicidas, fungicidas usados na preservação da madeira e indústria de mineração, fundição, galvanoplastia e refino. Segundo a resolução n.º 396 do CONAMA, o teor máximo permitido em águas de abastecimento público é 2 mg/L (2.000 µg/L). Na área de estudo o máximo teor de cobre deparado foi de 76 µg/L, na amostra do poço no sítio Mirantro I, em Londrina. O segundo maior teor foi encontrado na

amostra do poço Água do Cardoso, em Bela Vista do Paraíso (22 µg/L). Ambos encontram-se nas zonas rurais de seus municípios.

No caso específico do poço do sítio Mirantro I, devido ao teor relativamente alto (76 µg/L) em relação aos demais poços amostrados, possivelmente esta concentração de cobre na água esteja relacionada ao tipo de tubulação utilizada no poço, pois, o mesmo fora perfurado a mais de 20 anos, em uma época em se utilizava o cobre como material para fabricação das tubulações. De qualquer forma, o teor de cobre nesta amostra está bastante abaixo do máximo valor permitido do CONAMA, cerca de 2.000 µg/L.

Em função destes poços destacados, duas zonas de anomalia positiva podem ser observadas na figura 25, bem como uma pequena área de anomalia do mesmo tipo no município de Rolândia. Em suma, se verificara, principalmente para os municípios de Londrina, Bela Vista do Paraíso e Rolândia se há correlação entre estas zonas de anomalia positiva e os óbitos por grupos de causas elencados a seguir.

A ingestão de altas doses de cobre pode acarretar, no homem, irritação e corrosão da mucosa, problemas hepáticos, renais, irritação do sistema nervoso e depressão. Os portadores da Doença de Wilson³⁸ podem ser seriamente afetados pela presença de cobre na água. Para os portadores desta doença, o cobre tem um efeito cumulativo visto que organismo destes pacientes não consegue eliminá-lo todo.

Cortecci (2006) afirma que “[...] os problemas de toxicidade por excesso de cobre são limitados a situações ambientais particulares, como áreas de mineração, metalurgia e usos de fungicidas”. Porém, o uso excessivo de sulfato de cobre em agricultura pode contaminar solos, águas e a produção agrícola. Segundo o autor supracitado as patologias mais comuns em função da ingestão de cobre em demasia são os problemas gastrintestinais e, em escala menor, anemias emolíticas e complicações hepato-renais.

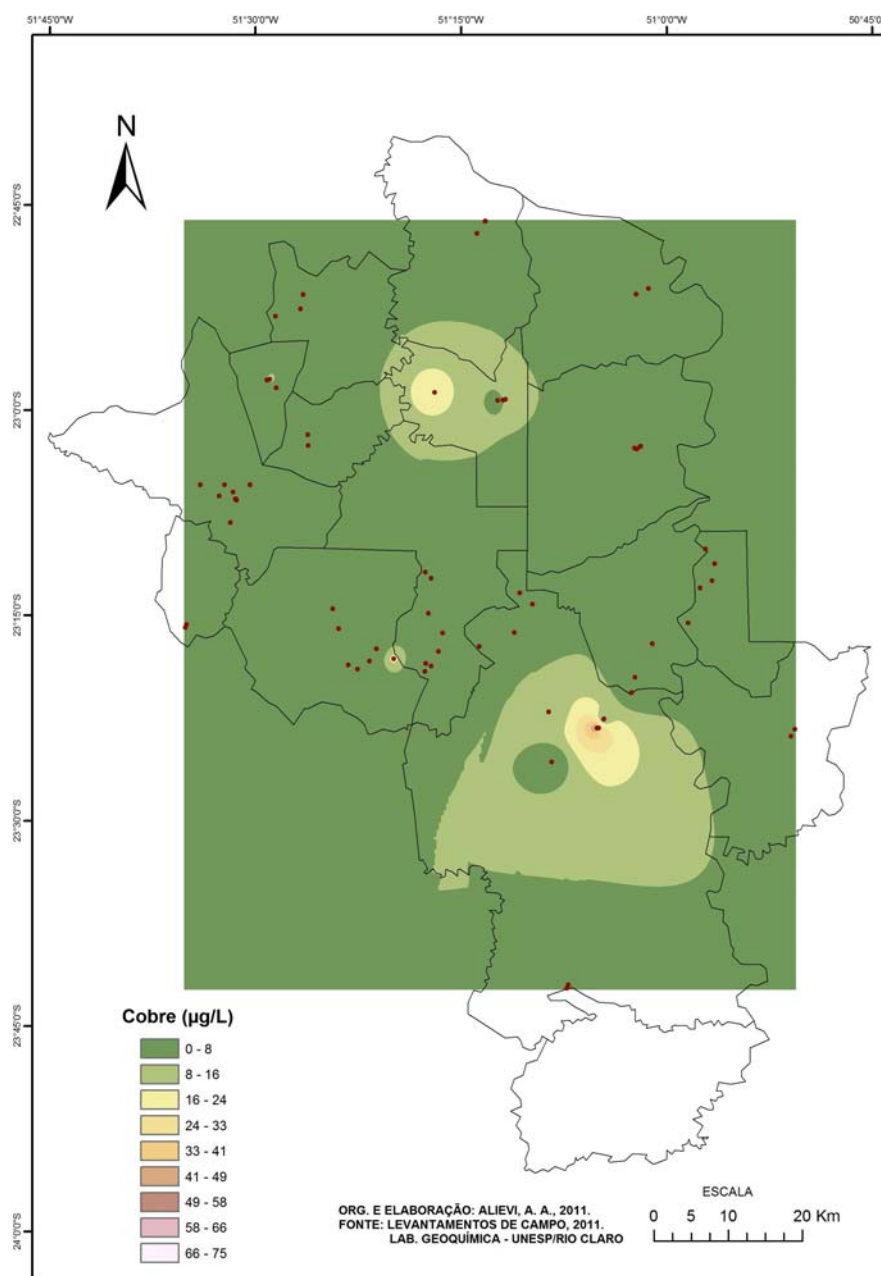
Portanto, em termos de se tentar correlacionar as áreas de anomalia positiva aos dados de saúde, optou-se pelos óbitos por doenças do aparelho digestivo (DAD) e doenças do aparelho circulatório (DAC) visto que o excesso de cobre pode provocar o mal funcionamento cardíaco e morte por colapso cardíaco (CORTECCI, 2006, p. 26).

Partindo deste pressuposto, verifica-se que no caso das DAD, os municípios com a maior quantidade de óbitos são (ordem decrescente): Miraselva, Pitangueiras, Florestópolis, Assaí e Jaguapitã. Nenhum destes municípios encontra-se sobre as zonas de

³⁸ A Doença de Wilson é uma disfunção genética que provoca um acúmulo excessivo de cobre no organismo. Deve ser diagnosticada e tratada antes que o envenenamento por cobre provoque danos graves e até mesmo a morte. Fonte: <<http://www.doencadewilson.org/>>

anomalia positiva e, portanto, não há qualquer correlação entre as mesmas e os óbitos por DAD. No caso das DAC, os municípios de Alvorada do Sul, Prado Ferreira, Jataizinho, Miraselva e Bela Vista do Paraíso encabeçam a lista dos municípios com a maior quantidade de óbitos por este grupo de causas. A única correlação (significativa) encontrada ocorreria no município de Bela Vista do Paraíso, ainda que não seja tão preponderante.

Figura 29 - Concentração de Cobre (Cu) da água do SASG na 17ª RSL.



Fonte: Coletas *in situ* e medição por ICP-AES (UNESP/Rio Claro).

Estrôncio (Sr)

O estrôncio (Sr) é um elemento abundante na natureza, representando uma média de 0,034% de todas as rochas ígneas, sendo encontrado majoritariamente na forma de sulfato (celestita) e carbonato (estroncianita). A similaridade dos raios iônicos do cálcio e estrôncio permitem que este substitua o primeiro nas redes iônicas de suas espécies minerais, o que provoca a grande distribuição do estrôncio. A celestita é encontrada em depósitos sedimentares (possível razão da distribuição espacial dos teores anômalos deste elemento na área de estudo) é a principal fonte de estrôncio.

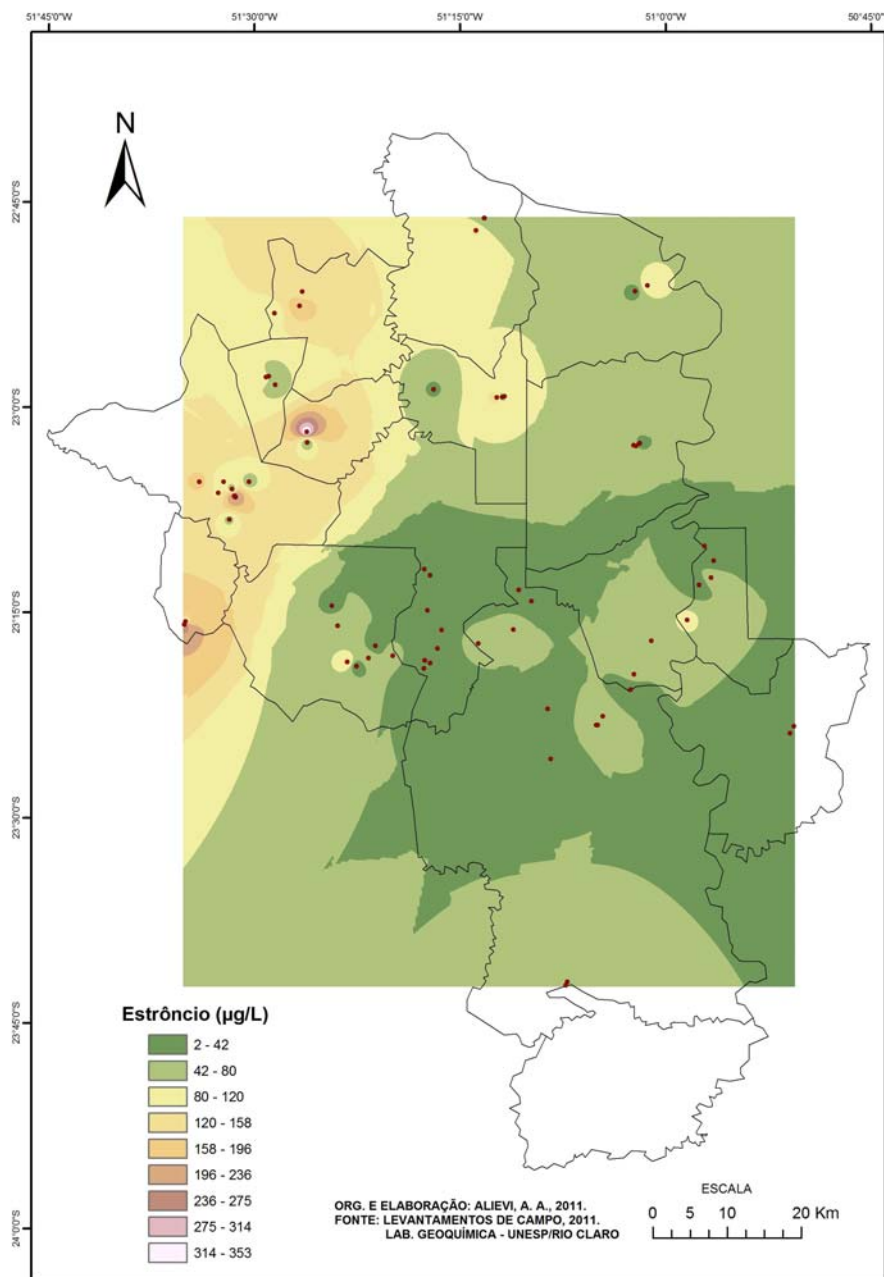
O estrôncio tem um papel semelhante ao do cálcio no metabolismo humano, não sendo, portanto, tóxico. No entanto, os isótopos naturais Sr-89 e Sr-90 são extremamente perigosos uma vez ingeridos, pois ocupam o lugar do cálcio na estrutura óssea. Atuam, então, como fonte de radiação interna, podendo danificar a medula óssea e as células do sangue em formação e contribuindo para o aparecimento do câncer.

Na área de estudo há uma concentração bastante alta de estrôncio em toda porção Oeste do recorte espacial (figura 26). Os poços em que as amostras apresentaram os maiores teores foram os de Prado Ferreira (SAMAE 1 – 356 µg/L), Jaguapitã (SAMAE PII – 324 µg/L) e Pitangueiras (Chácara Irmão Pacheco – 323 µg/L). Esta área configura-se como uma grande zona de anomalia positiva enquanto que as zonas de anomalia negativa distribuem-se pelos municípios de Rolândia, Cambe, Londrina, Jataizinho e Assaí.

Segundo Berrigan (2003), os efeitos do Estrôncio 90 na saúde humana, como de outros elementos radioativos não se limitam à incidência de câncer, mas em níveis elevados pela exposição correlacionam-se ao aumento da mortalidade infantil por defeitos cardíacos e circulatórios, abortos, mortes neonatais (BERRIGAN, 2003).

Em função da impossibilidade de se verificar qual isótopo está presente nas amostras e, devido a baixa toxicidade do estrôncio, de uma forma geral, a correlação entre as áreas de anomalia positiva e os dados de saúde torna-se inviável. A falta de estudos acerca da toxicidade do estrôncio (excetuando-se os isótopos Sr-89 e Sr-90) para a saúde humana corrobora para tal objeção.

Figura 30 - Concentração de Estrôncio (Sr) da água do SASG na 17ª RSL.

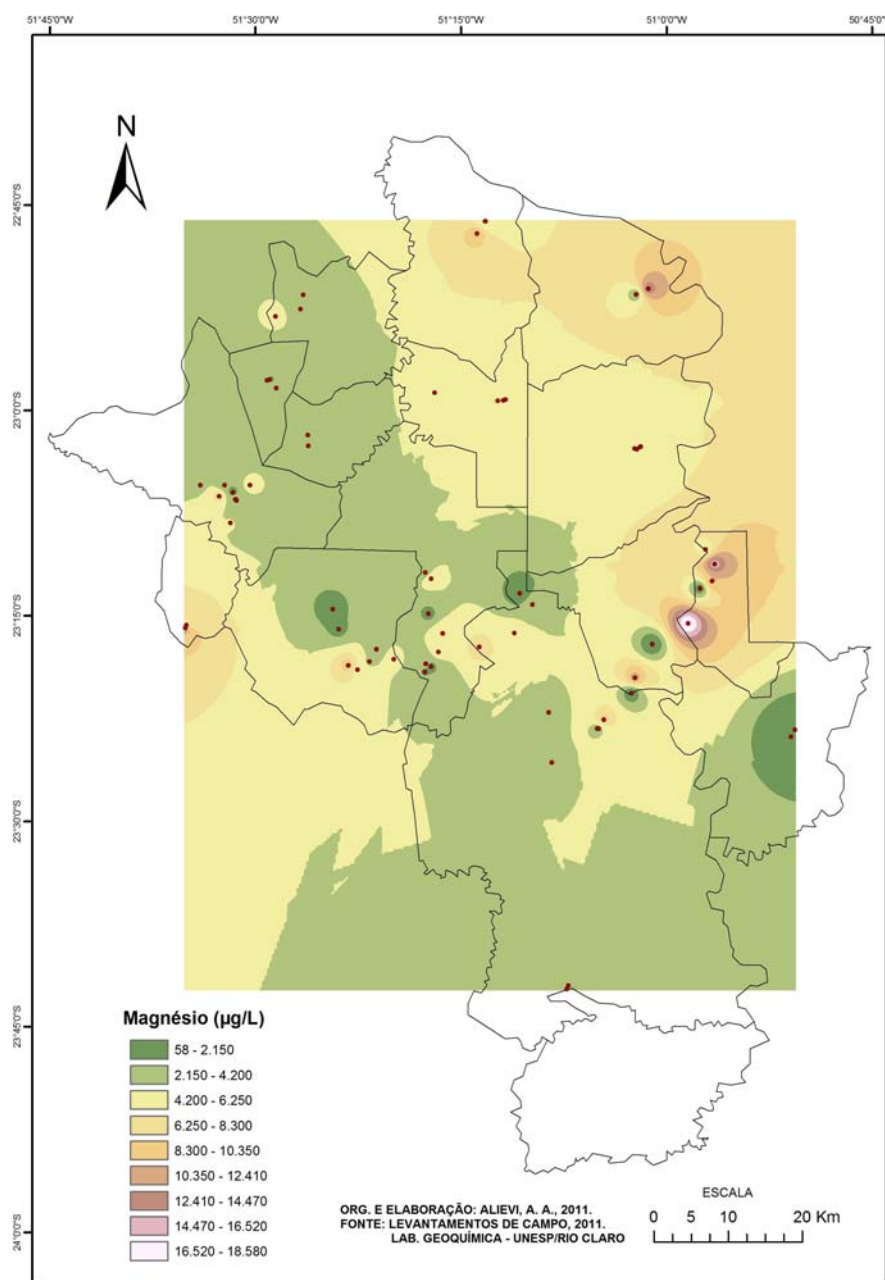


Fonte: Coletas *in situ* e medição por ICP-AES (UNESP/Rio Claro).

Magnésio (Mn)

A análise da distribuição espacial dos teores de magnésio na área do recorte espacial demonstra que existem 3 pequenas áreas de anomalia positiva concentradas, principalmente, nos municípios de Primeiro de Maio e Jataizinho (figura 27). Há ainda uma pequena anomalia do mesmo tipo, porém menos significativa na porção Sudoeste do recorte, no município de Pitangueiras. Nos municípios de Cambé e Londrina também se verificam alguma tendência à anomalia positiva.

Figura 31 - Concentração de Magnésio (Mg) da água do SASG na 17ª RSL



Fonte: Coletas *in situ* e medição por ICP-AES (UNESP/Rio Claro).

Com propriedades semelhantes às do cálcio, o magnésio é um íon que junto do cálcio é responsável pela dureza e por produzir o gosto salobro nas águas (SANTOS, 1997, p. 91). Segundo o autor, as águas subterrâneas apresentam teores mais frequentes de magnésio no intervalo de 1 a 40 mg/L. Na área de estudo o intervalo variou entre 0,058 e 18,5 mg/L.

Necessário ao bom funcionamento dos nervos e músculos do corpo humano, o magnésio tem também a função de converter açúcar em energia e, a deficiência deste

elemento no organismo pode provocar nervosismo e tremores (LICHT, 2001). Ainda de acordo com o autor, o excesso de magnésio no organismo pode ser maléfico à saúde humana, pois, provoca distúrbios intestinais. Apesar dos compostos de magnésio não serem normalmente tóxicos, minerais magnesianos como o asbesto, devido sua forma fibrosa, são carcinogênicos (KOLJOLEN et al. apud MINEROPAR, 2005, p.261).

Portanto, as anomalias positivas dos teores de magnésio são passíveis de correlação junto a doenças neoplásicas ou carcinogênicas, obviamente, esta correlação configura-se somente como indício e não como fato concreto, visto que há somente *possibilidade* de que os óbitos por neoplasias possam relacionar-se *diretamente* ao consumo de água subterrânea com elevado teor de magnésio em sua composição, o que ao mesmo tempo, não descarta a possibilidade de tal ocorrência. Fato é que correlações de tal natureza são voltadas mais à caracterização de áreas de risco do que à comprovação das causas da mortalidade por neoplasias (devido à complexidade dos processos de desenvolvimento de doenças cancerígenas). Há também a possibilidade de correlação com os óbitos por doenças do aparelho digestivo, ainda que dificilmente o excesso de magnésio no organismo possa incorrer na morte por doença deste grupo.

Proporcionalmente, os municípios com as maiores quantidades de óbitos por neoplasias são, na ordem: Prado Ferreira, Miraselva, Assaí, Bela Vista do Paraíso e Tamarana. Logo em seguida tem-se Jaguapitã, Jataizinho, Florestópolis. Em suma, exceto por Assaí e Tamarana, os maiores números de óbitos concentram-se em municípios localizados na porção Noroeste do recorte espacial estudado (Prado Ferreira, Miraselva e Bela Vista do Paraíso).

Verifica-se que não correlação significativa entre os óbitos por neoplasias e as áreas de anomalia positiva, exceto por Bela Vista do Paraíso, onde as concentrações de magnésio na água coletada distribuíam-se entre 4,2 e 10,3 mg/L. Ainda assim, esta correlação é pouco precisa.

Municípios em que anomalia positiva é mais representativa não são aqueles em que observa grandes quantias de óbitos por neoplasias em relação aos demais, como exemplo, destaca-se o município de Jataizinho onde foram encontradas 2 anomalias positivas expressivas mas pouca correlação destas com o número de óbitos registrados para este município (sétimo colocado em n.º de óbitos por neoplasia). Ainda assim, existe alguma correlação entre as variáveis destacadas, mesmo porque, os poços amostrados em Jataizinho abastecem toda população da cidade, que virtualmente, está mais exposta a estes teores de magnésio na água subterrânea.

Caso semelhante ocorre com o município de Primeiro de Maio onde fora registrada uma significativa área de anomalia positiva, porém, o mesmo não figura entre os municípios com maior número de óbitos por neoplasias, assim como os municípios de Alvorada do Sul, Sertãoópolis, Pitangueiras, Jaguapitã, Londrina e Rolândia.

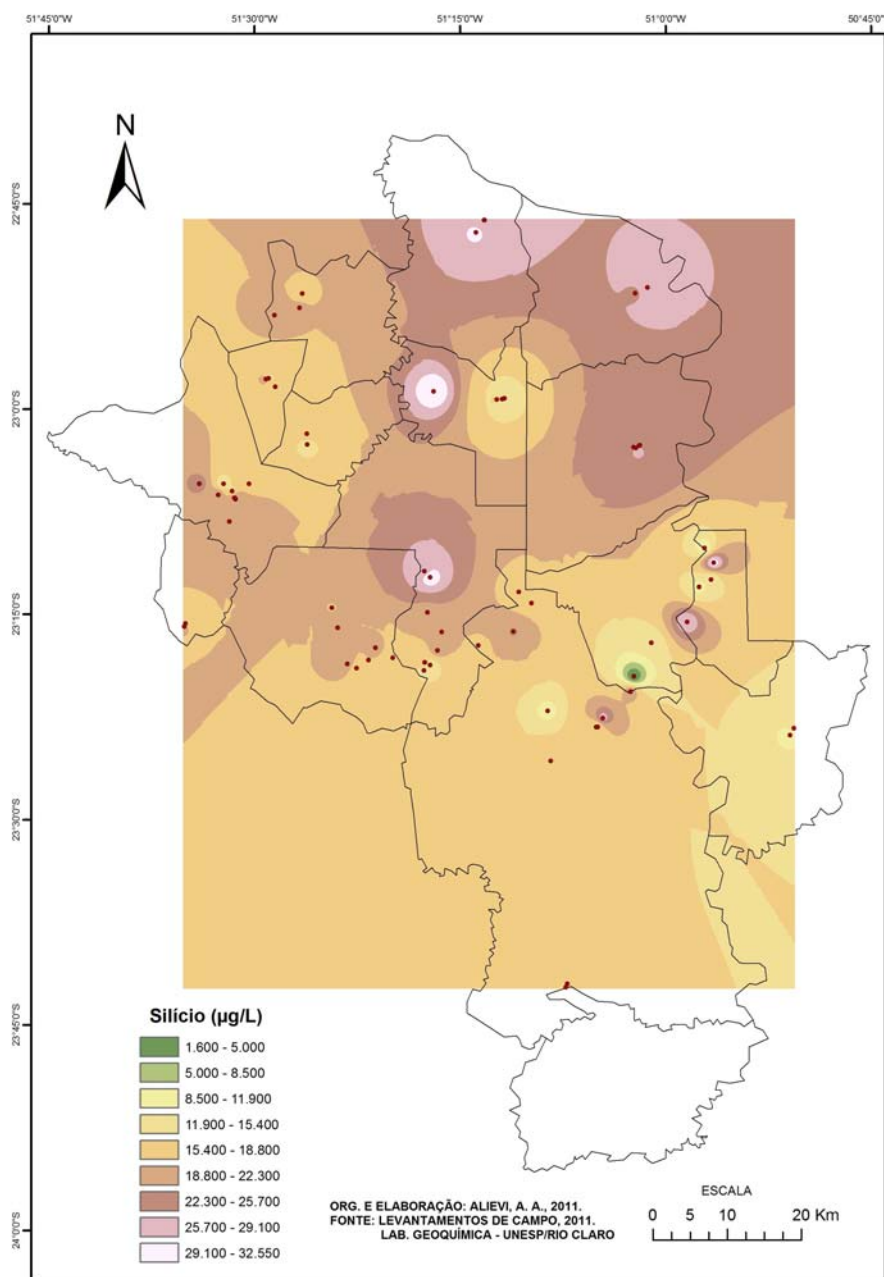
Interessante notar que os 3 primeiros municípios em número de óbitos por neoplasias (Miraselva, Prado Ferreira e Assaí) estão expostas às zonas de anomalia negativa (baixos teores) para o elemento magnésio e, portanto, não se verifica nestes municípios correlação direta entre as anomalias ali encontradas e os óbitos por neoplasias. Em suma, o número de óbitos por neoplasia não está correlacionado (ou tem muito pouca correlação) às áreas com maior teor de magnésio na água subterrânea coletada.

Silício (Si)

Após exame da figura 28 pode-se perceber que os teores de silício (Si) nas amostras coletadas são bastante altos, porém, como aconteceu com outros elementos analisados até o momento, não há parâmetros para verificar se estes teores são altos o suficiente para infligir algum mal à saúde humana pois as resoluções da CONAMA e CETESB não enumeram valores máximos permitidos para este elemento.

Ainda que o silício seja o elemento mais largamente encontrado nas rochas, o mesmo não ocorre em quantidades significativas nas águas subterrâneas, em parte, devido sua alta estabilidade química na maioria dos minerais, “[...] além da baixa solubilidade dos compostos que forma no intemperismo das rochas” (SANTOS, 1997, p. 94). Frequentemente aparece na forma de óxido de silício ou sílica (SiO_2).

Figura 32 - Concentração de Silício (Si) da água do SASG na 17ª RSL.



Fonte: Coletas *in situ* e medição por ICP-AES (UNESP/Rio Claro).

Segundo Santos (1997), podem ser encontrados teores de até 20 mg/L para silício nas águas subterrâneas e, quando são do tipo bicarbonatada sódica, os teores de sílica podem alcançar o valor de 100 mg/L. Considerando os valores encontrados na área do recorte espacial, os mesmos distribuem-se em uma escala que vai dos 1,4 aos 32,5 mg/L. Estes teores relativamente altos de sílica podem estar relacionados aos minerais de argila e os feldspatos presentes nas rochas ígneas do aquífero Serra Geral e que também apresentam quartzo na composição, uma importante fonte de liberação de silício (SANTOS, 1997).

Assim, deve-se atentar à distribuição espacial destes valores e ao fato de que a maior parte dos mesmos enquadra-se no intervalo 11,9 – 29,1 mg/L. Isto denota uma concentração alta de silício em quase toda a área estudada, configurando-se em amplas áreas de anomalia positiva (alto teor) e em uma parca área de anomalia negativa (baixo teor), especificamente, na porção Sul do município de Ibiporã. Nesta área deste município foram encontrados os menores teores de silício (1,4 mg/L), o poço amostrado pertence à SAMAE local e situa-se próximo à estrada dos pioneiros, trecho Ibiporã.

As áreas de anomalia positiva mais representativas (com maiores teores de silício) encontram-se em duas áreas do município de Jataizinho, onde localizam-se os poços da área central da cidade (31,8 mg/L) e da localidade rural conhecida como Água do Taquari (29,0 mg/L).

No município de Londrina foram encontradas áreas de anomalia positiva nos poços da Chácara do Lagarto (28,3 mg/L) e do SINDEMCON (22,4 mg/L). No município vizinho de Cambé, nos dois poços amostrados da zona rural, foram encontrados valores que variavam de 26,7 a 32,0 mg/L. Valores semelhantes foram encontrados no poço locado na Água do Cardoso, zona rural de Bela Vista do Paraíso, porção Oeste do município, onde verificou-se o maior teor de silício dentre as amostras de água coletada no recorte espacial, cerca de 32,5 mg/L. Verificou-se também uma área de anomalia positiva no município de Jaguapitã, com valores que variavam de 21,3 a 24,6 mg/L, em poços locados tanto na área urbana quanto na zona rural.

Outra anomalia positiva significativa encontra-se no município de Alvorada do Sul, onde fora registrado a concentração de 30,1 mg/L de silício na água coletada do poço n.º 3 da SAAE local. Junto dos outros 2 poços (26,7 e 26,6 mg/L) situados no município, são atendidas por abastecimento público de água cerca de 8.900 habitantes de Alvorada do Sul. No município vizinho de Primeiro de Maio a anomalia positiva foi acusada em meio ao teor de 28,1 mg/L de silício encontrado na amostrada coletada do poço do hospital municipal da cidade. Ao sul deste município, em Sertanópolis, há uma pequena área de anomalia positiva representada pelos poços da SAAE local, especificamente os poços Turquinho I (25,9 mg/L) e Hélio (28,6 mg/L), ressalta-se que estes poços abastecem a população do município de Sertanópolis.

Em resumo, as áreas de anomalia positiva significativa encontram-se na área central do município de Cambé, na porção Oeste de Bela Vista do Paraíso. Na área central de Alvorada do Sul, bem como nas porções Leste dos municípios de Primeiro de Maio e Sertanópolis também foram registradas estas anomalias negativas. Duas áreas do município

de Jataizinho apresentaram esse tipo de anomalia assim como duas outras áreas do município de Londrina e parte do município de Jaguapitã. Com relação às anomalias negativas, fora encontrada uma única e pequena área no município de Ibiporã.

A associação entre as anomalias nos teores de silício encontradas e os dados de saúde deve considerar o fato de que, tal como outros elementos essenciais, o problema maior encontra-se na falta destes elementos no organismo vivo e, muitas vezes, na pouca ingestão destes pelos indivíduos. Assim, no caso do silício, que é um elemento traço essencial, o problema de saúde gerado está relacionado à falta ou carência deste elemento na dieta do indivíduo. Segundo WHO (1996), experimentos com animais realizados por pesquisadores revelaram que a carência de silício no organismo destes animais afetara o desenvolvimento normal dos tendões, da pele e dos ossos.

Quanto à manifestações gerais de toxicidade do silício, normalmente as mesmas derivam para o aparecimento da silicose³⁹, uma doença ocupacional normalmente associada às atividades de mineração, fundição e olaria. Conforme WHO (1996), certas formas químicas de silício são tóxicas se inaladas ou ingeridas em grandes quantidades, como exemplo, os efeitos carcinogênicos das fibras de amianto⁴⁰. Para o contexto deste trabalho, que trata da água subterrânea, a silicose pouco tem haver, pois, não há até o momento estudo em que se tenha descoberto relação entre ingestão de água subterrânea e aparecimento da silicose em indivíduos.

Desta forma, as correlações entre as anomalias positivas e os óbitos por doenças do aparelho respiratório (como a silicose) podem ser fracamente estabelecidas, mais no sentido da atenção às anomalias positivas encontradas e seus possíveis efeitos à saúde do que à relação direta das mesmas com o óbitos por DAR⁴¹. Neste sentido, procurou-se correlacionar os óbitos por DAR às áreas de anomalia positiva dos teores de silício. Por outro lado, devido à pouca ocorrência, as áreas de anomalia negativa são pouco significativas do ponto de vista da busca de correlações entre as mesmas e os dados de saúde que vem sendo trabalhados nesta dissertação.

³⁹ Doença pulmonar de origem ocupacional onde a inalação de finas partículas de sílica provoca nos pulmões o surgimento de tecido cicatricial que permite, com o tempo, a passagem de oxigênio para o sangue de forma normal. “Assim, os pulmões perdem elasticidade e requer-se mais esforço para respirar. Fonte: Manual Merck – Doenças pulmonares de origem ocupacional. Disponível em: <<http://www.manualmerck.net/?id=64&cn=721>>

⁴⁰ O amianto é um silicato hidratado de magnésio, há muito utilizado na produção de diversos artefatos, entre os quais produtos aplicados na construção civil (fibro-cimentos, caixa d’água, mantas isolantes, juntas e guarnições, etc.). Atualmente, devido seu efeito adverso à saúde, é um material banido em quase todo mundo.

⁴¹ DAR – Doenças do Aparelho Respiratório.

Como destacado anteriormente, os municípios em que foram encontradas anomalias positivas preponderantes são os de Cambé, Bela Vista do Paraíso, Alvorada do Sul, Primeiro de Maio, Sertanópolis e Jataizinho, seguidos de Londrina, Florestópolis e Jaguapitã. No caso dos óbitos por DAR, os municípios com os maiores números (valores proporcionais à população de cada município) são os de Miraselva, Bela Vista do Paraíso, Jataizinho/Sertanópolis, Ibiporã e Cambé.

Assim, verifica-se que a única correlação não expressiva entre óbitos por DAR e anomalias positivas para silício acontece em relação ao município de Miraselva, em função deste município encontrar-se em uma área de anomalia positiva pouco significativa em relação às demais áreas do recorte espacial, o que também não descarta de todo a correlação observada.

Chumbo (Pb), Cobalto (Co) e Níquel (Ni)

Devido as limitações do equipamento (ICP-AES) utilizado para detectar os elementos químicos elencados neste trabalho, não fora possível obter os teores de Chumbo (Pb), Cobalto (Co) e Níquel (Ni) como consta na tabela A.3 (Anexo A). Todas as amostras apresentaram teores abaixo do que era possível detectar para cada um dos elementos, assim, a espacialização dos teores de chumbo, cobalto e níquel fora estabelecida.

De qualquer forma, isto indica que os teores deste elementos químicos são muito baixos nas amostras de água subterrânea do aquífero Serra Geral (Norte). Do contrário, dever-se-ia verificar se os teores para estes 3 elementos estavam abaixo do que preconiza a resolução n.º 396 do CONAMA, ou seja, segundo a mesma, os valores máximos permitidos nas águas subterrâneas para chumbo, cobalto e níquel são de, respectivamente: 10 µg/L, 2.000 µg/L e 20 µg/L.

Especificamente, caso estivesse presente a um nível detectável, o teor de chumbo poderia denotar a presença do saturnismo entre a população, visto que esta patologia é mais freqüente no caso de envenenamento por chumbo é representada por desordens neurológicas muito graves, além de uma grande série de sintomas (CORTECCI, 2006, p. 26).

No caso do Níquel, concentrações muito elevadas no organismo podem incorrer, inicialmente, em dores de cabeça frontais, vertigens, náuseas, vômitos, insônias e irritação dos tratos respiratório e gastrointestinal. O cobalto, especificamente, o isótopo Co-60 é radioativo e a exposição a sua radiação pode provocar câncer.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na literatura que trata das ocorrências de doenças ligadas ao contato ou ingestão de águas contaminadas por agentes nocivos à saúde, encontra-se na maioria das vezes, estudos que tratam majoritariamente das águas superficiais como rios, córregos, lagos, entre outros. Tradicionalmente isto ocorre porque é este tipo de água que as populações têm contato mais próximo, num sentido simplificado. Em se tratando de águas subterrâneas encontram-se casos como o relatado em Araújo (et. al., 2004, p. 4)

[...] durante um surto de cólera em Londres o Dr. Snow teve a idéia de marcar num mapa as informações referentes à ocorrência dos casos e verificou que a maior concentração estava localizada ao redor de um dos poços que abasteciam a área central da cidade. Concluiu desta observação que a doença possuía veiculação hídrica, o que foi confirmado mais tarde quando o poço foi fechado e a incidência de novos casos desapareceu.

O trabalho realizado por pelo Dr. Snow é hoje considerado o marco fundador da saúde pública moderna. Embora não fosse conhecida a bactéria que causa a doença, Dr. Snow conseguiu demonstrar que a mesma estava associada à água do abastecimento (LEMOS e LIMA, 2002). Assim, é evidente a necessidade de estudos no campo da Geografia da Saúde que também considerem as águas subterrâneas, uma vez que as mesmas são meios de propagação de agentes patogênicos e, principalmente, elementos químicos que provocam algum tipo de mal à saúde humana e dos seres vivos em geral.

Com o intuito de se verificar a possibilidade de que as anomalias geoquímicas encontradas pudessem ter alguma relação com as causas de óbitos elencadas para esta pesquisa, tratou-se - primeiramente – de se identificar o padrão espacial de distribuição dos números de óbitos na área do recorte espacial, entre os municípios que a compõem. O padrão espacial demonstrou-se como uma concentração dos números de óbitos na porção central da regional de saúde, essencialmente nos municípios de Rolândia, Cambé, Londrina e Ibiporã.

Assim, a distribuição espacial dos números de óbitos pelos grupos de causas demonstra que há uma concentração dos valores nos municípios próximos à sede da regional, ou seja, Londrina. Devido em parte à amplitude nas quantias populacionais entre os municípios que compõem o recorte espacial estudado, a tendência era de que a variável ‘óbitos’ viesse a apresentar seu maior valor nos municípios com população de grande contingente. De fato, a partir da constatação de que Londrina é o município com maior

população, a quantidade de óbitos fora também maior neste município. Porém, há mais para se considerar além da quantia populacional de Londrina, ainda que a mesma tenha peso considerável sobre número de óbitos pelos grupos de causa.

Naquela há um numero significativo de óbitos para cada grupo de causas, devido também a forma como o espaço regional está organizado, visto que esta organização está atrelada à maneira que o governo estadual, por meio do SUS, funcionalizou e concentrou os serviços de saúde na sede da 17ª regional de saúde, em que pese, Londrina, o que pode ter acrescido maior número ao total de óbitos neste município. Por concentrar a maior parte dos serviços médico-hospitalares, em função de toda infra-estrutura montada para o atendimento de pacientes com os mais diversos problemas de saúde, o município de Londrina concentra a maior parte dos óbitos, em parte, devido à atração que exerce sobre as populações dos municípios vizinhos que, por não apresentarem o mesmo arsenal de equipamentos e serviços presentes em Londrina, enviam seus pacientes à mesma.

Analizando os dados de saúde no período compreendido entre os anos de 2000 e 2009, pode-se conferir que, conforme acontece no país como um todo, os números de óbitos para doenças do aparelho circulatório foram os mais significativos, tornando-as as principais causas de óbito no interior da regional de saúde estudada, em todos os municípios. As neoplasias foram o segundo grupo de causas com maior numero de óbitos.

Interessante notar que estas doenças têm particular relação com ingestão ou contato com elementos químicos que causam agravo à saúde humana, como alguns dos estudados neste trabalho. Constatou-se também, por meio da análise temporal, que os totais de óbitos para estes grupos de causas, em específico, vêm aumentando ao longo da década (2000 a 2009), principalmente os óbitos causados por doenças neoplásicas. Disto culmina que o ano de 2009 apresenta os maiores números de óbitos, além de sua proximidade temporal com o ano em que ocorreram as coletas de amostras (2011).

De qualquer forma, como destacado a pouco, os totais de óbitos concentraram-se majoritariamente no município de Londrina e isto suscitava a necessidade de um tratamento analítico em que os dados não convergissem somente a este município. Pesou para tal o fato de que a comprovação das correlações entre óbitos para cada grupo de causas e zonas de anomalia geoquímica tivesse de lidar somente com o município de Londrina, reduzindo assim, a análise espacial destas correlações, posto que a distribuição espacial das zonas geoquímicas anômalas devesse ser sempre comparada aos dados de saúde que numericamente concentravam-se neste município.

Em função desta discrepância a que os dados respondiam na forma de concentração dos valores sobre o município de Londrina, verificou-se que a análise espacial dos dados de saúde tornara-se de certa forma “viciada” visto que sempre se observaria os maiores números de óbitos no município de Londrina. Em função disto, buscou-se equilibrar os dados de forma que houvesse menor distorção e que as análises espaciais de correlação das variáveis não convergissem à fatalidade concentradora de Londrina. Do contrário, pouca relevância obteria os dados hidrogeoquímicos de outros municípios visto que, fatalmente, teriam maior importância os dados relativos tão somente a Londrina.

Considerando que o peso populacional sobre os dados de saúde é bastante relevante, procurou-se efetuar um cálculo estatístico que resultasse numa proporcionalidade entre os números de óbitos e quantidade populacional de cada município do recorte espacial. Para tal, fora efetuada uma simples operação matemática onde se utilizara o quociente dado pela divisão entre o número de óbitos e o total populacional de cada município. Este quociente resultaria em um índice de proporcionalidade e disto emanariam algumas ocorrências para cada grupo de doenças, assim:

- Neoplasias - os 5 (cinco) municípios com o maior número de óbitos, em ordem decrescente: Prado Ferreira, Miraselva, Assaí e Bela Vista do Paraíso.
- Doenças Endócrinas Nutricionais e Metabólicas (DENM) - os 5 (cinco) municípios com o maior número de óbitos, em ordem decrescente: Jataizinho, Alvorada do Sul, Ibiporã, Florestópolis e Bela Vista do Paraíso.
- Transtornos Mentais e Comportamentais (TMC) - os 5 (cinco) municípios com o maior número de óbitos, em ordem decrescente: Alvorada do Sul, Primeiro de Maio, Bela Vista do Paraíso e Florestópolis/Ibiporã/Londrina.
- Doenças do Sistema Nervoso (DSN) - os 5 (cinco) municípios com o maior número de óbitos, em ordem decrescente: Alvorada do Sul/Jataizinho, Bela Vista do Paraíso, Primeiro de Maio, Jaguapitã e Londrina.
- Doenças do Aparelho Circulatório (DAC) - os 5 (cinco) municípios com o maior número de óbitos, em ordem decrescente: Alvorada do Sul, Prado Ferreira, Jataizinho, Miraselva e Bela Vista do Paraíso.
- Doenças do Aparelho Respiratório (DAR) - os 5 (cinco) municípios com o maior número de óbitos, em ordem decrescente: Miraselva, Bela Vista do Paraíso, Jataizinho/Sertanópolis, Ibiporã e Cambé.

- Doenças do Aparelho Digestivo (DAD) - os 5 (cinco) municípios com o maior número de óbitos, em ordem decrescente: Miraselva, Pitangueiras, Florestópolis, Assaí e Jaguapitã.
- Doenças do Aparelho Geniturinário (DAG) - os 5 (cinco) municípios com o maior número de óbitos, em ordem decrescente: Miraselva, Prado Ferreira, Cambé, Bela Vista do Paraíso e Ibiporã/Jataizinho.

Demonstra-se que a distribuição dos óbitos em função do quociente de proporcionalidade encontrado ao se dividir os números de óbitos (2009) pela população total de cada município incorre em um fato importante. Veja-se que o município de Londrina não figura entre os que detêm os maiores índices de óbitos pelos grupos de causa elencados, pois, a quantidade de óbitos registrada neste município (para cada grupo de causas) é baixa comparada a população total do município e, portanto, estes óbitos têm menor significância em um contexto geral se comparados aos dos demais municípios.

Portanto, considerando os resultados obtidos por meio desta operação, percebeu-se que havia uma distribuição heterogênea dos dados de óbitos por grupos de causas entre os municípios, assim como a inércia exercida pelos números (absolutos) imposta pelo município de Londrina dissipara-se. Por outro lado, isto não retirou a significância de seus números no contexto geral, pelo contrário, serviu para relativizar melhor a distribuição espacial da variável ‘óbitos’ pelo recorte espacial.

A consequência proporcionada permitiu expressar as possíveis correlações entre os dados de saúde e os dados hidrogeoquímicos, bem como, por meio destas espacializações, delinear algumas considerações acerca dos efeitos à saúde coletiva a partir do consumo da água subterrânea do Aquífero Serra Geral no entorno da área de estudo, em que pese, da 17ª Regional de Saúde – Londrina. Corrigir a distorção numérica permitiu adequar-se à realidade dos fatos e, conseqüentemente, permitiu uma objetividade maior no trato das informações levantadas.

Realizada a correção, passou-se à confecção de mapas que demonstrariam graficamente a distribuição espacial dos teores para cada elemento químico elencado (Al, Cd, P, Cr, Ba, Zn, Pb, Ni, Mn, Fe, Co, Cu, Si, Mg, Ca, Sr, Na, K) na área do recorte espacial. Obteve-se uma variedade de situações que foram, tentativamente, explicadas no intuito de se esclarecer as causas de tal comportamento espacial das variáveis, no sentido de se procurar desvelar o papel dos condicionantes geológicos e antrópicos para tais ocorrências, principalmente das anomalias positivas (maior teor).

Para cada elemento químico foram encontradas algumas áreas de anomalia positiva distribuídas pelo recorte espacial e, conforme especulava-se sobre o comportamento geoquímico para cada um destes elementos, procurou-se explicitar a razão para o ocorrência de tais anomalias. Basicamente, verificou-se que as anomalias positivas obedeciam aos seguintes fatores: o tipo de rocha presente (ígneas e sedimentares⁴²), o tipo de atividade humana realizada na área de anomalia e tipo de solo (em menor grau). Outras variáveis como clima e vegetação, também atuam sobre a composição química da água subterrânea, porém, devido à mesma “[...] lixiviar os solos e rochas, enriquece-se em sais minerais em solução, provenientes de seus minerais (rochas e solos)” (SANTOS, 1997, p. 86), o papel dos mesmos torna-se pouco relevante, principalmente em uma área de escala regional como a do recorte espacial estudado.

Assim, as anomalias positivas encontradas podem ser causadas pela presença de teores acima do normal tanto no solo quanto nas rochas (causa natural) como também em função das atividades humanas realizadas sobre aqueles, principalmente atividades ligadas à indústria e produção agropecuária (causa antrópica). Desta forma, as anomalias geoquímicas, devido à presença de teores anômalos nas rochas e solos (acusados pela composição química da água subterrânea que os percola) podem estar relacionadas a depósitos minerais e/ou contaminação por atividade humana.

Pode-se desta forma identificar algumas áreas de risco oriundas da espacialização dos teores anômalos encontrados nas amostras analisadas e, portanto, o mapa de distribuição espacial dos teores também serve à identificação destas áreas de risco, o que permite o suporte às atividades de gestão do meio físico (LICHT, 2001). Logo, além de se demonstrar como um meio para a realização das análises espaciais, o mapa de distribuição dos teores configura-se também como um produto em que são apresentadas as áreas de risco e que pode ser utilizado na gestão do meio físico, pois, como percebera-se em Licht (2001), as zonas de anomalia positiva (com teores mais elevados) constituem-se em áreas de risco não só para a saúde humana como também para a pecuária e a agricultura. Conseqüentemente, o mapeamento dos teores nas amostras permite a identificação de zonas anômalas e, por fim, de áreas de risco.

Constituindo-se como áreas de risco, restava correlacionar estas zonas de anomalia positiva aos dados de saúde de maneira a se identificar a possibilidade de que a

⁴² Em função das possíveis conectividades entre os aquíferos Serra Geral (rocha ígnea) e aquíferos como o Guarani, Santo Anastácio (Caiuá), Vale do Rio do Peixe (rochas sedimentares) evidenciadas pelos teores de alguns elementos presentes nestas rochas.

causa dos agravos à saúde representados pelos grupos de causas (Neoplasias, DSN, DAR, DAC, DENM, DAD, DAG, TMC)⁴³ prove-se do contato/ingestão da água subterrânea exposta às zonas de anomalia positiva identificadas.

Neste ínterim, algumas correlações entre o número de óbitos e anomalias positivas foram identificadas e, visto que em alguns municípios a obtenção de água para o consumo da população dava-se por meio de sistemas de abastecimento público que se utilizavam da água subterrânea do Aquífero Serra Geral, por meio de poços tubulares, percebeu-se de antemão que nestes municípios as correlações poderiam ser mais significativas do ponto de vista da causalidade. Assim, as seguintes situações foram identificadas:

- A partir da amostra coletada do poço da SAAE que perfurara o aquífero Guarani, fora estabelecida a única leitura de alumínio (Al) a um nível detectado pelo equipamento utilizado nas análises químicas, o ICP-AES. Assim, a anomalia positiva restringe-se a somente os arredores deste poço. Não foram encontradas correlações entre esta anomalia positiva e qualquer um dos grupos de causa e dos óbitos ligados aos mesmos.
- O elemento bário (Ba) é um elemento raro nas águas naturais e quando ocorre uma alto teor do mesmo nas águas subterrâneas a causa pode ser antrópica, em função, por exemplo, de pigmentos, defensivos agrícolas e lamas de perfuração. Dos municípios mais expostos à zona de anomalia encontrada, constatou-se que no município de Bela Vista do Paraíso verifica-se correlação junto aos óbitos por DSN e DAC; no município de Florestópolis a correlação somente ocorre junto aos óbitos por DAD; no município de Miraselva a correlação ocorre junto às DAD e DAC, por fim, no município de Jaguapitã somente ocorre correlação entre a anomalia positiva ali presente e os óbitos por DAD.
- Para o elemento cádmio (Cd) fora encontrada no município de Bela Vista do Paraíso, correlação significativa entre a anomalia positiva encontrada neste município e a quantidade de óbitos por Doenças do Aparelho Circulatório (DAC). Entretanto, cabe ressaltar também que uma única amostra dentre as demais apresentou um valor

⁴³ DSN – Doenças do Sistema Nervoso; DAR – Doenças do Aparelho Respiratório; DAC – Doenças do Aparelho Circulatório; DENM – Doenças Endócrinas Nutricionais e Metabólicas; DAD – Doenças do Aparelho Digestivo; DAG – Doenças do Aparelho Geniturinário; TMC – Transtornos Mentais e Comportamentais.

detectado pelo ICP-AES, justamente a amostra do poço situado no Condomínio de Chácaras Salomão, em Bela Vista do Paraíso.

- Nutriente essencial para o organismo humano, o cálcio (Ca) não é tóxico ao mesmo. Mesmo a ingestão de altas doses não incorre em maiores problemas à saúde, tão pouco na morte do indivíduo. Assim, não foi verificada correlação entre teores anômalos de cálcio e qualquer tipo de óbito.
- Apesar de essencial, o elemento cromo (Cr) pode ser tóxico em sua variação Cr (VI) e afetar a saúde humana, principalmente no que tange às Doenças do Aparelho Respiratório (DAR) onde promove os maiores agravos. Observou-se que os municípios de Miraselva e Bela Vista do Paraíso apresentam as correlações mais significativas entre a anomalia positiva e os óbitos por DAR. Os municípios de Cambé e Pitangueiras também apresentam correlação destes dados, porém, menos significativas. Ainda que constem entre os municípios com os menores números de óbitos por DAR, Prado Ferreira e Florestópolis (principalmente) situam-se sobre uma anomalia positiva com teores muito elevados de cromo.
- O excesso de ferro (Fe) no organismo pode trazer problemas de saúde enquadrados no grupo das Doenças Endócrinas Nutricionais e Metabólicas (DENM). A par disto, reconheceu-se que os municípios de Jataizinho e Alvorada do Sul apresentaram os maiores números de óbitos por DENM, bem como estavam expostos à significativa zona de anomalia positiva ali presente. Conseqüentemente, nestes municípios ocorrera uma relevante correlação entre os óbitos por DENM e a anomalia positiva (maiores teores) do elemento ferro nesta porção do recorte espacial.
- Tendo como principais fontes as rochas ígneas e sedimentares marinhas, o fósforo (P) possui combinações que podem ser tóxicas aos organismos, incorrendo principalmente em Doenças do Aparelho Geniturinário (DAG). Em relação aos óbitos por este grupo de causas, os municípios de Cambé e Bela Vista do Paraíso são os que apresentam os maiores números, assim como figuram entre os municípios expostos às zonas de anomalias positivas, o que torna significativa a correlação entre estas variáveis. Por outro lado, os municípios de Florestópolis, Alvorada do Sul, Primeiro de Maio e

Sertanópolis, com maior exposição aos teores anômalos positivos, não são aqueles em que há maior mortalidade por DAG. Nestes, não há correlação.

- O excesso de elemento manganês (Mn) por conta das anomalias positivas presentes na área de estudo pode incorrer em óbitos ligados aos Transtornos Mentais e Comportamentais (TMC), às Doenças do Sistema Nervoso (DSN) e Doenças do Aparelho Circulatório (DAC). Em meio aos números de óbitos destes 3 grupos de causa, identificou-se um padrão de repetição dado pelo município de Bela Vista do Paraíso visto que o mesmo figura entre os municípios com maior quantidade de óbitos por TMC, DSN e DAC. Neste caso, a anomalia positiva presente neste município tem correlação significativa junto a estes grupos de causas.
- Dentre todos os elementos químicos destacados, o zinco (Zn) fora o único em que trabalhou-se de forma contrária, ou seja, em função da ocorrência na forma de anomalia negativa. A causa desta mudança de foco baseia-se na constatação de que teores anômalos negativos (menores teores) de zinco causam maiores danos à saúde humana do que o contrário. Assim, a deficiência de zinco pode incorrer em óbitos por Doenças do Aparelho Circulatório (DAC), Doenças do Aparelho Digestivo (DAD) e Transtornos Mentais e Comportamentais (TMC). Concluiu-se que houve dois tipos de correlação, ambas significativas: uma ligada a anomalia negativa onde municípios com os maiores números de óbitos pelos 3 grupos de causa estavam expostos à esta anomalia; e outra correlação associada à pequena ocorrência de óbitos por DAC, DAD e TMC no município de Jaguapitã, onde fora encontrada uma preponderante anomalia positiva de zinco.
- Naturalmente, o cobre (Cu) ocorre em pequenas concentrações na água subterrânea e quando ocorrem áreas de anomalia positiva pode haver contaminação por atividade antrópica nestas áreas, porém, observando-se o mapa de distribuição espacial dos teores de cobre (página 137), estas áreas não apresentam expressiva atividade industrial, exceto por Londrina. As anomalias positivas podem representar agravos à saúde correspondentes às Doenças do Aparelho Digestivo (DAD) e Doenças do Aparelho Circulatório (DAC). Verificou-se nenhum destes municípios encontra-se sobre as zonas de anomalia positiva e, portanto, não há qualquer correlação entre as mesmas e os óbitos por DAD e DAC. Exceto por Bela Vista do Paraíso, onde a única

correlação encontrada ocorrera, em função da anomalia positiva ali presente e os óbitos por DAC. Ainda assim, é uma correlação pouco preponderante.

- Apesar de abundante na natureza, o estrôncio (Sr) não causa maiores problemas à saúde humana exceto pela sua variação radioativa Sr-90, que pode causar diversos tipos de câncer (neoplasias). Pela impossibilidade de se verificar qual isótopo está presente nas amostras, bem como a sua baixa toxicidade, a correlação entre neoplasias e anomalia positiva de estrôncio tornara-se inviável.
- As anomalias positivas para o elemento magnésio (Mn) podem ser associadas aos óbitos por doenças neoplásicas ou carcinogênicas, principalmente na sua forma fibrosa (asbestos), o que por si só inviabiliza esta correlação. De qualquer forma, não fora encontrada correlação entre óbitos por neoplasias e anomalias positivas de magnésio, pois, os municípios com a maior quantidade de óbitos por neoplasia estão sujeitos às zonas de anomalia negativa. Enfim, os óbitos por neoplasia não estão correlacionados às áreas com maior teor de magnésio na água subterrânea coletada.
- Dentre todos os elementos amostrados, o silício (Si) demonstra-se entre aqueles com maior ocorrência nas amostras de água (terceiro lugar). Procurou-se estabelecer correlações entre as anomalias positivas e a óbitos por Doenças do Aparelho Respiratório (DAR) como a silicose. Neste sentido, municípios onde ocorreram os maiores números de óbitos por DAR, tais como, Cambé, Bela Vista do Paraíso, Alvorada do Sul, Primeiro de Maio, Sertanópolis e Jataizinho, são os municípios mais expostos às zonas de anomalia positiva e, nestes, a correlação fora bastante significativa.
- Devido às limitações do equipamento (ICP-AES) utilizado para detectar os teores dos elementos nas amostras, não foram detectados teores de Chumbo (Pb), Cobalto (Co) e Níquel (Ni), visto que os mesmos estavam em nível abaixo do que o equipamento consegue detectar. Enfim, tanto a espacialização destes teores como as correlações possíveis não puderam se efetuar.

Por meio das análises espaciais, pode-se perceber que no município de Bela Vista do Paraíso ocorreu a maioria das correlações encontradas, dentre todos, este município sempre figurava entre aqueles com maior quantidade de óbitos por cada grupo de causas e também como aqueles expostos às mais diversas zonas de anomalias. Em função dos fatos levantados, sugerem-se estudos mais aprofundados acerca destas ocorrências. De qualquer forma, quase todos os municípios apresentaram em seus territórios maiores ou menores correlações entre as variáveis, porém, a população de alguns está mais exposta aos teores anômalos encontrados.

Dentre todos os municípios estudados, verificou-se que em alguns a população está mais exposta aos teores anômalos dos elementos químicos destacados, não somente pela exposição às zonas de anomalia positiva, mas também devido ao fato de que estas populações são abastecidas majoritariamente por água subterrânea explorada por sistemas públicos de saneamento municipal (SAAE, SAMAE), que têm um maior alcance sobre a população. Ainda que a qualidade do serviço ofertado por estas autarquias municipais seja muito boa, alguns dos poços utilizados pelas mesmas encontram-se em zonas de anomalia positiva e como a maior parte da população nos municípios abastecidas pelas SAAE e SAMAE consome da água fornecida pelas mesmas, a exposição aos teores anômalos positivos é maior nestes municípios.

Assim, há de se observar as populações dos municípios de Jaguapitã, Miraselva, Prado Ferreira, Alvorada do Sul, Sertanópolis, Ibiporã e Jataizinho estão mais expostas aos efeitos adversos oriundos do consumo de água subterrânea explorada pelos seus órgãos municipais de abastecimento público, que o fazem em algumas zonas de anomalia positiva.

Em outros municípios, como Londrina, Cambé, Rolândia, Assaí, Florestópolis, Bela Vista do Paraíso e Primeiro de Maio, os indivíduos mais expostos são aqueles que obtêm água por meio de poços em condomínios (tanto na zona rural como na urbana), postos de combustíveis (algumas pessoas, principalmente caminhoneiros, buscam água destes locais), clubes recreativos, hospitais, escolas, etc. Porém, nestes casos somente são afetadas partes pequenas e esparsas da população destes municípios como um todo. Outro fato levantado diz respeito à impossibilidade de se verificar as condições geoquímicas da água coletada pela SANEPAR (que teria maior abrangência sobre a população como um todo), visto que esta não autorizou a coleta de amostras em seus poços.

Assim, a maior e mais significativa exposição às zonas de anomalia se dá junto às populações dos municípios que consomem, como um todo, da água subterrânea

explorada pelos poços das autarquias municipais, visto que na maioria destes casos as únicas fontes de abastecimento público são estes poços que extraem água do aquífero Serra Geral.

No entanto, salienta-se que mesmo a existência destas anomalias positivas e suas respectivas correlações junto aos óbitos pelos grupos de causas elencados, os teores anômalos apresentados não ultrapassaram os valores máximos permitidos (VMP) dados pelas resoluções do CONAMA (396/08) e CETESB. Também, em função da coleta das amostras ter acontecido no período mais seco do ano (julho – agosto), a concentração dos teores estava em seu máximo, visto que no período seco há menor ingresso da água no subsolo e conseqüentemente menor diluição dos íons presentes nas mesmas. Assim, mesmo em suas maiores concentrações possíveis, os elementos não apresentaram teores elevados a ponto de ultrapassarem os VMP do CONAMA e CETESB, diminuindo assim a possibilidade de maiores agravos à saúde da coletividade na 17ª Regional de Saúde.

A par do que fora constatado nesta pesquisa, resta corroborar com Valentim (2007) quando o autor enfatiza as ações de vigilância da qualidade da água, visto que as mesmas estavam voltadas, até recentemente, aos sistemas públicos de abastecimento por água superficial, enquanto que nas soluções alternativas (poços tubulares) é notória a discrepância como é tratada, na Portaria Federal 518/2004, a normatização da qualidade da água explorada e consumida por este meio:

Enquanto para os sistemas públicos é exigido monitoramento sistemático de mais de 70 parâmetros, apenas cinco deles (cor, turbidez, pH, coliformes totais e cloro residual livre) são previstos no monitoramento das soluções alternativas (VALENTIM, 2007, p. 4).

Isto demanda uma melhor política de gerência dos recursos hídricos subterrâneos, assim como de um embasamento legal que leve em conta a realidade da questão e torne concreta e plausível a ação de vigilância da qualidade das águas subterrâneas usadas para consumo humano, tanto por poços particulares como aqueles do abastecimento público, e que também contribuam para programas de proteção das áreas de recarga dos aquíferos.

Para tanto, é muito importante analisar e verificar o estado do solo sobre as áreas de recarga, pois conforme o tipo de uso poderá ocorrer contaminação das águas subterrâneas que por estas zonas são abastecidas. O poder público municipal precisa criar programas de proteção destes lugares em acordo com os artigos 2.º e 3.º contidos resolução da CONAMA n.º 92/08 que delegam aos gestores públicos (e privados) a promoção de estudos e planos de delimitação e proteção das áreas de recarga de aquíferos.

Entretanto, cabe ressaltar ainda, que no caso das águas subterrâneas ainda há muito a se descobrir e investigar, e torna-se imperioso à Geografia da Saúde associar-se a Hidrogeoquímica e Geologia Médica, para efetuar estas pesquisas, principalmente em se tratando de doenças propagadas pelo contato com elementos químicos nocivos à saúde, notadamente estudadas, tais como fluorose dentária e esquelética, desordens provenientes de deficiências de iodo (bócio), neoplasias ligadas a ingestão de altas concentrações de elementos químicos como Arsênio (As), Cromo (Cr), etc.

Em consonância à Barcellos e Machado (1998) considera-se que a Geografia da Saúde pode contribuir nos estudos acerca da implicação do consumo de água subterrânea para a saúde pública, tal como vem contribuindo no aprofundamento dos estudos que relacionam ambiente e saúde por meios de suas análises espaciais que lhe permitem elaborar unidades, modos e processos de difusão espacial de um evento de saúde que esteja correlacionado ao consumo de água dos mananciais subterrâneos e que implique, negativamente ou mesmo positivamente, em impacto à saúde coletiva (regional), tanto no que tange à própria saúde da população abastecida, como nos possíveis custos públicos de remediação no atendimento desta população, por conta de contaminação por agentes patológicos e/ou elementos oriundos da água subterrânea consumida.

REFERÊNCIAS

- ABAS. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Água: nova commodity da mineração. *Águas Subterrâneas*, ano 2, n.8, Nov, 2008.
- ABDELMONEM, A. E.; EL-MELEIGI, M. A.; AL-ROKAIBAH, A. A. Chemical characteristics and bacterial contamination of groundwater in Buraydah, Saudi Arábia. *J. King Saud Univ*, vol.2, Agric. Sci. (2), pp.279-290, 1990.
- ALIEVI, A. A. ; PINESE, J. P. P. ; CELLIGOI, A. . O consumo de água subterrânea e as implicações para a saúde coletiva. In: José Paulo P. Pinese; Miriam Vizintim F. Barros; Humberto T. Yamaki; Rosana S. Salvi. (Org.). *Prospecções em Geografia e Meio Ambiente*. Londrina: Edições Humanidades, v. , p. 91-110, 2009.
- ALIEVI, A. A.; PINESE, J. P. P. Levantamento dos usos do solo e impactos ambientais nas áreas de recarga do aquífero Serra Geral localizadas no perímetro urbano de Londrina (PR). *Anais...* In: IV SIMPGEO - 2009, Marechal Cândido Rondon. Entre o pensar e o fazer em Geografia. v. CDROM, 2009a.
- ALIEVI, A. A.; PINESE, J. P. P.; CELLIGOI, A. A lógica de concentração de poços tubulares no perímetro urbano de Londrina (PR). *Anais...* In: XXV Semana de Geografia da UEL. Londrina, p.1-13, 2009b.
- ALIEVI, A. A.; PINESE, J. P. P.; CELLIGOI, A. a espacialização de óbitos em decorrência das neoplasias na Regional de Saúde de Londrina (PR) no período de 2000 a 2009. *Anais...* In: V SIMPGEO – 2010, Curitiba. Estado da arte, tendências e desafios. V. CDROM, 2010.
- ANA. Agências Nacional de Águas. *Águas subterrâneas*. 2002.
- ANGJELI, V. Bacterial and chemical contamination of drinking Waters in some villages in Albania: morbidity from abdominal thypoid, dysentery and viral hepatitis. *IAHS Publ.*, no. 233, 1995.
- ARAÚJO, P. R. de. *Interação hidrogeoquímica e geografia da saúde na bacia hidrográfica do Ribeirão Lindóia, zona norte de Londrina – PR*. 2006. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- ARCHELA, E.; FRANÇA, V. de; CELLIGOI, A. Geologia, geomorfologia e disponibilidade hídrica subterrânea na bacia hidrográfica do ribeirão Jacutinga. *Geografia*, Londrina, vol.12, n.2, jul-dez, 2003.
- AZEVEDO, F. A. de; CHASIN, A. A. da M. *Metais: gerenciamento da toxicidade*. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.
- BARCELLOS, C. & BASTOS, F. I. Geoprocessamento ambiente e saúde: uma união possível?. *Cadernos de Saúde Pública*. 12(3): 389-397, 1996.
- BARCELLOS, C.; MACHADO, J. M. H. A organização espacial condiciona as relações entre ambiente e saúde: o exemplo da exposição ao mercúrio em uma fábrica de lâmpadas fluorescentes. *Ciência & Saúde Coletiva*, 3(2):103-113, 1998.

BARCELLOS, C. de C.; SABROZA, P. C.; PEITER, P.; ROJAS, L. I. Organização espacial, saúde e qualidade de vida: análise espacial e uso de indicadores na avaliação de situações de saúde. *Informe Epidemiológico do SUS*, 11(3):129-138, 2002.

BARROS, M. V. F.; ARCHELA, R. S.; BARROS, O.N.F.; GRATÃO, L. H. THERY, H.; MELLO, N. A. *Atlas ambiental da cidade de Londrina*. 2008. Disponível em: <www.uel.br/atlasambiental/>. Acessado em: 02/03/2009.

BASÍLIO, M. S. (2005) *Geoquímica dos Sedimentos Associados aos Minérios de Ferro da Região Leste-Sudeste do Quadrilátero Ferrífero, MG e seu Potencial para Adsorção e Desorção de Metais Traço*. 2005. (Tese) Doutorado em Geologia Ambiental e Conservação de Recursos Naturais. Universidade Federal de Ouro Preto – MG.

BERRIGAN, M.M. Niveles elevados de estrôncio-90 em niños cerca de reactores nucleares. *Newsweek Pathfinder*, verano, 2003.

BERTOLO, R. A.; MARCOLAN, L. N. O; BOUROTTE, C. Relações água-rocha e a hidrogeoquímica do cromo na água subterrânea de poços de monitoramento multiníveis de Urânia, SP, Brasil. *Geologia USP. Série Científica*, v. 9, p. 47-62, 2009.

BRIGGS, D. J. Mapping Environmental Exposure. In: *Geographical and Environmental Epidemiology: Methods for Small-Area Studies* (P. Elliot, J. Cuzick, D. English & R. Stern, eds.), pp. 158-176, Tokyo: Oxford University Press, 1992.

BORGES, U. N.; PONTES, J. S.; PONTES, M. de L. de F.; LIMA, E. R. V. de. Espaço, saúde e ambiente: uma análise especial da comunidade santa clara por meio de técnicas de geoprocessamento. *Revista Cadernos do Logepa*, ano 2, n.4, jul-dez, 2003.

BUTTON, M.; JENKIN, G. R. T.; HARRINGTON, C. F.; WATTS, J. Human toenails as a biomarker of exposure to elevated environmental arsenic. *J. Environ. Monit.*, 11, 610-617, 2009.

CARVALHO, F. R.; PINTO, M. H. A pessoa hipertensa vítima de acidente vascular encefálico. *R Enferm UERJ*, Rio de Janeiro, jul-set; 15(3):349-55, 2007.

CARVALHO, M. S.; SOUZA-SANTOS, R. Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas, perspectivas. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 21(2):361-378, mar-abr, 2005.

CASTRO, M. S. M. de; CARVALHO, M. S. Agrupamento da classificação internacional de doenças para análise de reinternações hospitalares. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 21(1):317-323, jan-fev, 2005.

CELLIGOI, A.; DUARTE, U. Hidrogeologia da formação serra geral em Londrina – PR. *Boletim Paranaense de Geociências*, n.45, p.117-132, 1997, Ed. da UFPR.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Províncias hidrogeológicas do Brasil*. 2009. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/agua_sub/arquivos/provincias.zip.

CONAMA. 2008. Resolução nº396, de 03/04/2008. *Ministério do Meio Ambiente*. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>

CPRM. Noções básicas sobre poços tubulares. Cartilha informativa: Serviço Geológico do Brasil, 1998.

CORRÊA, R. L. *Região e organização espacial*. São Paulo: Ed. Ática. 3ª. ed. 1990.

CORTECCI, Gianni. Geologia e saúde. Bologna: Università degli Studi di Bologna - Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientale. Trad. de Wilson Scarpelli. 2006.

CORVALAN, C.; BRIGGS, D. & KJELLSTROM, T., 1996. Development of environmental health indicators. In: *Linkage Methods for Environment and Health Analysis* (D. Briggs, C. Corvalán & M. Nurminen, eds.), pp. 19-53, Genebra: OMS.

CZERESNIA, D.; RIBEIRO, A. M. O conceito de espaço em epidemiologia: uma interpretação histórica e epistemológica. *Caderno de Saúde Pública*. Rio de Janeiro, 16(3):595-617, jul-set, 2000.

DHCG. *Dicionário Histórico e Geográfico dos Campos Gerais*. Departamento de História da Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2010. Disponível em: <<http://www.uepg.br/dicion/index.htm>>. Acessado em: 08/02/2010.

DUNCAN, C.; JONES, K.; MOON, G. Do places matter? A multi-level analysis of regional variations in health behavior in Britain. *Social Science & Medicine*, 37(6), 725-733, 1993.

D'AGUILA, P. S.; ROQUE, O. C. da C.; MIRANDA, C. A. S.; FERREIRA, A. P. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. *Cad. de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 16(3):791-798, jul-set, 2000.

EHRlich, H. L. & NEWMAN, D. K. (2009). *Geomicrobiology*, 5th edn. Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis.

EICHER, D. L. *Tempo geológico*. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1988.

EMBRAPA. *Mapa de solos do Estado do Paraná: legenda atualizada*. Rio de Janeiro: Embrapa Florestas: Embrapa Solos: Instituto Agrônômico do Paraná, 2008.

ESPINDOLA, E.; NUNES, M. E. T.; ESPINDOLA, E. L. G. Uso de agrotóxicos e impactos ambientais: um estudo na região de Bom Repouso – MG. *Anais*. VI Congresso de Meio Ambiente da AUGM, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP, 2009, p.1-13.

FERREIRA, M. U. Epidemiologia e geografia: o complexo patogênico de Max. Sorre. *Cad. Saúde Pública*, jul./set. 1991, vol.7, n.3, p.301-309. ISSN 0102-311X.

FETTER, C. W. *Contaminant Hydrogeology*. New York: Macmillan Publishing Company, 1993.

FETTER, C. W. *Applied Hydrogeology*. Prentice Hall, 4th ed., 2000.

FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M. (ORG.). *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Fortaleza: CPRM/LABHID-UFPE, 1997.

- FREITAS, M. B. de; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. de. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. *Cad. de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 17(3):651-660, mai-jun, 2001.
- FREITAS, C. M. de. Problemas ambientais, saúde coletiva e ciências sociais. *Ciência & Saúde Coletiva*, 8(1):137-150, 2003.
- GATRELL, A. *Geographies of health: an introduction*. Oxford: Blackwell, 2002.
- GIL, A. C.; LICHT, R. H. G.; YAMAUCHI, N. I. Regionalização da saúde e consciência regional. *Hygeia*, 2(3):35-46, dez, 2006.
- GÓMEZ-ARIAS, R. D. *La noción de salud pública*. 2003. Disponível em: <<http://guajiros.udea.edu.co/fnsp/cvsp/La%20nacion%20de%20salud%20publica.pdf>>. Acessado em: 12/09/2009.
- GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J.; PIERANGELI, M. A. P.; ZULIANI, D. Q.; CAMPOS, M. L.; MARCHI, G. Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos. *Tópicos Ci. Solo*. 4:345-390, 2005.
- GUIMARÃES, R. B. Geografia Política, Saúde Pública e as Lideranças Locais. *Hygeia*, 1(1):18-36, dez 2005.
- HEATH, R. C. *Hidrologia básica de água subterrânea*. United States Geological Survey Water Supply Paper 2220, 1983.
- HIRATA, R. C. A. Os recursos hídricos subterrâneos e as novas exigências ambientais. *Revista IG*, São Paulo, 14(1), 39-62, jul./dez./1993.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – 2000*. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. CD-ROM.
- INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES). *Cadernos estatísticos dos municípios paranaenses*. Curitiba: IPARDES, 2010.
- JACOBSON, B. S. The role of air pollution and other factors in local variations in general mortality and cancer mortality. *Archives of Environmental Health*, 39:306-313, 1984.
- JUNQUEIRA, R. D. Geografia médica e geografia da saúde. *Hygeia*, 5(8):57-91, jun, 2009.
- KEARNS, R. A.; MOON, G. From medical to health geography: novelty, place and theory after a decade of change. *Progress in Human Geography*, 26(5), 605-625, 2002.
- LACAZ, C. S.; BARUZZI, R. G.; SIQUEIRA Jr., W. *Introdução à Geografia Médica do Brasil*. São Paulo: EDUSP, 1972. 568p.
- LEINZ, V.; AMARAL, S. E. *Geologia Geral*. São Paulo: Editora Nacional, 2003.
- LEMONS, J. C.; LIMA, S. do C. A geografia médica e as doenças infecto-parasitárias. *Caminhos da Geografia*, UFU, 3(6), jun, 2002.

LERNER, D. N.; ISSAR, A. S.; SIMMERS, I. *Groundwater recharge: a guide to understanding and estimating natural recharge*. Hannover: Heise, 1990.

LICHT, O. A. B. *Prospecção Geoquímica: Princípios, técnicas e métodos*. CPRM, 1983.

LICHT, O. A. B. *A geoquímica multielementar na gestão ambiental: identificação e caracterização de províncias geoquímicas naturais, alterações antrópicas da paisagem, áreas favoráveis à prospecção mineral e regiões de risco para a saúde no estado do Paraná, Brasil*. 2001. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental). Universidade Federal do Paraná, 2001.

LONDRINA. Prefeitura do Município. Secretaria Municipal de Saúde. *Plano municipal de saúde 2006-2007*. Org. SHIMITI, M., Londrina, PR: [s.n], 2007.

LUZ, M. T. Complexidade do campo da saúde coletiva; multidisciplinaridade, interdisciplinaridade, e transdisciplinaridade de saberes e praticas – análise sócio-histórica de uma trajetória paradigmática. *Saúde Soc.* São Paulo, v.18, n.2, p.304-311, 2009.

MAACK, R. Breves Notícias Sobre a Geologia dos Estados do Paraná e Santa Catarina. BRAZILIAN ARCHIVES OF BIOLOGY AND TECHNOLOGY. Jubilee Volume (1946-2001) : pp. 169 - 288, December, 2001.

MACINTYRE, S.; ELLAWAY, A.; CUMMINS, S. Place effects on health: how can we conceptualise, operationalise and measure them?. *Social Science & Medicine*, 55(1), 125-139, 2002.

MARTNS Jr, J. C. G. M.; PINESE, J. P. P. Meio ambiente e saúde coletiva: abordagens em geologia médica. In: CARVALHO, M. S. de (Org.). *Geografia, meio ambiente e desenvolvimento*. Londrina: a Autora, 2003.

MAY, J. M. *The ecology of human disease*. New York: MD Publications, 1958.

MCCALLY, M. (ed). *The Environment and Human Health*. MIT press, 2002.

MEADE, M.S; EARICKSON, R. J. *Medical geography*. Second edition. New York/London: The Guilford Press, 2005.

MENDONÇA, F. e KOZEL, S. (Orgs.) *Elementos de Epistemologia da Geografia Contemporânea*. Curitiba: Ed. da UFPR, 2004.

MENEGHEL, S. N. Medicina social – um instrumento para denuncia. *Caderno IHU Idéias*, ano 2, n.15, p.1-27, 2004.

MENEGHEL, S. N. Saúde pública – um processo em construção. *Revista On-line do IHU*. São Leopoldo, edição 233, 27 de agosto de 2007. Acesso em: 12/01/2010.

MINEROPAR. Minerais do Paraná S/A. *Geoquímica de solo – horizonte B: relatório final de projeto*. Curitiba : Mineropar, 2005.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. *Geo Brasil 2002: perspectivas do meio ambiente no Brasil*. Brasília: Edições Ibama, 2002.

MOCELLIN, R., FERREIRA, F.. Conectividade e compartimentação dos sistemas aquíferos Serra Geral e Guarani no sudoeste do estado do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, América do Norte, 39, fev. 2009.

MOTA, S. *Preservação e conservação de recursos hídricos*. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

MUGGLER, C. C.; CARDOSO, I. M.; RESENDE, M.; FONTES, M. P. F.; ABRAHÃO, W. A. P.; CARVALHO, A. F. de. *Conteúdos básicos de geologia e pedologia*. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2005. Disponível em: <http://www.mctad.ufv.br/imagens/ed/file/ApostilaGeolPedologiasol213.pdf>.

NANNI, A. S. *O flúor em águas do Sistema Aquífero Serra Geral no Rio Grande do Sul: origem e condicionamento geológico*. 2008. 127 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

NASCIMENTO, G.; BARROS, O. N. F. Análise Sócio-Econômica da Região Metropolitana de Londrina e Arco Norte. *Revista Geografia – UEL*, 2009.

NASCIMENTO, I. B. do; LARANJA, R. E. de P. Uma discussão teórica sobre a análise sócioambiental e algumas contribuições à geografia da saúde. *Hygeia* 4(7):25-34, Dez/2008.

NUNES, E. D. Saúde Coletiva: história de uma idéia e de um conceito. *Saúde e Sociedade*, 3(2):5-21, 1994.

OLIVEIRA, M. M. F. de. *Condicionantes Sócio-ambientais Urbanos da Incidência da Dengue na Cidade de Londrina/PR*. 2006. f.150. Dissertação de Mestrado em Geografia – Departamento de Geografia/Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba/PR, 2006.

PARR, H. Medical geography: critical health geography?. *Progress in Human Geography*, 28(2), 246-257, 2004.

PASSOS, M. M. dos; AMORIM, M. C. de C. T.; SILVEIRA, L. M. de; NETO, J. L. S. Clima e organização do espaço no noroeste do Paraná – Brasil. In: *Anais...XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. Universidade Federal de Viçosa, 2009.

PIGNATTI, M. G. Saúde e ambiente: as doenças emergentes no Brasil. *Ambiente & Sociedade*, vol. VII, nº. 1, jan/jun, 2004.

PINESE, J. P. P. Síntese Geológica da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. *A bacia do rio Tibagi*. Londrina, PR: M. E. Medri, 2002. . p.21 21-38.

PINESE, J. P. P.; MARTINS Jr, J. C. G. Riscos ambientais geogenéticos na utilização da águas subterrâneas para o consumo humano sem análise geoquímica prévia. In: CARVALHO, Márcia Siqueira de (Org.). *Geografia, meio ambiente e saúde em Londrina*. Londrina: Edições Humanidades, 2005.

PINTO, A. L. Saneamento básico e a qualidade das águas subterrâneas. In: MORETTI, E. C.; CALIXTO, M. J. M. S. (Orgs). *Geografia e produção do espaço regional*. Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 2003, p.11-55.

PIRES, S. R. de A.; COSTA, M. A.; MOREIRA, A. C.; SILVEIRA E SILVA, N. C. O mercado de trabalho do assistente social em municípios da região metropolitana de Londrina. *Serviço Social em Revista*, vol.8, n.2, jan/jun, 2006.

PIRES, E. O. *Ambiente e saúde: o caso das águas superficiais em Itambaracá-PR*. 2005. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2005.

PIRES, E. de O. *Geografia da saúde e geologia médica como instrumentos de planejamento e gestão em saúde ambiental: o caso das anomalias de flúor e da fluorose dentária em Itambaracá-PR*. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Estadual de Londrina, 2008.

REBOUÇAS, A. C. Potencialidades hidrogeológicas dos basaltos da Bacia do Paraná no Brasil. In: Congresso Brasileiro de Geologia (30:1978), *Anais...* v.6, 1978. p.2.963-2.976.

ROJAS, I. L. Geografía y salud: temas y perspectivas em América Latina. *Cadernos de Saúde Pública*. vol.14, no. 4, p.701-711. 1998.

ROJAS, L. I. Geografía y salud. Entre historias, realidades y utopias. In: *Caderno Prudentino de Geografia*. Associação dos geógrafos Brasileiros. Vol.1, n.1, Dezembro de 2003.

SANTOS, A. C. Noções de hidroquímica. In: FILHO, J. M.; FEITOSA, F. A. C. (ORG.). *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Fortaleza: CPRM/LABHID-UFPE, 1997.

SANTOS, M. *Por uma geografia nova: da crítica da geografia a uma geografia crítica*. São Paulo: Editora Hucitec, 1978.

_____. *Metamorfoses do Espaço Habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da geografia*. São Paulo: Hucitec, 1988.

_____. *A natureza do espaço – técnica e tempo, razão e emoção*. São Paulo: Editora Hucitec, 1996.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T. da; SILVA, J. M. F. da; ROSS, J. L. S. Mapeamento geomorfológico do estado do Paraná. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, ano 7, n.2, p.3-12, 2006.

SECRETARIA DA SAÚDE DO PARANÁ. SESA/PR. Indicadores de saúde do estado do Paraná – período 2000 a 2009. 2010.

SCLIAR, M. História do conceito de saúde. *Physis: Rev. de Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, 17(1):29-41, 2007.

SILVA, C. R. da.; FIGUEIREDO, B. R.; CAITANI, E. M. de.; CUNHA, F. G. da. *Geologia médica no Brasil: efeito dos materiais e fatores geológicos na saúde humana, animal e meio ambiente*. Rio de Janeiro: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2006.

SUDERHSA. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. *Levantamento de poços tubulares no estado do Paraná*. CDROM, 2005.

SUSSER, M. The logic in ecological: II. The logic of design. *American Journal of Public Health*, 84:831-835, 1994.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. *Decifrando a Terra*. São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

TEIXEIRA, M. G.; SANTOS, F. F. Análise do uso de agrotóxicos na cultura de café no município de Guaranésia, MG, e possíveis danos ecológicos. *Anais... VIII Congresso de Ecologia do Brasil*, p.1-2, 2007.

VALENTIM, L. S. O. *Consumo de água subterrânea e riscos à saúde*. Informativo SAMA/CVS n. 01/2007, São Paulo, 2007.

VEIGA, L. A. *Jaguapitã-PR: pequena cidade da rede urbana norte-paranaense especializada na produção industrial de mesas para bilhar*. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina – PR.

VIEITES, R. G.; FREITAS, I. A. de. PAVLOVSKY e SORRE: Duas Importantes Contribuições à Geografia Médica. *Ateliê Geográfico*, Goiânia-GO, v. 1, n. 2, dez/2007, p.187-201.

_____. A Influência de Maximilien Sorre e Vidal de La Blache na Geografia Médica de Josué de Castro. *Scientia Plena* 5, 065401, 2009.

WATTS, M. J.; MITCHELL, C. J. A pilot study on iodine in soils of greater Kabul and Nangarhar provinces of Afghanistan. *Environ Geochem Health*, 31:503-509, 2009.

WHO. World Health Organization. *Trace elements in human nutrition and health*. 1996.

ZOBY, J. L. G. Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. *Anais... In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, Natal: ABAS, p.1-20, 2008.

ANEXOS

ANEXO A

Tabelas

Tabela A.1 - Características gerais dos pontos de coleta na área da 17ª Regional de Saúde de Londrina – PR.

Município	Nº amostra	Identificação do poço	Prof. (m)	Zona Urbana	Zona Rural	Observações
Alvorada do Sul	1	SAAE	120		X	Utilizado para abastecimento publico da cidade desde 2001
	2	SAAE	120		X	Idem ao anterior
	3	SAAE	150	X		Utilizado para abastecimento público da cidade há 30 anos. Havia sido desativado nos últimos 10 anos, mas fora reativado este ano (2011)
Sertanópolis	1	SAAE – PI		X		Utilizado para abastecimento público da cidade
	2	SAAE – TI		X		Idem ao anterior
	3	SAAE – TII		X		Idem ao anterior
	4	SAAE – HL		X		Idem ao anterior
Bela V. Paraíso	1	Cond. Chác. Salomão	100		X	Utilizado por 7 famílias
	2	Cond. Vale do Lago	110		X	Utilizado por 10 famílias há 10 anos
	3	Água do Cardoso	90		X	Utilizado por 6 famílias a 13 anos
	4	Posto P	115	X		Utilizado pelo estabelecimento, vizinhança e por caminhoneiros/viajantes há mais de 10 anos
Florestópolis	1	Assentamento Florestan Fernandes			X	Utilizado por 39 famílias nas atividades produtivas e uso residencial (asseio, alimentação, limpeza). Perfurado a 3 anos
	2	Assentamento Florestan Fernandes			X	Idem ao anterior
	3	Assentamento Banco da Terra			X	Utilizado por 12 famílias
Primeiro de Maio	1	Hospital Municipal	110	X		Utilizado pelo hospital municipal que atende mais de 300 pessoas por dia. Perfurado há cerca de 10 anos
	2	Posto Moreirão II		X		Saída para PR-445, utilizado por moradores da vizinhança há cerca de 6 anos
Pitangueiras	1	Chác. Irmãos Pacheco	80	X		Utilizado por uma família de 6 pessoas e nas atividades praticadas na chácara (hortaliças e café adensado)
Miraselva	2	Madeireira Km3			X	Utilizado pela madeireira e pelas famílias vizinhas
	1	Sítio Primavera	120		X	Utilizado para criação de aves de corte e por 8 famílias.

						Perfurado há cerca de 10 anos
	2	Sítio Sonho Meu	160		X	Utilizado para criação de aves de corte e por famílias da vizinhança
	3	Sítio Vista Alegre	170		X	Utilizado para criação de aves de corte há cerca de 3 anos
Município	Nº da amostra	Identificação do poço	Prof. (m)	Zona Urbana	Zona Rural	Observações
Assaí	1	SAMA	50	X		Clube recreativo com 160 associados. Perfurado a cerca de 10 anos
Jaguapitã	2	Chácara S. Nelson	105		X	Às margens da rodovia PR-090. Utilizado por 2 famílias
	1	Baixo Irajá (Água do Irajá)			X	Utilizado por 24 famílias na zona rural (lavouras, pastagens e pecuária)
	2	Alto Irajá (Água São José)			X	Idem ao anterior
	3	Córrego Araruna			X	Utilizado por 26 famílias na zona rural (lavouras, pastagens e pecuária)
Jataizinho	4	Água do Salto			X	Utilizado por famílias na zona rural, porção à Oeste da cidade
	5	SAMAE – Vila Rural	40		X	Abastece cerca de 40 famílias da vila rural Vila Esperança
	6	SAMAE – PI	140	X		Abastecimento público da cidade (15 anos)
	7	SAMAE – PII	140	X		Abastecimento público da cidade (10 anos)
	8	SAMAE – PIII	140	X		Abastecimento público da cidade (10 anos)
	9	SAMAE – PVI	140	X		Abastecimento público da cidade (10 anos)
	1	SAAE – Água Taquari			X	Abastecimento público da cidade
	2	SAAE – PI		X		Idem ao anterior exceto por ter sido perfurado a cerca de 30 anos
	3	Cond. Taquari II	95		X	Abastece 57 chácaras há cerca de 3 anos
	4	SAAE – Frei Timóteo I	100		X	Abastecimento público
Prado Ferreira	5	SAAE – Frei Timóteo II	110		X	Abastecimento público
	1	SAMAE		X		Abastecimento público
	2	SAMAE		X		Abastecimento público
Ibiporã	1	SAMAE - Guarani	585	X		Abastecimento público (utilizado a cerca de 3 anos) – Extrai água do Aquífero Guarani
Rolândia	2	SAMAE – Pioneiro	70		X	Abastecimento público (utilizado a cerca de 8 anos)
	3	SAMAE - Limoeiro	70		X	Abastecimento público (utilizado a cerca de 8 anos)
	1	Posto Caviúna	100	X		Utilizado pelo estabelecimento, vizinhança e por caminhoneiros/viajantes
	2	Posto Yamada	110	X		Idem ao anterior

	3	Posto Art Pretty I	110	X		Idem ao anterior
	4	Bairro São João Km 10	180		X	Utilizado por 12 famílias que ali residem às margens da rodovia PR-170 e 2 estabelecimentos (restaurantes)
	5	Posto 7	135		X	Utilizado pelo estabelecimento, vizinhança e por caminhoneiros/viajantes
	6	Pousada Alamandas	150		X	Utilizado pela pousada e 6 propriedades vizinhas, principalmente para o plantio de café e milho há cerca de 15 anos
Município	Nº da amostra	Identificação do poço	Prof. (m)	Zona Urbana	Zona Rural	Observações
Rolândia	7	Posto Via Sul	110	X		Utilizado pelo estabelecimento, vizinhança e por caminhoneiros/viajantes
Cambé	1	Cond. Chác. Bratislava	80	X		Condomínio de chácaras onde vivem 48 famílias
	2	Schiavi e Souza LTDA (Lavand.)	60	X		Utilizado para a atividade comercial de lavagem de roupas. Perfurado a cerca de 10 anos
	3	Bratislava	90	X		Utilizado por empresa de plásticos a 5 anos
	4	Cond. Golf Ville (c/ CI)	110	X		Utilizado por 10 famílias que residem no condomínio. Fora perfurado a cerca de 10 anos
	4a	Cond. Golf Ville (s/ CI)	110	X		Idem ao anterior
	5	Frigorífico	85	X		Utilizado pelo frigorífico e empresa vizinha de metalurgia com 30 funcionários a cerca de 10 anos
Cambé	6	COMIL	60	X		Utilizado por funcionários
	7	Vila Rural João Inocente km9	110		X	Utilizado por 70 famílias do programa Vila Rural. Fora perfurado entre os anos de 1995 e 1996
	8	Km9	110		X	Localizado no patrimônio às margens da “Estrada da Prata”. No mesmo vivem mais de 8 famílias
Londrina	1	Sítio Mirantro I	75		X	Utilizado pela família e empregados bem como na produção de mandioca e frutas cítricas vendidas à grandes supermercados da cidade de Londrina. Perfurado a cerca de 15 anos
	2	Sítio Mirantro II	75		X	Idem ao anterior
	3	Chác. do Lagarto	100		X	Condomínio de chácaras com 12 famílias próximo a usina 3 bocas, utiliza o poço a cerca de 4 anos
	4	Pedreira Expressa	65	X		Utilizado por funcionários e caminhoneiros da empresa há cerca de 12 anos. Localiza-se às margens da PR-445
	5	Laboratório Medicamentos UEL		X		A água deste poço era utilizada na produção de medicamentos. Segundo funcionário, a água deste poço não tem sido utilizada na produção de medicamentos devido o alto pH registrado

6	SINDEMCON	80	X		Utilizado por associados do sindicato e pela família do caseiro
7	Pesque Pague Bom Peixe (c/Cl)	75		X	Utilizado pela residência e restaurante. Localizado a poucos quilômetros do patrimônio Heimtal. Água tratada com cloro
8	SINTTROL	105		X	Localizado próximo à Warta. Fora perfurado a cerca de 5 anos e sua água é utilizada por associados e funcionários
9	Posto Formigão	110	X		Utilizado pelo estabelecimento, vizinhança e por caminhoneiros/viajantes

Município	Nº da amostra	Identificação do poço	Prof. (m)	Zona Urbana	Zona Rural	Observações
Londrina/Tamarana	1	Posto Bengala	140		X	Utilizado pelo estabelecimento, vizinhança e por caminhoneiros/viajantes. Fora perfurado a mais de 8 anos
Londrina/Tamarana	2	Aviário do Marcos	130		X	Utilizado por aviário e abatedouro de frangos. Localizado às margens de PR-445 e construído a cerca de 5 anos

Org.: ALIEVI, A. A., 2011.

Fonte: Levantamento de campo, 2011.

Tabela A.2 - Valores de Temperatura, Potencial Hidrogeniônico (pH), Condutividade, Turbidez e Oxigênio Dissolvido nos pontos de coleta de água subterrânea, municípios da 17ª Regional de Saúde de Londrina-PR, julho-agosto de 2011.

Municípios	Poços	Latitude	Longitude	Temperatura	pH	Condutividade	Turbidez	Oxigênio dissolvido
Alvorada do Sul	1	-22,76953	-51,22011	23,20	7,30	0,190	153,00	10,00
	2	-22,76978	-51,22086	23,28	7,32	0,195	157,00	10,80
	3	-22,78475	-51,23042	23,57	8,72	0,202	425,00	7,98
Sertanópolis	1	-23,04647	-51,03889	24,01	7,07	0,185	0,00	5,66
	2	-23,04375	-51,03147	23,21	9,01	0,127	0,68	7,88
	3	-23,04458	-51,03233	23,34	8,00	0,124	0,96	8,16
	4	-23,04728	-51,03583	24,37	7,66	0,260	0,00	8,74
Bela V. Paraíso	1	-22,98758	-51,19889	21,76	6,20	0,061	3,27	12,67
	2	-22,98839	-51,20550	22,30	6,98	0,239	5,66	9,37
	3	-22,97822	-51,28206	22,37	7,18	0,110	115,00	17,36
	4	-22,98692	-51,19608	21,90	6,59	0,254	84,90	8,86
Florestópolis	1	-22,87642	-51,44517	24,37	7,33	0,171	167,00	8,31
	2	-22,88553	-51,47567	24,25	7,10	0,168	456,00	14,40
	3	-22,85928	-51,44181	23,62	7,50	0,175	128,00	12,20
Primeiro de Maio	1	-22,85175	-51,02208	24,22	7,26	0,399	132,00	13,44
	2	-22,85858	-51,03686	22,71	7,12	0,086	215,00	12,37
Pitangueiras	1	-23,26483	-51,58542	24,22	8,54	0,272	190,00	20,89
	2	-23,26114	-51,58422	24,32	7,09	0,093	203,00	19,58
Miraselva	1	-22,96256	-51,48275	26,12	6,30	0,055	246,00	10,96
	2	-22,96344	-51,48586	27,59	7,07	0,126	393,00	9,96
	3	-22,97256	-51,47500	29,26	8,33	0,175	323,00	11,73
Assai	1	-23,38875	-50,84392	21,72	9,90	0,298	417,00	11,48
	2	-23,39706	-50,84878	24,98	10,34	0,317	220,00	7,43
Jaguapitã	1	-23,09067	-51,53786	20,92	7,91	0,102	456,00	10,73
	2	-23,09103	-51,50678	21,04	7,36	0,240	455,00	11,77

Municípios	Poços	Latitude	Longitude	Temperatura	pH	Condutividade	Turbidez	Oxigênio dissolvido
Jaguapitã	3	-23,13681	-51,53075	23,35	7,50	0,145	222,00	20,33
	4	-23,09072	-51,56733	21,17	6,57	0,155	249,00	26,78
	5	-23,10436	-51,54431	23,22	7,23	0,226	455,00	9,55
	6	-23,10961	-51,52311	25,59	7,45	0,253	456,00	6,23
	7	-23,10839	-51,52392	24,75	7,59	0,189	456,00	8,05
	8	-23,10819	-51,52442	24,01	7,55	0,199	455,00	6,68
Jataizinho	9	-23,09958	-51,52742	25,60	9,30	0,301	452,00	3,78
	1	-23,25908	-50,97367	24,96	7,33	0,430	182,00	13,41
	2	-23,18689	-50,94133	24,11	6,81	0,409	131,00	7,07
	3	-23,16911	-50,95269	23,40	8,07	0,376	177,00	24,91
	4	-23,20758	-50,94461	25,84	7,53	0,390	277,00	18,79
Prado Ferreira	5	-23,21636	-50,95931	24,95	8,48	0,280	306,00	10,38
	1	-23,02994	-51,43653	26,00	8,00	0,138	307,00	11,74
	2	-23,04279	-51,43610	24,24	6,44	0,054	294,00	5,04
	1	-23,28461	-51,01750	35,72	9,43	0,333	262,00	4,60
	2	-23,34394	-51,04247	24,39	8,45	0,213	175,00	20,08
Ibiporã	3	-23,32539	-51,03853	23,18	8,57	0,303	188,00	15,90
	1	-23,30533	-51,36117	15,23	7,68	0,102	457,00	36,54
	2	-23,31561	-51,37614	23,23	6,96	0,227	456,00	15,04
Rolândia	3	-23,31000	-51,38711	22,59	6,31	0,321	98,00	23,62
	4	-23,24164	-51,40581	22,96	8,41	0,073	158,00	9,45
	5	-23,26600	-51,39906	23,66	8,07	0,086	455,00	6,06
	6	-23,29050	-51,35289	25,86	8,34	0,059	375,00	10,77
	7	-23,30264	-51,33186	24,20	7,37	0,134	377,00	7,66
Cambé	1	-23,31803	-51,29403	24,90	6,97	0,043	266,00	21,43
	2	-23,29364	-51,27736	22,79	7,53	0,206	404,00	10,50

Municípios	Poços	Latitude	Longitude	Temperatura	pH	Condutividade	Turbidez	Oxigênio dissolvido
Cambé	3	-23,31158	-51,28619	22,18	6,91	0,033	182,00	9,27
	4	-23,30842	-51,29289	23,53	7,69	0,077	456,00	7,71
	4a	-23,30842	-51,29289	25,21	8,11	0,061	304,00	19,27
	5	-23,27125	-51,27219	26,37	8,22	0,193	300,00	18,63
	6	-23,24742	-51,28944	25,23	7,42	0,096	455,00	12,97
	7	-23,19711	-51,29331	26,42	7,33	0,262	210,00	16,09
	8	-23,20453	-51,28636	25,34	8,07	0,129	167,00	21,94
Londrina	1	-23,38706	-51,08414	18,83	8,20	0,012	285,00	11,70
	2	-23,38711	-51,08253	17,96	7,77	0,070	0,29	8,87
	3	-23,37611	-51,07622	22,01	7,07	0,279	80,40	15,25
	4	-23,42836	-51,13986	23,59	8,94	0,303	372,00	7,33
	5	-23,28794	-51,22783	30,41	7,77	0,179	12,80	14,84
	6	-23,27100	-51,18517	20,35	6,57	0,107	146,00	22,69
	7	-23,23606	-51,16294	21,31	7,37	0,161	307,00	20,53
	8	-23,22256	-51,17856	21,13	9,28	0,100	256,00	5,21
	9	-23,36756	-51,14347	18,59	7,44	0,078	0,00	14,90
LDNA/Tamarana	1	-23,69964	-51,11972	18,33	8,21	0,109	139,00	9,29
	2	-23,70419	-51,12119	20,92	7,25	0,054	113,00	14,72
Temperatura (Celsius), Potencial Hidrogeniônico (pH), Condutividade (mS/cm), Turbidez (NTU) e Oxigênio Dissolvido (mg/L)								

Org.: ALIEVI, A. A., 2011.

Fonte: Coleta *in situ* analisada por HORIBA, 2011.

Tabela A.3 - Teores dos elementos químicos nos pontos de coleta de água subterrânea, municípios da 17ª Regional de Saúde de Londrina-PR, julho-agosto de 2011.

<i>Município</i>	<i>Poço</i>	<i>Al</i>	<i>Cd</i>	<i>P</i>	<i>Cr</i>	<i>Ba</i>	<i>Zn</i>	<i>Pb</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>	<i>Co</i>	<i>Cu</i>	<i>Si</i>	<i>Mg</i>	<i>Ca</i>	<i>Sr</i>	<i>Na</i>	<i>K</i>
Alvorada do Sul	1	*nd	nd	63	nd	13	5	nd	nd	nd	8	nd	5	26770	4119	15245	50	25500	920
	2	nd	nd	62	nd	13	5	nd	nd	nd	7	nd	5	26650	4100	15100	50	25490	900
	3	nd	nd	111	nd	26	9	nd	nd	2	4,6	nd	3	30167	10598	28878	129	21000	1650
Sertanópolis	1	<6	nd	68	nd	15	4	nd	nd	nd	6	nd	3	23209	5705	22533	53	8800	980
	2	nd	nd	82	nd	10	6	nd	nd	nd	16	nd	nd	24331	4457	21347	36	9200	770
	3	nd	nd	95	nd	10	13	nd	nd	nd	5	nd	1	25952	5282	17019	42	7600	960
Bela V. Paraíso	4	nd	nd	74	nd	11	11	nd	nd	nd	14	nd	2	28638	5457	46037	39	17800	680
	1	nd	68	68	nd	126	10	nd	nd	3	13	nd	5	11275	3362	8194	43	1800	2350
	2	nd	nd	64	3	126	25	nd	nd	nd	6	nd	7	16189	6785	31344	155	5500	3060
Florestópolis	3	nd	nd	101	3	3	94	nd	nd	1	48	nd	22	32548	4485	10901	37	3800	730
	4	nd	nd	39	nd	229	9	nd	nd	5	11	nd	14	14850	7357	21755	93	3540	7900
	1	nd	nd	99	nd	33	22	nd	nd	nd	5	nd	<1	19103	3412	22154	201	5400	2340
Primeiro de Maio	2	nd	nd	112	3	169	1	nd	nd	nd	4	nd	nd	20528	4690	21231	99	2800	2730
	3	nd	nd	50	4	109	5	nd	nd	nd	7	nd	nd	17936	4196	24910	126	2300	3050
	1	nd	nd	81	nd	3	22	nd	nd	nd	7	nd	4	28166	13793	43404	109	8100	1380
Pitangueiras	2	nd	nd	93	nd	14	11	nd	nd	nd	4	nd	<1	25149	2726	10142	25	2500	770
	1	nd	nd	73	nd	111	5	nd	nd	nd	8	nd	nd	20248	13593	20915	323	3100	2850
	2	nd	nd	99	3	34	62	nd	nd	10	18	nd	nd	16141	3352	10442	83	2100	1740
Miraselva	1	nd	nd	nd	nd	70	11	nd	nd	5	11	nd	15	11347	1078	630	9	1100	1780
	2	nd	nd	53	3	25	3	nd	nd	<0,2	20	nd	nd	22863	4324	16551	151	4600	3300
	3	nd	nd	57	nd	176	3	nd	nd	nd	7	nd	nd	18839	2735	7089	51	23700	1560
Assaí	1	nd	nd	nd	nd	1	3	nd	nd	<0,2	10	nd	<1	12250	75	1148	4	64900	270
	2	nd	nd	nd	nd	1	4	nd	nd	nd	15	nd	nd	11357	53	1019	5	66300	250
	1	nd	nd	22	nd	31	282	nd	nd	2	24	nd	1	10562	1938	11398	75	1400	1370
Jaguapitã	2	nd	nd	76	nd	172	397	nd	nd	3	26	nd	nd	17391	5360	37897	310	4600	3200
	3	nd	nd	66	nd	13	107	nd	nd	nd	4	nd	1	22336	4249	13946	62	5400	1160
	4	nd	nd	77	nd	35	716	nd	nd	1	44	nd	7	24648	3764	22509	176	4900	2090

<i>Município</i>	<i>Poço</i>	<i>Al</i>	<i>Cd</i>	<i>P</i>	<i>Cr</i>	<i>Ba</i>	<i>Zn</i>	<i>Pb</i>	<i>Ni</i>	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>	<i>Co</i>	<i>Cu</i>	<i>Si</i>	<i>Mg</i>	<i>Ca</i>	<i>Sr</i>	<i>Na</i>	<i>K</i>
Jaguapitã	5	nd	nd	44	nd	37	4	nd	nd	nd	8	nd	3	22731	8336	21979	106	4500	1580
	6	nd	nd	71	nd	26	4	nd	nd	1	9	nd	2	20629	3139	29923	193	7900	2100
	7	nd	nd	114	nd	67	4	nd	nd	nd	7	nd	4	21994	3908	27469	324	5800	2540
	8	nd	nd	130	nd	69	4	nd	nd	nd	7	nd	nd	21631	4178	29080	257	5300	2440
	9	nd	nd	nd	nd	1	3	nd	nd	nd	3	nd	nd	12828	116	1777	3	66500	220
Jataizinho	1	nd	nd	39	nd	nd	1	nd	nd	3	4	nd	1	29025	18594	48201	95	16100	600
	2	nd	nd	111	nd	6	12	nd	nd	3	4	nd	nd	31820	15690	38634	180	6600	1820
	3	nd	nd	nd	nd	2	7	nd	nd	2	68	nd	nd	8750	4417	31564	37	52700	1320
	4	nd	nd	nd	nd	nd	3	nd	nd	nd	13	nd	2	11112	10594	32953	69	20400	590
	5	nd	nd	nd	nd	2	3	nd	nd	2	9	nd	1	10520	385	8690	10	53200	910
Prado Ferreira	1	nd	nd	59	3	59	8	nd	nd	nd	4	nd	1	18885	3259	16003	356	3900	2370
	2	nd	nd	27	nd	17	1	nd	nd	nd	7	nd	nd	13399	2260	5406	27	1700	870
Ibiporã	1	44	nd	17	nd	7	7	nd	nd	1	28	nd	nd	12605	19	1811	47	66100	430
	2	nd	nd	nd	nd	<2	8	nd	nd	nd	5	nd	nd	21378	610	24894	15	23700	370
Rolândia	3	nd	nd	35	nd	1	10	nd	nd	1	110	nd	nd	1403	11448	27619	55	17000	480
	1	nd	nd	51	nd	4	27	nd	nd	<0,2	8	nd	nd	18784	3871	15335	59	4000	930
	2	nd	nd	66	nd	2	6	nd	nd	<0,2	4	nd	nd	16502	5493	20732	70	19500	920
	3	nd	nd	40	nd	5	4	nd	nd	nd	14	nd	nd	20929	9881	39740	138	8500	1340
	4	nd	nd	nd	nd	2	6	nd	nd	nd	4	nd	nd	18708	1106	9921	38	6000	560
	5	nd	nd	4	nd	2	25	nd	nd	nd	15	nd	nd	19061	1353	12197	46	6400	530
	6	nd	nd	nd	nd	1	10	nd	nd	nd	5	nd	nd	19928	2850	12708	22	4300	570
Cambé	7	nd	nd	43	nd	2	74	nd	nd	1	76	nd	19	16481	5211	13862	56	4400	800
	1	nd	nd	42	nd	7	25	nd	nd	nd	5	nd	1	14416	1938	4690	17	1500	460
	2	nd	nd	100	3	1	3	nd	nd	nd	5	nd	nd	21498	5952	23482	34	7200	550
	3	nd	nd	nd	nd	1	2	nd	nd	nd	5	nd	6	10706	1361	3031	17	1100	400
	4	nd	nd	54	nd	1	4	nd	nd	nd	5	nd	1	18111	2567	7083	21	3100	610
	4a	nd	nd	53	nd	1	3	nd	nd	nd	4	nd	nd	18443	2503	7178	20	2900	590
	5	nd	nd	26	nd	3	4	nd	nd	nd	7	nd	3	19754	6534	17463	42	19100	540

<i>Município</i>	<i>Poço</i>	Al	Cd	P	Cr	Ba	Zn	Pb	Ni	Mn	Fe	Co	Cu	Si	Mg	Ca	Sr	Na	K
Cambé	6	nd	nd	54	nd	<0,2	3	nd	nd	nd	6	nd	1	21353	1337	9522	5	7300	290
	7	nd	nd	35	nd	<0,2	22	nd	nd	nd	12	nd	1	26745	3287	25205	22	12300	300
	8	nd	nd	101	nd	1	4	nd	nd	nd	11	nd	2	32060	5228	14256	30	4800	750
Londrina	1	nd	nd	49	nd	29	26	nd	nd	nd	6	nd	76	14614	2987	8356	38	1800	640
	2	nd	nd	61	nd	22	3	nd	nd	1	6	nd	3	16357	4080	10425	51	2600	750
	3	nd	nd	86	nd	1	8	nd	nd	1	28	nd	5	28363	9443	39110	59	8900	380
	4	nd	nd	nd	nd	1	7	nd	nd	1	7	nd	1	18203	3393	36213	20	27800	280
	5	nd	nd	63	nd	1	3	nd	nd	nd	6	nd	5	18059	7837	22013	58	4500	940
	6	nd	nd	92	nd	33	5	nd	nd	1	71	nd	5	22478	5468	11981	66	2800	1190
	7	nd	nd	37	nd	3	3	nd	nd	1	9	nd	nd	17536	3508	15913	27	19300	790
	8	nd	nd	48	nd	<0,2	3	nd	nd	nd	5	nd	nd	15776	203	4856	2	15700	170
	9	nd	nd	33	nd	63	5	nd	nd	4	5	nd	9	10645	2472	7546	26	4500	660
Londrina/Tamarana	1	nd	nd	177	nd	17	7	nd	nd	1	7	nd	nd	18676	4115	12770	72	3400	1180
	2	nd	nd	173	nd	63	3	nd	nd	2	67	nd	1	13468	2503	5760	50	1700	1020
Limites de Detecção: (Al 6 µg/L), (Cd 1 µg/L), (P 4 µg/L), (Cr 1 µg/L), (Ba 0,2 µg/L), (Zn 1 µg/L), (Pb 5 µg/L), (Ni 3 µg/L), (Mn 0,2 µg/L), (Fe 2 µg/L), (Co 2 µg/L), (Cu 1 µg/L), (Si 42 µg/L), (Mg 2 µg/L), (Ca 67 µg/L), (Sr 1 µg/L), (Na 276 µg/L) e (K 5 µg/L). *nd não detectado																			

Org.: ALIEVI, A. A., 2011.

Fonte: Coletas *in situ* e posterior análise no ICP-AES (Laboratório de Geoquímica da UNESP/Rio Claro-SP), 2011.

Tabela A.4 - Proporção entre número total de óbitos (doença) e total de habitantes por município da 17ª Regional de Saúde de Londrina-PR para o ano de 2009.

Município	neoplasias*	endócrinas	TMC	nervoso	circulatório	respiratório	digestivo	geniturinário
Alvorada do Sul	0,00076	0,00076	0,00022	0,00043	0,00357	0,00086	0,00011	0,00011
Assaí	0,00149	0,00019	0,00006	0,00012	0,00279	0,00081	0,00056	0,00012
Bela Vista do Paraíso	0,00148	0,00039	0,00013	0,00032	0,00303	0,00142	0,00019	0,00019
Cambe	0,00099	0,00034	0,00009	0,00009	0,00157	0,00096	0,00021	0,00020
Florestópolis	0,00127	0,00051	0,00008	0,00000	0,00229	0,00076	0,00059	0,00008
Ibipora	0,00107	0,00061	0,00008	0,00015	0,00194	0,00103	0,00042	0,00017
Jaguapita	0,00145	0,00032	0,00000	0,00024	0,00217	0,00089	0,00048	0,00000
Jataizinho	0,00138	0,00078	0,00009	0,00043	0,00310	0,00112	0,00026	0,00017
Londrina	0,00120	0,00020	0,00008	0,00022	0,00168	0,00064	0,00031	0,00014
Miraselva	0,00154	0,00000	0,00000	0,00000	0,00308	0,00308	0,00154	0,00103
Pitangueiras	0,00106	0,00000	0,00000	0,00000	0,00248	0,00071	0,00071	0,00000
Prado Ferreira	0,00256	0,00028	0,00000	0,00000	0,00313	0,00085	0,00028	0,00028
Primeiro de Maio	0,00090	0,00018	0,00018	0,00027	0,00270	0,00063	0,00045	0,00009
Rolandia	0,00115	0,00037	0,00007	0,00018	0,00160	0,00057	0,00025	0,00014
Sertãozinho	0,00106	0,00012	0,00000	0,00006	0,00242	0,00112	0,00019	0,00012
Tamarana	0,00147	0,00026	0,00000	0,00000	0,00138	0,00060	0,00043	0,00009

*Doenças: neoplasias (tumores); endócrinas nutricionais e metabólicas; transtornos mentais e comportamentais; o sistema nervoso; do aparelho circulatório; do aparelho respiratório; do aparelho digestivo e do aparelho geniturinário.

Org. ALIEVI, A. A.

Fonte: SESA/PR, 2010/ IBGE, 2009.