



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

TATIANA FERNANDA MENDES

**A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS MORTALIDADES NO
CONTEXTO DA GEOGRAFIA DA SAÚDE E A
HIDROGEOQUÍMICA DO AQUÍFERO SERRA GERAL, NA
REGIONAL DE SAÚDE DE CORNÉLIO PROCÓPIO (PR)**

Londrina
2012

TATIANA FERNANDA MENDES

**A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS MORTALIDADES NO
CONTEXTO DA GEOGRAFIA DA SAÚDE E A
HIDROGEOQUÍMICA DO AQUÍFERO SERRA GERAL, NA
REGIONAL DE SAÚDE DE CORNÉLIO PROCÓPIO (PR)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração: Dinâmica Geoambiental, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Paulo Peccinini 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)

M538d Mendes, Tatiana Fernanda.

A distribuição espacial das mortalidades no contexto da Geografia da saúde e a hidrogeoquímica da aquífero Serra Geral na regional de saúde de Cornélio Procópio (PR). / Tatiana Fernanda Mendes. – Londrina, 2012.
177 f. : il.

Orientador: José Paulo Peccinini Pinese

Dissertação (Mestrado em Geografia Dinâmica Espaço Ambiental) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2012.

Inclui bibliografia.

1. Geografia da saúde – Teses. 2. Aquífero Serra Geral – Teses. 3. Norte do Paraná – Mortalidade – Teses. 4. Ambiente – Teses 5. Hidrogeoquímica - Teses 6. Geoprocessamento. Teses. I. Pinese, José Paulo Peccinini. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDU 911.3:614

TATIANA FERNANDA MENDES

**A DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS MORTALIDADES NO
CONTEXTO DA GEOGRAFIA DA SAÚDE E A HIDROGEOQUÍMICA
DO AQUÍFERO SERRA GERAL, NA REGIONAL DE SAÚDE DE
CORNÉLIO PROCÓPIO (PR)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, área de concentração: Dinâmica Geoambiental, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Paulo Peccinini Pinese
UEL – Londrina - PR

Prof^a. Dr^a. Ligia Vizeu Barroso
USP – São Paulo - SP

Prof. Dr. André Celligoi
UEL – Londrina - PR

Londrina, 4 de setembro de 2012.



Dedico ao

Rodrigo

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Paulo Peccinini Pinese, orientador desde a iniciação científica, expresso os mais sinceros agradecimentos, pela amizade e confiança em todos os momentos de nossa pesquisa. É uma satisfação tê-lo como orientador e amigo durante todos esses anos.

Ao Rodrigo, pelo companheirismo e apoio durante estes anos.

Aos meus pais, Lurdes e Mário, aos meus irmãos, Rodrigo e Ariana, e à minha avó, Luiza, que sempre me apoiaram em tudo ao longo desses anos.

Ao Prof. Dr. André Celligoi, professor associado ao Departamento de Geociências – CCE/UEL, pelo apoio e amizade no decorrer do projeto, pelas sugestões no exame de qualificação e por aceitar participar da comissão examinadora do presente trabalho.

Ao Prof. Dr. Geraldo Terceiro Correa, professor associado ao Departamento de Geociências – CCE / UEL, pelas sugestões no exame de qualificação.

À Prof^a. Dr^a. Ligia Vizeu Barroso, professora associada ao Departamento de Geografia – FFLCH, da Universidade de São Paulo, por aceitar o convite em compor a comissão examinadora do presente trabalho.

Agradeço imensamente à querida amiga Josilaine A. Corcória pela amizade e apoio na preparação e análise das águas coletadas.

À Prof^a. Dr^a. Maria Josefa Yabe do Departamento de Química da UEL e seus alunos, pela realização das análises das águas subterrâneas.

À Regional de Saúde de Cornélio Procópio, em especial, à Carmen Rotter, por ter disponibilizado os dados de saúde.

À Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Estado do Paraná (SUDERHSA) por ter disponibilizado o banco de dados dos poços tubulares que abrangem a área de estudo.

À Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) dos municípios de Rancho Alegre, Leópolis, Santa Mariana, Santa Amélia, Ribeirão do Pinhal, Cornélio Procópio, Assaí, Uraí, São Sebastião da Amoreira e Nova América da Colina, por permitir o acesso aos seus poços e a seus técnicos pelo auxílio nas coletas das águas.

Ao SAMAE - Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto dos municípios de Sertaneja, Itambaracá, Andirá, Abatiá, Santo Antonio do Paraíso, Santa Cecília do Pavão, Nova Santa Bárbara e São Jerônimo da Serra por permitir o acesso aos seus poços e a seus técnicos pelo auxílio nas coletas das águas.

Ao SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto dos municípios de Nova Fátima e Bandeirantes por permitir o acesso aos seus poços e a seus técnicos pelo auxílio nas coletas das águas.

Ao serviço de transportes da UEL por disponibilizar motoristas para a realização dos trabalhos de campo.

Aos amigos Suzana, Elton, Carolina, Érika e Karolyna pela amizade e apoio.

À Wanessa Garcia Vidal pela compreensão, apoio e amizade.

Às secretarias do Departamento de Geociências, Edna e Regina, que sempre colaboraram no decorrer do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão de bolsa, por um período de um ano e 6 meses.

Ao mestrado Geografia, Dinâmica Espaço – Ambiental / UEL, por permitir a realização desse trabalho.

MENDES, Tatiana Fernanda. **A distribuição espacial das mortalidades no contexto da Geografia da Saúde e a hidrogeoquímica do Aquífero Serra Geral, na Regional de Saúde de Cornélio Procópio (PR)**. 2012. 177f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2012.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo caracterizar a distribuição espacial das mortalidades no contexto da Geografia da Saúde e verificar suas possíveis relações com a hidrogeoquímica das águas do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), servidas para abastecimento de cerca de 65% da população na Regional de Saúde de Cornélio Procópio (RSCP). Tentativamente avaliando os riscos ambientais para a saúde humana oriundos de possíveis anomalias hidrogeoquímicas. Para tanto, foram obtidos dados de saúde nos municípios da RSCP e pelo site do DATASUS no Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) e da Secretaria de Saúde do Estado do Paraná. As amostras coletadas das águas do SASG foram analisadas pela técnica da Espectrometria de Massa com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS), na obtenção de teores dos elementos traços e metais pesados. Através da técnica de Espectrometria de Absorção Atômica (AAS) obteve-se as concentrações de Ferro, Sódio e Potássio foram analisados através da fotometria de chama. Os dados de saúde da RSCP mostram que, há um maior número de óbitos por doenças circulatórias, tendo como segunda causa de morte as neoplasias. Verificou-se que houve um aumento das taxas de mortalidade das referidas doenças, comparando-se os anos de 2000 e 2010. O comportamento hidrogeoquímico das águas do SASG, apresentam variações de distribuição, com teores acima do convencional para a região, que se relacionam em alguns municípios com maior índice de mortalidade, como em Nova América da Colina, Leopólis, Nova Fátima, Santa Mariana e Congoinhas. As águas do SASG em alguns poços apresentaram valores de pH, Ferro e Selênio, acima do valor máximo permitido (VMP) pela legislação brasileira. Verificam-se possíveis correlações entre os locais com teores anômalos de Fe e Se com localidades de maior taxa de mortalidade por doenças do sistema circulatório, nervoso, neoplasias e doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas. O Arsênio e o Chumbo mesmo não ultrapassando o VMP, mostram correlações com localidades de maior taxa de mortalidade por doenças do aparelho circulatório, respiratório, digestivo, doenças do sistema nervoso, transtornos mentais e neoplasias. A maioria dos resultados hidrogeoquímicos das águas do SASG na RSCP, estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação para consumo humano. Contudo, mesmo estes elementos apresentando concentrações baixas, há que se considerar o tempo de exposição, e a condição da saúde das pessoas expostas. Com relação à origem dos teores anômalos dos elementos químicos encontrados nas águas do SASG na RSCP, pode-se dizer, de forma preliminar, que alguns teores anômalos são provenientes de características naturais do meio e outros de ações antrópicas ou mistas, como o exemplo do ferro. As correlações obtidas não esgotam o assunto, havendo a necessidade de se aprofundar as investigações da relação saúde-ambiente na RSCP, na busca do estabelecimento de programas consistentes para a saúde coletiva.

Palavras-chave: Geografia da saúde. Aquífero Serra Geral. Norte do Paraná. Mortalidades. Ambiente. Hidrogeoquímica. Geoprocessamento.

MENDES, Tatiana Fernanda. **The mortality space distribution in context of the health geography and the Serra Geral aquifer's hydrogeochemical, in health regional of Cornélio Procópio, Paraná state, Brazil.** 2012. 177 f. Dissertation (Master's Degree Dissertation) – Londrina State University, Londrina. 2012.

ABSTRACT

The aim of this paper was to characterize the mortality space distribution in context of the health geography and to verify your possible relationship with the Serra Geral aquifer's hydrogeochemical (SASG). It is important to point out that the SASG groundwater is pumped for about 65% the population of the Health Regional of Cornélio Procópio (RSCP). In this sense, also was verified the environmental risk for the human health caused by possible hydrogeochemical anomalies. The used methodology was based on the following steps. The health data were obtained in RSCP, DATASUS, specifically, in the Mortality Information System (SIM), and in the Health Paraná Secretariat. The groundwater samples, collected in field work, were analyzed by the Inductively-Coupled Plasma Mass Spectrometry technique (ICP-MS) to analysis of trace elements and heavy metals, by the Atomic Absorption Spectrophotometry technique (AAS) to analysis of iron, and by the flame photometry technique to analysis of sodium and potassium. The results proved that the population deaths are related, mainly, with circulatory diseases and cancer, respectively. Furthermore, was verified a mortality growth of these diseases, between 2000 and 2010. Through of the chemical analysis, was observed some bigger-than-the-conventional values, to region. These values are related with places that presented bigger death incidence by some diseases, as Nova América da Colina, Leópolis, Nova Fátima, Santa Mariana e Congoinhas. Some groundwater samples presented (pH), (Fe) and (Se) values, more that the permitted by the Brazilian legislation. In this sense, correlations were verified between the (Fe) and (Se) anomalies, with the places that presented bigger death incidence by caused diseases by the (Fe) and (Se) excess. The (As) and (Pb) elements presented values that are next of the maximum permitted by the Brazilian legislation. So, these places also presented death incidence by originated diseases by (As) and (Pb). In general, the hydrogeochemical results are inside of the limit permitted by the Brazilian legislation. However, correlations were verified between anomalous values, with places that presented higher death incidence by related diseases to chemical element excess. The results proved that the origin of these anomalies may be natural or influenced by the human activities.

Keywords: Health geography. Serra Geral Aquifer. Paraná State's North. Mortality. Environment. Hydrogeochemical. GIS.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Os benefícios e malefícios à saúde de elementos essenciais e não essenciais, em função da dosagem	26
Figura 2 - Ciclo dos elementos químicos até alcançarem cadeias alimentares.....	27
Figura 3 - Mapa da distribuição das concentrações de flúor no Estado do Paraná, com a drenagem e os pontos amostrais de coleta	46
Figura 4 - Mapa geológico da região Nordeste do Paraná, mostrando os contornos das anomalias de magnetismo residual	47
Figura 5 - Localização dos municípios da RSCP no Estado do Paraná	49
Figura 6 - Localização da Bacia Sedimentar do Paraná, na América do Sul, no Brasil e no Estado do Paraná.....	52
Figura 7 - Coluna cronolitoestratigráfica da Bacia Sedimentar do Paraná mostrando a distribuição temporal e espacial dos grupos e formações geológicas que a compõe.....	53
Figura 8 - Formações geológicas dos municípios da RSCP	54
Figura 9 - Localização do Aquífero Serra Geral e Aquífero Guarani na RSCP	59
Figura 10 - Hidrografia dos municípios da RSCP	62
Figura 11 - Geomorfologia dos municípios da RSCP	65
Figura 12 - Classes de solos dos municípios da RSCP	68
Figura 13 - Localização dos poços tubulares, onde, foram coletadas as amostras de água subterrânea	76
Figura 14 - (A, B, C, D): Gráficos mostrando o nº total de óbitos por cada grupo de causas dos municípios da RSCP no período 2000 – 2010	81
Figura 15 - (E, F, G, H): Gráficos mostrando o nº total de óbitos por cada grupo de causas dos municípios da RSCP no período 2000 – 2010	83

Figura 16 - (I, J, L, M): Gráficos mostrando o nº total de óbitos por cada grupo de causas dos municípios da RSCP no período 2000 – 2010	85
Figura 17 - (N, O, P, Q): Gráficos mostrando o nº total de óbitos por cada grupo de causas dos municípios da RSCP no período 2000 – 2010	86
Figura 18 - (R, S, T, U): Gráficos mostrando o nº total de óbitos por cada grupo de causas dos municípios da RSCP no período 2000 – 2010	86
Figura 19 - Gráfico mostrando o nº total de óbitos por cada grupo de causas em Uraí, na RSCP, no período 2000 – 2010	86
Figura 20 - Gráfico mostrando nº total de óbitos por grupo de causas do Brasil no período 2000 - 2010	86
Figura 21 - Taxa de mortalidade específica por doenças do aparelho circulatório em 2000	90
Figura 22 - Taxa de mortalidade específica por doenças do aparelho circulatório em 2010	91
Figura 23 - Taxa de mortalidade específica por neoplasias em 2000	94
Figura 24 - Taxa de mortalidade específica por neoplasias em 2010	95
Figura 25 - Taxa de mortalidade específica por D. do Ap. Respiratório em 2010	98
Figura 26 - Taxa de mortalidade específica por D. Endócrinas Nutricionais e Metabólicas em 2010	99
Figura 27 - Taxa de mortalidade específica por D. Aparelho Digestivo em 2010	100
Figura 28 - Taxa de mortalidade específica por Algumas D. Infecciosas e Parasitárias em 2010	101
Figura 29 - Taxa de mortalidade específica por Transtornos Mentais e comportamentais em 2010	102
Figura 30 - Taxa de mortalidade específica por D. do Sistema Nervoso em 2010	103
Figura 31 - Correlação positiva entre STD e Ti	105
Figura 32 - Correlação negativa entre Cr e Na.....	105

Figura 33 - Frequência dos valores de temperatura das águas do SASG na RSCP	107
Figura 34 - Mapa da temperatura das águas do SASG.....	108
Figura 35 - Frequência dos valores de pH	109
Figura 36 - Mapa do pH das águas do SASG	111
Figura 37 - Frequência dos valores de sólidos totais dissolvidos	112
Figura 38 - Mapa dos sólidos totais dissolvidos nas águas do SASG	114
Figura 39 - Frequência dos valores de OD.....	115
Figura 40 - Mapa do oxigênio dissolvido nas águas do SASG.....	116
Figura 41 - Frequência dos valores de CE	117
Figura 42 - Mapa da condutividade elétrica nas águas do SASG	118
Figura 43 - Frequência dos valores de Al.....	119
Figura 44 - Mapa geoquímico do Alumínio nas águas do SASG	121
Figura 45 - Frequência dos valores de As.....	122
Figura 46 - Mapa geoquímico do Arsênio nas águas do SASG	124
Figura 47 - Frequência dos valores de Ba.....	125
Figura 48 - Mapa geoquímico do Bário nas águas do SASG	127
Figura 49 - Frequência dos valores de Cd	128
Figura 50. Frequência dos valores de Pb.....	129
Figura 51 - Mapa geoquímico do chumbo nas águas do SASG.....	131
Figura 52 - Frequência dos valores de Co	132
Figura 53 - Mapa geoquímico do cobalto nas águas do SASG.....	134
Figura 54 - Frequência dos valores de Cu	135
Figura 55 - Mapa geoquímico do cobre nas águas do SASG	137
Figura 56 - Frequência dos valores de Cr	138
Figura 57 - Mapa geoquímico do cromo nas águas do SASG	140
Figura 58 - Frequência dos valores de Sr	141
Figura 59 - Mapa geoquímico do estrôncio nas águas do SASG	142
Figura 60 - Frequência dos valores de Fe.....	143
Figura 61 - Mapa geoquímico do ferro nas águas do SASG	145
Figura 62 - Frequência dos valores de Mn	146
Figura 63 - Mapa geoquímico do manganês nas águas do SASG.....	148
Figura 64 - Frequência dos valores de Ni.....	149
Figura 65 - Mapa geoquímico do níquel nas águas do SASG.....	150

Figura 66 - Frequência dos valores de K.....	151
Figura 67 - Frequência dos valores de Se.....	152
Figura 68 - Mapa geoquímico do selênio nas águas do SASG	154
Figura 69 - Frequência dos valores de Na	155
Figura 70 - Mapa geoquímico do sódio nas águas do SASG.....	156
Figura 71 - Frequência dos valores de Ti.....	157
Figura 72 - Mapa geoquímico do titânio nas águas do SASG.....	158
Figura 73 - Frequência dos valores de Zn.....	159
Figura 74 - Mapa geoquímico do zinco nas águas do SASG	160

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Número de habitantes de cada município da RSCP	48
Tabela 2 -	Dinâmica atmosférica da área de estudo	66
Tabela 3 -	Comparação do percentual de óbitos por doenças do aparelho circulatório entre os municípios da RSCP, Brasil e Paraná no período de 2000 a 2010	87
Tabela 4 -	Taxa de mortalidade específica por doenças do aparelho circulatório.....	88
Tabela 5 -	Taxa de mortalidade específica por doenças do aparelho circulatório.....	88
Tabela 6 -	Comparação do percentual de óbitos por neoplasias entre os municípios da RSCP, Brasil e Paraná no período de 2000 a 2010	92
Tabela 7 -	Taxa de mortalidade específica por neoplasias dos municípios da RSCP	93
Tabela 8 -	Taxa de mortalidade por neoplasias/100.000 hab do Brasil e Paraná.....	93
Tabela 9 -	Taxas de mortalidade por 100.000 hab. das doenças que causam maior nº de óbitos nos municípios da RSCP, com destaque para os valores que estão acima das taxas do Brasil e Paraná, em 2010.....	104
Tabela 10 -	Taxas de mortalidade das doenças que causam maior nº de óbitos no Brasil e Paraná em 2010	104
Tabela 11 -	Matriz de correlação das variáveis hidrogeoquímicas analisadas nas águas do SASG.....	106

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS.....	17
2	SAÚDE E AMBIENTE	18
2.1	GEOGRAFIA DA SAÚDE	21
2.1.1	Geografia da Saúde e Ambiente	22
2.2	GEOLOGIA MÉDICA OU GEOMEDICINA	25
2.2.1	Toxicidade dos Elementos Químicos	26
2.2.2	Geoquímica, Água e Saúde Humana	26
2.3	CARACTERÍSTICAS DOS ELEMENTOS QUÍMICOS E DOENÇAS CORRELATAS.....	29
2.3.1	ALUMÍNIO	29
2.3.2	ARSÊNIO	30
2.3.3	BÁRIO	31
2.3.4	CÁDMIO	32
2.3.5	CHUMBO	33
2.3.6	COBALTO	34
2.3.7	COBRE.....	35
2.3.8	CROMO	36
2.3.9	ESTRÔNCIO	37
2.3.10	FERRO.....	37
2.3.11	MANGANÊS.....	38
2.3.12	NÍQUEL	39
2.3.13	POTÁSSIO (K).....	40
2.3.14	SELÊNIO.....	41
2.3.15	SÓDIO.....	42
2.3.16	TITÂNIO.....	42
2.3.17	ZINCO	43

3	ANOMALIAS HIDROGEOQUÍMICAS NO NORTE DO PARANÁ	44
4	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA RSCP	48
4.1	ASPECTOS GEOGRÁFICOS	48
4.2	ASPECTOS GEOLÓGICOS	50
4.3	HIDROGEOLOGIA	58
4.4	HIDROGRAFIA	60
4.5	ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	62
4.6	CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA	65
4.7	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PRINCIPAIS TIPOS DE SOLOS	67
5	MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	71
5.1	MATERIAIS	71
5.1.1	Materiais de Campo	71
5.1.2	Materiais de Laboratório	71
5.2	METODOLOGIA	71
5.2.1	Programação da Amostragem	71
5.2.2	Caracterização da Área de Estudo	72
5.2.3	Dados de Saúde	73
5.2.4	Procedimentos de Campo	75
5.2.5	Análises Químicas Multielementares das Águas Subterrâneas	78
5.2.6	Interpretação dos Dados Hidrogeoquímicos e Correlações com os Dados de Saúde	79
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
6.1	DADOS DE SAÚDE DA REGIONAL DE CORNÉLIO PROCÓPIO	80
6.2	HIDROGEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL (SASG) NA RSCP	104
6.2.1	Características Físico-Químicas e Hidrogeoquímica do SASG na RSCP	107
6.2.1.1	Temperatura (°C)	107

6.2.1.2	Potencial Hidrogeniônico (pH).....	109
6.2.1.3	Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	112
6.2.1.4	Oxigênio Dissolvido (OD)	115
6.2.1.5	Condutividade Elétrica (CE)	117
6.2.1.6	Alumínio (Al).....	119
6.2.1.7	Arsênio (As).....	122
6.2.1.8	Bário (Ba)	125
6.2.1.9	Cádmio (Cd).....	128
6.2.1.10	Chumbo (Pb).....	129
6.2.1.11	Cobalto (Co).....	132
6.2.1.12	Cobre (Cu).....	135
6.2.1.13	Cromo (Cr)	138
6.2.1.14	Estrôncio (Sr)	141
6.2.1.15	Ferro (Fe)	143
6.2.1.16	Manganês (Mn)	146
6.2.1.17	Níquel (Ni)	149
6.2.1.18	Potássio (K).....	152
6.2.1.19	Selênio (Se).....	153
6.2.1.20	Sódio (Na)	156
6.2.1.21	Titânio (Ti)	158
6.2.1.22	Zinco (Zn).....	160
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	162
	REFERÊNCIAS	165
	APÊNDICES	173
	APÊNDICE A - Variáveis hidrogeoquímicas identificadas nas amostras coletadas de águas do SASG nos municípios da RSCP.	174

1 INTRODUÇÃO

As questões ambientais locais tais como a degradação da água, do ar e do solo, do ambiente doméstico e de trabalho, têm impactado significativamente a saúde humana. Há de se considerar que os impactos ambientais na saúde coletiva nem sempre são causados por alterações antrópicas e/ou tecnogenéticas, muitas vezes são originados de características naturais do meio (geogenéticas), como os casos de anomalias geoquímicas de determinados elementos químicos.

A Minerais do Paraná S/A (MINEROPAR 2001 e LICHT et al., 1997), em um estudo desenvolvido no Estado do Paraná, produziu um banco de dados com análises de águas de superfície e de sedimentos de corrente, as quais demonstram teores anômalos de diversos elementos químicos (e.g. F^- , K^+ , Ca^{+2}).

Na região Norte do Paraná têm-se constatado ocorrências de anomalias hidrogeoquímicas, as quais podem repercutir na saúde humana e animal (PINESE et al., 2001 e MINEROPAR, 2001). Muitos municípios dessa região utilizam águas subterrâneas para o abastecimento da população, fato esse preocupante, pois estudos anteriores em escala regional demonstram uma anomalia hidrogeoquímica multielementar, onde se inclui, por exemplo, a do flúor, que podem influenciar a quantidade deste elemento nos alimentos e nas águas que a população ingere, gerando doenças na população, tais como as que Pinese et al. (2001) e Licht et al. (1997) relataram, onde se imprime uma forte ocorrência de fluorose dentária na população da região.

Deste modo, é de fundamental importância a realização de estudos transdisciplinares que aprofundem o conhecimento na Geografia da Saúde, Geologia Médica ou Geomedicina com a prática de estudos interdisciplinares entre Geografia, Geologia, Epidemiologia, Toxicologia, Medicina, entre outras ciências. A Geografia da Saúde permite a identificação e análise de padrões de distribuição espacial de doenças, contribuindo para o planejamento de ações de saúde. Segundo Selinus et al. (2005) a Geologia Médica é a ciência que se ocupa com a relação entre os fatores geológicos naturais e a saúde dos seres humanos e animais, com conhecimento da influência de fatores ambientais sobre a distribuição de problemas de saúde. Isso é um

amplo e complicado assunto que requer contribuições interdisciplinares de vários campos científicos para entender, mitigar ou resolver o problema. Tais estudos são de vital importância para o planejamento ambiental, saúde coletiva e monitoramento ambiental, visando sempre a minimização dos impactos ambientais sobre a saúde humana e animal.

1.1 OBJETIVOS

• Geral

O presente trabalho tem por objetivo caracterizar a distribuição espacial das mortalidades e verificar suas possíveis relações com a hidrogeoquímica das águas do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG). Adicionalmente procura-se avaliar os riscos ambientais para a saúde humana provocados por possíveis anomalias hidrogeoquímicas.

• Específicos

- Espacializar os dados de saúde, através das informações obtidas junto a Regional de Saúde de Cornélio Procopio, Datasus e da Secretaria de Saúde do Estado do Paraná, dos municípios pertencentes a RSCP.
- Obter parâmetros da qualidade da água, como: temperatura, pH, condutividade elétrica, e elementos químicos (metais pesados e elementos traço).
- Relacionar as concentrações e anomalias hidrogeoquímicas com a geologia, drenagens e possíveis influências antrópicas.
- Correlacionar os elementos químicos encontrados nas águas subterrâneas do Aquífero Serra Geral com possíveis padrões de anomalias na saúde da população local.

2 SAÚDE E AMBIENTE

A inter-relação entre o ambiente e o padrão de saúde de uma população define um campo de conhecimento referido como Saúde Ambiental ou Saúde e Ambiente (TAMBELLINI & CÂMARA, 1998). Para a Organização Mundial da Saúde (OMS) esta relação incorpora todos os elementos e fatores que potencialmente afetam a saúde humana, incluindo, entre outros, desde a exposição a fatores específicos como substâncias químicas, elementos biológicos ou situações que interferem no estado psíquico do indivíduo, até aqueles relacionados com aspectos negativos do desenvolvimento social e econômico dos países (OPS 1990, apud TAMBELLINI & CÂMARA, 1998). E também se refere “à teoria e prática de valorar, corrigir, controlar e evitar aqueles fatores do meio ambiente que, potencialmente, possam prejudicar a saúde de gerações atuais e futuras” (OMS, 1993 apud RIBEIRO, 2004). Assim Ribeiro complementa que

[...] O grande número de fatores ambientais que podem afetar a saúde humana é um indicativo da complexidade das interações existentes e da amplitude de ações necessárias para melhorar os fatores ambientais determinantes da saúde. Porém, os programas de melhorias no ambiente têm ações bastante diferenciadas daquelas de atenção médica, ainda que não possam estar desvinculadas delas (RIBEIRO, 2004, p. 72).

Deste modo percebe-se que

[...] o modelo de desenvolvimento sob o qual estamos vivendo condiciona as relações sociais e econômicas e acentua os riscos para a saúde e o ambiente. Entende-se que os padrões de produção e consumo atuais formam a base sobre a qual se instalam os processos de insustentabilidade. A maior implicação desses fatos é o processo de intensa degradação ambiental que estamos vivenciando, degradação esta que tem conseqüências diretas sobre a qualidade de vida e as condições de saúde das populações (AUGUSTO et al., 2003).

Tendo em vista que a saúde e o ambiente são “bens” coletivos, seus modos de apropriação e gestão estão profundamente relacionados com os processos civilizatórios, políticos e decisórios (AUGUSTO et al., 2003). “Como a iniquidade constitui elemento essencial do atual sistema econômico mundial, a degradação

ambiental e os problemas de saúde só podem ser compreendidos sob o aspecto de partes inerentes da sua dinâmica”, resultando em um modelo insustentável de desenvolvimento (PORTO, 1998).

[...] Todas as transformações produzidas sobre o meio ambiente e suas formas de vida produzem crises nos organismos que não podem adequar-se às mudanças que se encontram expostos. Por isso, as mudanças introduzidas pelo homem no meio ambiente aumentam os problemas de saúde ocasionados naturalmente por fatores ambientais globais, dado que criam ambientes propícios para a aparição e disseminação de certas doenças (GORODNER, 2004).

A relação entre saúde e ambiente tornou-se um assunto cada vez mais importante, pois a degradação ambiental significa uma ameaça aos ecossistemas dos quais derivam a viabilidade da vida de todos os seres e sistemas vivos (FREITAS & PORTO, 2006, p. 15). “No Brasil, a preocupação com os problemas ambientais, as características socioeconômicas do desenvolvimento e a interface de ambos com a saúde coletiva pode ser situada desde o início do século XX” (MINAYO et al. 1999 apud FREITAS, 2003, p. 140), contudo conforme Tambellini & Câmara (1998) do ponto de vista institucional, as questões ambientais tradicionalmente relacionadas com a saúde foram, ao longo deste século, uma preocupação quase que exclusiva de instituições voltadas ao saneamento básico (água, esgoto, lixo, etc.). Foi somente na década de 1970, com o agravamento dos problemas ambientais causados pelo crescimento industrial, que ocorre uma ampliação das instituições, com a criação, por exemplo, de órgãos ambientais nos estados do Rio de Janeiro, como a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), e São Paulo com a Companhia Estadual de Tecnologia em Saneamento Ambiental (CETESB), mas sem vínculo direto com o sistema de saúde (TAMBELLINI & CÂMARA, 1998). É importante lembrar que em 1972 era realizada a Conferência de Estocolmo, primeira grande reunião mundial, organizada pela ONU, sobre a relação entre ambiente e desenvolvimento.

Ainda que os anos de 1970 e 1980 tenham sido importantes na incorporação da temática ambiental, apenas nos anos de 1990, com a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvido em 1992, (CNUMAD ou Rio-92), e a publicação da Agenda 21, com um capítulo dedicado à saúde, é que se iniciou uma

incorporação mais ampla e efetiva da temática ambiental na saúde coletiva (FREITAS, 2003). Reforçando essa idéia (MINAYO, 2002) afirma que

[...] o esforço de formular propostas concretas que visassem estreitar a relação entre saúde e ambiente se evidenciou na preparação da Rio 92, quando no Relatório Brundland (1987), a definição de *desenvolvimento sustentável* identificou o papel dos seres humanos em relação ao ambiente e descreveu o impacto das mudanças ambientais sobre a saúde e a qualidade de vida das populações.

Ainda segundo Minayo (2002) a Agenda 21, como conjunto de normas que busca o desenvolvimento sustentável, abrangeu a idéia de que as necessidades essenciais de saúde das populações deveriam ser urgentemente focalizadas, articulando suas relações com os fatores ambientais aí considerados na sua complexidade e inter-relações físicas, biológicas, químicas e sociais, em interação; servindo conforme Freitas & Porto (2006, p. 23) como roteiro para a construção de programas de ação local, nacional e regional.

Nesta perspectiva como afirmam Freitas & Porto (2006, p. 12) “os problemas de saúde e ambiente, com sua complexidade inerente, exigem um novo olhar, uma nova prática científica e institucional menos fragmentada e mais integrada”, ou seja, torna-se fundamental a realização de estudos transdisciplinares, onde os mesmos devem ser compreendidos como o resultado do processo interdisciplinar que integra distintos saberes, disciplinas e setores, utilizando métodos e interpretações que transcendam os limites de cada disciplina ou segmento. Segundo Augusto (2005, p.25) somente sob este ponto de vista é “que será possível a produção de um conhecimento inovador para uma ciência que verdadeiramente possa cumprir seus desígnios, qual seja, o de emancipar a condição humana e seu bem estar no planeta”.

Pode-se dizer que a idéia do ambiente como elemento importante para o campo da saúde é antiga, porém sua caracterização em termos técnico-científicos tem sido suficientemente vaga e imprecisa para admitir variadas formas e concepções na elaboração de sua (do ambiente) possível relação com a saúde propriamente dita (TAMBELLINI & CÂMARA, 1998).

Visto que os problemas de saúde coletiva são expressões de crises sócio-ambientais, os mesmos “precisam ser compreendidos de forma a incorporar a

pluralidade de dimensões e perspectivas que caracterizam sua complexidade” (FREITAS & PORTO, 2006, p. 27). Deste modo, a realização de estudos envolvendo Geografia da Saúde, Geologia Médica, Geoquímica, entre outras ciências, é de fundamental importância para o entendimento da relação saúde e ambiente.

2.1 GEOGRAFIA DA SAÚDE

A Geografia da Saúde, desde a sua origem, tem sido calcada na resolução de problemas, permitindo a identificação de lugares e situações de risco, o planejamento territorial de ações de saúde e o desenvolvimento das atividades de promoção de saúde¹.

Segundo Rojas (1998; 2003) a Geografia da Saúde é “uma antiga perspectiva e uma nova especialização que se ocupa da aplicação do conhecimento geográfico, dos métodos e técnicas na investigação em saúde, na perspectiva da prevenção de doenças”, se distinguindo por localizar-se nas fronteiras da Geografia, da Medicina, da Biologia, ou das ciências sociais, físicas e biológicas, e por ser essencialmente transdisciplinar. Conforme Peiter (2005) um dos seus principais objetivos está o de proporcionar novos conhecimentos e desenvolver uma proposta teórico-metodológica para o estudo das relações espaciais do processo saúde-enfermidade; e também produzir resultados de importância prática às investigações epidemiológicas, à administração de saúde e, em geral, à racionalidade das ações de melhoramento do bem-estar da população.

Por muito tempo usou-se a denominação Geografia Médica, contudo com a ampliação do espectro de temas, questões e abordagens que esta foi desenvolvendo ao longo do tempo, a Comissão de Geografia Médica da União Geográfica Internacional (UGI), em Moscou (1976), fez um pedido para se adotar uma nova denominação mais abrangente, substituindo Geografia Médica por Geografia da Saúde. A nova designação não vigora em todos os países, encontrando-se ainda hoje a denominação Geografia Médica em alguns países anglo-saxões (PEITER, 2005).

¹ Apresentação dos Anais referente ao II Simpósio Nacional de Geografia da Saúde e I Encontro Luso-brasileiro de Geografia da Saúde, Rio de Janeiro: 2005.

A Geografia da Saúde se divide em dois principais campos de investigação: primeiro, o tradicional, que consiste na Geografia das patologias ou Nosogeografia, encarregada da identificação e análise de padrões de distribuição espacial de doenças; segundo, o contemporâneo, com estudos voltados para uma Geografia de Atenção à Saúde, ocupada das propriedades espaciais da distribuição do sistema de saúde, ou da acessibilidade, utilização e planejamento territorial dos serviços de atenção à saúde (ROJAS & BARCELLOS, 2003, p. 331).

2.1.1 Geografia da Saúde e Ambiente

No que se refere às relações entre a saúde e o ambiente, segundo Barcellos & Machado (1998), “têm sido estudadas, desde a Antigüidade, através de diferentes abordagens cuja evolução foi paralela e no mesmo sentido do desenvolvimento da própria geografia”. Assim a constituição dos saberes em Geografia da Saúde se inicia a partir dos primeiros registros sobre as variações da saúde de populações em diferentes lugares, feitos por médicos quando estes começaram a viajar (PEITER, 2005). Conforme Ribeiro (2004) no século V, aproximadamente em 480 a.C., na Grécia, escritos da escola Hipocrática, sobretudo a obra *Dos Ares, das Águas e dos Lugares*, destacavam a relação entre as doenças, principalmente as endêmicas, e a localização de seus focos. Reconhecia-se que diferenças geográficas resultavam em diferentes padrões de doenças, mas alguns elementos geográficos eram mais valorizados, tais como o clima, a vegetação e a hidrografia. Essa obra “constituiu o primeiro trabalho sistemático a apresentar uma relação causal entre fatores ambientais e doenças e que por 2000 anos foi a base da epidemiologia, fornecendo os fundamentos do entendimento de doenças endêmicas e epidêmicas” (ROSEN, 1958 apud RIBEIRO, 2004, p. 72).

Vários estudos foram escritos por médicos dos séculos XVI e XVII, na forma de *medical surveys* ou “levantamentos médico-geográficos”, contendo valioso patrimônio de informações descritivas de Geografia Médica em diferentes países, contudo:

[...] o agrupamento sistemático de informações acerca da distribuição espacial das doenças só vai ocorrer entre os séculos XVIII e XIX, com os estudos conhecidos como *Topografias Médicas*, consideradas, estas sim, como precursores modernos dos estudos de Geografia Médica. De conteúdo muito semelhante ao que era tratado pelas geografias regionais clássicas, compreendiam descrições detalhadas de cidades, vilas e distritos particulares, tratando das condições de saúde, informações meteorológicas, hidrográficas, descrições de plantas e modos de vida dos habitantes locais. (PEITER, 2005, p 7).

A Geografia Médica foi até meados do século XIX, portanto, “um campo de conhecimento construído por médicos que desconheciam os agentes etiológicos microbianos das doenças, buscando informações no ambiente físico (clima, temperatura, relevo, vegetação, etc.) para as suas práticas” (PEITER, 2005), sob uma perspectiva predominantemente determinista, estabelecendo relações lineares de causa e efeito com o meio físico.

A partir das últimas décadas do século XIX, como afirma Ribeiro (2004), com o desenvolvimento da teoria dos germes em 1861 por Pasteur, e do descobrimento do bacilo da tuberculose por Koch em 1882, estabeleceu-se a teoria dos germes e as bases científicas da bacteriologia, atribuindo às doenças exclusivamente à penetração e multiplicação de uma bactéria e nada mais do que isto. Iniciava-se a era bacteriológica ou pastorianiana, que defendia a teoria da unicausalidade, que segundo Lemos & Lima (2002, p. 76)

[...] uma vez identificados os agentes vivos específicos de doenças, os chamados agentes etiológicos e os seus meios de transmissão, os problemas de prevenção e cura das doenças correspondentes estariam resolvidos, esquecendo-se dos demais determinantes causais relacionados ao hospedeiro e ao ambiente.

Daí o fato de ocorrer um refluxo nos estudos da relação saúde-ambiente em Geografia Médica. Para Pessoa (1960), “perdeu-se de vista o conjunto das causas que atuam sobre o ser humano sadio e enfermo, bem como o meio ambiente deixou de apresentar a importância que vinha assumindo” (apud LEMOS & LIMA, 2002).

Somente entre as décadas de 1930 e 1950 que se situa o início da crise da teoria unicausal, e começa a prevalecer o conceito de multicausalidade, com o

paradigma da “Tríade Ecológica” (homem-agente-ambiente), proporcionando uma aproximação com a Epidemiologia na busca de estabelecer para diversas doenças as suas redes de causalidade (PEITER, 2005). Nesta época surgem novas teorias como a

[...] *Teoria dos Focos Naturais das Doenças Transmissíveis*, de Pavlovsky, que vai novamente trazer para o conhecimento médico a vertente ecológica das doenças, definindo importantes conceitos como o de circulação do agente no meio natural e o da formação do ‘complexo agente-ambiente’, denominado de *patobiocenose* [...] Praticamente na mesma época, na França, o geógrafo Maximilian Sorre desenvolve um conceito similar, o de “*complexo patógeno*” em seu artigo “*Complexes Pathogènes et Géographie Médicale*” (1933), que contribuiu para a recuperação do interesse da relação entre geografia e saúde (PEITER, 2005, p. 10).

Maximilian Sorre se orientava por uma preocupação teórica: fornecer à geografia médica uma “base conceitual que permitisse investigações interdisciplinares, e além disso, apresentava os hábitos, as condições de habitação e a ocupação como gêneros de vida, representando as possibilidades de constituição de complexos patogênicos” (SILVA, 1985 apud COSTA & TEIXEIRA, 1999). “Na perspectiva ecológica de Sorre, as relações entre o homem e o meio compreendem a ação da natureza (meio físico e biológico) sobre o homem e a ação humana, modelando a natureza” (FERREIRA, 1991).

Entre 1940 e 1960 os trabalhos de Geografia Médica brasileiros foram se tornando escassos, com exceções, de Gavião Gonzaga (1925) com “*A Climatologia e Nosologia do Ceará*”, “*Clima e Saúde*”, de Afrânio Peixoto (1938), e o livro do geógrafo e médico, Josué de Castro, *A Geografia da Fome* (1946), considerado como uma das mais importantes obras da Geografia Médica nacional (PESSOA, 1978 apud PEITER, 2005).

Atualmente está estabelecido:

[...] que para melhor entender-se o processo saúde-doença em qualquer comunidade, faz-se necessário entender o ser humano no seu meio físico, biológico, social e econômico. [...] É no espaço geográfico que se desenvolvem as interações entre os diferentes segmentos das sociedades humanas e destas com a natureza. Se as interações não forem harmoniosas podem surgir

novas doenças ou ressurgir doenças que já haviam sido controladas (LEMOS & LIMA, 2002, p.84).

2.2 GEOLOGIA MÉDICA OU GEOMEDICINA

A associação entre Geologia e Saúde, pode ser sintetizada como Geomedicina, termo usado desde 1931, mas que só recentemente adquiriu o significado agora empregado, sendo definida como a “ciência que se ocupa de fatores ambientais exteriores que influenciam a distribuição geográfica de problemas patológicos e nutricionais que condicionam a saúde de homens e animais”, através da Geoquímica (CORTECCI, 2003), estudando segundo (SCARPELLI, 2003) as variações regionais na distribuição dos elementos químicos, bem como seu comportamento geológico-geoquímico, as contaminações naturais ou provocadas, e o comprometimento dessas na saúde animal e/ou vegetal por excessos ou deficiências. Deste modo, conforme Martins Jr & Pinese (2003) conclui-se que:

[...] a Geologia Médica envolve o estudo dos relacionamentos entre a geoquímica do ambiente em que vivemos e a saúde apresentada pela população que vive neste domínio particular, [...] tendo por método geral de pesquisa o estudo da química dos solos, da água e dos sedimentos em relação à incidência de doenças geograficamente distribuídas (MARTINS JR & PINESE, 2003, p.124).

Os perfis dos solos e as composições químicas dos solos e das águas são controlados pela mineralogia das rochas e dos sedimentos, afetados pelo intemperismo, pelos escorregamentos por gravidade, além dos efeitos erosivos de água corrente e ventos, dependendo, portanto, de interações entre a água, as rochas e os minerais (CORTECCI, 2003, p.1). A Geoquímica possui as ferramentas capazes de discriminar, nos vários sistemas (solos, rios, lagos, atmosfera de cidades e artigos manufaturados), as contribuições químicas de origem natural das de origem antrópicas, contribuindo para o reconhecimento dos mecanismos de transferência dos elementos essenciais e dos tóxicos da geosfera (litosfera, hidrosfera e atmosfera) à biosfera (CORTECCI, 2003, p.3).

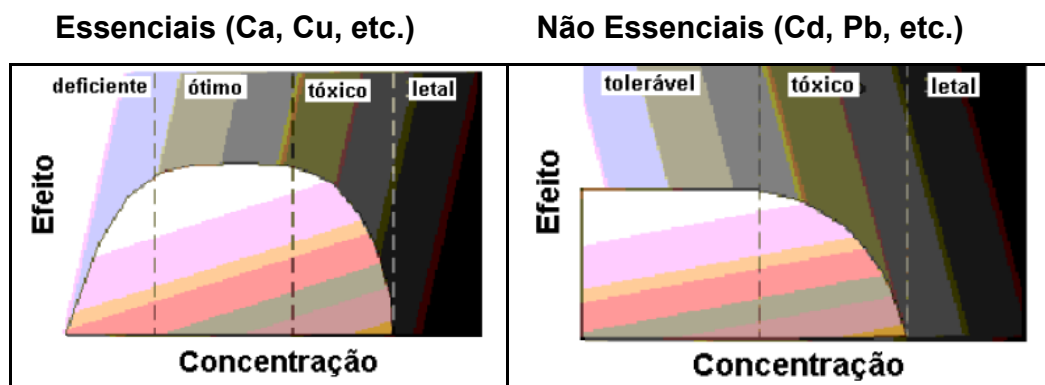
A Geologia Médica, ciência em franco desenvolvimento no Brasil, foi ativada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) com um programa específico, o

Programa Nacional de Pesquisa em Geoquímica Ambiental e Geologia Médica, o PGAGEM.

2.2.1 Toxicidade dos Elementos Químicos

Os seres vivos constituem-se dos elementos de seus alimentos, considerando as necessidades vitais, os elementos podem ser divididos em macronutrientes essenciais (~100 mg/dia: Ca, Cl, Mg, P, K, Na, S) e micronutrientes essenciais (10 mg/dia: Cr, Co, Cu, F, I, Fe, Mn, Mo, Se, Zn, e possivelmente Ni, Si, Sn, V). Assim se contrapõem elementos maiores e traços, devendo-se ter cautela nas definições de necessidades e de caracterizações de toxicidade (CORTECCI, 2003, p.5), destacando que na relação entre toxicidade e saúde, “um elemento é tóxico ou não se levamos em consideração o nível de concentração, composição e propriedades além do tempo de exposição das substâncias químicas as quais o organismo teve contato” (ARAUJO, 2006), como pode ser visto na Figura 1 através da curva dose-resposta. Esses nutrientes são importantes e sua falta acarreta prejuízos à saúde, e especificamente quanto aos micronutrientes, sua assimilação em excesso pode ser fatal (SCARPELLI, 2003).

Figura 1 - Os benefícios e malefícios à saúde de elementos essenciais e não essenciais, em função da dosagem.



Fonte: Cortecci (2003).

2.2.2 Geoquímica, Água e Saúde Humana

As rochas são formadas por aglomerados de minerais ou de um único mineral e, à medida que intemperizam:

[...] os elementos podem ser recristalizados em minerais neo-formados, adsorvidos em minerais argilosos, incorporados em óxido-hidróxidos de ferro e manganês, precipitados como carbonatos ou postos em solução. Quando solubilizados, ou passam ao solo e são levados a águas de sub-superfície ou são transportados pela drenagem. No solo, estando solubilizados, podem ser assimilados pelas raízes de plantas, entrando na cadeia alimentar. Também entram na cadeia alimentar quando carregados em solução pela drenagem, assimilados por seres aquáticos. Podem ser também assimilados pelos seres vivos por inalação ou por contato dermal (SCARPELLI, 2003).

Deste modo “as águas superficiais e subterrâneas representam o mais importante meio de conexão entre a geoquímica das rochas, o solo e a fisiologia humana” (CORTECCI, 2003, p.7), pois como exposto na Figura 2, as águas correntes refletem a composição química das rochas do substrato. As plantas por sua vez, refletem a composição química dos solos onde crescem. Os animais, pelas águas e alimentos, refletem a composição química da região. Essa relação é observada também com humanos, havendo casos clássicos de doenças acompanhando faixas geológicas litologicamente anômalas. Assim, populações que alimentam-se exclusivamente de produtos locais são mais afetados por anomalias geoquímicas localizadas, havendo problemas de saúde devido à abundância ou falta de elementos como F, I, As, Se e outros (SCARPELLI, 2003).

Figura 2 - Ciclo dos elementos químicos até alcançarem cadeias alimentares.



Fonte: Scarpelli (2003).

Portanto conforme Cortecchi (2003, p.5) as relações entre ambiente e a corrente alimentar humana são controladas por fatores geológicos (litologia e mineralogia das rochas, o tempo e o clima) e processos geoquímicos relevantes, controladores da transferência dos elementos às águas, ao solo, às plantas e aos homens, considerando a passagem “intermediária” pelos animais. Com um grau de alteração meteórica maior para rochas ígneas que para rochas metamórficas e sedimentares.

Outro ponto a ser destacado é que segundo Araújo (2006) a água potável é responsável por algo entre 2 a 20% da ingestão dos elementos traços. A idade, ocupação, temperatura ambiental, perspiração e hábitos alimentares todos determinam a ingestão de água e, conseqüentemente podem influenciar acentuadamente as ingestões de flúor, cromo, entre outros elementos. Por isso conforme Lin et al. (2004, p.4) “a água é o portador tanto de substâncias químicas úteis como prejudiciais que são facilmente absorvidas nas células do corpo humano”; estando diretamente relacionada à saúde humana. Dessa forma “a água é um fator importante nos processos geoquímicos supergênicos² como também no metabolismo e nas funções humanas” (LIN et al., 2004), tornando-se fundamental estudos que correlacionem a presença de elementos químicos nas águas com a saúde da população, identificando possíveis regiões com anomalias geoquímicas.

Entre as “doenças geoquímicas” mais abundantes do planeta, concentrando-se principalmente nas áreas subdesenvolvidas, estão a fluorose dental e óssea, o aumento da tiróide, a pododermatose (elefantíase não filária), e toda uma série de patologias causadas pela maior presença de elementos e produtos químicos tóxicos ou pela escassez de elementos e compostos essenciais à boa saúde (CORTECCI, 2003, p.1).

² Conforme LICHT (2001) o ambiente supergênico também denominado de superficial, secundário ou exógeno, caracteriza-se por baixas pressões e temperaturas, uma movimentação livre de soluções e pela maior ou menor quantidade de oxigênio livre, água e CO₂. Fazem parte desse ambiente os processos de erosão, intemperismo, sedimentação e diagênese precoce, dissolução, hidrólise e oxidação.

2.3 CARACTERÍSTICAS DOS ELEMENTOS QUÍMICOS E DOENÇAS CORRELATAS

2.3.1 Alumínio

Conforme Mineropar (2001) “nas rochas, o alumínio está presente nos minerais silicatados combinado com metais alcalinos, alcalino-terrosos e ferro”, e apresenta-se em concentrações variadas nas rochas: 8,3% nos gabros, 7,3% nos granitos e 9,1% nas mica-xistos. Seu transporte e distribuição no ambiente depende da constituição química e das características do ambiente local (WHO, 1997).

As concentrações de alumínio dissolvidos em águas subterrâneas e em águas superficiais variam com o pH e o conteúdo de ácido húmico da água. Altas concentrações de alumínio em água natural ocorrem apenas quando o pH é < 5 (SANTOS, 2003).

A um pH $> 5,5$, ocorre naturalmente compostos de alumínio predominantemente em uma forma não dissolvida, tais como gipsita, $Al(OH)_3$, ou como silicatos de alumínio, exceto na presença de quantidades elevadas de material orgânico ou ácido fúlvico, que se liga com o alumínio e pode causar um aumento das concentrações de alumínio dissolvido em rios e lagos (SANTOS, 2003).

O alumínio não é considerado um elemento essencial, e seu papel desempenhado na fisiologia humana não é bem conhecido, mas quando está presente em excesso e na forma iônica, é prejudicial e tóxico (MINEROPAR, 2001, p. 8).

A ingestão em excesso de hidróxido de alumínio por via oral, como antiácido, pode diminuir significativamente a assimilação de fosfato e de flúor, causando hipofosfatemia e desmineralização dos ossos (CORTECCI, 2003, p. 27). O Al foi detectado nas células do cérebro de pacientes com mal de Alzheimer, muito embora a relação de causa e efeito entre a presença do metal e a doença ainda não esteja clara (ATSDR, 1999 apud MINEROPAR, 2005, p. 95).

A Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004 estabeleceu o valor padrão de aceitação para consumo humano em 200 $\mu\text{g/L}$ de alumínio na água potável. A Resolução 396 de 2008 do CONAMA também estabeleceu como valor

máximo permitido (VMP) nas águas subterrâneas, para consumo humano, 200 µg/L de alumínio.

2.3.2 Arsênio

O arsênio pode existir em quatro estados de oxidação: arsenato (+5), arsenito (+3), arsina (-3) e o metal (0). Raramente ocorre na forma livre, geralmente encontra-se ligado ao enxofre, oxigênio e ferro. É usualmente encontrado em minérios de ouro, prata, cobalto, níquel, chumbo, cobre e antimônio. O mineral mais comum é a arsenopirita (FeAsS). Além dos processos biológicos, o comportamento químico do As é influenciado pelo pH e potencial redox da água, além dos processos de absorção e de dessorção em sedimentos e argilas (SAKUMA et al., 2003, p. 207, 211).

Nas águas naturais, o As é encontrado principalmente sob a forma de arsenitos e arsenatos, dependendo das condições do pH e do Eh. O arsênio não é enriquecido nas rochas ígneas ácidas ou básicas. Em rochas sedimentares, o As se concentra nas argilas e nos óxidos hidratados de manganês, sulfetos e fosfatos. Os teores médios de As nos folhelhos (13 ppm) são maiores que os dos arenitos (< 5 ppm), e dos carbonatos (MINEROPAR, 2005, p. 103).

A toxicidade do elemento depende do estado de oxidação: as formas reduzidas (valência III) são mais tóxicas que as oxidadas (valência V), contudo a toxicidade do As depende das concentrações de compostos solúveis deste elemento. O envenenamento por arsênio pode causar conjuntivite, melanose, despigmentação e queratose (feridas). São também relacionados ao arsênio tumores na bexiga, fígado, pulmões e rins. Os casos melhores documentados de envenenamento estão na Índia, Taiwan, China, México e Chile (CORTECCI, 2003, p. 18).

A inalação de altas doses de arsênio inorgânico pode originar feridas na garganta ou irritações dos pulmões. A ingestão de As na forma inorgânica em altas quantidades pode resultar em morte. Níveis mais baixos de arsênio podem ocasionar náusea e vômitos, redução na produção de células vermelhas e brancas do sangue, anormalidades no ritmo cardíaco, danos no sistema vascular e sensações de formigamento nas mãos e nos pés (MINEROPAR, 2005, p. 104). O arsênio pode

também exercer efeitos crônicos sobre o sistema nervoso central do homem (WHO, 2001).

A Portaria 518/2004 estabeleceu o valor padrão de aceitação para consumo humano em 10 µg/L de arsênio na água potável. A Resolução do CONAMA/2008 também estabeleceu o VMP nas águas subterrâneas, para consumo humano, em 10 µg/L.

2.3.3 Bário

Durante os processos ígneos o Ba ocorre principalmente nos silicatos de potássio, especialmente em micas e feldspatos, substituindo o K⁺. As concentrações de bário tendem a ser maiores nos feldspatos do que nas micas (MINEROPAR, 2001, p. 10).

Com exceção do sulfato de bário, a solubilidade em água dos sais de bário aumenta com a diminuição do pH (WHO, 1990).

Os compostos insolúveis não são perigosos à saúde, mas os compostos de Ba muito solúveis em água podem causar efeitos danosos à saúde humana, já que o bário, quando na forma iônica, é altamente tóxico (Koljonen et al, 1992 apud MINEROPAR, 2005, p. 107). A ingestão de altos níveis de Ba pode produzir problemas no aumento da pressão sanguínea, dificuldades respiratórias, mudanças no ritmo cardíaco, irritações no estômago, flacidez muscular e danos ao coração, fígado, rins e outros órgãos (ATSDR, 1999 apud MINEROPAR, 2005, p. 107).

A quantidade média de Ba numa pessoa de 70 kg é de 22 mg. A ingestão diária de uma pessoa é de 0,6 a 1,7 mg de Ba. A dosagem de 100 a 200 mg na forma de carbonato de bário é tóxica e a de 418 mg/kg em ratos é considerada como sendo letal (Winter, 1998 apud MINEROPAR, 2001, p. 10).

A Portaria MS 518/2004 estabeleceu o valor padrão de aceitação para consumo humano em 700 µg/L de bário na água potável, valor este também estabelecido pela Resolução CONAMA/2008.

2.3.4 Cádmio

O Cd não é encontrado na natureza em seu estado puro, está associado principalmente a sulfetos em minérios de zinco, como a esfalerita (ZnS), chumbo e cobre (CHASIN & CARDOSO, 2003, p. 264). O estado de valência mais importante do cádmio nos ambientes geoquímicos naturais é o +2, sendo o pH e o Eh os fatores que controlam a mobilidade dos íons de cádmio (MINEROPAR, 2005, p. 127). O cádmio apresenta significativa mobilidade na água. Em águas superficiais e subterrâneas, pode ocorrer como íon hidratado ou complexado com outras substâncias orgânicas ou inorgânicas (CHASIN & CARDOSO, 2003, p. 269).

O cádmio pode entrar na corrente sanguínea ao ser absorvido pelo estômago ou intestinos após a ingestão de água ou alimentos, ou através do ar por absorção pelos pulmões. Uma vez absorvido pelo organismo, o cádmio é fortemente retido. Assim, mesmo pequenas dosagens podem constituir elevados teores no organismo, caso essa ingestão perdure por longos períodos (ATSDR, 1999 apud MINEROPAR, 2005, p. 127).

Todos os compostos de Cd devem ser vistos como extremamente tóxicos, já que têm efeito cumulativo, provocando danos nos rins, são carcinogênicos e podem ser teratogênicos (produção de deformidades congênitas) (Winter, 1998 apud MINEROPAR, 2001, p. 14).

O cádmio está presente na maioria dos órgãos, mas as concentrações mais altas são encontradas no rim, onde se acumula com a idade em proporção com a carga total de cádmio corpóreo (OMS, 1998, p. 180).

Os casos de enfraquecimentos e amolecimento de ossos, acompanhados por fortes dores, e danos aos rins são características de uma síndrome chamada de doença Itai-Itai. 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, 2003, p. 23-24).

A inalação do cádmio em casos de exposição industrial e pela fumaça de cigarro provoca uma reação inflamatória aguda dos pulmões. Em casos de exposições continuadas podem ocorrer enfisemas pulmonares, perda de olfato, distúrbios vasculares e hipertensão (OMS, 1998, p. 182; CORTECCI, 2003, p. 24).

Tanto a Portaria 518/2004 quanto a Resolução CONAMA/2008 estabeleceram o valor padrão de aceitação para consumo humano em 5µg/L de cádmio.

2.3.5 Chumbo

As rochas ígneas ácidas são mais enriquecidas em chumbo que as básicas (MINEROPAR, 2001, p. 18).

O chumbo é depositado na água proveniente da atmosfera ou da lixiviação do solo, de fontes naturais ou antropogênicas. O movimento do chumbo do solo para águas profundas por lixiviação é muito lento na maioria das condições naturais, exceto para situações de elevada acidez (PAOLIELO & DE CAPITANI, 2003, p. 364, 365).

O chumbo não é um elemento essencial para a vida humana, mas, sobretudo um elemento tóxico quando sua concentração supera um pouco os valores normais (CORTECCI, 2003, p. 26).

Os animais absorvem chumbo por ingestão e inalação, sendo que ele se acumula nos tecidos ricos em cálcio, tais como ossos, fígado e rins (MINEROPAR, 2001, p. 18).

O chumbo pode afetar quase todos os órgãos internos e sistemas do corpo humano. O mais sensível é o sistema nervoso central, particularmente em crianças; danifica também os rins e o sistema reprodutivo, e pode causar anemia (MINEROPAR, 2005, p. 148). Estudos epidemiológicos indicam também uma associação entre uma carga corpórea elevada de chumbo e pressão sanguínea aumentada em adultos (OMS, 1998, p. 178).

A patologia mais frequente no caso de envenenamento por chumbo (saturnismo) é representada por desordens neurológicas muito graves, além de uma

grande série de sintomas. Entre essas, a encefalopatia é particularmente perigosa nas crianças e pode levar a danos irreversíveis do cérebro (CORTECCI, 2003, p. 26).

Tem efeito cumulativo e pode ser carcinogênico e teratogênico (Winter, 1998).

A Portaria 518/2004 estabeleceu o valor padrão de aceitação para consumo humano em 10 µg/L de chumbo na água potável. A Resolução CONAMA/2008 também estabeleceu o VMP nas águas subterrâneas em 10 µg/L.

2.3.6 Cobalto

Na natureza, o cobalto ocorre em dois estados de oxidação Co^{2+} e Co^{3+} . O cobalto apresenta na crosta terrestre, alta concentração nas rochas ultramáficas (100 a 200 ppm), quando comparada com seu conteúdo nas rochas ácidas (1 a 15 ppm) (MINEROPAR, 2005, p. 155).

O cobalto é um nutriente essencial, constituinte da vitamina B12 envolvida na manutenção do sistema nervoso e na produção de glóbulos vermelhos (SILVA et al, 2006, p. 9).

O Co em elevadas concentrações é tóxico e carcinogênico. A exposição a altas quantidades de cobalto pode resultar em efeitos nos pulmões, coração, dermatites, danos no fígado e nos rins. Exposições a altas quantidades de cobalto radioativo podem modificar o material genético das células do corpo humano, podendo causar alguns tipos de câncer. Também pode ocorrer a chamada síndrome de radiação aguda, que inclui náusea, vômitos, diarreia, sangramentos, estado de coma e até morte (MINEROPAR, 2005, p. 155).

Tanto a Portaria 518/2004, quanto a Resolução CONAMA/2008 não estabeleceram um valor máximo permitido de cobalto nas águas para consumo humano.

2.3.7 Cobre

Ocorre nos estados de oxidação 0, +1, +2 e +3, sendo que o Cu^{2+} é o íon mais comum. A calcopirita é um mineral acessório comum e o principal portador de Cu em rochas ígneas básicas. Os basaltos e gabros (40 a 60 ppm) e as rochas ultrabásicas (40 ppm) sempre contêm mais Cu que as rochas intermediárias (cerca de 20 ppm) e as graníticas (cerca de 12 ppm) (MINEROPAR, 2001, p. 24).

O cobre na água pode estar dissolvido ou associado a colóides ou material particulado. A concentração de cobre dissolvido depende do pH, do potencial de oxirredução da água, da presença de cátions competidores (Ca^{+2} , Fé^{+2} , Mg^{+2}), por exemplo), ânions de sais cúpricos insolúveis e agentes complexantes orgânicos e inorgânicos (PEDROZO, 2003).

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, 2001, p. 24).

É essencial para o metabolismo energético, sendo componente de enzimas oxidantes. Necessário para a síntese da hemoglobina, para funções neuro-cerebrais e para queratização e pigmentação da pele e do cabelo (CORTECCI, 2003, p. 10, 25).

A deficiência de cobre manifesta-se como anemia hipocrômica, anomalias ósseas como osteoporose, aumento da susceptibilidade a infecção e um fraco crescimento (COMBS JÚNIOR, 2004, p. 166).

A ingestão de quantidades elevadas de cobre pode causar salivação, dor epigástrica, náuseas, vômito e diarreia. Além disso, o envenenamento por cobre pode ser acompanhado por hemólise intravascular severa e icterícia, necrose e insuficiência hepática, hemoglobinúria, proteinúria, hipotensão, taquicardia, insuficiência renal, colapso vascular e morte (OMS, 1998, p. 110). A ingestão crônica de cobre pode conduzir à acumulação hepática de cobre, o qual foi suspeito em casos juvenis de cirrose hepática na Índia (COMBS JÚNIOR, 2004, p. 166). Problemas de toxicidade por excesso de cobre são limitados a situações ambientais particulares, como áreas de mineração, metalurgia e usos de fungicidas (CORTECCI, 2003, p. 25).

A dosagem de 85 g do metal ou de 20 g de CuSO_4 é tóxica e a de 300 mg/kg de CuSO_4 em ratos é considerada como letal (Winter, 1998 apud MINEROPAR, 2001, p. 24).

Na Portaria 518/2004, assim como na Resolução do CONAMA/2008, ficou estabelecido o valor padrão de aceitação para consumo humano em 2000 $\mu\text{g/L}$ de cobre na água potável.

2.3.8 Cromo

O cromo é um elemento metálico que apresenta uma grande variação nos estados de oxidação, desde +2 +3 e +6. Nas rochas, a presença do cromo se relaciona com os minerais máficos. Sob condições oxidantes, no estado de oxidação +6, o cromo é facilmente dissolvido (MINEROPAR, 2001, p. 26).

Nas águas as formas solúveis de cromo encontradas são o cromo (VI) e complexos de cromo (III). O cromo (III) em fase aquosa ocorre como partícula sólida adsorvida a materiais argilosos, orgânicos ou a óxido de ferro. Grandes quantidades de matéria orgânica presente na água podem reduzir o cromo (VI) a cromo (III) (SILVA, 2003, p. 41).

O Cr^{3+} é um nutriente essencial para os homens e os animais, pois tem função biológica com os complexos organo-metálicos envolvidos na síntese de insulina e no controle dos índices de colesterol e de triglicérides no sangue (CORTECCI, 2003, p. 25).

Todos os compostos de cromo 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. A ingestão de elevadas quantidades de Cr^{6+} pode causar desordens estomacais e úlceras, convulsões, danos nos rins e fígado e até morte. O contato com a pele de Cr^{6+} pode causar ulcerações (ATSDR, 1999 apud MINEROPAR, 2005, p. 167). O excesso do cromo (VI) também pode ser mutagênico a nível celular, com o cromo podendo reagir com o DNA. A exposição continuada de cromo pode ser responsável por patologias de tumores no pulmão (CORTECCI, 2003, p. 25).

Os sinais de deficiência em cromo, encontradas em crianças mal-nutridas e indivíduos com diabetes, são geralmente a intolerância a glicose, a resistência à insulina, o crescimento prejudicado, colesterol elevado, neuropatia periférica, redução da fertilidade e dos espermatozóides (CORTECCI, 2003, p. 10).

A Portaria 518/2004, estabeleceu o valor padrão de aceitação para consumo humano em 50 µg/L de cromo na água potável, valor este também estabelecido pela Resolução do CONAMA/2008 para consumo das águas subterrâneas.

2.3.9 Estrôncio

O Sr é enriquecido em rochas alcalinas, especialmente nos carbonatitos. Na forma dissolvida, o estrôncio migra mais lentamente do que o cálcio, e mais rápido do que o bário (MINEROPAR, 2001, p. 28).

O estrôncio não é tóxico, exceto em suas formas radioativas produzidas artificialmente (p.ex. ^{90}Sr), não apresentando papel biológico conhecido. A exposição a altos níveis de estrôncio estável pode causar enfraquecimento dos ossos em crescimento. Exposições a altos níveis de estrôncio radioativo podem causar câncer. Tem sido observados casos de leucemia em pessoas expostas a quantidades relativamente altas de estrôncio, assim como câncer nos ossos, no nariz, no sangue, nos pulmões e na pele tem sido observado em animais de laboratório (MINEROPAR, 2005, p. 191).

Tanto a Portaria 518/2004, quanto a Resolução CONAMA/2008 não estabeleceram um valor máximo permitido nas águas subterrâneas de estrôncio, para consumo humano.

2.3.10 Ferro

O ferro é o constituinte principal dos silicatos ferromagnesianos tais como olivinas, piroxênios, anfibólios e biotita. É abundante também em vários sulfetos e óxidos (MINEROPAR, 2001, p. 30).

Ocorre principalmente sob a forma de Fe^{+3} (hidróxido férrico) podendo também ocorrer como Fe^{+2} (hidróxido ferroso). O ferro, no estado ferroso, é instável na presença do oxigênio do ar, mudando para o estado férrico. Quando a água que o contém é exposta ao oxigênio do ar, os íons ferrosos oxidam-se tornando-se férricos (SANTOS, 1997, p. 92). Na água subterrânea ocorre em associação com substâncias orgânicas, em particular ácidos húmicos, com os quais forma complexos estáveis, parcialmente na forma dissolvida e na coloidal (LIMA, 2003, p. 114).

O ferro é essencial para os processos fisiológicos de todos os seres vivos. O ferro se concentra nos animais e nos homens em teores elevados no fígado e no baço (MINEROPAR, 2001, p. 30). É constituinte da hemoglobina e da mioglobina (molécula que fixa e transporta oxigênio no sangue e nos tecidos) e de complexos enzimáticos e também é necessário para a geração de energia a nível celular e para a integridade do sistema imunológico (CORTECCI, 2003, p. 10). A sua carência pode causar anemia e anormalidade imunológica e seu excesso pode aumentar a incidência de problemas cardíacos, diabetes e parece contribuir para carcinogênese (SANTOS, 1997, p. 92; CORTECCI, 2003, p. 24).

A Portaria 518/2004 e a Resolução 396 CONAMA/2008 estabeleceram o valor padrão de aceitação para consumo humano em 300 $\mu\text{g/L}$ de ferro na água potável.

2.3.11 Manganês

Existe uma forte correlação entre o Mn e o Fe (ferroso) na maioria das rochas ígneas, com razões Fe/Mn situando-se na faixa 0,015 - 0,02 (MINEROPAR, 2001, p. 40).

O manganês na água sofre oxidação, dependendo do pH, do potencial oxi-redução e da atividade microbiana. Geralmente em pH 4-7 predomina a forma Mn (II), que está associada a carbonato. O Mn divalente é a principal forma de manganês na água, a não ser que ocorra oxidação a pH >8-9 (MARTINS, 2003, p. 74-75).

Promove o crescimento, o desenvolvimento e as funções celulares. É parte integrante de ossos e cartilagens e fator essencial nas reações enzimáticas que envolvem os metabolismos protéico, lipídico e glucídico (CORTECCI, 2003, p. 10).

A deficiência de manganês tem sido produzida em várias espécies de animais, mas não em humanos. Os sinais de deficiência de manganês incluem crescimento prejudicado, anormalidades esqueléticas, função reprodutiva alterada ou diminuída, ataxia do recém-nascido e defeitos no metabolismo de lipídeos e carboidratos (OMS, 1998, p. 143).

O excesso de manganês parece contribuir para casos de oclusões coronárias e em artrite reumatóide; foram encontrados altos teores de manganês no sangue de pacientes com essas sintomatologias. Envenenamento por manganês ocorre por aspiração, em trabalhadores de atividades industriais específicas, podendo causar distúrbios neurológicos e psiquiátricos (CORTECCI, 2003, p. 25).

A Portaria 518/2004 e a Resolução do CONAMA/2008 estabeleceram o valor padrão de aceitação para consumo humano em 100 µg/L de manganês na água potável.

2.3.12 Níquel

O níquel ocorre na natureza nos estados de oxidação +1, +2 e +3. Há uma forte similaridade entre a distribuição de Ni, Co e Fe na crosta terrestre. É fortemente enriquecido nas rochas ultrabásicas e básicas (150 ppm) comparativamente às ácidas (< 1ppm). A solubilidade limitada do Ni²⁺ pode ocorrer sob condições de pH baixo, mas a mobilidade é geralmente reduzida pela tendência do elemento ser sorvido por argilominerais ou por óxidos hidratados de Fe e Mn (MINEROPAR, 2001, p. 46).

O níquel é um elemento-traço essencial e ligado ao controle do crescimento (SILVA et al., 2006, p. 9).

A reação alérgica é o efeito danoso mais comum do níquel à saúde humana. Ratos que respiraram compostos de níquel tiveram danos nos pulmões e cavidades nasais. A ingestão de grandes quantidades do elemento causa doença em

pulmões de cães e ratos e afeta o estômago, o sangue, o fígado, os rins e o sistema imunológico em ratos, assim como sua reprodução e seu desenvolvimento (ATSDR, 1999 apud MINEROPAR, 2005, p. 287).

A carcinogenicidade do níquel e seus compostos foi verificada em trabalhadores expostos e em animais de experimentação. Outros efeitos associados a exposição ao níquel são a embriotoxicidade e a teratogenicidade em animais (OLIVEIRA, 2003, p. 136,137).

A dosagem de 1 a 3 mg/kg é tóxica e a de 350 mg/kg de acetato de Ni, ministrada via oral em ratos, é considerada como letal (Winter, 1998 apud MINEROPAR, 2005, p. 287).

A Resolução do CONAMA/2008 estabeleceu o VMP nas águas subterrâneas, para consumo humano, em 20 µg/L de níquel.

2.3.13 Potássio (K)

O potássio ocorre na natureza no estado de oxidação +1 (MINEROPAR, 2001, p. 52). Está presente principalmente nos feldspatos, micas e leucitas, em rochas ígneas e metamórficas. Nas águas subterrâneas, ocorre em pequenas quantidades ou está ausente, devido à sua participação intensa em processos de troca iônica, além da facilidade de ser adsorvido pelos minerais de argila e, ainda, de seus sais serem muito utilizados pelos vegetais (SANTOS, 1997, p. 91).

O potássio é o cátion mais importante nos fluidos intracelulares. É um macronutriente não tóxico que ativa as reações enzimáticas, participa nas funções musculares, é essencial para o sistema nervoso e funções cardíacas (MINEROPAR, 2001, p. 52). A deficiência de potássio (hipocalemia) pode ser causada por uma admissão insuficiente e/ou excessiva excreção (por exemplo, devido a diarreia, bulimia) do elemento, podendo causar fraqueza muscular esquelética, paralisia muscular, náuseas, vômitos e arritmias cardíacas (COMBS JR, 2005, p. 164). O excesso de potássio (hipercalemia) pode provocar aperto no peito, náuseas e vômitos, diarreia, falta de ar e insuficiência cardíaca. O equilíbrio entre o consumo de sódio e de potássio é muito importante. A ingestão de sódio em excesso pode resultar na redução

dos níveis de potássio, e um excesso da ingestão de potássio pode interferir com a absorção de magnésio (WHO, 2009, p. 2-3). Tanto a Portaria 518/2004, quanto a Resolução 396/2008 do CONAMA não estabeleceram um valor máximo permitido de potássio nas águas para consumo humano.

2.3.14 Selênio

O Selênio durante o intemperismo químico das rochas é facilmente oxidado e seu estado de oxidação, assim como sua solubilidade, são controlados pelo regime oxidação-redução e pelo pH do ambiente. A maior parte do selênio ocorre com enxofre e em minerais sulfetados (MINEROPAR, 2005, p. 333).

O selênio é considerado elemento essencial para o homem devido a uma série de funções metabólicas e, em particular, como componente de enzimas com ações anti-oxidantes e preventivas de doenças degenerativas de membranas biológicas (CORTECCI, 2003, p. 19).

A exposição a altos teores de Se pode causar efeitos adversos à saúde. Exposições via oral de curto período com altas concentrações de Se podem causar náusea, vômitos e diarreia (MINEROPAR, 2005, p. 333). O envenenamento crônico por selênio nas pessoas causa uma doença chamada selenose, caracterizada principalmente pela perda de cabelo e mudanças na morfologia das unhas. Em alguns casos também são observadas lesões de pele e anormalidades do sistema nervoso (parestesia, paralisia, hemiplegia) [OMS, 1998, p. 94].

A doença de Keshan, comum em várias regiões da China, é uma cardiomiopatia crônica provavelmente devido à deficiência em selênio (CORTECCI, 2003, p. 19).

O selênio elementar é relativamente não tóxico e é considerado um elemento-traço essencial. Porém, o seleneto de hidrogênio (H_2Se) e outros compostos de Se são extremamente tóxicos e lembram o arsênio em suas reações fisiológicas (MINEROPAR, 2005, p. 334).

A Portaria 518/2004 e a Resolução do CONAMA/2008 estabeleceram o valor padrão de aceitação para consumo humano em 10 µg/L de selênio na água potável.

2.3.15 Sódio

Seus minerais fontes em rochas ígneas são essencialmente os feldspatos, plagioclásios, feldspatóides, anfibólios e piroxênios (SANTOS, 1997, p. 90).

O sódio é um elemento essencial, com papel importante na manutenção do equilíbrio hidrossalino do organismo humano. Atua na contração muscular, transmissão dos impulsos nervosos e no transporte dos metabolitos (CORTECCI, 2003; SILVA et al, 2006, p. 9). Os sais de sódio, quando não são ingeridos em quantidades excessivas, não são prejudiciais a saúde. Contudo, pessoas hipertensas devem fazer uma dieta balanceada de sais, visto que a ingestão elevada de sódio pode aumentar a pressão sanguínea (MINEROPAR, 2001, p. 54).

As águas com elevadas concentrações de sódio são prejudiciais às plantas por reduzir a permeabilidade do solo (SANTOS, 1997, p. 91).

A Portaria 518/2004 e a Resolução do CONAMA/2008 estabeleceram o valor padrão de aceitação para consumo humano em 200 mg/L de sódio na água potável.

2.3.16 Titânio

O titânio ocorre na natureza nos estados de oxidação +2, +3 e +4. Nas rochas, está presente na forma de esfero, ilmenita e rutilo e nos minerais máficos, onde pode substituir o Fe e o Al. Micas, anfibólios e piroxênios podem conter titânio. Rochas máficas contêm mais titânio do que as félsicas (MINEROPAR, 2005, p. 369).

O titânio não é tóxico, mas é suspeito de ser carcinogênico. Não tem papel biológico conhecido. Cloretos como $TiCl_3$ e $TiCl_4$ devem ser considerados como corrosivos (Winter, 1998 apud MINEROPAR, 2005, p. 369). Não há um VMP estabelecido para o titânio pela Portaria 518/2004 e Resolução do CONAMA/2008.

2.3.17 Zinco

Ocorre no ambiente principalmente no estado de oxidação +2. Nas rochas básicas, o principal portador de Zn é a magnetita, enquanto que a biotita é o mais importante nos granitos (MINEROPAR, 2001, p. 60).

O nível de zinco dissolvido na água pode aumentar à medida que a acidez da água aumenta. Dependendo das características do solo, parte do zinco pode alcançar as águas subterrâneas (SILVA, 2003).

Ocorre em todos os tecidos corpóreos, principalmente no fígado e nos ossos. O zinco protege o fígado de danos químicos, e é necessário para integridade do sistema imunológico e a regulação do crescimento. No homem, a deficiência não sistemática de zinco pode provocar distúrbios comportamentais, gastrintestinais, perda de cabelo, irritações cutâneas, anemia e inapetência. Em dietas cronicamente deficientes em zinco ocorrem nanismo, hipogonadismo e imaturidade sexual. Evidências experimentais sugerem correlações entre deficiência de zinco no homem e cancerogênese, deficiência imunológica, doenças vasculares, disfunções sexuais e malformações congênitas (CORTECCI, 2003, p. 10, 26).

A alta ingestão de zinco, que ocorrem devido ao inadequado uso de suplementos de zinco, pode interferir com metabolismo do cobre e esgotar o corpo de cobre. A exposição crônica a excesso de zinco pode reduzir a função imunológica e o colesterol HDL (COMBS JÚNIOR, 2004, p. 165). Grandes doses ingeridas oralmente por um curto período de tempo podem causar convulsões estomacais, vômitos e náusea (MINEROPAR, 2005, p. 394).

As desordens metabólicas provocadas pelo zinco são geralmente devidas mais às suas carências que aos seus excessos. 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 (MINEROPAR, 2001, p. 60).

A Portaria 518/2004 e a Resolução do CONAMA/2008 estabeleceram o valor padrão de aceitação para consumo humano em 5000 µg/L de zinco na água potável.

3 ANOMALIAS HIDROGEOQUÍMICAS NO NORTE DO PARANÁ

A distribuição espacial de um elemento em rochas, solos e outros materiais, segundo LICHT (1998) consiste em

[...] uma resposta do somatório de processos de movimentação dos materiais da Terra. Em muitas situações, essa distribuição simplesmente reflete a presença de certas litologias, enquanto em outras, os processos do ambiente hipogênico³ como as alterações hidrotermais, podem modificar esta relação. Além disso, o intemperismo, a erosão e uma grande variedade de processos do ambiente superficial podem obscurecer e modificar as feições produzidas no ambiente hipogênico (LICHT, 1998, p.55).

O teor médio de um elemento na litosfera é chamado de “clarke”. Já o teor médio de um elemento em um material geológico não-mineralizado, é denominado de teor de fundo ou “background”, variando em função dos materiais. O limite superior das flutuações normais do teor de fundo seria o limiar ou “threshold”. Enquanto a anomalia geoquímica “é um desvio dos padrões geoquímicos considerados como normais para um determinado espaço geoquímico” (LICHT, 1998, p.56), determinado por uma técnica analítica específica.

Existem vários tipos de anomalias, como as litogeoquímicas (rocha), pedogeoquímicas (solos), biogeoquímicas (seres vivos de qualquer espécie), atmogeoquímicas (gases), as relativas aos sedimentos de fundo das drenagens e, por fim a que está em estudo neste trabalho, a hidrogeoquímica (água).

Quando há teores anômalos de elementos químicos em águas superficiais ou subterrâneas esses constituem padrões conhecidos como anomalias hidrogeoquímicas. “A água superficial e o material sólido suspenso ou em solução provêm primariamente do escoamento superficial, fontes e surgências de águas subterrâneas” (LICHT, 1998, p.81). Ainda segundo o autor, um dos fatores de vital importância na homogeneidade da feição anômala é o fluxo estável das águas de drenagem, visto que com um mínimo de turbulência há a mistura de águas de distintas características físico-químicas. Contudo quando não houver turbulências importantes

³ Conforme LICHT (1998) é o ambiente profundo, caracterizando-se por altas temperaturas e pressões, com circulação restrita de fluidos e baixo teor de oxigênio livre.

ou onde a largura da drenagem for maior que a profundidade, a composição deve permanecer homogênea por grandes distâncias.

Em áreas anômalas, com elementos químicos nas águas superficiais, são regiões que merecem uma atenção imediata, pois representam a fração passível de agregação imediata ao ciclo biológico, refletindo a composição ou identificando possibilidades de contaminação de aquíferos superficiais e subterrâneos. E ainda tem a capacidade de identificar variações na composição química dos solos e rochas, tendo assim aplicações diretas no planejamento agrícola e na indústria mineral. Assim, os dados geoquímicos produzidos refletem a atuação de fontes naturais e artificiais, discriminando áreas com abundâncias e carências de certos elementos químicos isolados ou agrupados (LICHT, 1997).

Conforme Manoel Filho (1997, p.7) “as águas de superfície e as águas subterrâneas não são necessariamente recursos independentes. Em muitos casos podem existir ligações entre corpos de água superficial e aquíferos”. Como por exemplo, quando um rio atravessa uma região sob a qual exista um aquífero freático, dependendo da permeabilidade do leito do rio e da diferença de carga potenciométrica entre o rio e o aquífero, a água pode fluir do rio para o aquífero ou vice-versa (MANOEL FILHO, 1997, p.7).

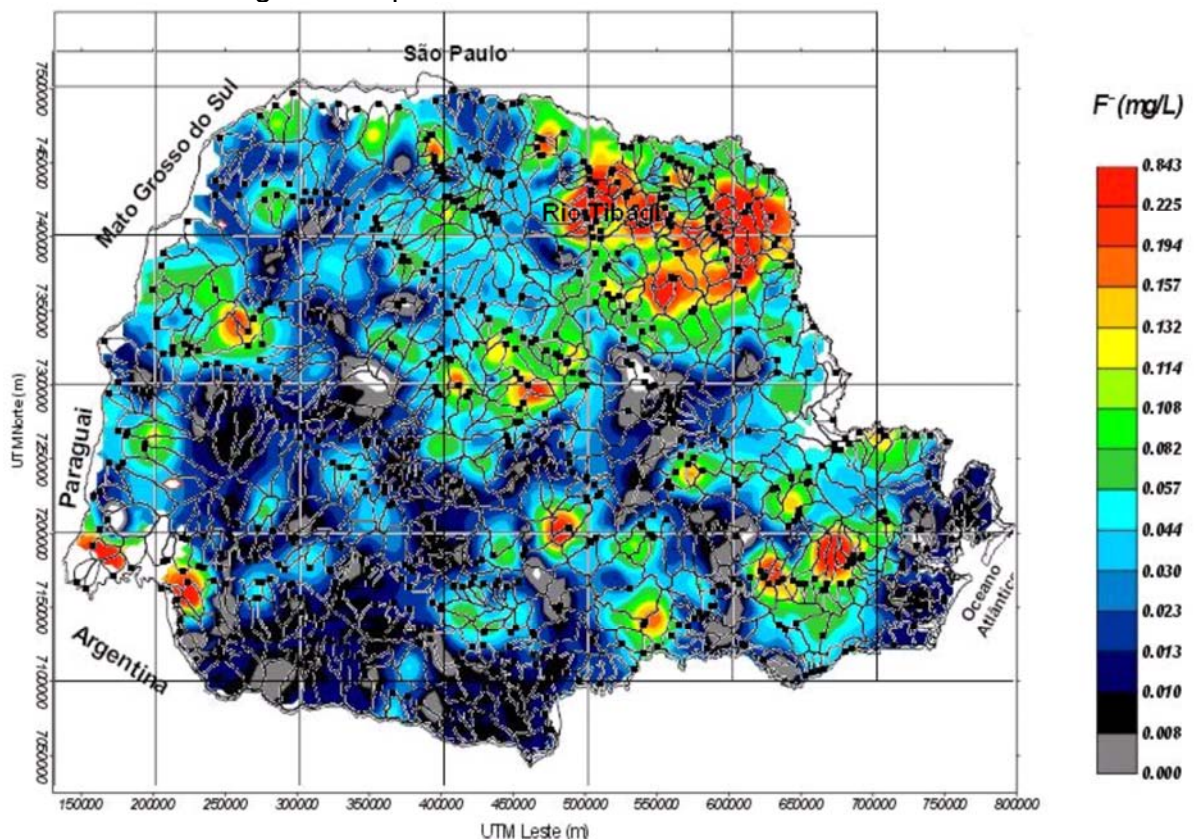
Muitos vêm nos aquíferos a solução para aqueles locais onde a água de mananciais superficiais está poluída, pois assim se obteria água limpa para a população residente nesses locais. Porém, é necessário analisar suas composições químicas, tanto subterrâneas quanto superficiais, pois há certos elementos químicos, que quando estão distribuídos em alta ou baixa proporção de forma natural, devido à composição das rochas que a armazenam, entre outros fatores, podem causar sérias doenças ao ser humano.

A Minerais do Paraná S/A (MINEROPAR 2001 e LICHT et.al., 1997), em um estudo desenvolvido no Estado do Paraná, produziu um banco de dados com análises de águas de superfícies e de sedimentos de corrente, as quais demonstram teores anômalos de diversos elementos químicos (e.g. F^- , K^+ , Ca^{+2}).

Na região Norte do Paraná têm-se constatado ocorrências de anomalias hidrogeoquímicas, as quais podem repercutir na saúde humana e animal

(PINESE et. al., 2001 e MINEROPAR, 2001). Muitos municípios dessa região utilizam águas subterrâneas para o abastecimento da população, fato esse preocupante, pois estudos anteriores em escala regional demonstram uma anomalia hidrogeoquímica multielementar, onde se inclui a do flúor (Figura 3), apresentando altos níveis em águas superficiais, podendo assim influenciar a quantidade deste elemento nos alimentos e nas águas que a população ingere, e causar doenças na população, tais como as que Pinese et al. (2001) e Licht et al. (1997) relataram, que foi uma forte ocorrência de fluorose dentária na população da região.

Figura 3 - Mapa da distribuição das concentrações de flúor no Estado do Paraná, com a drenagem e os pontos amostrais de coleta.

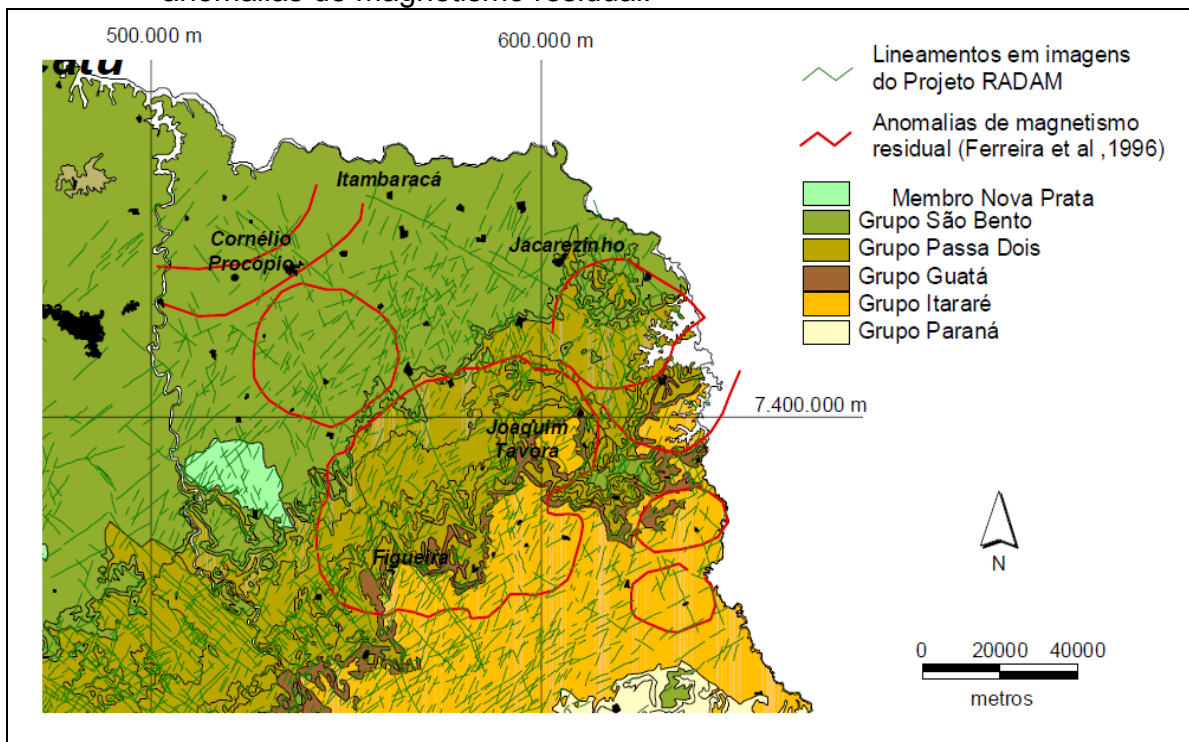


Fonte: Mineropar (2001).

Esta região anômala, que além do flúor inclui os elementos Ba, Sr, Ca, Mg e K, segundo Licht (2001), está relacionada com as estruturas magnéticas profundas, associadas ao domo de Quatiguá, pois mostra uma perfeita coincidência com as anomalias de magnetismo residual identificadas nessa região por Ferreira et al.

(1996), que sugeriram como fonte para ambas, intrusões de rochas alcalinas, não aflorantes (Figura 4). Licht (2001, p. 125) conclui que “um evento geológico extensivo tenha sido responsável pela distribuição anômala dos elementos químicos na região do Norte Pioneiro no Estado do Paraná”.

Figura 4 - Mapa geológico da região Nordeste do Paraná, mostrando os contornos das anomalias de magnetismo residual.



Fonte: LICHT (2001).

4 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA RSCP

4.1 ASPECTOS GEOGRÁFICOS

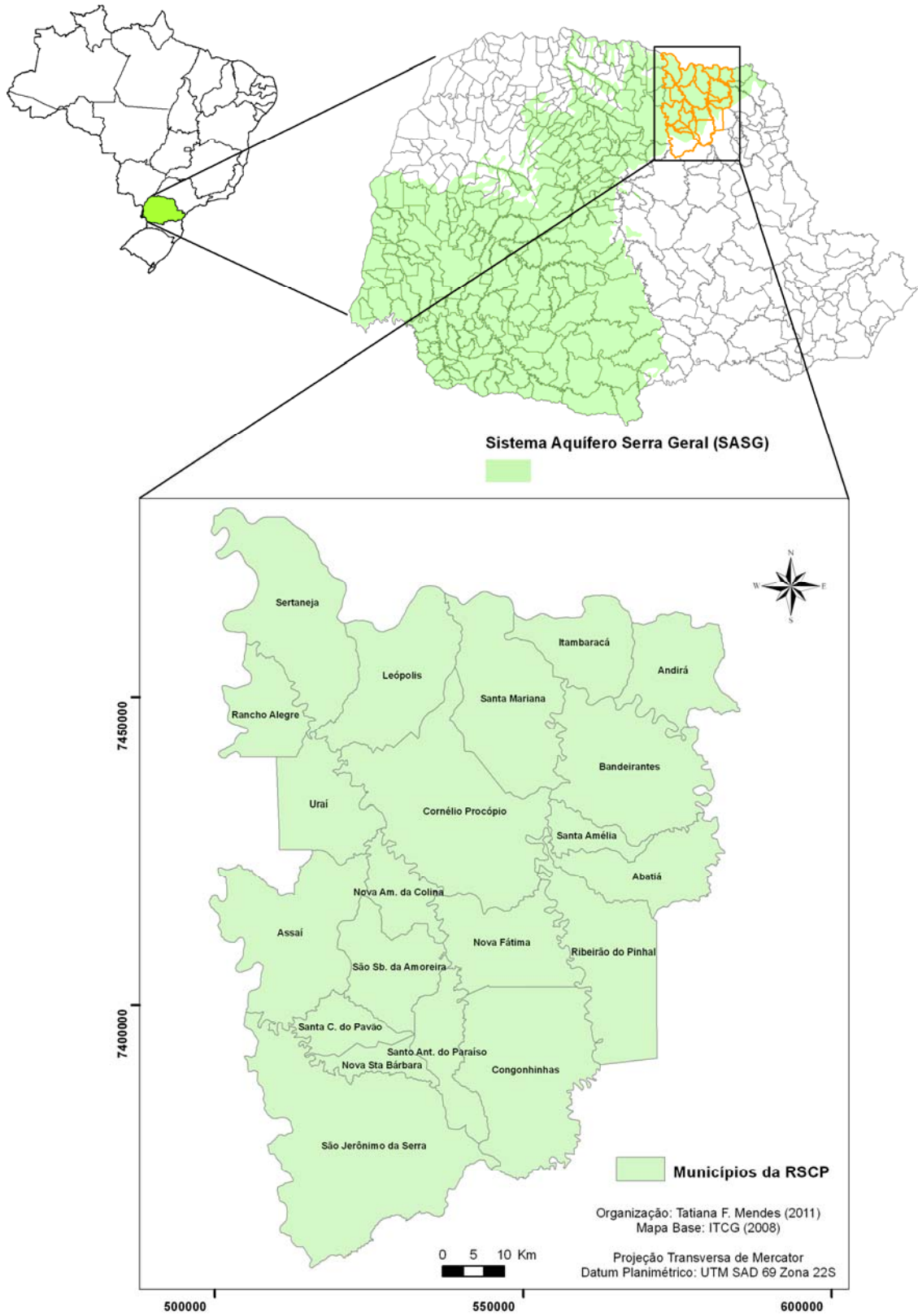
A 18ª Regional de Saúde, área de estudo, tem como sede o município de Cornélio Procópio. É formada por 21 municípios, que tem como principal fonte de abastecimento de água para consumo, as águas do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) [Figura 5]. Com relação ao consumo de água subterrânea, identificou-se que 62% dos municípios (78.691 habitantes) utilizam-se somente águas do SASG para abastecimento. Cerca de 28,5% utilizam-se de águas do SASG juntamente com águas superficiais (104.094 habitantes), enquanto 9,5% utilizam-se de águas do SASG e do Aquífero Guarani (52.794 habitantes). A Regional de Saúde de Cornélio Procópio (RSCP) possui uma população total de 235.579 habitantes (Tabela 1), com uma densidade demográfica de 35,6 hab/Km², ocupando uma área de 6612,266 Km².

Tabela 1 - N° de habitantes de cada município da RSCP.

<i>Município</i>	<i>População</i>
Abatiá	7.764
Andirá	20.610
Assaí	16.354
Bandeirantes	32.184
Congoinhas	8.279
Cornélio Procópio	46.928
Itambaracá	6.759
Leópolis	4.145
Nova América da Colina	3.478
Nova Fátima	8.147
Nova Santa Bárbara	3.908
Rancho Alegre	3.955
Ribeirão do Pinhal	13.524
Santa Amélia	3.803
Santa Cecília do Pavão	3.646
Santa Mariana	12.435
Santo Antônio do Paraíso	2.408
São Jerônimo da Serra	11.337
São Sebastião da Amoreira	8.626
Sertaneja	5.817
Uraí	11.472
Total	235.579

Fonte: IBGE (2010).

Figura 5 - Localização dos municípios da RSCP no Estado do Paraná.



A RSCP é umas das 22 regionais de saúde do Estado do Paraná. Estas regionais constituem a instância administrativa intermediária da Secretaria de Estado da Saúde/Instituto de Saúde do Estado do Paraná -SESA/ISEP. Conforme o Código de Saúde do Paraná a

[...] Secretaria de Estado da Saúde - SESA, gestora Estadual do Sistema Único de Saúde - SUS, nos termos do artigo 7º. da Lei Estadual n.º 13.331/01, incumbe, através do Instituto de Saúde do Paraná -ISEP-, pesquisar, planejar, orientar, coordenar e executar as medidas que visem a promoção, preservação e recuperação da saúde, bem como promover e incentivar na esfera pública ou privada, estudos e programas sobre problemas médico-sanitários do Estado (PARANÁ, 2002, p.53).

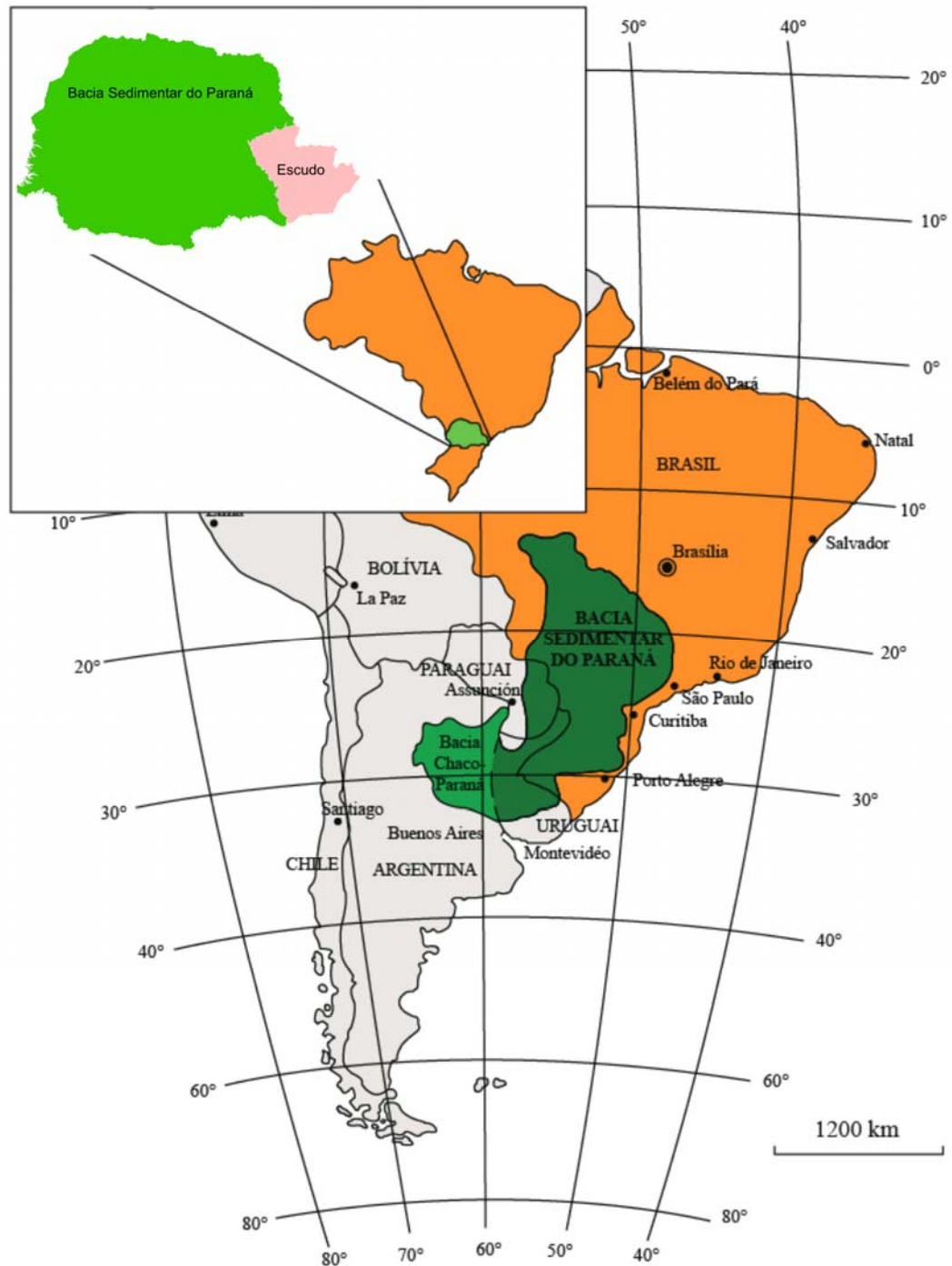
Cabe, portanto a SESA/ISEP “regular, controlar, avaliar e acompanhar o Sistema Estadual de Saúde e a execução das ações e serviços de saúde prestados em seu território, respeitadas as competências municipais” (PARANÁ, 2002, p.58). É por meio das regionais de saúde que o Estado exerce o seu papel: dar apoio, cooperação técnica e investimentos nos municípios e nos consórcios. Desta forma o objetivo da regional de saúde é “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” (PARANÁ, 2011).

4.2 ASPECTOS GEOLÓGICOS

Os municípios da área de estudo, estão geologicamente inseridos na Bacia Sedimentar do Paraná, essa correspondendo a uma extensa depressão deposicional situada na parte centro-leste da América do Sul (Figura 6), onde se acumularam mais de 5000 m de rochas sedimentares e vulcânicas distribuindo-se no território brasileiro, argentino, paraguaio e uruguaio, sendo que, a maior parte encontra-se em território brasileiro com cerca de 1.000.000 Km², com uma dimensão norte-sul de quase 2000 km. Ao todo ela cobre cerca de 1,6 milhão de quilômetros quadrados, bem como pequena parcela do embasamento cristalino paranaense (PETRI & FÚLFARO, 1983).

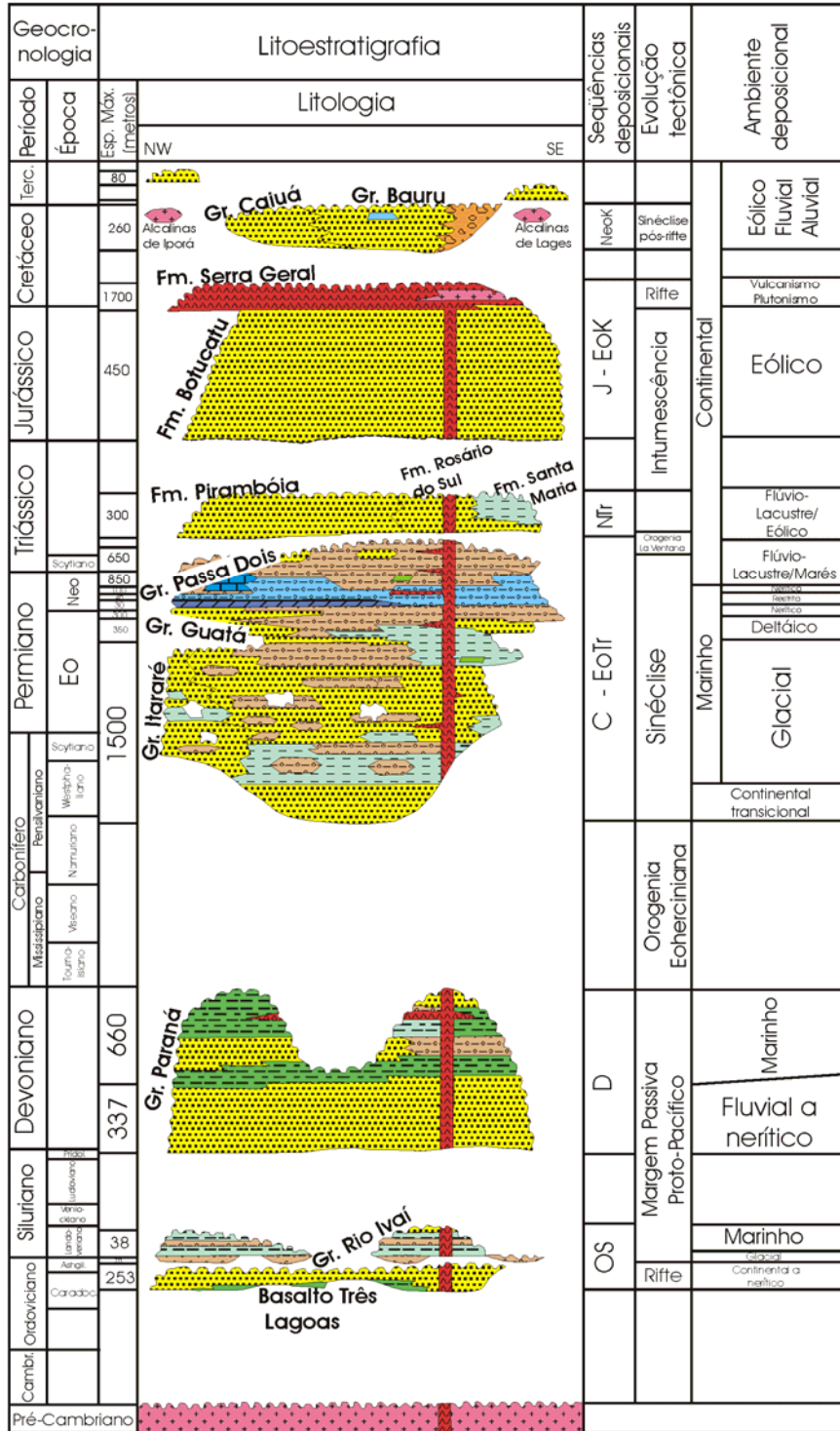
A Bacia Sedimentar do Paraná segundo Pinese (2002) compreende o Segundo e o Terceiro Planalto Paranaense, recobrando a maior porção do estado; é preenchida por depósitos marinhos e continentais, composta de várias formações vulcano-sedimentares, que se enquadram em cinco principais épocas: siluro-ordoviciano, devoniano, permiano-carbonífero e triássico-jurássico – as quais precedem o evento magmático da seqüência Juro-Cretácea (Figura 7).

Figura 6 - Localização da Bacia Sedimentar do Paraná, na América do Sul, no Brasil e no Estado do Paraná.



Fonte: modificado de (Zalán et al., 1990 apud Pinese 2002). Org: Tatiana F. Mendes (2011).

Figura 7 - Coluna cronolitoestratigráfica da Bacia Sedimentar do Paraná mostrando a distribuição temporal e espacial dos grupos e formações geológicas que a compõe.

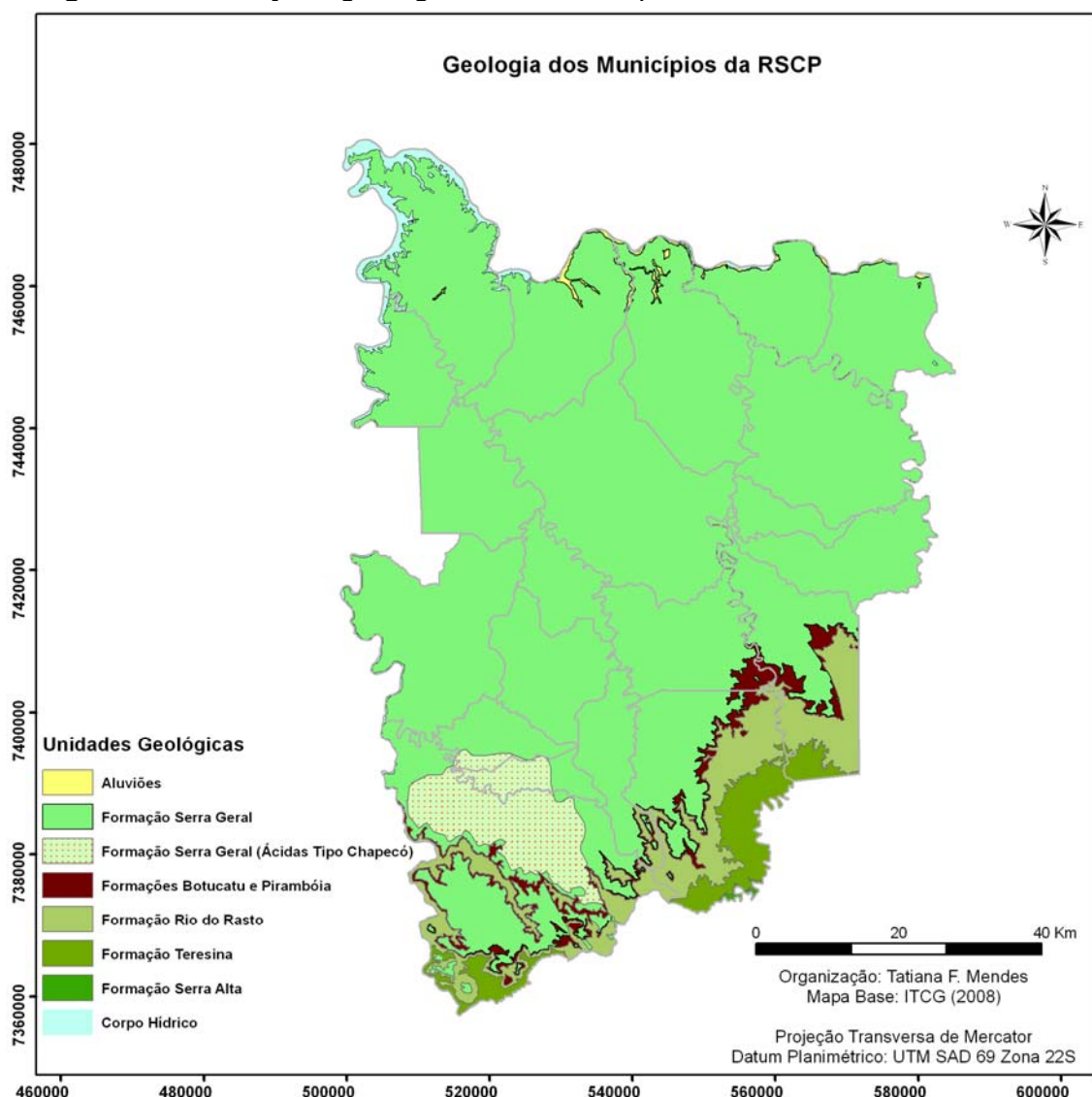


Modificado de Boletim de Geociências da Petrobras, no.1, vol.8,1994.

Fonte: CPRM (2001).

A Formação Serra Geral abrange a maior parte dos municípios da RSCP, ocorrendo também outras formações geológicas somente os municípios de Ribeirão do Pinhal, Nova Fátima, Congoinhas, Santo Antonio do Paraíso e São Jerônimo da Serra. Os principais grupos e suas respectivas formações rochosas que estão presentes na área de estudo, em ordem estratigráfica, são descritos a seguir e podem ser visualizados na Figura 8:

Figura 8 - Formações geológicas dos municípios da RSCP



Fonte: MINEROPAR (2001).

- **Grupo Passa Dois**

- **Formação Serra Alta**

A Formação Serra Alta é encontrada em uma pequena área do município de Congoinhas e segundo Pinese et al. (2000, p.17) “raríssimos pontos situados a sul da cidade de São Jerônimo da Serra são verificados e via de regra encontram-se pouco visíveis e com forte estágio de intemperização”.

Sua litologia constitui-se de folhelhos pirobetuminosos no topo, siltitos cinza-escuros e ocasionais nódulos de calcários. Apresenta fortes indícios de ter se desenvolvido em um ambiente de deposição marinho com águas pouco profundas e acumulação abaixo da ação das ondas (PETRI & FULFARO apud PINESE, 2000, p. 17).

- **Formação Teresina**

Constituída principalmente de ritmitos alternados de argilitos e folhelhos cinza-escuro, com siltitos e arenitos muito finos, ocorrendo na parte superior calcários, por vezes oolíticos, e leitos de coquina. No geral os calcários encontram-se silicificados (DNPM, 1984; PINESE et al., 2000; PINESE, 2002, p.33). Essa formação se difunde no sul e sudeste da área de estudo, nos municípios de São Jerônimo da Serra, Congoinhas e Ribeirão do Pinhal.

A idade atribuída à deposição dessa formação é o Neopermiano, devido ao conteúdo fossilífero predominante (MENDES, 1967 apud PINESE, 2002, p. 33).

- **Formação Rio do Rasto**

Esta formação ocorre no sul e sudeste da área de estudo, nos municípios de São Jerônimo da Serra, Santo Antonio do Paraíso, Nova Fátima, Congoinhas e Ribeirão do Pinhal. É formada por arenitos e siltitos e, secundariamente argilitos. Possui estratificação predominantemente horizontal, podendo ocorrer também

estratificações cruzadas. Tem idade neo-permiana-triássica (PETRI & FÚLFARO, 1983). É dividida em dois membros denominados de Serrinha (inferior) e Morro Pelado (superior) (SCHEIDER et al., 1974 apud PINESE et al., 2000, p.17).

Conforme DNPM (1984) o Membro Serrinha consiste de siltitos, argilitos e arenitos finos, esverdeados, arroxeados e, por vezes avermelhados, desenvolvendo-se, localmente, bancos calcíferos. Essa litologia é resultante de deposição em um ambiente de planície de maré. O Membro Morro Pelado é composto de arenitos vermelhos, arroxeados, amarelados, esbranquiçados com intercalações de argilito e silito vermelho-arroxeados. Sua deposição ocorreu em um ambiente continental fluvial, em condições altamente oxidantes.

- **Grupo São Bento**

- **Formação Pirambóia**

Tem ocorrência comum nos municípios de São Jerônimo da Serra, Santo Antonio do Paraíso, Nova Fátima, Congoinhas e Ribeirão do Pinhal. Sua litologia é constituída de arenitos esbranquiçados, amarelados, avermelhados, síltico-argilosos, ocorrendo uma fina intercalação de argilitos e siltitos. Apresenta uma maior fração de argila na porção basal e, arenitos conglomeráticos com seixos de argila na parte superior (DNPM, 1984).

Segundo Pinese (2002, p.33), esta formação de idade triássica, apresenta como predominância uma estratificação plana paralela, com alternância de argila e silte ou, ainda expõe uma estratificação cruzada de dimensão média a grande, do tipo tangencial. Como constataram Petri & Fúlfaro (1983) os sedimentos desta formação “são do tipo de canais e de depósitos de transbordamento, formando ciclos recorrentes”.

- **Formação Botucatu**

Abrange os municípios de São Jerônimo da Serra, Santo Antonio do Paraíso, Nova Fátima, Congoinhas e Ribeirão do Pinhal. Esta formação segundo

DNPM (1984) consiste de arenitos avermelhados, com uma estratificação cruzada, planar e acanalada de grande porte, que por relações estratigráficas, atribui-se idade jurássica, visto que está abaixo dos derrames basálticos do Jurássico-Cretáceo.

Segundo DNPM (1984) “as características litológicas e sedimentares da unidade indica uma deposição eólica em ambiente desértico, com desenvolvimento de rios meandantes e pequenas lagoas, sob condições climáticas oxidantes”.

- Formação Serra Geral

A Formação Serra Geral, de idade cretáceo-jurássica, abrange a maior parte da área de estudo, predominando de acordo com Leinz et al. (1966; 1968) e Melfi et al. (1988) “um conjunto de basaltos toleíticos e, subordinadamente, um conjunto de derrames de riolitos, dacitos e riodacitos” (apud PINESE, 2002); esses últimos, segundo a Mineropar (1989), quando associados às ocorrências de basaltos pórfiros, formam uma subunidade estratigráfica denominada de Membro Nova Prata. Porém Melfi (1988), Pinese (1989; 2002), Piccirillo et al (1990) e Nardy (1996), entre outros autores, classificam essa subunidade como “Ácidas Tipo Chapecó”. Esses conjuntos de derrames basálticos são intercalados com arenitos, possuindo as mesmas características da formação Botucatu, associando-se a eles corpos intrusivos, constituindo-se, especialmente, de diques e *sills* (PINESE, 2002).

Conforme Pinese et al. (2000, p. 21) o vulcanismo basáltico da Formação Serra Geral é um dos maiores do mundo e recobre quase toda a sequência sedimentar da Bacia do Paraná. No norte do Paraná, segundo Celligoi (1993, p. 65), a maioria das rochas vulcânicas e intrusivas são formadas, em relação aos seus piroxênios, por augita e pigeonita, e, em relação aos feldspatos, por plagioclásios. Segundo Piccirillo & Melfi (1988), na composição química das rochas basálticas da Bacia do Paraná, predominam o óxido de silício ($\text{SiO}_2 = 50,82\%$), óxido de alumínio ($\text{Al}_2\text{O}_3 = 13,96\%$), óxido de ferro (Fe-total = 13,92%), óxido de cálcio ($\text{CaO} = 9,59\%$), óxido de magnésio ($\text{MgO} = 5,50\%$), óxido de sódio ($\text{Na}_2\text{O} = 2,41\%$ do peso), óxido de titânio ($\text{TiO}_2 = 2,31\%$ do peso), óxido de potássio ($\text{K}_2\text{O} = 0,99\%$ do peso) e óxido de manganês ($\text{MnO} = 0,22\%$).

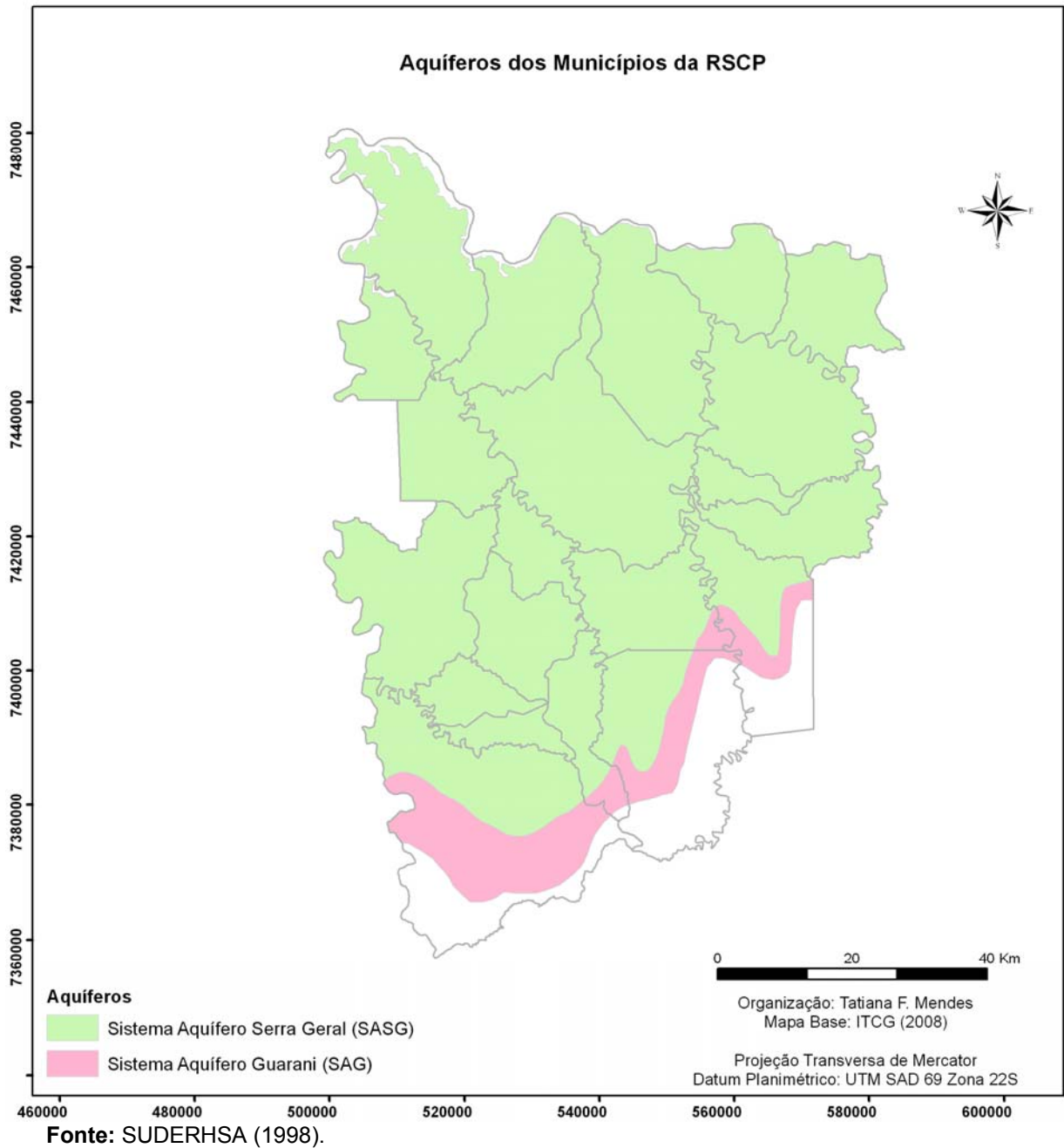
- **Aluviões**

Os aluviões estão dispostos em planícies ao longo das drenagens e em pequenas depressões alveolares fechadas. Apresentam constituição variada, predominando depósitos homogêneos areno-argilosos, com intercalações de bancos arenosos (MINEROPAR, 2001).

4.3 HIDROGEOLOGIA

A água subterrânea na área de estudo encontra-se em três tipos de reservatórios geológicos: o Aquífero Serra Geral, o Aquífero Guarani e o Aquífero Freático (Figura 9).

Figura 9 - Localização do Aquífero Serra Geral e Aquífero Guarani nos municípios da RSCP.



O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) está instalado nas rochas basálticas da Formação Serra Geral, ficando o modo de ocorrência da água subterrânea restrito às zonas de descontinuidade física das rochas (CELLIGOI, 1993, p. 24). Neste aquífero a água é armazenada e conduzida por diaclases, fissuras e

regiões onde o basalto possui uma estrutura amigdaloidal (PINESE et al., 2000, p. 28). O SASG “pelas suas características litológicas de rochas cristalinas, se constitui em um meio aquífero de condições hidrogeológicas heterogêneas e anisotrópicas” (CELLIGOI, 1993, p. 24). Para servir-se dessa água é preciso a perfuração de poços, que variam de 80 a 200m de profundidade, podendo chegar a atingir vazões acima de 30m³/hora (PINESE et al., 2000, p. 28).

O Aquífero Guarani está aprisionado nos arenitos da Formação Botucatu. Segundo Mendes et al. (2002, p. 8) abrange uma área de aproximadamente 138.000 km² no Estado do Paraná, encontrando-se em sua maior parte confinado pelos basaltos da Formação Serra Geral (80% da área de ocorrência), com uma zona de recarga restringindo-se a uma estreita faixa aflorante, com largura média de 10 km, situada na porção oriental do Terceiro Planalto Paranaense (Figura 9). Todavia, o referido aquífero não é escopo deste trabalho.

Além destes aquíferos, nas interfícies de regolito/rocha encontra-se o aquífero freático.

4.4 HIDROGRAFIA

As águas superficiais da área investigada ocupam quatro importantes bacias hidrográficas do Paraná: Tibagi, Cinzas, Paranapanema I e II (Figura 10).

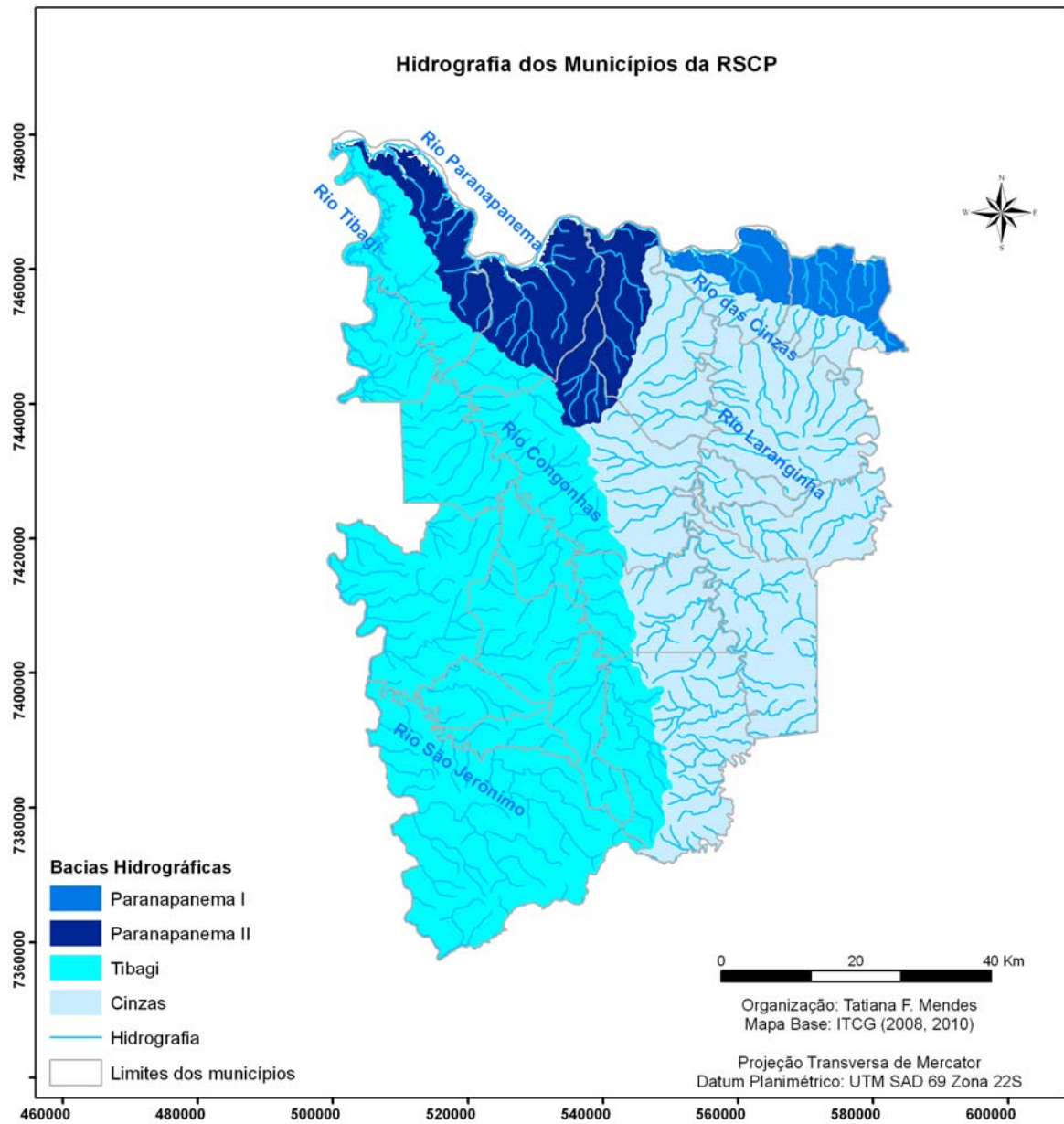
O rio Tibagi é o principal tributário da margem esquerda do rio Paranapanema, conjunto esse que faz parte da bacia do rio Paraná. Os afluentes do rio Tibagi mais importantes desta área, conforme Maack (1981), são os rios São Jerônimo, Ribeirão do Saltinho, Ribeirão da Peroba, Ribeirão Jataizinho, e Rio Congonhas. A organização da rede de drenagem rio Tibagi nesta região se dá de forma subdendrítica, segundo (COIMBRA, 2000, p.52), com “direções fluviais, freqüentemente, concordando com as direções da bacia do Paraná, ENE-WSW, pré-basálticas; NNW-SSE, pós-basálticas e; NNW-SSE/ENE-WSW, pós-cretácias”, e segundo Freitas (1995 apud COIMBRA, 2000) aponta essas como “concordantes com as direções do escudo brasileiro”.

A bacia do Rio das Cinzas é formada por dois rios importantes: o das Cinzas e o Laranjinha. Segundo Maack (1981, p. 328) o rio das Cinzas tem sua origem na serra das Furnas a oeste da escarpa devoniana, e após um percurso de 175 Km, ele rompe a escarpa mesozóica, a serra da Boa Esperança. Após 240 Km, o rio das Cinzas recebe o rio Laranjinha, rompendo a escarpa do terceiro planalto após um percurso de 122 Km.

As bacias do Paranapanema I e II são formadas pelo rio Paranapanema, que juntamente com seus afluentes da margem sul, abrange 55.530 Km² no Estado do Paraná, formando a fronteira com o Estado de São Paulo numa extensão de 392,9 Km, desde a embocadura do rio Itararé (MAACK, 1981, p.320). E segundo o autor:

[...] A altura média das margens do rio Paranapanema é de 4 m. Estes paredões são formados por sedimentos soltos do quaternário, que repousam sobre rasos terraços de rochas eruptivas e muitas vezes acompanham o rio como campos de inundação ou várzeas, evidenciando frequentemente pequenas lagoas ou pântanos. [...] Cascalho e seixos predominam no material fluvial rolado (MAACK, 1981, p.321).

Figura 10 - Hidrografia dos municípios da RSCP.



Fonte: SUDERHSA (1998).

4.5 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

A modelagem da atual superfície do Estado do Paraná foi processada pelos sistemas hidrográficos, movimentos epirogênicos e tectônicos, assim como pela influência de alteração do clima (MAACK, 1981, p. 387). Segundo o autor a maior parte

da área do Paraná é constituída por três planaltos: Primeiro, Segundo e Terceiro Planalto Paranaense, que se inclinam suavemente para W, NW e SW.

Apenas três municípios da área de estudo encontram-se no Segundo Planalto, o restante encontra-se predominantemente no Terceiro Planalto (Figura 11). Estas duas subunidades morfoesculturais fazem parte da grande unidade morfoestrutural Bacia Sedimentar do Paraná.

No segundo planalto começa a região dos sedimentos paleozóicos e mesozóicos não perturbados por movimentos orogênicos, todavia suavemente inclinados para W, SW e NW. Apresenta-se como um planalto modelado em estruturas monoclinais e sub-horizontais. É limitado para leste pela escarpa Devoniana, com as rochas da base cristalina do Primeiro Planalto e, a oeste, com o Terceiro Planalto pela escarpa mesozóica (Serra Geral ou da Esperança), com os extensos e espessos derrames de rochas eruptivas básicas (MAACK, 1981, p. 419).

Segundo a subdivisão da Mineropar (2006), três municípios da área de estudo encontram-se nas sub-unidades morfoesculturais denominadas: Planalto do Médio Cinzas e Planalto de Santo Antônio da Platina, situadas no Segundo Planalto Paranaense.

A sub-unidade morfoescultural Planalto do Médio Cinzas, apresenta altitudes variando entre 440 (mínima) e 780 (máxima) m. s. n. m, com uma classe de declividade predominante menor que 6%. Predominam topos aplainados, vertentes convexas e vales abertos de fundo chato. A direção geral da morfologia é NW/SE, modelada em rochas das Formações Rio do Rastro, Teresina, Serra Alta, Rio Bonito e Grupo Itararé (MINEROPAR, 2006, p.30).

A sub-unidade morfoescultural Planalto de Santo Antônio da Platina, apresenta altitudes variando entre 440 (mínima) e 1.180 (máxima) m. s. n. m., com uma classe de declividade predominante entre 12-30%. As formas predominantes são topos isolados, vertentes convexas e vales em "V". A direção da morfologia é NW/SE, modelada em rochas da Formação Rio do Rasto (MINEROPAR, 2006, p.30).

O Terceiro Planalto representa o plano de declive que forma a encosta da escarpa da serra Geral do Paraná, sendo denominada geograficamente serra da Boa Esperança, e geologicamente escarpa mesozóica. Esta escarpa é constituída por

estratos do arenito Botucatu, com espessos derrames de lavas básicas da Formação Serra Geral (MAACK, 1981, p. 419). Esta unidade desenvolve-se como um conjunto de relevos planálticos, subdivididos pelos principais afluentes do rio Paraná.

A parte nordeste do terceiro planalto é relativamente baixa e cortada em platôs isolados e mesetas pelos rios das Cinzas, Laranjinha e Congonhas. A área mais elevada do platô revela um declive de 1.150 a 300 m para o rio Paranapanema desde a serra da Esperança. A leste do rio Congonhas, como também entre os rios Laranjinha e das Cinzas, ocorrem algumas elevações e mesetas isoladas com altitudes de 800 metros situadas na proximidade da escarpa (MAACK, 1981, p. 419-420).

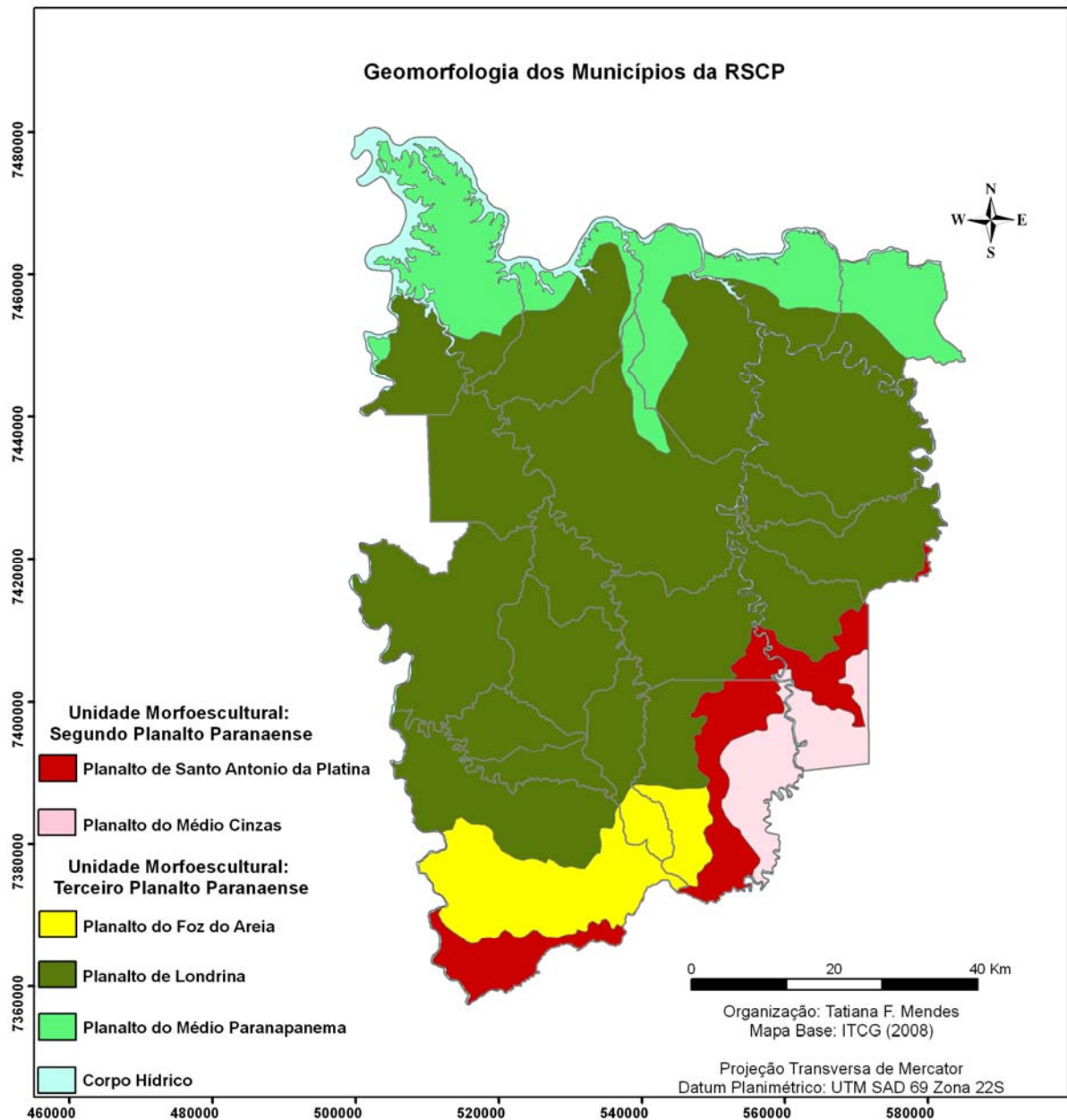
A maior parte dos municípios da área de estudo encontram-se no terceiro planalto, nas seguintes sub-unidades morfoesculturais propostas pela Mineropar (2006): Planalto do Foz do Areia, Planalto de Londrina, Planalto do Médio Paranapanema.

A sub-unidade morfoescultural Planalto do Foz do Areia, apresenta um gradiente de 780 metros com altitudes variando entre 400 (mínima) e 1.180 (máxima) m. s. n. m., com uma classe de declividade predominante entre 12-30%. Predominam topos alongados, vertentes retilíneas e côncavas e vales em degraus. A direção geral da morfologia é NW/SE, modelada em rochas da Formação Serra Geral (MINEROPAR, 2006, p.30).

A sub-unidade morfoescultural Planalto de Londrina, apresenta altitudes variando entre 340 (mínima) e 980 (máxima) m. s. n. m., com uma classe de declividade predominante menor que 12%. As formas predominantes são topos alongados, vertentes convexas e vales em “V”, modeladas em rochas da Formação Serra Geral (MINEROPAR, 2006, p.30).

A sub-unidade morfoescultural Planalto do Médio Paranapanema, apresenta altitudes variando entre 340 (mínima) e 600 (máxima) m. s. n. m., com uma classe de declividade predominante menor que 6%. Predominam topos aplainados, vertentes convexas e vales em “V”, modeladas em rochas da Formação Serra Geral (MINEROPAR, 2006, p.30).

Figura 11 - Geomorfologia dos municípios da RSCP



Fonte: MINEROPAR (2006).

4.6 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

Segundo Mendonça (2000a, p.29) a área de estudo está situada numa zona de transição climática entre os climas dominados por sistemas inter-tropicais ao norte e sistema extra-tropical ao sul. Segundo Mendonça (2000a, p.29) esta característica de área de transição climática no Norte do Paraná, é

[...] um reflexo da intensidade dos mecanismos frontogenéticos normalmente observáveis no âmbito regional. Na altura de sua posição latitudinal e também por influência do relevo do continente, o ar polar que se desloca genericamente de sul/sudeste, disputa intensamente com o ar tropical/equatorial, de deslocamento norte/nordeste, o domínio da atmosfera da região (Mendonça, 2000a, p.29).

Na área de estudo os agentes controladores da dinâmica atmosférica regional e local são os seguintes:

Tabela 2 - Dinâmica atmosférica da área de estudo.

Centro de ação	Sistema atmosférico
Doldum – Amazônia	MEa - Massa/Sistema Equatorial Continental
Anticiclone do Atlântico	MTa - Massa/Sistema Tropical Atlântica
Depressão do Chaco	MTc - Massa/Sistema Tropical Continental
Anticiclone Migratório Polar	MPa - Massa/Sistema Polar Atlântica
Anticiclone do Atlântico	FQ - Frente Quente
Anticiclone Migratório Polar	FF – Frente Fria

Fonte: adaptado de Mendonça (2000b, p.97).

Segundo Mendonça (2000b, p. 98) o principal controlador da dinâmica atmosférica na área de estudo é a Mta (Massa/Sistema Tropical Atlântica), tendo a MPa (Massa/Sistema Polar Atlântica) associada a última, como segundo sistema mais importante a agir no clima da região, principalmente no inverno, quando ocorre redução pluviométrica, higrométrica e térmica.

O tipo de clima que prevalece é o Cfa - subtropical mesotérmico com verão quente, geadas pouco frequentes, úmido em todas as estações, conforme a classificação climática de W. KOPPEN (MENDONÇA, 2000b; MENDONÇA, 2002; FRANÇA, 2002). Segundo Mendonça (2000, p. 146) o mês de julho, o mais frio desta área, apresenta uma temperatura média mínima mensal entre 10° e 13°, ocorrendo também temperaturas negativas. O mês mais quente do ano corresponde ao de Fevereiro, apresentando temperatura média máxima entre 28°C e 31°C, alcançando, as vezes, os 40°C. Há uma distribuição de chuvas pelo ano todo, com relativa estiagem nos meses de inverno, no entanto sem uma estação seca definida, apresentando uma concentração pluviométrica no verão, período esse cujas

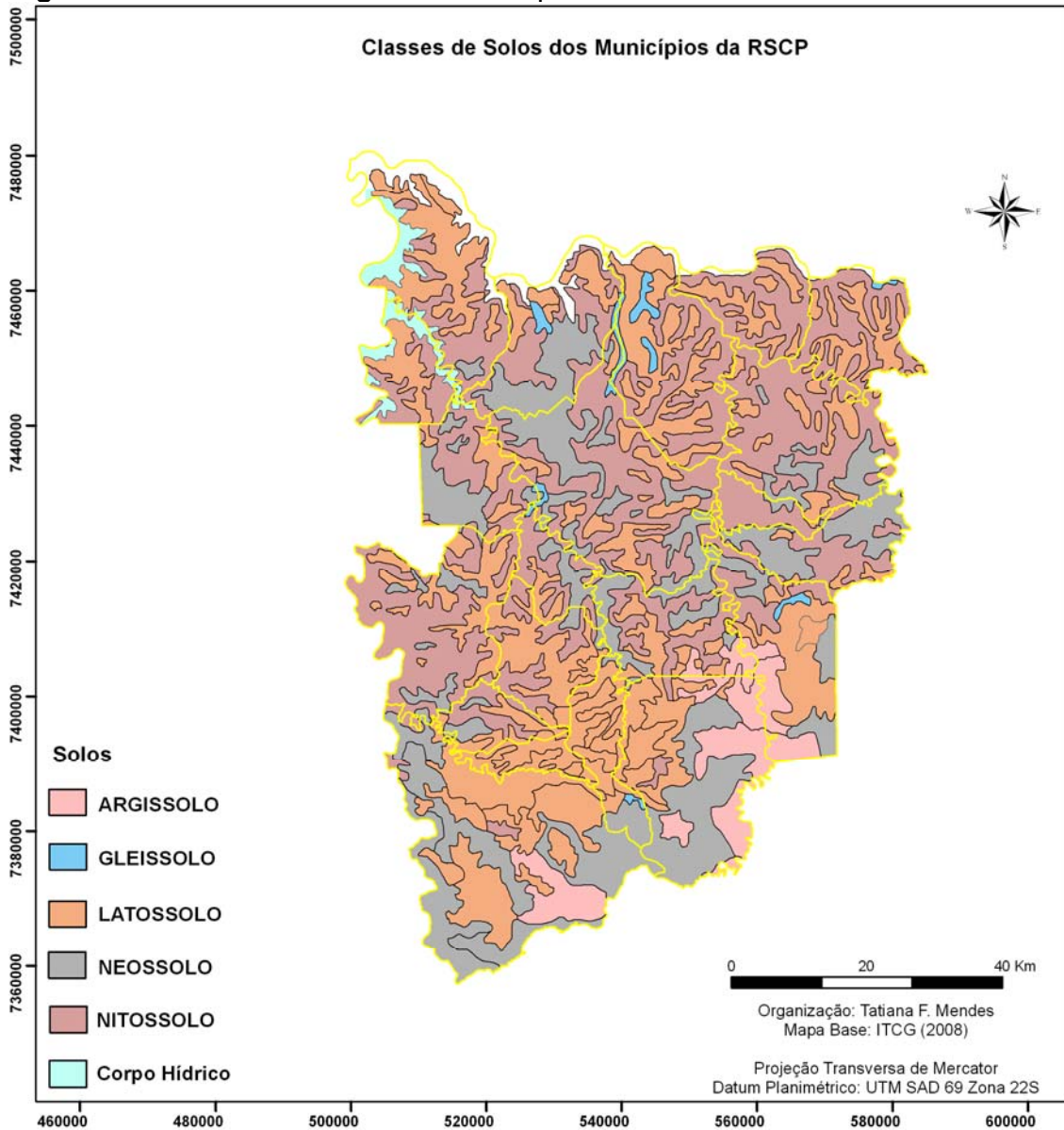
temperaturas médias mensais encontram-se maiores que 28° C. A média anual de precipitação na área de estudo varia entre 1200 e 1400 mm (CAVIGLIONE et al., 2000). Segundo Rosa Filho et al (2010, p.99) “a principal fonte de recarga dos aquíferos paranaenses é a precipitação sob a forma de chuvas”.

4.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS PRINCIPAIS TIPOS DE SOLOS

Ao se analisar parâmetros hidrogeoquímicos, deve-se conhecer as principais classes de solos que predominam na região, pois as propriedades físico-químicas destes solos podem estar relacionadas de alguma maneira com os resultados das análises químicas.

As principais classes de solos nos municípios da região de Cornélio Procópio segundo Bhering & Santos (2008) são: ARGISSOLOS, GLEISSOLOS, LATOSSOLOS, NEOSSOLOS e NITOSSOLOS (Figura 12).

Figura 12 - Classes de solos dos municípios da RSCP.



Fonte: Bhering & Santos (2008).

Os ARGISSOLOS presentes nos municípios da RSCP são do tipo VERMELHO-AMARELOS, com variedades distróficas típicas, distróficas abruptas e álicas, e a textura varia de arenosa/média a média/argilosa (BHERING & SANTOS, 2008). Os ARGISSOLOS são solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural, imediatamente abaixo do A ou E, com argila tanto de atividade baixa quanto alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico (STIPP, 2000a, p.67; EMBRAPA, 2006). A transição dos horizontes A e B são bastante nítidas. Segundo

Stipp (2000b, p.71) esses solos ocorrem tanto nas partes baixas da paisagem acompanhando os canais de drenagem natural, como também em alguns casos nas partes altas. Predominam em relevo suave ondulado a ondulado.

Ocorrem de maneira pouca expressiva na área de estudo, solos do tipo GLEISSOLOS HÁPLICOS Indiscriminado, com textura argilosa (BHERING & SANTOS, 2008). Esses são solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei dentro de 150cm da superfície do solo, imediatamente abaixo de horizontes A ou E (com ou sem gleização), ou de horizonte hístico (JACOMINI, 2008-2009). São de origem aluvial ou colúvio-aluvial de natureza diversa. Aparecem em locais onde o relevo é plano, ocupando os ambientes mais baixos da paisagem, podendo sofrer inundações frequentes, em áreas de vegetação formada por florestas de várzea, e em campos de várzea (STIPP, 2002, p. 42).

Um dos tipos de solos que abrange vários municípios da área investigada são os LATOSSOLOS VERMELHOS, com variedades eutroférica, que predomina, distroférica, eutrófica e distrófica e textura argilosa (BHERING & SANTOS, 2008). Os LATOSSOLOS são solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo do horizonte A. São solos muito evoluídos, em função de enérgicas transformações sofridas pelo material de origem. Em conseqüência, predominam na sua constituição os óxidos de ferro e de alumínio e, minerais de argila do grupo da caulinita (1:1). Devido a estes solos terem uma alta estabilidade, juntamente com uma alta porosidade, boa permeabilidade e o relevo suave ondulado, eles possuem uma elevada resistência à erosão (BOGNOLA et al., 2002).

Outro tipo de solo que ocorre na área de estudo são os NEOSSOLOS LITÓLICOS, predominando a variedade eutrófica, com textura média a argilosa (BHERING & SANTOS, 2008). Esta classe de solos é constituída por material mineral, não hidromórficos, ou por material orgânico pouco espesso. São solos jovens e rasos de espessura, possuindo horizonte A diretamente sobre a rocha consolidada, ou um horizonte C pouco espesso. Ocorrem tanto em relevo suave ondulado e escarpado, como em relevo fortemente ondulado e montanhoso. São originados de diferentes materiais, sendo que no Paraná são formados principalmente por rochas eruptivas

básicas e intermediárias, rochas ígneas ácidas, folhelhos, filitos e arenitos (STIPP, 2002).

Os NITOSSOLOS VERMELHOS do tipo Eutroféricos, ou seja, com alta fertilidade natural, se destacam na área de estudo, ocorrendo em vários municípios. São solos minerais, não hidromórficos, bem drenados, profundos, com presença de horizonte B nítico, ou seja, apresenta cerosidade com pequeno gradiente textural, com sequência de horizontes A, Bt, C e textura argilosa (BOGNOLA et al., 2002). São solos ricos em sesquióxidos de ferro e alumínio e derivados de rochas eruptivas básicas (STIPP, 2000a).

5 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

5.1 MATERIAIS

5.1.1 Materiais de Campo

- Caminhonete;
- GPS;
- Medidor multiparâmetros;
- Máquina digital.

5.1.2 Materiais de Laboratório

- Frascos de polietileno de 1000 mL e de 300 mL;
- Pipetas volumétricas de 5 mL;
- Micropipetas de 100 µL, 50 µL, 10 µL e 5µL.
- Beckers de 300 mL;
- Kitasato de 300 mL;
- Membrana de celulose Millipore de 0,45 µm de poro.

5.2 METODOLOGIA

Primeiramente foi realizada uma revisão da bibliografia em livros, periódicos, revistas, internet, entre outros, pertinente à área de estudo e em abordagens que contemplassem as questões da pesquisa, como Geografia da Saúde, Geologia Médica, Geoquímica, Toxicologia, Epidemiologia, entre outras.

5.2.1 Programação da amostragem

A partir do banco de dados da Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Estado do Paraná (SUDERHSA)

efetuou-se uma coleta dos dados dos poços tubulares que abrangem a área de estudo, que resultou em um mapa base preliminar. Com o auxílio deste mapa foram pré-estabelecidos os pontos de amostragem, tanto na área urbana, como na área rural dos municípios da RSCP, distribuídos de forma a abranger todas as áreas (Figura 13).

5.2.2 Caracterização da área de estudo

Foi realizado um levantamento da área de estudo através de mapas e cartas topográficas da Região Norte do Paraná, abrangendo os municípios de Leópolis, Assaí, Itambaracá, Andirá, Bandeirantes, Abatiá, Congoinhas, Santa Amélia, Nova América da Colina, Nova Fátima, Nova Santa Bárbara, Santa Cecília do Pavão, Santo Antonio do Paraíso, São Sebastião da Amoreira, São Jerônimo da Serra, Sertaneja, Rancho Alegre, Ribeirão do Pinhal e Uraí. Posteriormente, foram confeccionados mapas representando as características físicas da RSCP:

- Mapa do Aquífero Serra Geral no Paraná e dos municípios da RSCP: foram usados mapas do Paraná que estão em formato shapefile (*.shp), disponíveis no site do Instituto de Terras Cartografia e Geociências (ITCG), utilizando-se o *software* ArcView (9.0) da ESRI. Para tanto, foi realizada uma sobreposição dos layers: divisão administrativa dos municípios do Estado do Paraná e Unidades Aquíferas do Paraná e, posteriormente o recorte dos municípios da RSCP. O datum planimétrico e o sistema de projeção adotados foram SAD 69 UTM Zona 22 S.
- Mapa base preliminar com a localização dos poços no Aquífero Serra Geral na área de estudo, a fim de auxiliar a coleta das águas subterrâneas, utilizando-se o *software* ArcView (9.0) da ESRI. Os poços tiveram as coordenadas geográficas plotadas no mapa base da divisão administrativa dos municípios do Estado do Paraná, disponível no site do ITCG.
- Confecção do mapa das Formações geológicas, hidrografia, geomorfologia e tipos de solos dos municípios da RSCP: foram usados mapas do Paraná que estão em formato shapefile (*.shp), disponíveis no site ITCG, utilizando-se o *software* ArcView (9.0) da ESRI. Para tanto, foi realizada uma sobreposição dos layers:

- Municípios da RSCP e Unidades Geológicas do Paraná, para a confecção do mapa das Formações geológicas.
- Municípios da RSCP, Hidrografia e Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná, para a confecção do mapa de hidrografia.
- Municípios da RSCP e Unidades Geomorfológicas do Estado do Paraná, para a confecção do mapa geomorfológico.
- Municípios da RSCP e Tipos de Solos do Estado do Paraná, para a confecção do mapa de solos.

O datum planimétrico e o sistema de projeção adotados foram SAD 69 UTM Zona 22 S em todos os mapas confeccionados.

5.2.3 Dados de Saúde

A coleta dos dados de saúde da população dos municípios da Regional de Saúde de Cornélio Procópio teve como objetivo identificar os tipos de doenças de maior ocorrência e verificar sua distribuição na RSCP, bem como a ocorrência daquelas ligadas ao excesso, principalmente, ou carências de elementos químicos no organismo (câncer, doenças dos sistemas circulatório, nervoso, etc.), que afetam a população local. Estes dados de saúde foram disponibilizados pela Regional de Saúde de Cornélio Procópio e também por pesquisas no banco de dados do DATASUS e da Secretaria de Saúde do Estado do Paraná. Com os dados de saúde da população da RSCP foram confeccionados os seguintes gráficos, tabelas e mapas:

- Gráficos mostrando o nº total de óbitos por cada grupo de causas dos municípios da RSCP no período 2000 - 2010.
- Gráfico mostrando o nº total de óbitos por cada grupo de causas do Brasil no período 2000 - 2009.
- Tabelas mostrando o percentual de óbitos por grupos de causas entre os municípios da RSCP no período 2000 a 2010 e, Brasil e Paraná no período de 2000 a 2009.

Método de cálculo:

Número de óbitos de residentes por grupo de causas x 100

Número total de óbitos de residentes

Deste modo, tem-se medida a participação relativa dos grupos de causas de morte no total de óbitos.

- Tabelas sobre as Taxas de mortalidade específica das doenças do aparelho circulatório, respiratório, digestivo, neoplasias, doenças endócrinas nutricionais e metabólicas, algumas doenças infecciosas e parasitárias, transtornos mentais e comportamentais e doenças do sistema nervoso, dos municípios da RSCP, do Brasil e do Paraná.

Método de cálculo:

$$\frac{\text{Número de óbitos de residentes por determinada doença} \times 100.000}{\text{População total residente do ano considerado}}$$

Assim, tem-se o número de óbitos por determinada doença, por 100 mil habitantes, na população residente em determinado espaço geográfico, no ano considerado. Esta taxa retrata a incidência dessas doenças na população e estima o risco de morte, dimensionando a sua magnitude como problema de saúde pública (RIPSA, 2008).

- Mapas mostrando a espacialização das taxas de mortalidade específica por doenças do aparelho circulatório e neoplasias, nos municípios da RSCP, nos anos de 2000 e 2010.
- Mapas mostrando a espacialização das taxas de mortalidade específica por doenças do aparelho respiratório, digestivo, doenças endócrinas nutricionais e metabólicas, algumas doenças infecciosas e parasitárias, transtornos mentais e comportamentais e doenças do sistema nervoso, nos municípios da RSCP, no ano de 2010. Estes mapas foram confeccionados no software ArcView (9.3) da ESRI.

5.2.4 Procedimentos de Campo

As amostras de águas do SASG foram coletadas no mês de agosto e início de setembro de 2011, portanto em um período com índices pluviométricos menores. No total foram coletadas 138 amostras, das quais 9 foram excluídas deste trabalho, por se tratar de águas do Aquífero Guarani. Desta forma, utilizou-se no total 129 amostras de águas do SASG (Figura 13).

Para a coleta sistemática de amostras de água, que é utilizada para abastecimento público, nos poços de água subterrânea, foram utilizados os seguintes materiais:

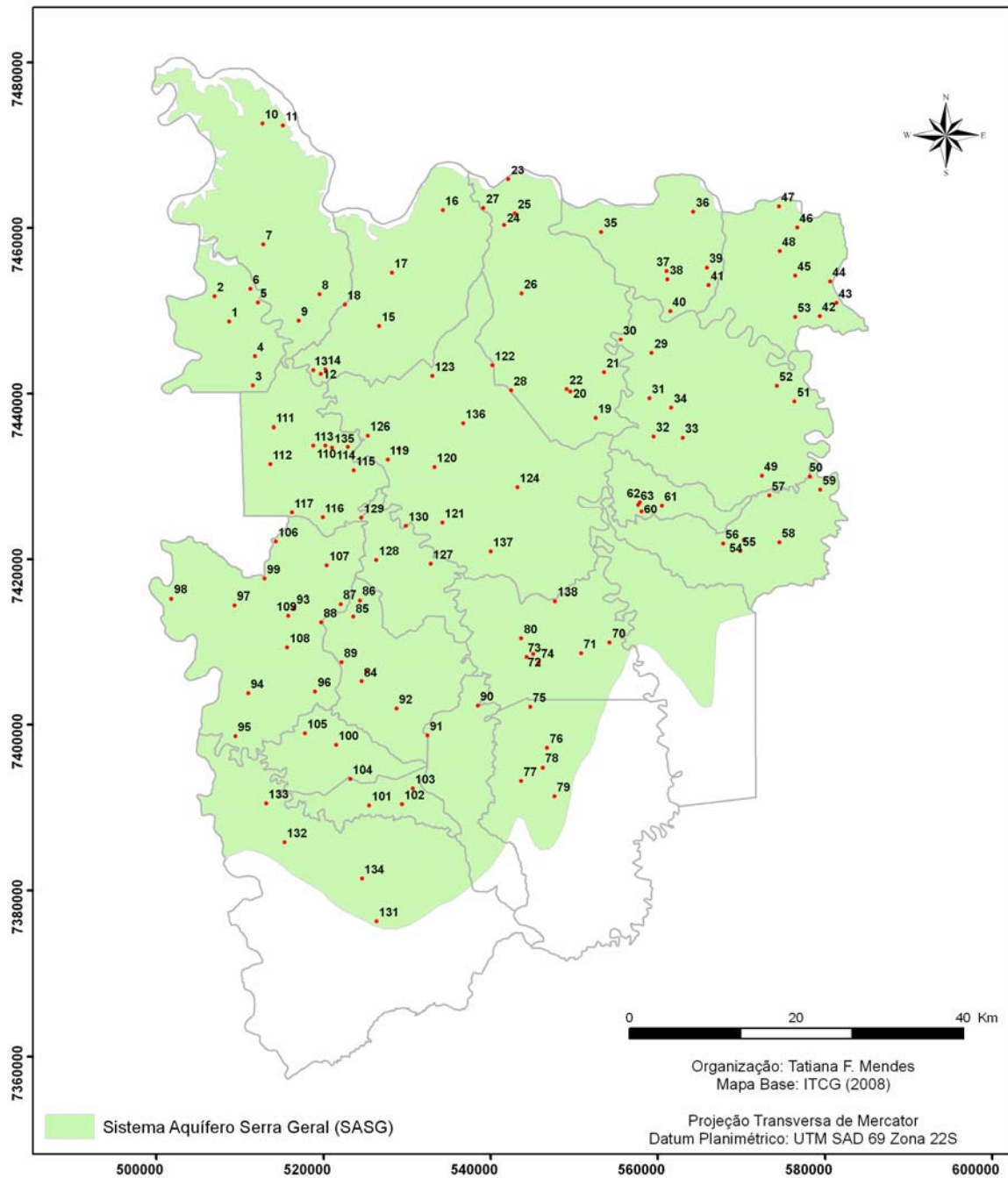
- Recipientes de polietileno incolor de 1000 ml;
- Aparelho GPS para a obtenção das coordenadas geográficas dos pontos amostrados;
- Equipamento Horiba para a obtenção dos seguintes parâmetros físico-químicos da água *in situ*: pH, temperatura, condutividade, oxigênio dissolvido (OD) e sólidos totais dissolvidos;
- Máquina digital para o registro de cada ponto amostrado.

Para tanto, foi necessário seguir algumas técnicas conforme Santos (1997, p.82):

- Foi identificada cada garrafa de polietileno com um código na tampa e no próprio recipiente, para facilitar as análises laboratoriais;
- Os frascos foram lavados várias vezes com a água a ser coletada;
- Na coleta d'água, foi retirado um volume d'água correspondente, no mínimo, a três vezes o volume d'água dentro da obra de captação, porque parte da coluna d'água contém uma mistura de água estagnada e água do aquífero.
- Foram anotadas as características do local, como a geologia, tipo de solo e vegetação, registro fotográfico, bem como quaisquer anormalidades com a

amostra coletada e, identificado a estação de amostragem no campo para facilitar verificações e possíveis reamostragens.

Figura 13 - Localização das amostras de águas coletadas nos poços tubulares nos municípios da RSCP.



Org: Tatiana F. Mendes (2011).

5.2.5 Análises Químicas Multielementares das Águas Subterrâneas

Após a coleta, foi adicionado HNO_3 10% nas amostras de água para manter o pH menor do que 2, preservando os elementos químicos nas amostras (Apêndice 1), que foram acondicionadas em uma câmara fria no laboratório de Bioquímica da UEL. Posteriormente, foi realizada a filtração por empuxo em membrana de celulose Millipore de 0,45 μm de poro, fazendo-se o uso de um Becker de 500 ml e de um Kitasato. As amostras filtradas foram colocadas em frascos de polietileno incolor de 300 ml, previamente descontaminados com HNO_3 10% e lavados com água deionizada e descontaminada através do sistema Mili-Q. Em seguida, as amostras foram analisadas no Laboratório Multiusuários FINEP/UEL, através do uso do ICP-MS – Espectrometria de Massa com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado para análise de elementos traços e metais pesados e da AAS – Espectrometria de Absorção Atômica, baseadas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005).

O elemento Ferro (Fe) foi analisado pela técnica de Espectrometria de Absorção Atômica (AAS – do inglês Atomic Absorption Spectrometry). Os elementos Sódio e Potássio foram analisados pela técnica de fotometria de chama.

Os elementos Alumínio, Arsênio, Bário, Cádmiio, Chumbo, Cobalto, Cobre, Cromo, Estrôncio, Ferro, Manganês, Níquel, Selênio, Titânio e Zinco foram analisados pela técnica da Espectrometria de Massa com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado, que é uma técnica robusta para a análise multielementar. Segundo Oliveira (2006) no modo de operação quantitativo, a precisão e a exatidão obtidas são comparáveis àquelas fornecidas por outras técnicas analíticas monoelementares.

Os elementos Cádmiio e Potássio não foram determinados em várias amostras de águas do SASG, devido às concentrações estarem abaixo do limite de detecção dos equipamentos utilizados, não podendo, desta forma, ocorrer a espacialização destes elementos.

5.2.6 Interpretação dos Dados Hidrogeoquímicos e Correlações com os Dados de Saúde

Para estabelecer as possíveis correlações entre as variáveis hidrogeoquímicas analisadas os dados de saúde, foram realizadas as seguintes etapas:

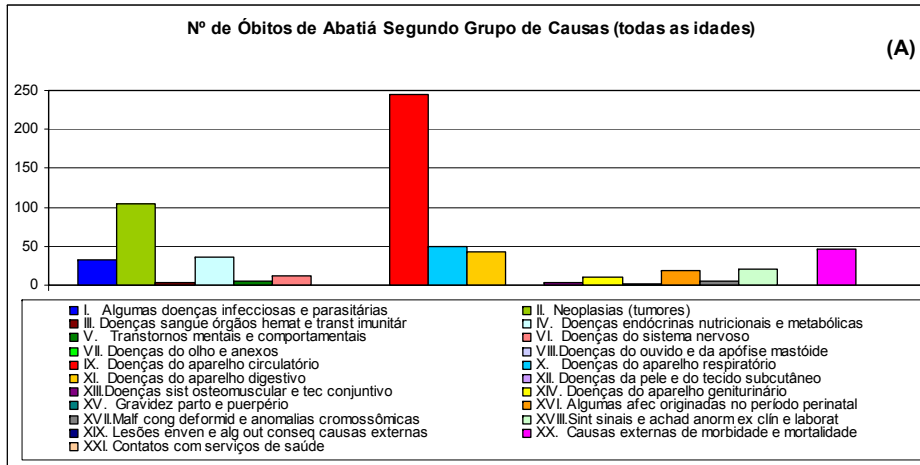
- Análise espacial dos dados hidrogeoquímicos, por meio de mapas de interpolação de dados no software Surfer 8.0, adotando-se no cálculo da interpolação, o método geoestatístico de krigagem ordinária. A krigagem é um processo de estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço, e/ou no tempo, a partir de valores adjacentes enquanto considerados como interdependentes pelo semivariograma (LANDIM, 2003).
- Análise estatística, definindo-se os valores mínimos, máximos, as médias e o desvio padrão das 129 amostras para cada elemento químico, no software Statistica versão 5.
- Análise das frequências dos valores encontrados de cada elemento químico por meio de histogramas confeccionados no software Statistica versão 5.
- Correlação da distribuição das possíveis anomalias hidrogeoquímicas com as taxas de mortalidade específica das doenças do aparelho circulatório, respiratório, digestivo sistema nervoso, doenças endócrinas nutricionais e metabólicas, neoplasias, algumas doenças infecciosas e parasitárias, transtornos mentais e comportamentais, da população dos municípios pertencentes a Regional de Saúde de Cornélio Procópio, no ano de 2010.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

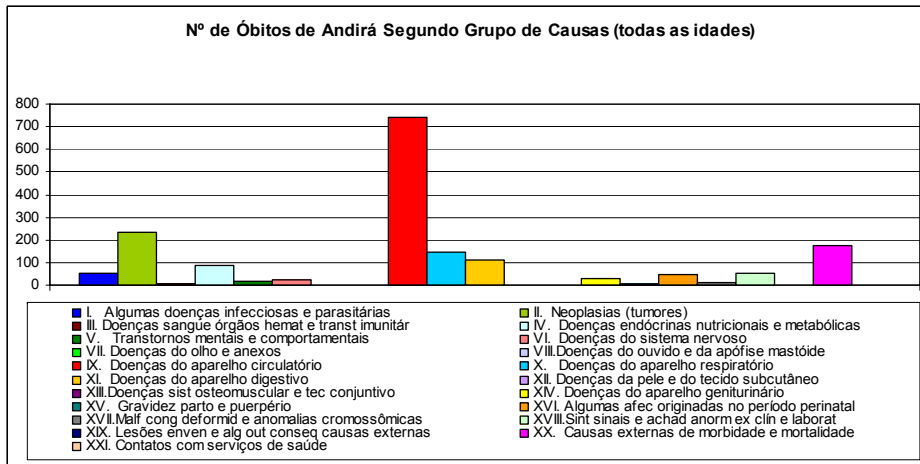
6.1 DADOS DE SAÚDE DA REGIONAL DE CORNÉLIO PROCÓPIO

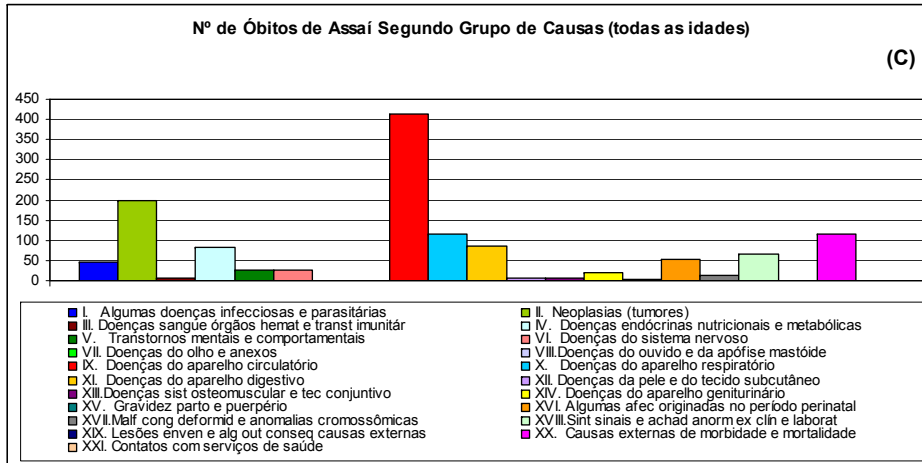
Analisando-se os dados de mortalidade segundo grupo de causas (todas as idades), conforme a Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde - Décima Revisão (CID 10), no período 2000 - 2010, dos municípios da RSCP, percebe-se que a população apresentou um maior número de óbitos por doenças circulatórias, tendo como segunda causa de morte as neoplasias, na maioria dos municípios (Figuras 14, 15, 16, 17, 18 e 19).

Figura 14 - (A, B, C, D): Gráficos mostrando o nº total de óbitos por cada grupo de causas dos municípios da RSCP no período 2000 - 2010

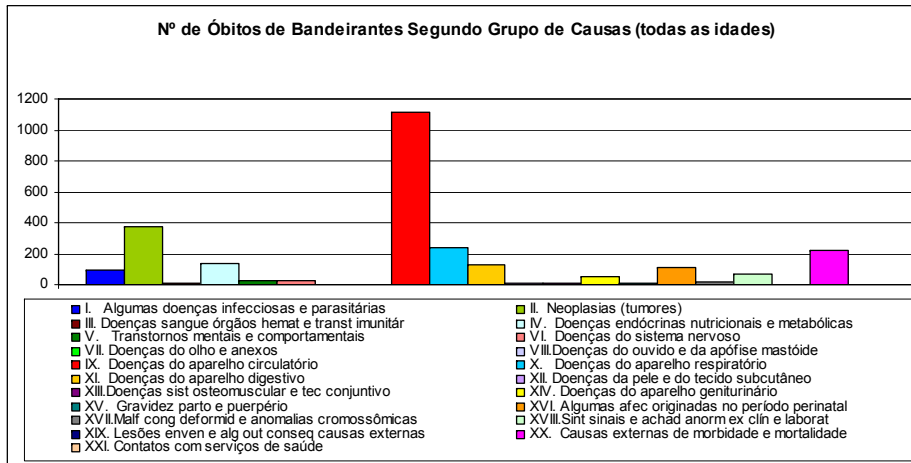


(B)



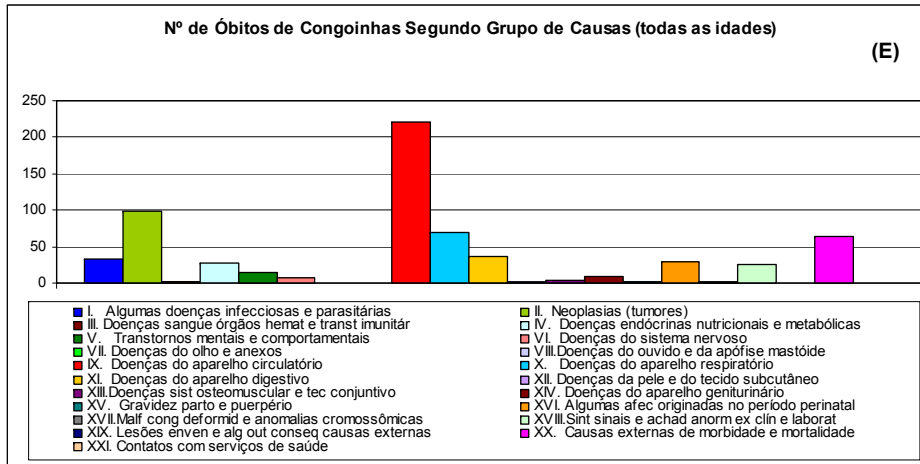


(D)

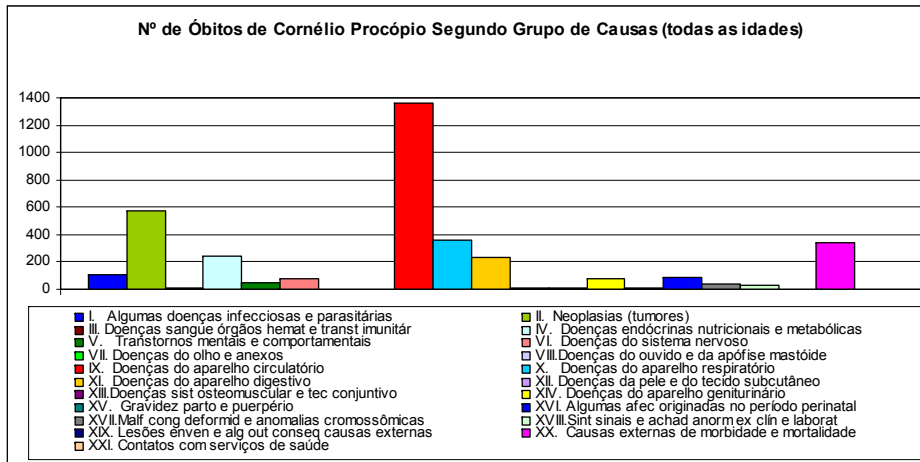


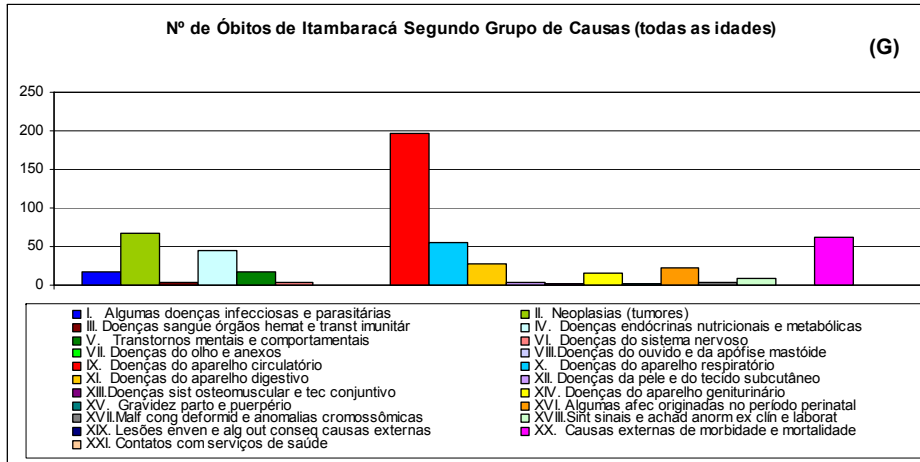
Fonte: Regional de Saúde de Cornélio Procópio (2011).

Figura 15 - (E, F, G, H): Gráficos mostrando o nº total de óbitos por cada grupo de causas dos municípios da RSCP no período 2000 - 2010.

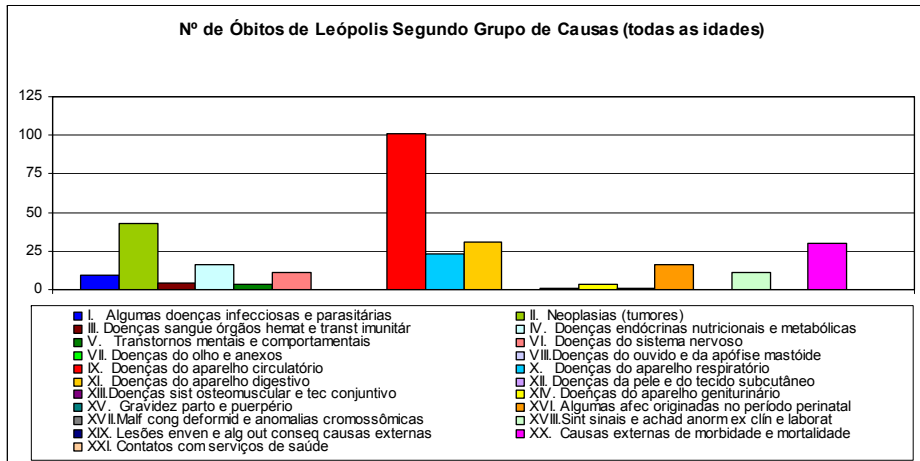


(F)



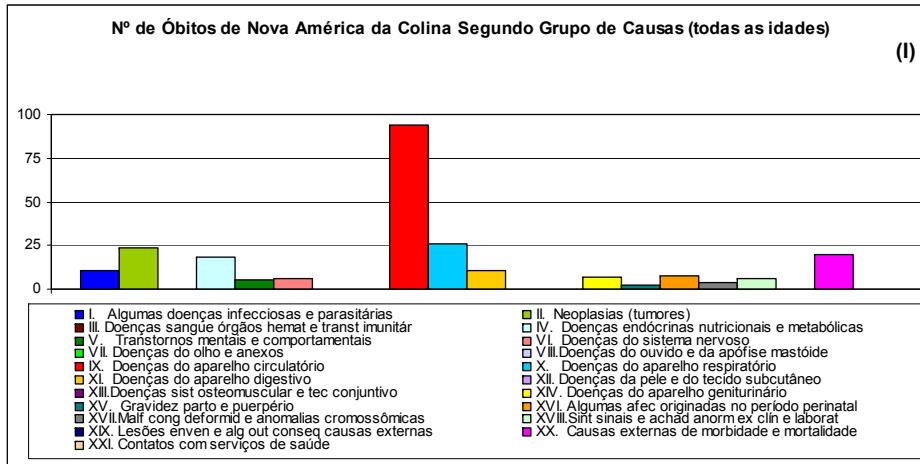


(H)

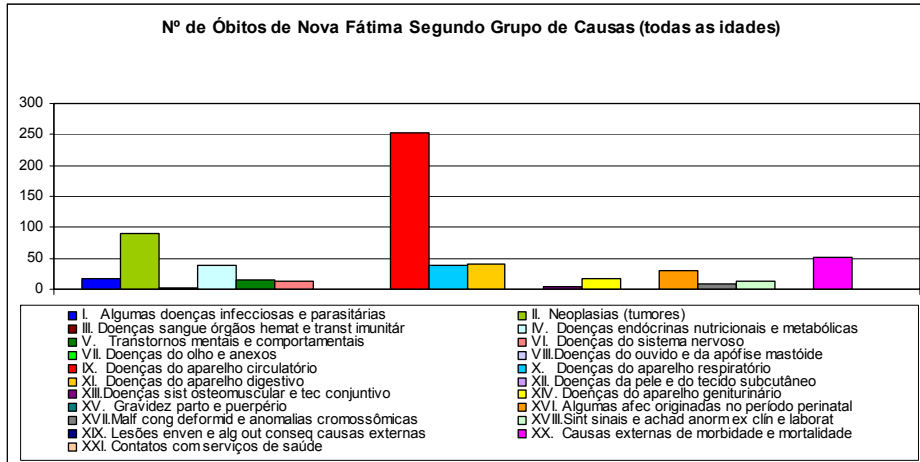


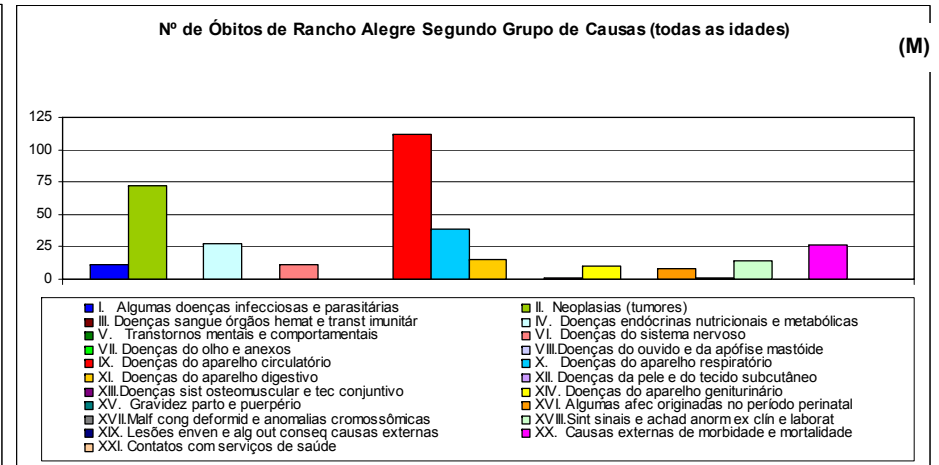
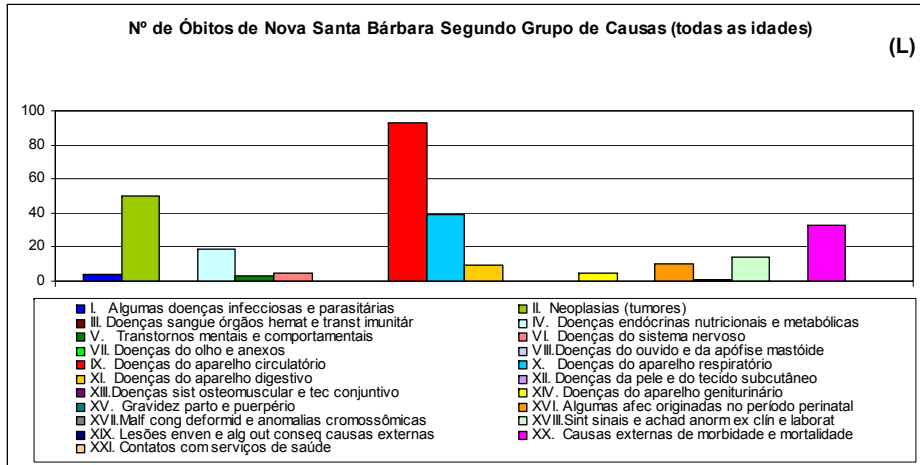
Fonte: Regional de Saúde de Cornélio Procópio (2011).

Figura 16 - (I, J, L, M): Gráficos mostrando o nº total de óbitos por cada grupo de causas dos municípios da RSCP no período 2000 - 2010



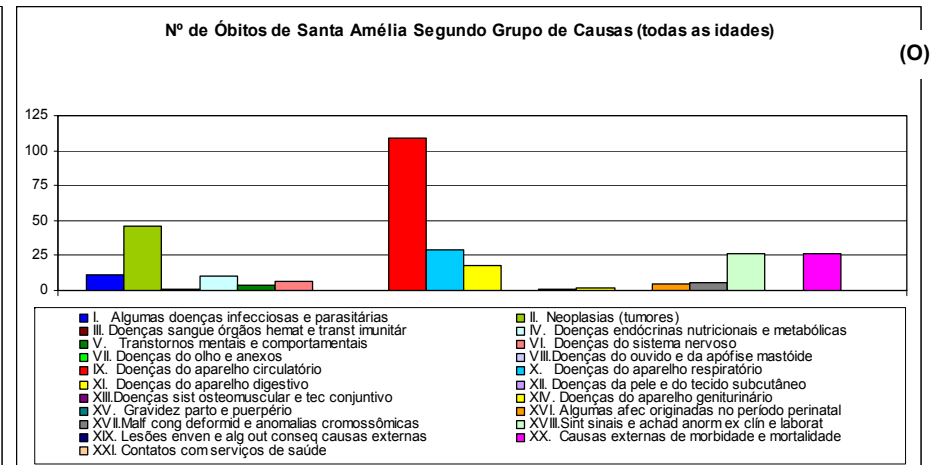
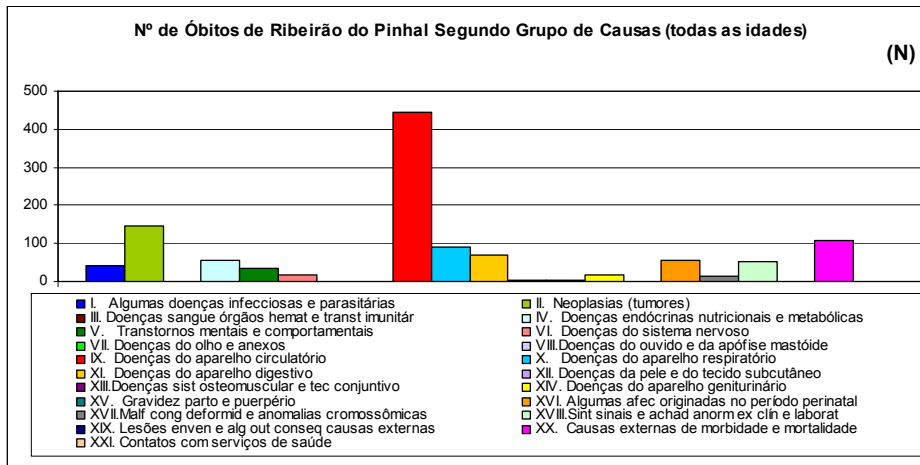
(J)

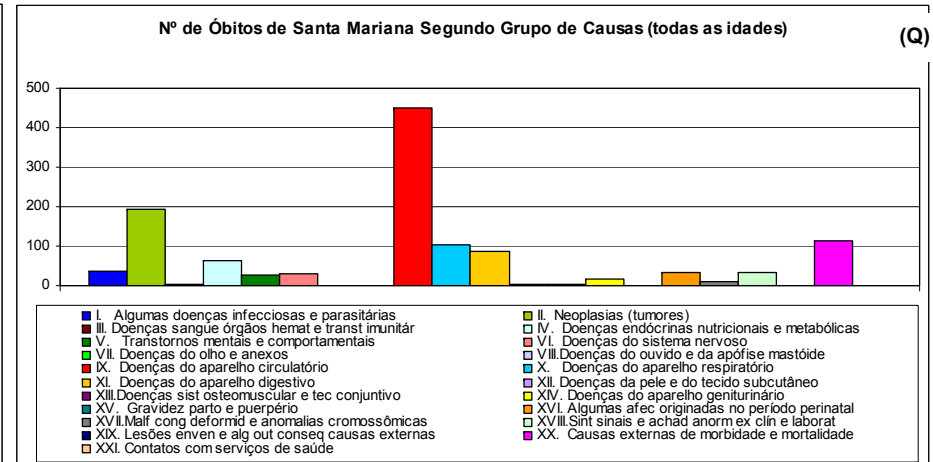
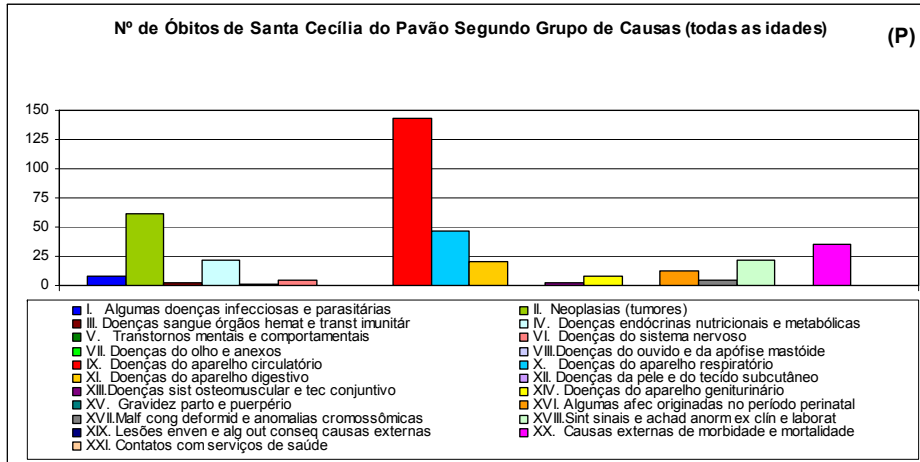




Fonte: Regional de Saúde de Cornélio Procópio (2011).

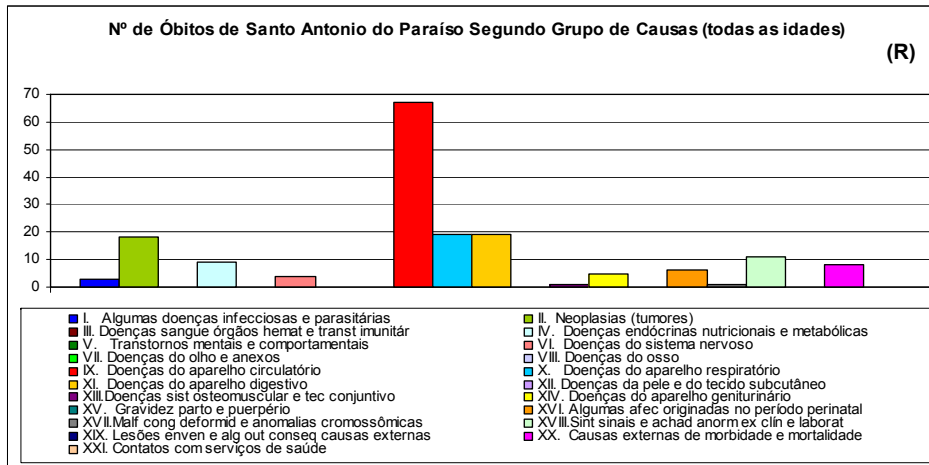
Figura 17 - (N, O, P, Q): Gráficos mostrando o nº total de óbitos por cada grupo de causas dos municípios da RSCP no período 2000 - 2010.



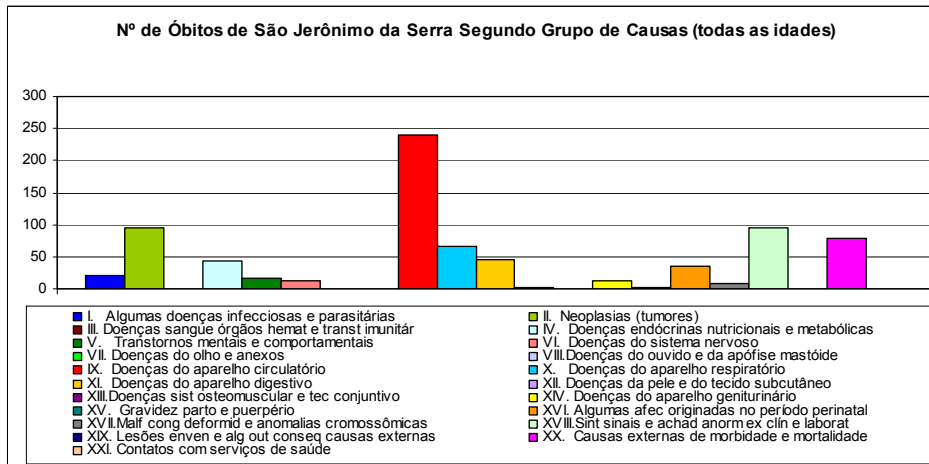


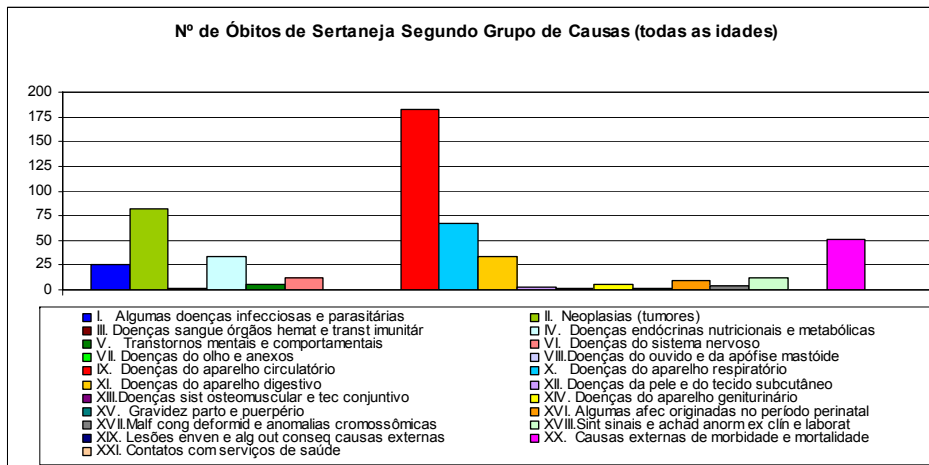
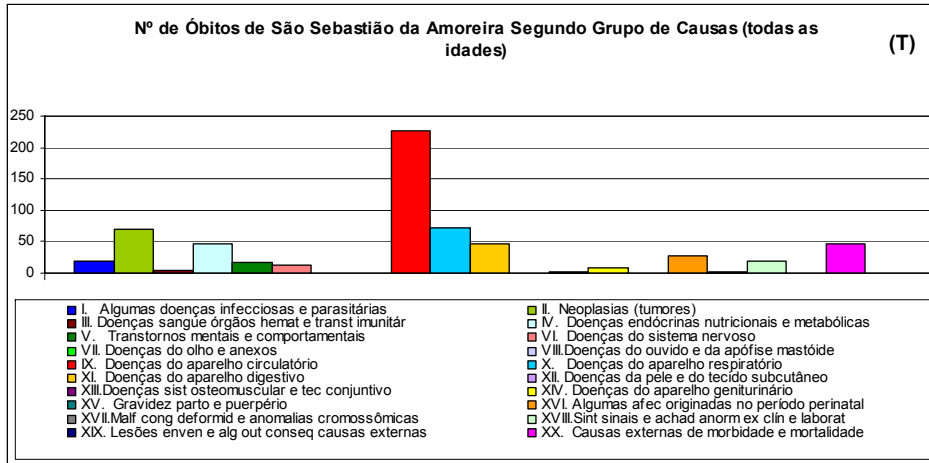
Fonte: Regional de Saúde de Cornélio Procópio (2011).

Figura 18 - (R, S, T, U): Gráficos mostrando o nº total de óbitos por cada grupo de causas dos municípios da RSCP no período 2000 - 2010.



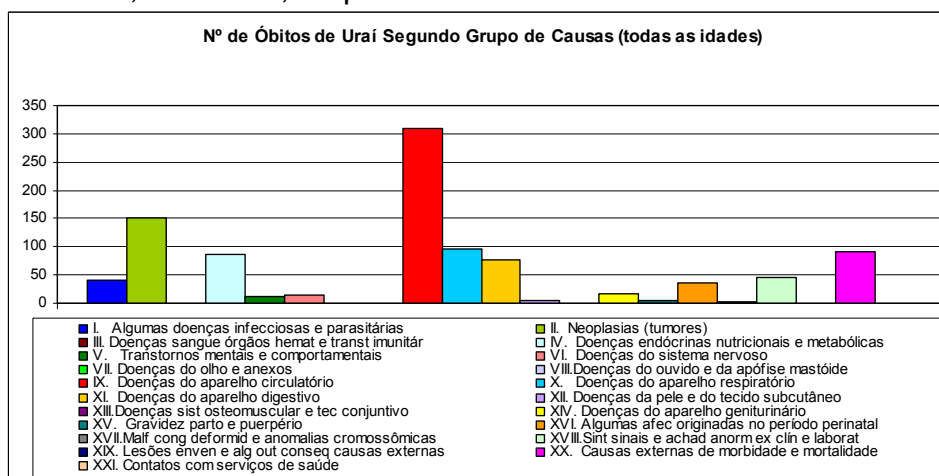
(S)





Fonte: Regional de Saúde de Cornélio Procópio (2011).

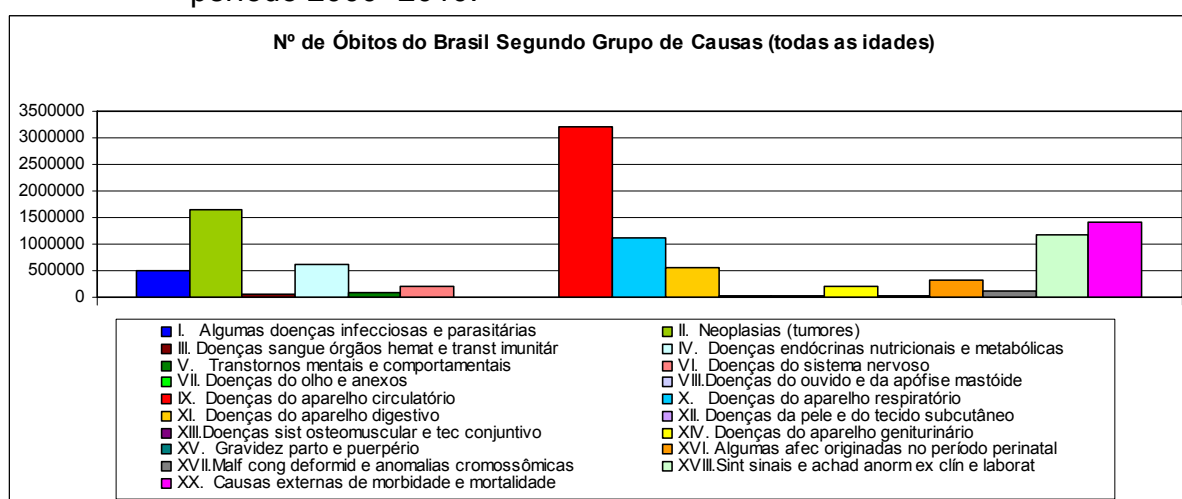
Figura 19 - Gráfico mostrando o nº total de óbitos por cada grupo de causas em Uraí, na RSCP, no período 2000 - 2010.



Fonte: Regional de Saúde de Cornélio Procópio (2011).

Assim como nos municípios da RSCP, no Brasil as doenças circulatórias constituem-se como primeira causa de morte na população (3.207.672 óbitos no período de 2000 a 2010, 28,3% da mortalidade geral), e as neoplasias também como a segunda causa de morte (1.633.974 óbitos no período de 2000 a 2010, 14,4% da mortalidade geral) [Figura 20].

Figura 20 - Gráfico mostrando nº total de óbitos por grupo de causas do Brasil no período 2000 -2010.



Fonte: Datasus/Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM (2011).

Alguns municípios da RSCP apresentaram um percentual do total de óbitos por doenças circulatórias no período 2000 - 2010 maior que a do Brasil e Paraná no período 2000 - 2010 (Tabela 3). Os municípios de Andirá, Bandeirantes, Nova América da Colina, Nova Fátima, Ribeirão do Pinhal e Santo Antonio do

Paraíso apresentaram um percentual de óbitos por doenças circulatórias entre 10% e 14,4% superior ao percentual do Brasil. Destaca-se ainda, que os municípios de Andirá e Bandeirantes apresentaram um percentual 11% superior ao do Estado do Paraná (Tabela 3).

Este fato é preocupante uma vez que, no grupo das doenças do sistema circulatório estão as doenças isquêmicas do coração (99.408 óbitos em 2010 no Brasil) e as doenças cerebrovasculares (99.159 óbitos em 2010 no Brasil), causas mais frequentes de óbitos no país. Um dos mais importantes fatores de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e cerebrovasculares é a hipertensão arterial. A hipertensão arterial é “responsável por 25% a 40% da etiologia multifatorial das doenças isquêmicas do coração e dos acidentes vasculares cerebrais, respectivamente” (INCA, 2004). Esta multiplicidade de consequências, a caracteriza como uma das causas de maior redução da qualidade e expectativa de vida dos indivíduos.

Tabela 3 - Comparação do percentual de óbitos por doenças do aparelho circulatório entre os municípios da RSCP, Brasil e Paraná no período de 2000 a 2010.

Municípios da RSCP	% de Óbitos por Doenças Circulatórias	% de Óbitos por D. Circulatórias do Brasil	% de Óbitos por D. Circulatórias do Paraná
Abatiá	38,6		
Andirá	42,7		
Assaí	32,2		
Bandeirantes	42,4		
Congoinhas	34,3		
Cornélio Procópio	37,9		
Itambaracá	35,9		
Leópolis	33,3		
Nova América Colina	38,8		
Nova Fátima	40,1	28,3	31,6
Nova Sta. Barbara	32,6		
Rancho Alegre	32,3		
Ribeirão do Pinhal	38,5		
Santa Amélia	36,2		
Sta. Cecilia Pavão	36,5		
Sta. Mariana	37,4		
Sto. Antonio Paraíso	39,2		
São Jerônimo da Serra	30,6		
São Sebastião da Amoreira	36,5		
Sertaneja	34,3		
Uraí	31,3		

Fonte: Regional de Saúde de Cornélio Procópio e Datasus/ Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM (2011).

Ao se analisar o número de óbitos por doenças do aparelho circulatório, por 100 mil habitantes, no ano de 2000 e 2010, observa-se que houve um crescimento das taxas de mortalidade por doenças circulatórias em quase metade dos municípios da RSCP (Tabela 4 e Figuras 21 e 22), assim como ocorreu no Brasil (Tabela 5).

A maioria dos municípios da RSCP apresentaram uma taxa de mortalidade por doenças circulatórias superior a do Brasil e Paraná, como mostra as Tabelas 4 e 5. Apenas o município de Santo Antonio do Paraíso apresentou uma taxa de mortalidade por doenças circulatórias abaixo da taxa do Brasil, e juntamente a este município estão Assaí e Rancho Alegre com uma taxa menor que a do Paraná.

Tabela 4 - Taxa de mortalidade específica por doenças do aparelho circulatório.

Municípios	2000	2010
Abatiá	302,7	412,2
Andirá	337	325
Assaí	216,1	183,4
Bandeirantes	269,8	388,3
Congoinhas	280,2	265,7
Cornélio Procópio	305,1	230,1
Itambaracá	155,1	251,5
Leópolis	315,3	241,2
Nova América da Colina	223,1	287,5
Nova Fátima	313,1	257,7
Nova Santa Bárbara	193,8	358,2
Rancho Alegre	285,9	176
Ribeirão do Pinhal	341,7	258,7
Santa Amélia	181,5	368,1
Santa Cecília do Pavão	147,6	301,7
Santa Mariana	326,6	249,2
Santo Antônio do Paraíso	215	166,1
São Jerônimo da Serra	229,8	211,6
São Sebastião da Amoreira	198,9	289,8
Sertaneja	230	361
Uraí	244,1	296,4

Fonte: Regional de Saúde de Cornélio Procópio (2011).

Tabela 5 - Taxa de mortalidade específica por doenças do aparelho circulatório.

Localização	2000	2010
Brasil	153,5	169,8
Paraná	195,4	188,1

Fonte: Datasus/ Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM (2011).

O município de Abatiá apresentou a maior taxa específica de mortalidade por doenças circulatórias da RSCP, seguido pelos municípios de Bandeirantes e Santa Amélia em 2010. Isso mostra que apesar de Cornélio Procópio apresentar o maior número total de óbitos por doenças do aparelho circulatório, no período 2000 - 2010, e Andirá o maior percentual de óbitos por doenças do aparelho circulatório, no período 2000 - 2010, são os municípios de Abatiá, Bandeirantes e Santa Amélia que possuem a maior incidência dessas doenças na população, ou seja, o maior risco de morte por essas doenças (Tabela 4 e Figura 22).

Figura 21 - Taxa de mortalidade específica por doenças do aparelho circulatório dos municípios da RSCP em 2000.

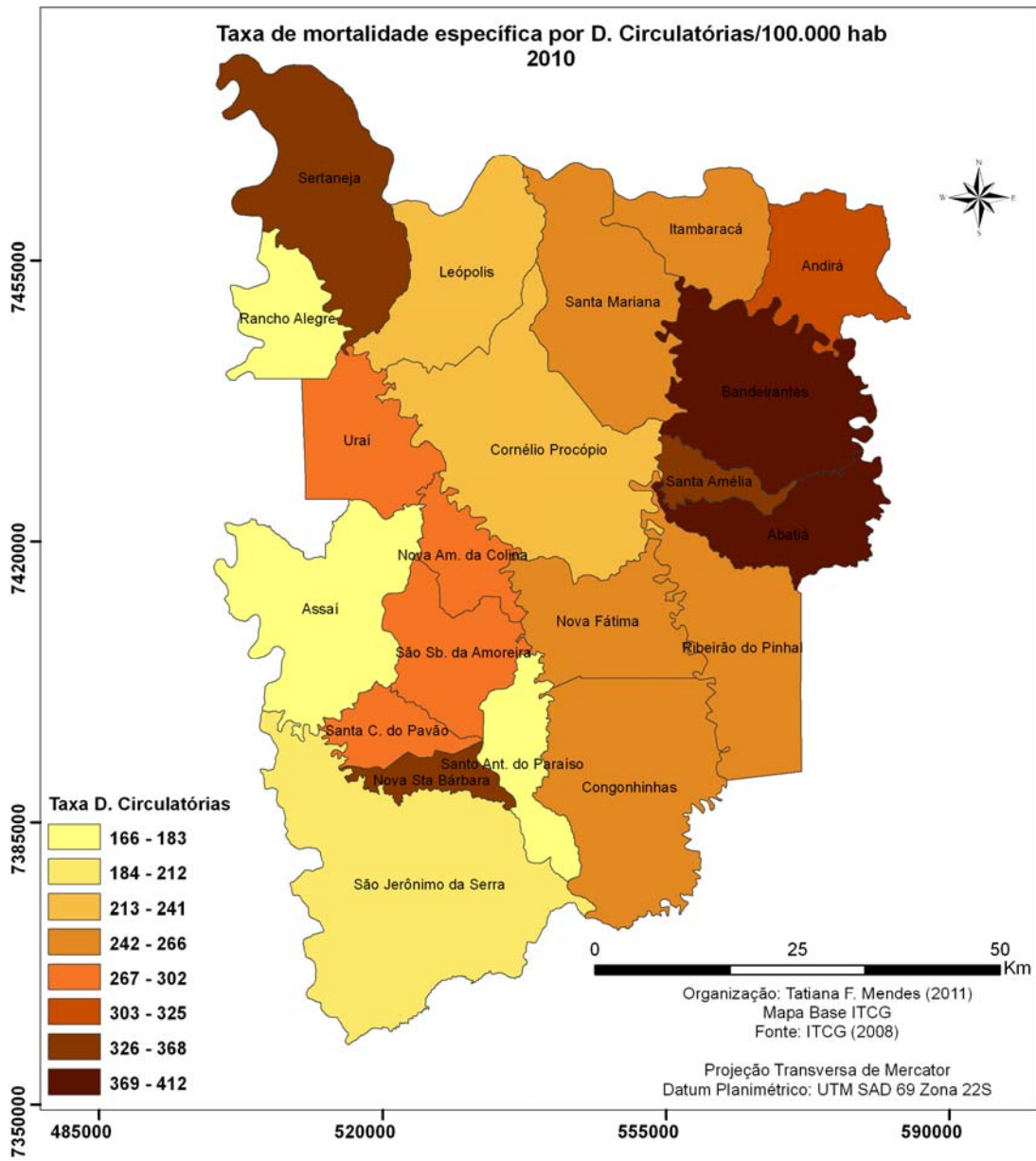
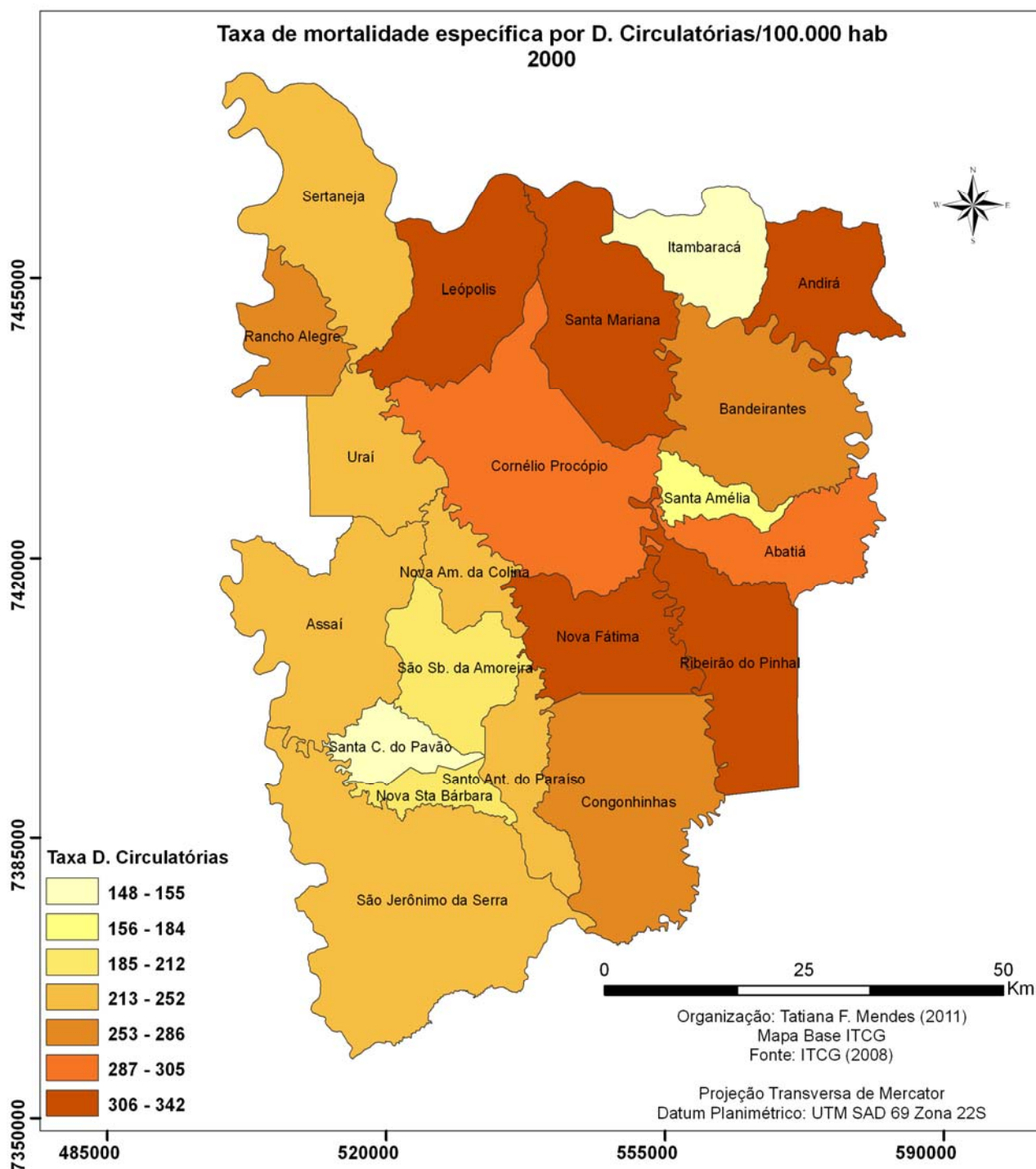


Figura 22 - Taxa de mortalidade específica por doenças do aparelho circulatório dos municípios da RSCP em 2010.



Com relação às neoplasias, metade dos municípios da RSCP apresentou um percentual do total de óbitos maior que o do Brasil (14,4%), no período de 2000 - 2010. Os municípios de Rancho Alegre e Nova Santa Bárbara apresentaram os maiores percentuais do total de óbitos por neoplasias da RSCP, com 20,7% e 17,5%, respectivamente (Tabela 6). Observa-se também que somente

esses municípios citados anteriormente apresentaram um percentual do total de óbitos por neoplasias maior que o do Estado do Paraná (Tabela 6).

Tabela 6 - Comparação do percentual de óbitos por neoplasias entre os municípios da RSCP, Brasil e Paraná no período de 2000 a 2010.

Municípios da RSCP	% de Óbitos por Neoplasias	% de Óbitos por Neoplasias do Brasil	% de Óbitos por Neoplasias do Paraná
Abatiá	16,4		
Andirá	13,5		
Assaí	15,6		
Bandeirantes	14,1		
Congoinhas	15,3		
Cornélio Procópio	15,8		
Itambaracá	12,4		
Leópolis	14,2		
Nova América da Colina	9,9		
Nova Fátima	14,3	14,4	16,7
Nova Santa Bárbara	17,5		
Rancho Alegre	20,7		
Ribeirão do Pinhal	12,7		
Santa Amélia	15,3		
Santa Cecília do Pavão	15,6		
Santa Mariana	16,0		
Santo Antonio do Paraíso	10,5		
São Jerônimo da Serra	12,3		
São Sebastião da Amoreira	11,3		
Sertaneja	15,4		
Uraí	15,3		

Fonte: Regional de Saúde de Cornélio Procópio e Datasus/SIM (2011).

Ao se analisar o número de óbitos por neoplasias, por 100 mil habitantes, no ano de 2000 e 2010, observa-se que houve um crescimento das taxas de mortalidade por neoplasias em quase todos os municípios da RSCP (Tabela 7 e Figuras 23 e 24), assim como ocorreu no Brasil e Paraná (Tabela 8). Somente em Andirá, Santa Amélia e São Jerônimo da Serra houve um decréscimo nas taxas de mortalidade por neoplasias (Tabela 7 e Figuras 23 e 24).

Tabela 7 - Taxa de mortalidade específica por neoplasias dos municípios da RSCP.

Municípios	2000	2010
Abatiá	60,5	141,7
Andirá	115,4	111,6
Assaí	116,3	146,7
Bandeirantes	94,8	142,9
Congoinhas	89,1	144,9
Cornélio Procópio	108,8	110,8
Itambaracá	70,5	177,5
Leópolis	45	144,7
Nova América da Colina	0	230
Nova Fátima	108,4	122,7
Nova Santa Bárbara	83	179,1
Rancho Alegre	119,1	177
Ribeirão do Pinhal	48,8	162,7
Santa Amélia	68	26,3
Santa Cecília do Pavão	147,6	164,6
Santa Mariana	103,9	177
Santo Antônio do Paraíso	0	41,5
São Jerônimo da Serra	85,1	70,5
São Sebastião da Amoreira	31,5	92,7
Sertaneja	46	137,5
Uraí	126,3	174,3

Fonte: Regional de Saúde de Cornélio Procópio (2011).

Tabela 8 - Taxa de mortalidade por neoplasias/100.000 hab do Brasil e Paraná.

Localização	2000	2010
Brasil	70,9	93,5
Paraná	87,3	114,1

Fonte: Datasus/Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM (2011).

O município de Nova América da Colina apresentou a maior taxa específica de mortalidade por neoplasias da RSCP, seguido pelos municípios de Nova Santa Bárbara, Itambaracá, Uraí, Rancho Alegre e Santa Mariana em 2010 (Figura 24). Isto demonstra, mais uma vez, que embora Cornélio Procópio apresente o maior número total de óbitos por neoplasias, no período de 2000 a 2010, são os municípios citados anteriormente que possuem a maior incidência dessas doenças na população, ou seja, o maior risco de morte por neoplasias.

Figura 23 - Taxa de mortalidade específica por neoplasias dos municípios da RSCP em 2000.

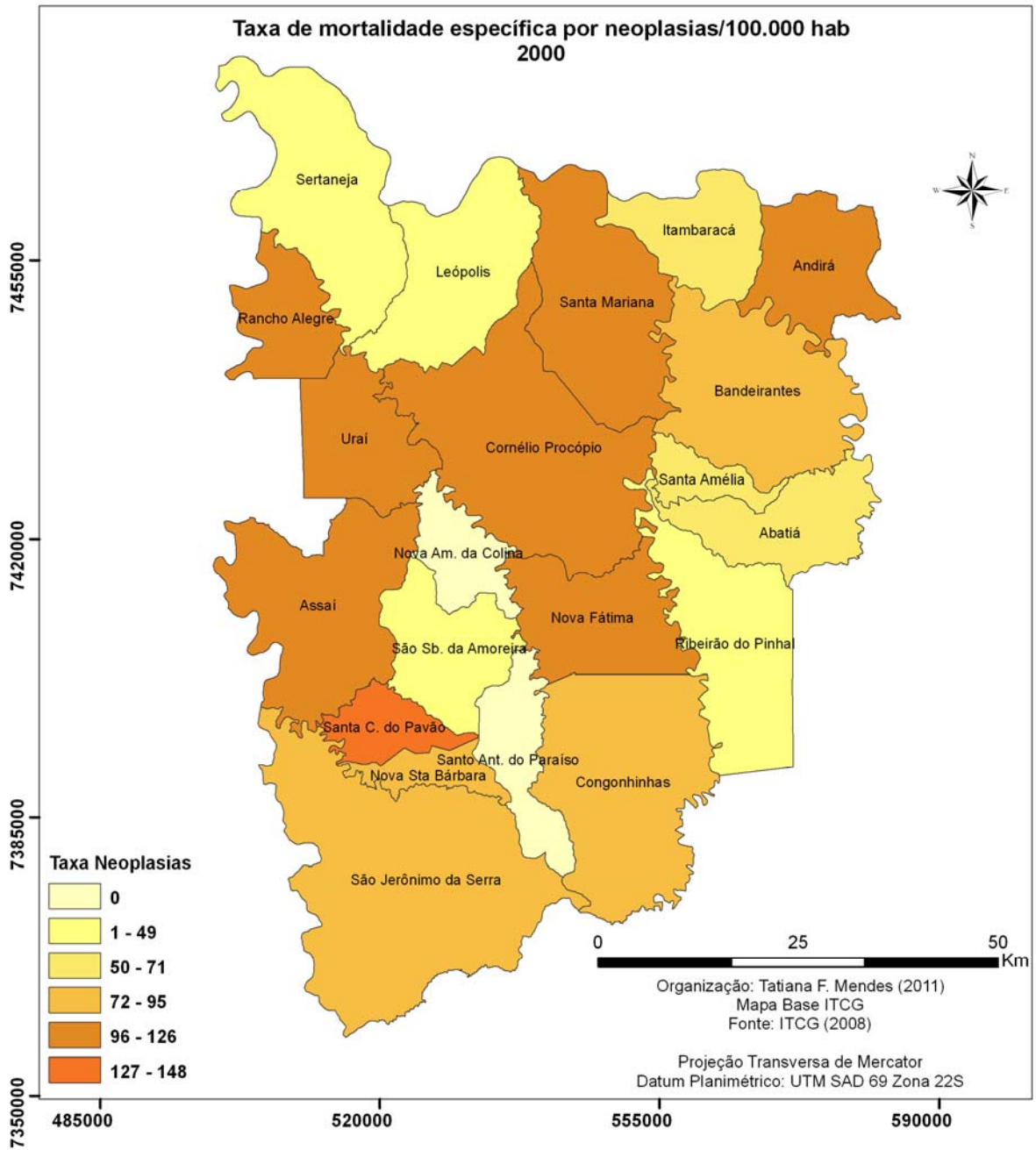
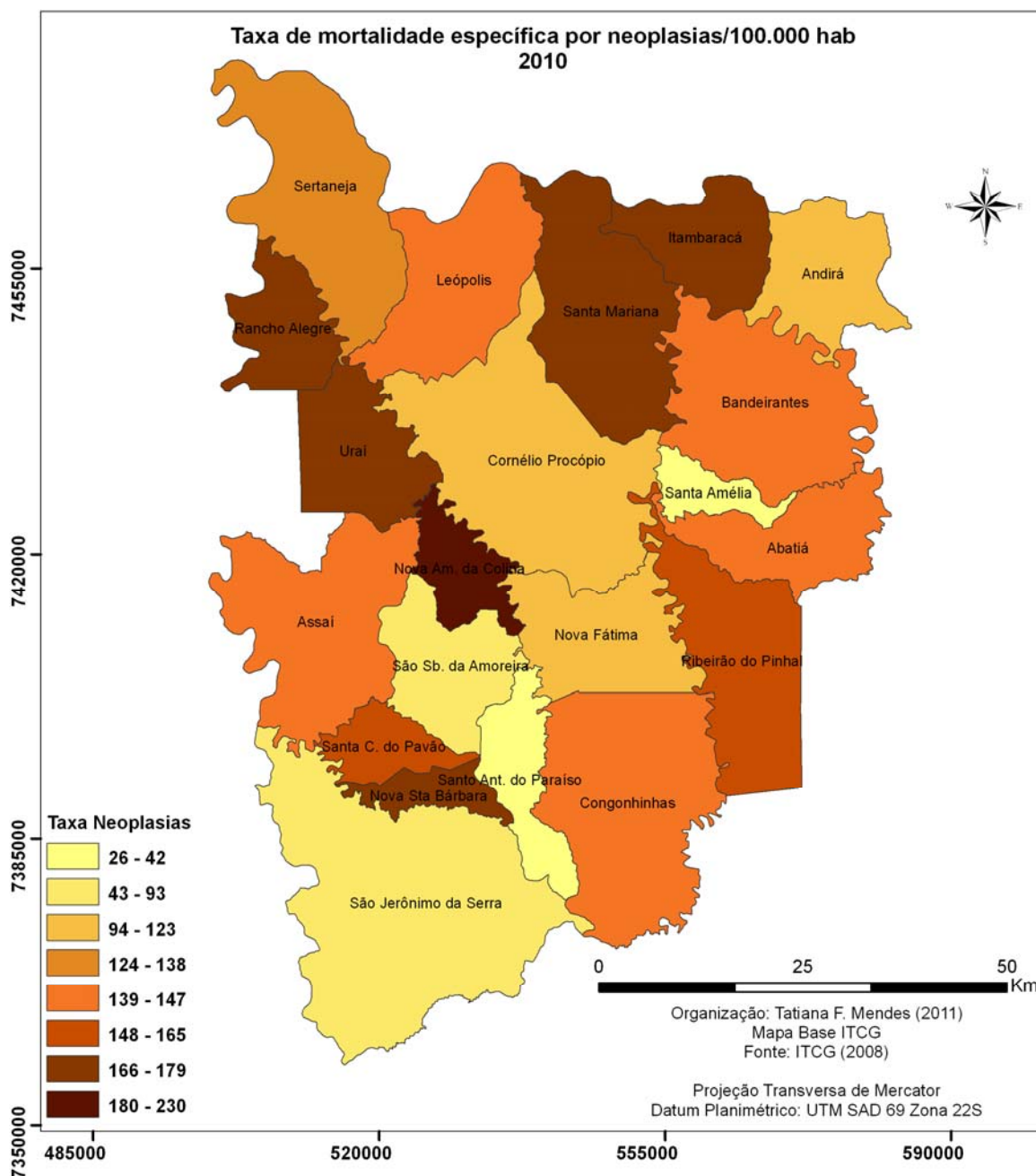


Figura 24 - Taxa de mortalidade específica por neoplasias dos municípios da RSCP em 2010



Este crescimento no número de óbitos por neoplasias pode estar associado a vários fatores, como a susceptibilidade genética e a exposição diferenciada a agentes externos (químicos, físicos e biológicos), os quais são altamente determinados por fatores ambientais, sociais, econômicos, culturais e das condições de vida, que variam de intensidade em função das desigualdades sociais (BRASIL 2009; BRASIL, 2006). Segundo o INCA (2009) um fator importante a ser considerado também é “o contínuo crescimento populacional, bem como seu

envelhecimento, que afetará de forma significativa o impacto do câncer no mundo. Esse impacto recairá principalmente sobre os países de médio e baixo desenvolvimento”. No Brasil, com o recente envelhecimento da população, que projeta o crescimento exponencial de idosos, é possível identificar um aumento expressivo na prevalência do câncer (BRASIL, 2006, p. 11).

Como a ocorrência das neoplasias é de etiologia multifatorial, ela pode ter origem na combinação de vários fatores de risco, como os relacionados ao ambiente: poeiras (sílica e amianto), agrotóxicos, solventes (benzeno, tolueno e xileno), radiação ionizante, radiação solar entre outros, cujo efeito pode ser potencializado se for somada a exposição a outros fatores de risco, como a poluição ambiental, dieta rica em gorduras trans, consumo exagerado de álcool, os agentes biológicos e o tabagismo (INCA, 2010 p. 3).

Depois das doenças circulatórias e neoplasias, as doenças que apresentam as maiores taxas de mortalidade são as doenças do aparelho respiratório, endócrinas nutricionais e metabólicas, aparelho digestivo, algumas doenças infecciosas e parasitárias, transtornos mentais e comportamentais e doenças do sistema nervoso, no ano de 2010 (Figuras 25 a 30).

Observa-se na Figura 25 que os municípios de Rancho Alegre, Sertaneja e Santa Amélia apresentaram as maiores taxas de mortalidade específica por doenças do aparelho respiratório (DAR), com taxas de 202, 172 e 158 óbitos para cada 100.000 hab., respectivamente, no ano de 2010. Estas taxas por DAR estão três vezes acima das taxas do Brasil e Paraná, que são de 62,3 e 65,8/100.000 hab., respectivamente, no ano de 2010. O município que apresentou a menor taxa de mortalidade por DAR foi São Jerônimo da Serra, com 35 óbitos para cada 100.000 hab.

Os municípios de Santo Antônio do Paraíso e Santa Cecília do Pavão apresentaram as maiores taxas de mortalidade por doenças endócrinas nutricionais e metabólicas (DENM), com 125 e 110 óbitos para cada 100.000 hab., respectivamente. Taxas essas de mortalidade superiores a do Brasil (36,6/100.000 hab.) e do Paraná (38,5/100.000 hab.), no ano de 2010. O município de Ribeirão do Pinhal apresentou a menor taxa de mortalidade por DENM, com 7 óbitos para cada 100.000 habitantes (Figura 26).

Na Figura 27, verifica-se que os municípios de Leopólis, Nova América da Colina e Santo Antônio do Paraíso foram os que apresentaram as

maiores taxas de mortalidade por doenças do aparelho digestivo (DAD), com 97, 86 e 83 óbitos para cada 100.000 hab., respectivamente, no ano de 2010. Estas taxas por DAD estão superiores às taxas do Brasil e Paraná, que são de 30,3 e 34,2 óbitos para cada 100.000 hab., respectivamente. Houve o caso de três municípios (Nova Santa Bárbara, Santa Amélia e Santa Cecília do Pavão) não apresentarem casos de óbitos por DAD no ano de 2010.

OS municípios de Leopólis e Nova América da Colina apresentaram as maiores taxas de mortalidade por algumas doenças infecciosas e parasitárias (ADIP), com 72 e 58 óbitos para cada 100.000 hab., respectivamente, no ano de 2010. Esta taxa está superior a do Brasil, que é de 25,5/100.000 hab., e a do Paraná, que é de 18,6 óbitos para cada 100.000 hab., no ano de 2010. Houve o caso de oito municípios (Itambaracá, Nova Santa Bárbara, Rancho Alegre, Santa Cecília do Pavão, Santo Antônio do Paraíso, São Jerônimo da Serra, São Sebastião da Amoreira e Uraí) não apresentarem casos de óbitos por ADIP no ano de 2010 (Figura 28).

Na figura 29, verifica-se que os municípios de Nova América da Colina e Nova Fátima apresentaram as maiores taxas de mortalidade por transtornos mentais e comportamentais (TMC), com 86 e 37 óbitos para cada 100.000 hab., respectivamente, no ano de 2010. Taxas essas muito acima da taxa de mortalidade por TMC do Brasil, que é de 6,5 óbitos para cada 100.000 hab., e do Paraná, que é de 7,8 óbitos para cada 100.000 hab., no ano de 2010.

Os municípios de Sertaneja, Ribeirão do Pinhal, Cornélio Procópio, Leopólis e Nova Fátima foram os que apresentaram as maiores taxas de mortalidade por doenças do sistema nervoso (DSN) da RSCP, sendo Sertaneja o município com a mais alta taxa, com 34 óbitos para cada 100.000 hab. (Figura 30). As taxas de mortalidade por DSN destes municípios está superior a do Brasil, que é de 13,2 óbitos para cada 100.000 hab., e a do Paraná, que é de 15,7 óbitos para cada 100.000 hab., no ano de 2010.

Figura 25 - Taxa de mortalidade específica por Doenças. do Aparelho. Respiratório dos municípios da RSCP em 2010

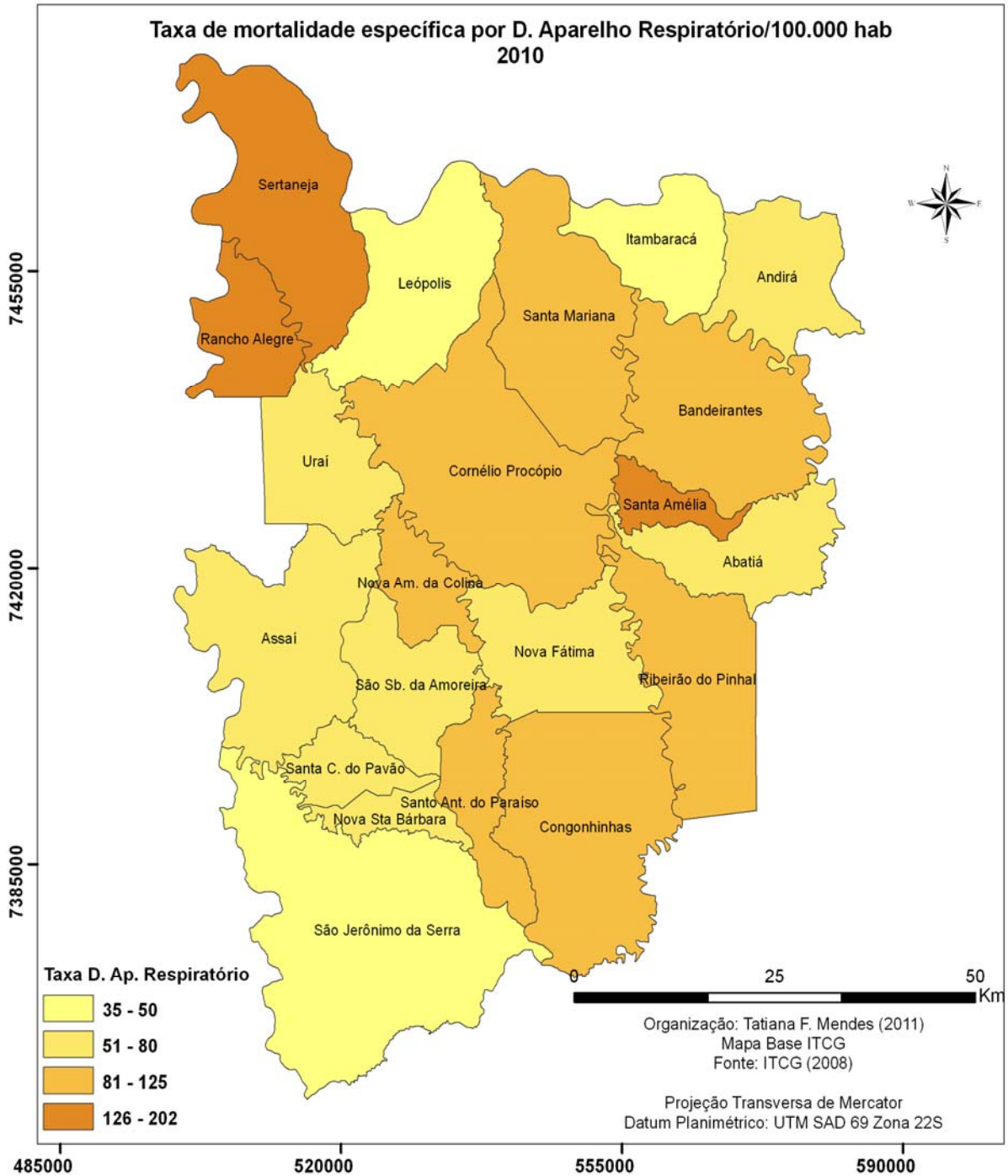


Figura 26 - Taxa de mortalidade específica por D. Endócrinas Nutricionais e Metabólicas dos municípios da RSCP em 2010.

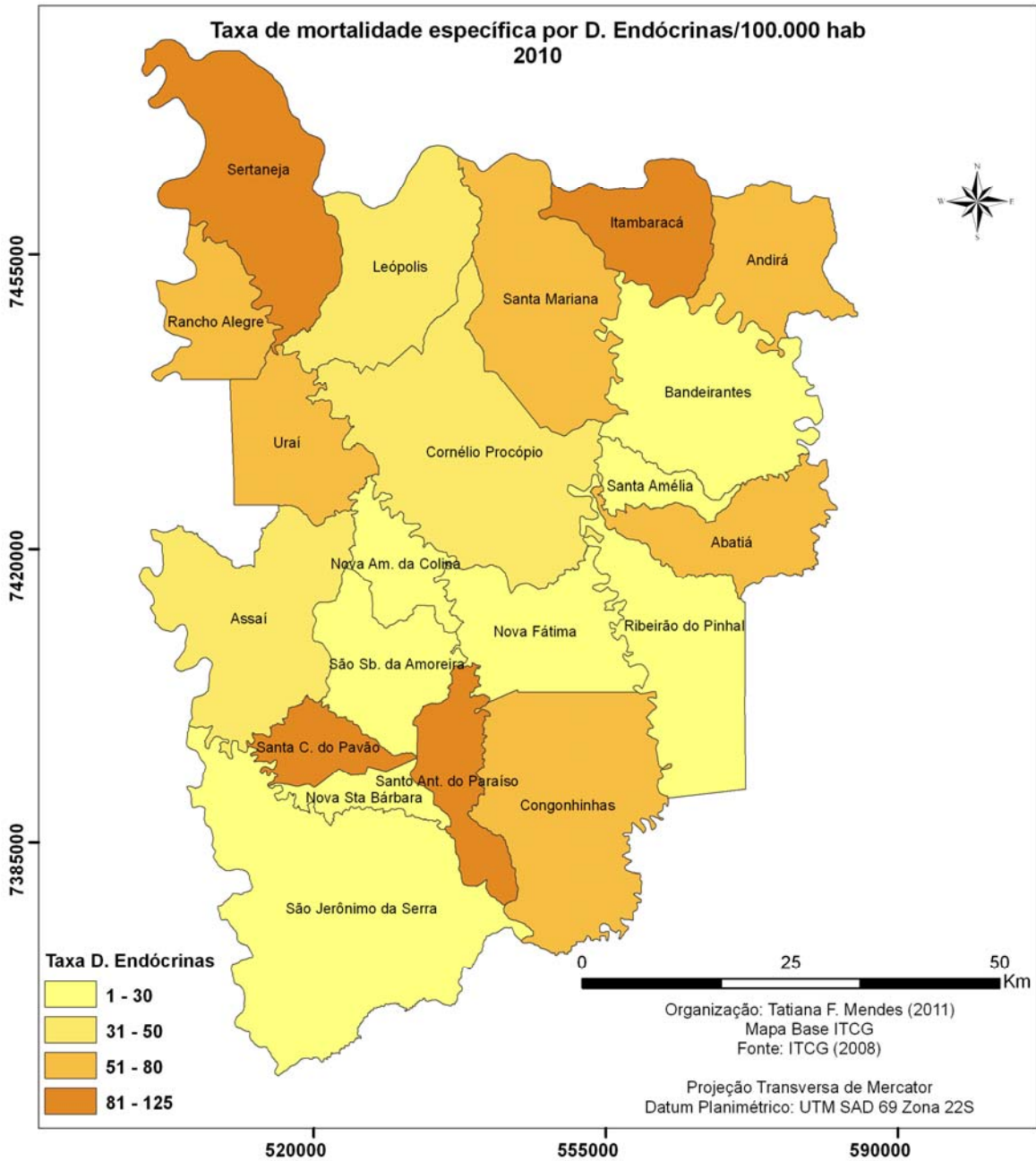


Figura 27 - Taxa de mortalidade específica por D. do. Aparelho Digestivo dos municípios da RSCP em 2010.

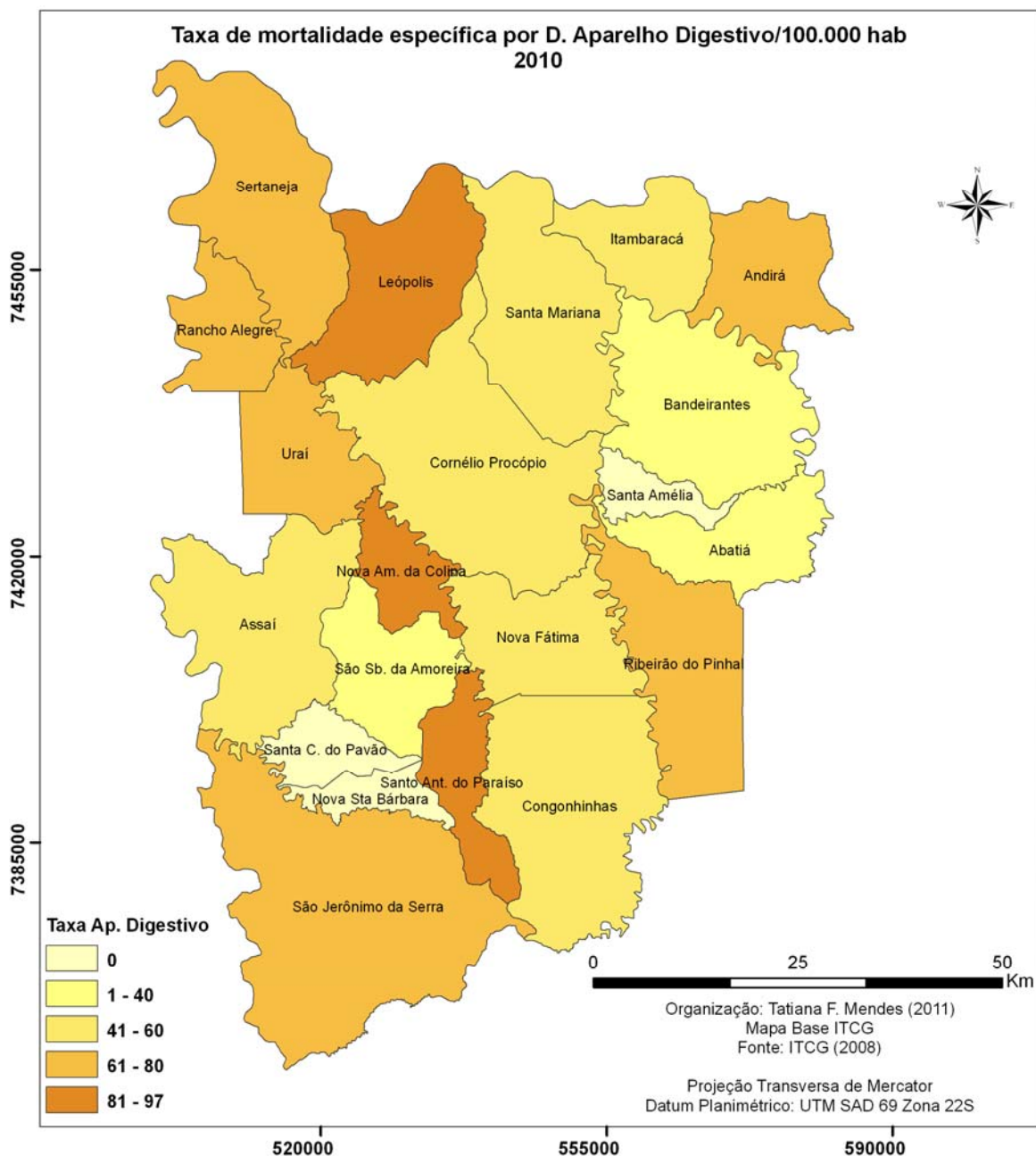


Figura 28 - Taxa de mortalidade específica por Algumas D. Infecciosas e Parasitárias dos municípios da RSCP em 2010.

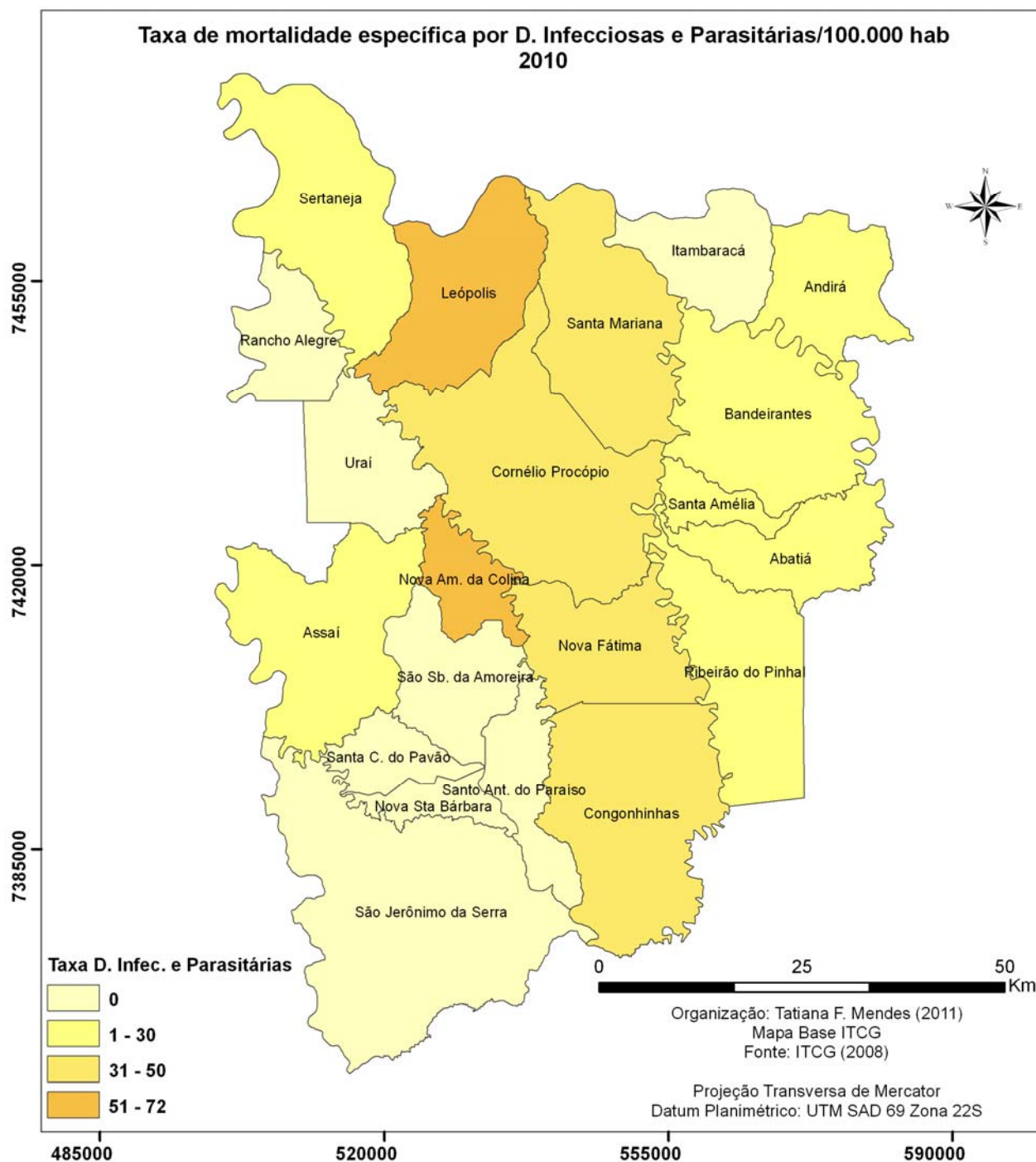


Figura 29 - Taxa de mortalidade específica por Transtornos Mentais e comportamentais dos municípios da RSCP em 2010.

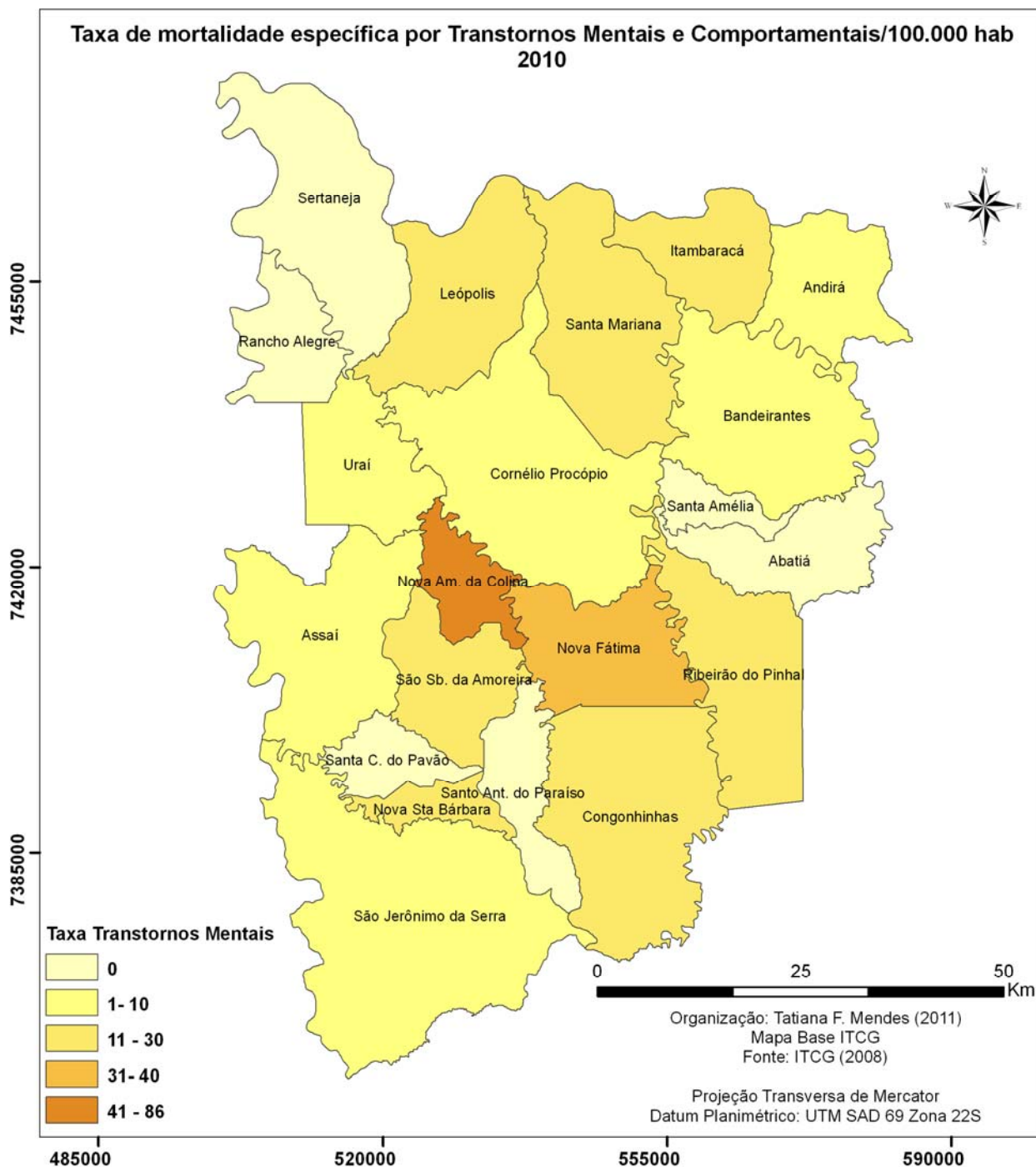
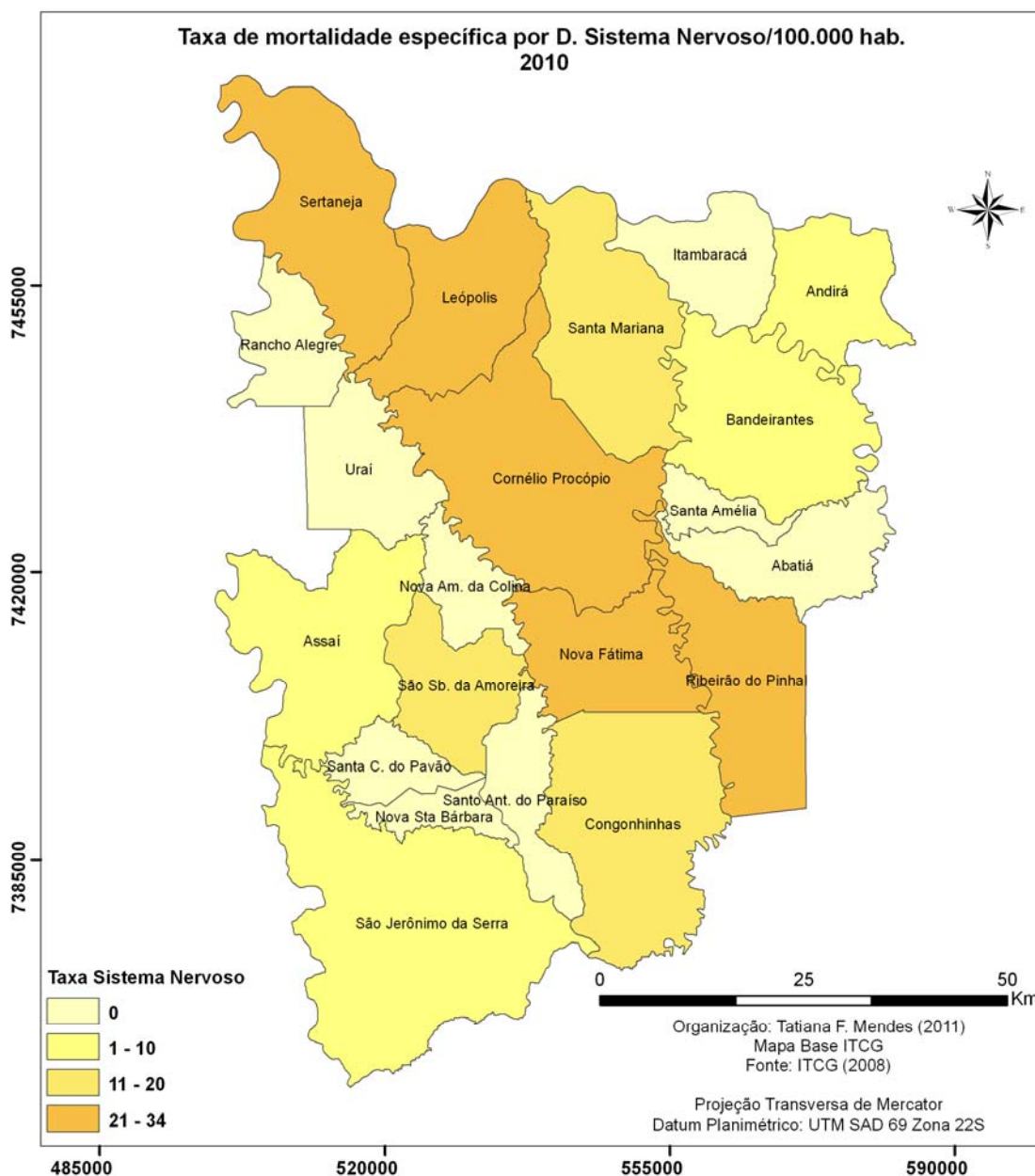


Figura 30 - Taxa de mortalidade específica por D. do Sistema Nervoso dos municípios da RSCP em 2010.



De modo geral, os municípios que apresentaram altas taxas de mortalidade por vários tipos de doenças que estão destacados na Tabela 9. Estes ultrapassam as taxas do Brasil e do Paraná (Ver Tabela 10). Vale ressaltar que praticamente quase todos os municípios da RSCP demonstram taxas superiores como demonstrado nestas tabelas. Em particular as altas taxas destacam-se nos municípios de Nova América da Colina, Leópolis, Nova Fátima, Santa Mariana e Congonhinas (Tabelas 9 e 10).

Tabela 9 - Taxas de mortalidade por 100.000 hab. das doenças que causam maior nº de óbitos nos municípios da RSCP, com destaque em amarelo para os valores que estão acima das taxas do Brasil e Paraná, em 2010.

<i>Municípios</i>	<i>DAC</i>	<i>NEOP.</i>	<i>DAR</i>	<i>DEN</i> <i>M</i>	<i>DAD</i>	<i>ADIP</i>	<i>TMC</i>	<i>DSN</i>
Abatiá	412,2	141,7	64	77	26	13	0	0
Andirá	325	111,6	68	68	63	10	5	5
Assaí	183,4	146,7	67	31	43	6	6	6
Bandeirantes	388,3	142,9	96	22	37	28	3	6
Congonhas	265,7	144,9	85	60	60	36	24	12
Cornélio Procópio	230,1	110,8	89	38	51	36	4	26
Itambaracá	251,5	177,5	44	104	59	0	15	0
Leópolis	241,2	144,7	48	48	97	72	24	24
Nova América da Colina	287,5	230	86	29	86	58	86	0
Nova Fátima	257,7	122,7	74	25	49	37	37	25
Nova Santa Bárbara	358,2	179,1	77	26	0	0	26	0
Rancho Alegre	176	177	202	76	76	0	0	0
Ribeirão do Pinhal	258,7	162,7	111	7	67	7	30	30
Santa Amélia	368,1	26,3	158	26	0	26	0	0
Santa Cecília do Pavão	301,7	164,6	55	110	0	0	0	0
Santa Mariana	249,2	177	97	80	48	48	16	16
Santo Antônio do Paraíso	166,1	41,5	125	125	83	0	0	0
São Jerônimo da Serra	211,6	70,5	35	26	62	0	9	9
São Seb. da Amoreira	289,8	92,7	58	12	35	0	23	12
Sertaneja	361	137,5	172	103	69	17	0	34
Uraí	296,4	174,3	78	61	78	0	9	0

Fonte: Regional de Saúde de Cornélio Procópio (2011).

Tabela 10 - Taxas de mortalidade das doenças que causam maior nº de óbitos no Brasil e Paraná em 2010.

<i>Localidade</i>	<i>DAC</i>	<i>NEOP.</i>	<i>DAR</i>	<i>DEN</i> <i>M</i>	<i>DAD</i>	<i>ADIP</i>	<i>TMC</i>	<i>DSN</i>
Brasil	169,8	93,5	62,3	36,6	30,3	25,5	6,5	13,2
Paraná	188,1	114,1	65,8	38,5	34,2	18,6	7,8	15,7

Fonte: Datasus/Sistema de Informações sobre Mortalidade - SIM (2011).

6.2 HIDROGEOQUÍMICA MULTIELEMENTAR DO SISTEMA AQUÍFERO SERRA GERAL (SASG) NA RSCP

Os resultados físico-químico e hidrogeoquímicos dos 129 pontos coletados do Sistema Aquífero Serra Geral estão apresentados no Apêndice 1. Os valores hidrogeoquímicos encontrados foram confrontados com a Resolução do CONAMA nº 396/2008 e a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, para a verificação de possíveis anomalias hidrogeoquímicas, procurando discriminar, de

forma preliminar, as de origem natural do meio (geogénicas) das causadas por alterações antrópicas e/ou tecnogénicas.

Analisando-se a tabela 11, que apresenta as correlações entre as variáveis hidrogequímicas analisadas na área de estudo, verificaram-se algumas correlações positivas, como entre STD e Ti ($r = 0,60$), Ti e CE ($r = 0,53$), Na e pH ($r = 0,50$), Na e CE ($r = 0,5$), Na e STD ($r = 0,5$), Temp e pH ($r = 0,41$) Co e Ni ($r = 0,43$), e algumas correlações negativas, como entre Na e Cr ($r = -0,34$), Sr e Na ($r = -0,33$), que podem ser visualizadas nas Figuras 31 e 32.

Figura 31 - Correlação positiva entre STD e Ti das amostras coletadas em poços do SASG na RSCP.

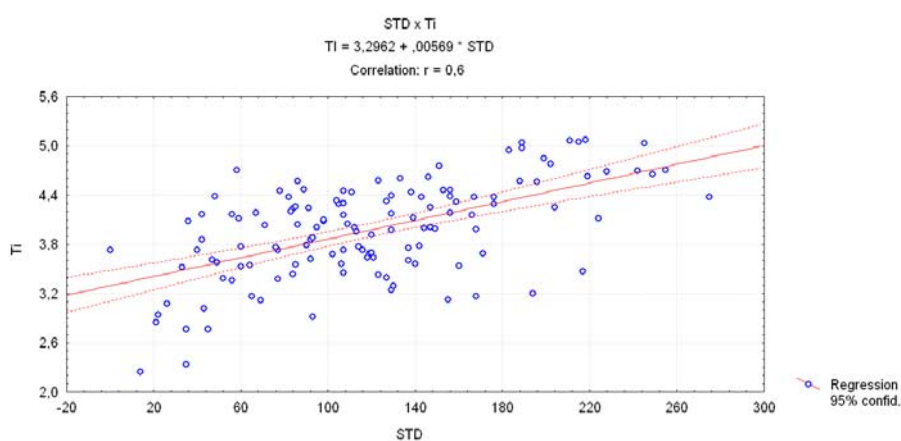


Figura 32 - Correlação negativa entre Cr e Na das amostras coletadas em poços do SASG na RSCP

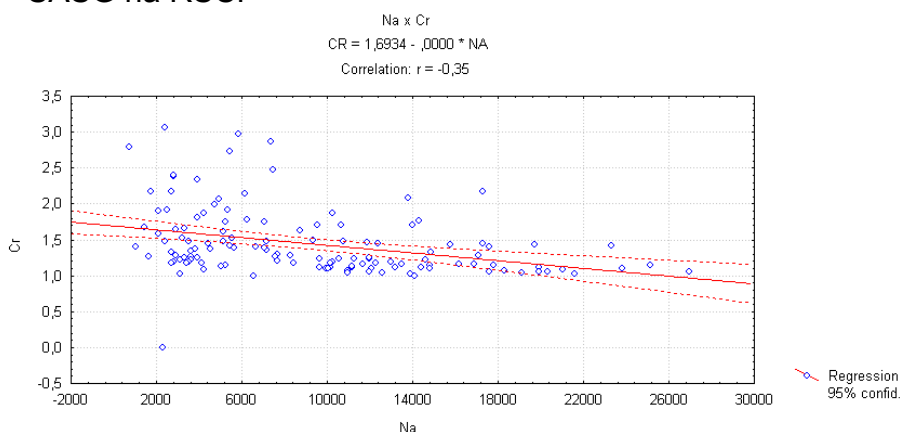


Tabela 11 - Matriz de correlação das variáveis hidrogeoquímicas analisadas nas águas do SASG.

	Temp	pH	CE	STD	OD	Al	As	Ba	Cd	Co	Cu	Cr	Ti	Mn	Ni	Pb	Se	Sr	Zn	Fe	Na	K	
Temp	1																						
pH	0,41	1																					
CE	0,16	0,29	1																				
STD	0,13	0,29	0,90	1																			
OD	-0,15	-0,11	-0,06	0,16	1																		
Al	0,01	0,1	0,07	0,07	-0,03	1																	
As	0,27	0,16	0,23	0,22	-0,04	0,02	1																
Ba	0,02	-0,18	-0,07	-0,08	-0,01	-0,1	0,15	1															
Cd	-0,02	-0,02	0,01	0,01	-0,02	-0,07	-0,06	-0,08	1														
Co	-0,02	0,08	0,22	0,23	-0,02	0,05	0,02	0,06	-0,02	1													
Cu	-0,18	-0,16	-0,05	-0,06	-0,02	-0,06	-0,09	-0,04	-0,06	0,08	1												
Cr	0,07	-0,19	-0,31	-0,31	-0,08	0,04	0,01	-0,03	0,07	-0,03	0,08	1											
Ti	0,02	0,08	0,53	0,60	0,2	-0,08	-0,13	-0,06	0,02	0,16	0,01	-0,2	1										
Mn	-0,03	-0,01	0,19	0,14	-0,01	0,06	0,19	0,08	-0,03	0,12	0,25	-0,11	-0,04	1									
Ni	0,01	0	0,28	0,29	0,06	0,02	0,15	0,15	-0,07	0,43	0,16	-0,23	0,16	0,39	1								
Pb	-0,01	-0,06	0	-0,01	-0,01	0,08	-0,02	-0,02	0,03	0,02	0,04	-0,06	0,09	0	0,05	1							
Se	0,01	0,13	0,22	0,21	-0,02	-0,01	0,17	0,01	-0,03	0	0,01	-0,11	0,16	-0,04	-0,02	-0,03	1						
Sr	-0,12	-0,12	-0,11	-0,1	0,07	-0,13	-0,2	0,08	-0,02	0,11	0,22	0,05	0,16	-0,07	0,12	0,12	0,04	1					
Zn	-0,05	0,08	-0,01	0	-0,08	0,16	-0,06	0,02	-0,03	0,12	0,05	-0,09	0,16	0,03	0	0,02	0,11	0,06	1				
Fe	-0,17	-0,17	0,2	0,25	0,11	-0,16	-0,06	0,08	-0,18	0,27	0,02	-0,11	0,31	0,11	0,3	0,1	0,11	0,24	0,12	1			
Na	0,24	0,50	0,50	0,50	0,1	0,33	0,18	-0,17	-0,04	-0,05	-0,22	-0,34	0,13	0	-0,03	0	0,12	-0,33	-0,1	-0,28	1		
K	0,22	-0,19	-0,11	-0,11	-0,16	0,24	0,27	0,22	-0,03	0,05	-0,03	0,22	-0,2	0,16	0,05	-0,03	-0,03	0,01	-0,01	0,03	-0,11	1	

Valores positivos são diretamente proporcionais (em azul)

Valores negativos são inversamente proporcionais (em vermelho)

6.2.1 Características Físico-químicas e Hidrogeoquímica do SASG na RSCP

6.2.1.1 Temperatura (°C)

A temperatura influencia uma grande parte de outros parâmetros físicos da água como densidade, condutividade elétrica, e solubilidade dos gases (BENETTI & BIDONE, 2004, p. 859). A amplitude térmica anual das águas subterrâneas em geral é baixa (de 1 a 2°C) e independe da temperatura atmosférica. Em profundidade, depende do grau geotérmico, que é o aumento de 1°C a cada 30 m, em média (SANTOS, 1997, p. 87).

A temperatura da água do SASG apresentou uma média de 24,1°C, com um mínimo de 17,3°C e um máximo de 27,5°C, e um desvio padrão de 1,9 °C. Os intervalos de classe de maior frequência estão entre 22 e 26 °C (Figura 33). A figura 34 apresenta a variação da temperatura da água do SASG na área de estudo. Os maiores valores de temperatura foram encontrados nos poços 5, 6, 8, 9, 25, 40, 46, 47, 53, 55, 95 e 127. Os poços 99 e 28, ambos, localizados na área rural, foram os que apresentaram as menores temperaturas, 17,3 e 18,5°C, respectivamente.

Figura 33 - Frequência dos valores de temperatura das águas do SASG na RSCP.

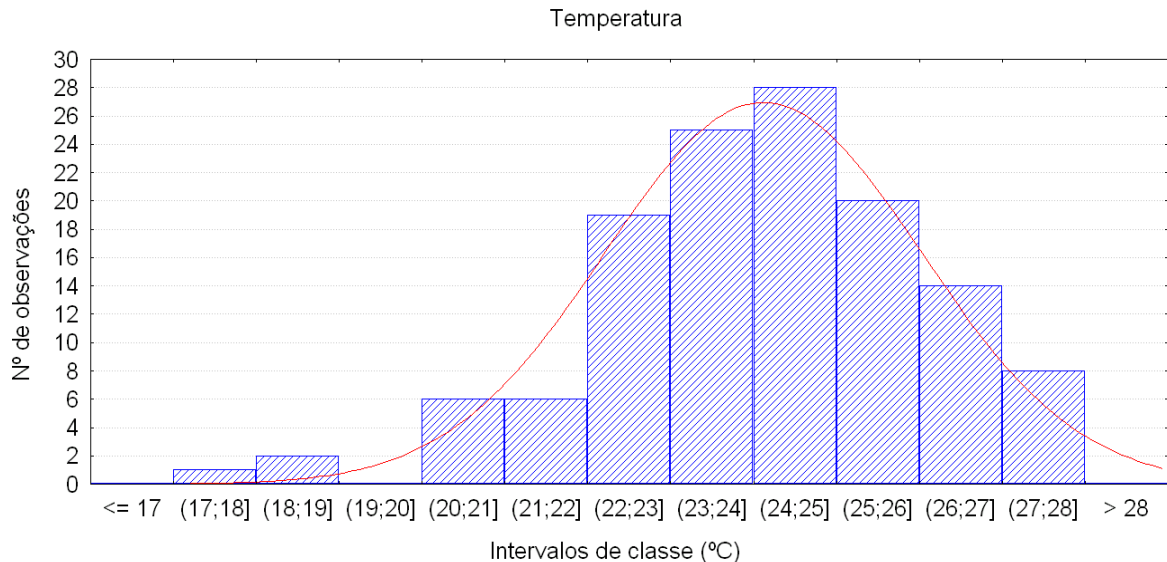
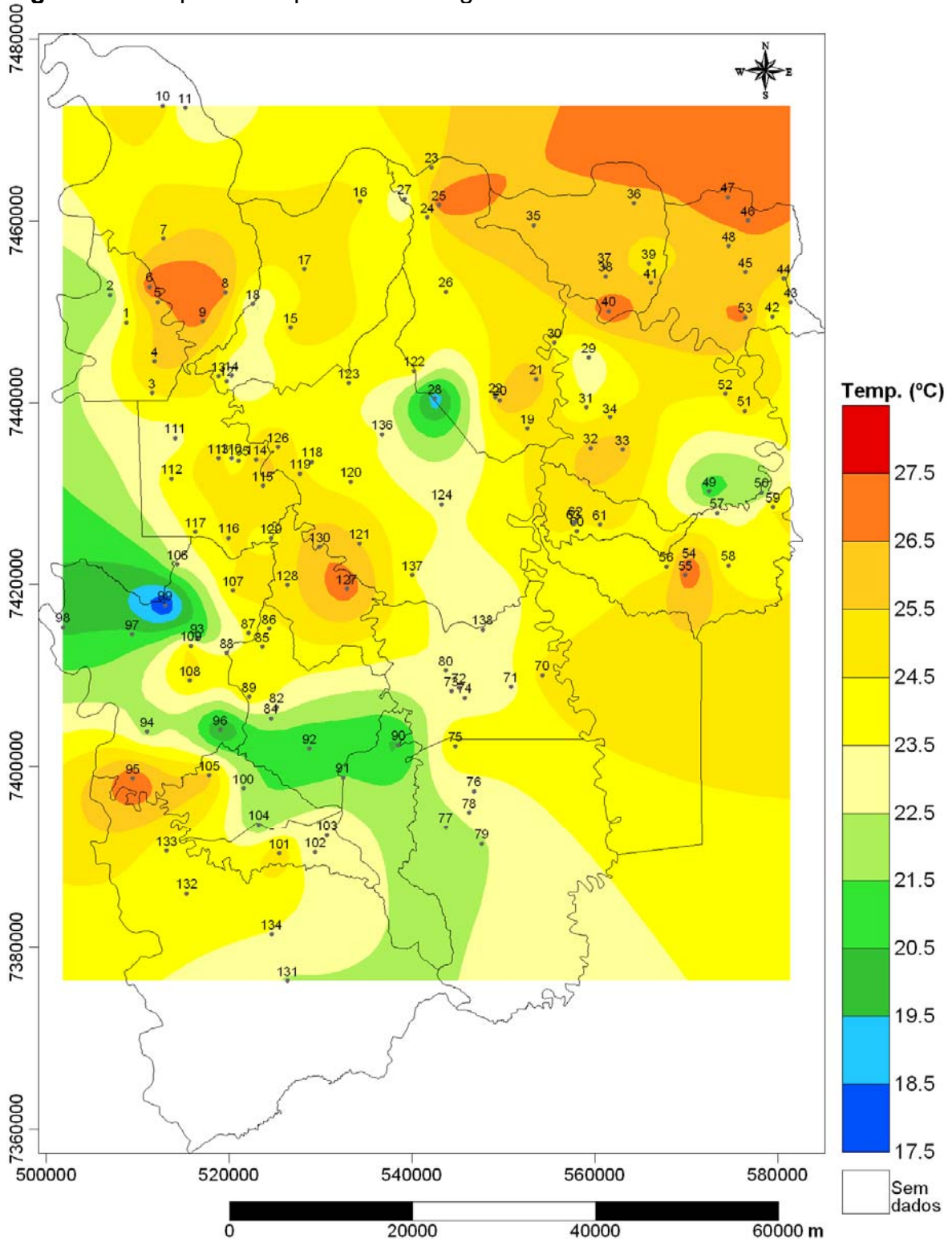


Figura 34 - Mapa da temperatura das águas do SASG na RSCP.



6.2.1.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH expressa a atividade de íons hidrogênio em solução. Varia de 1 a 14, sendo neutro com o valor 7, ácido com valores abaixo de 7 e básico com valores acima de 7. A maioria das águas subterrâneas tem pH entre 5,5 e 8,5 (SANTOS, 1997, p. 90).

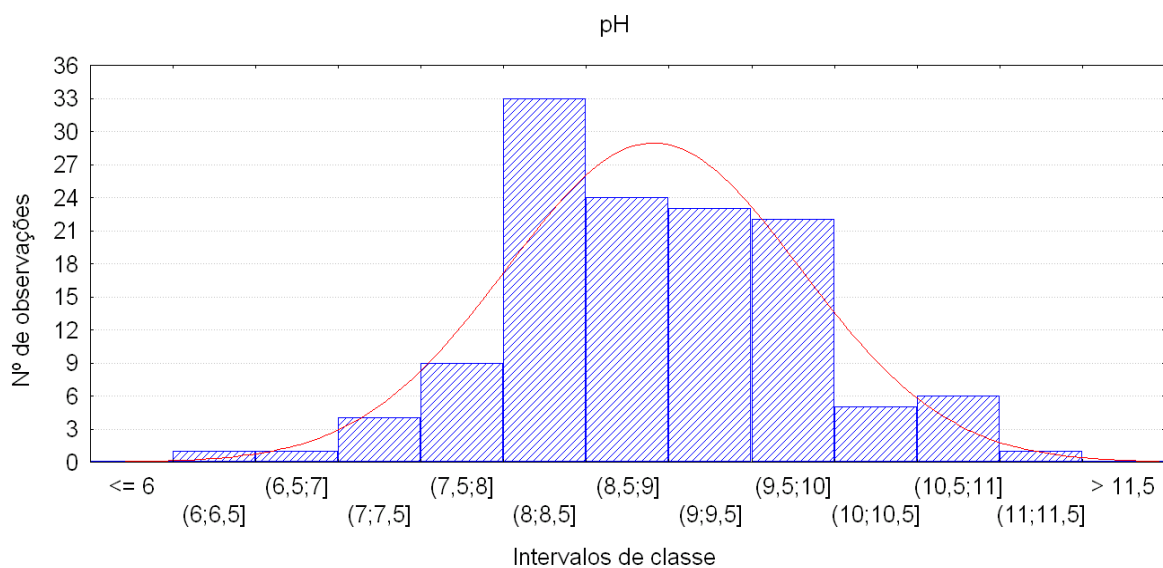
O pH é uma variável dos ambientes hídricos que exerce grande controle sobre a solubilidade de metais. Muitos metais são solúveis apenas sob condições ácidas, como por exemplo, o Fe, Mn, Co, Ni e Pb (LICHT, 1998, p. 35).

A biodisponibilidade dos cátions, como Al, Cd, Pb e Hg, é maior em águas ácidas que em águas básicas. O pH ácido favorece, além da dissolução dos minerais, a manutenção em solução de íons simples, mais facilmente absorvíveis pelos organismos que os complexos iônicos. Ao contrário dos cátions, os metais em forma aniônica são mais disponibilizados em meio básico (CORTECCI, 2003, p. 12).

A Portaria MS nº 518/2004 recomenda que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

O pH da água do SASG apresentou uma média de 8,9, com um mínimo de 6,3, um máximo de 11,1 e um desvio padrão de 0,9. Entre os intervalos de 8 e 10 encontram-se a maior frequência de ocorrência de pH (Figura 35).

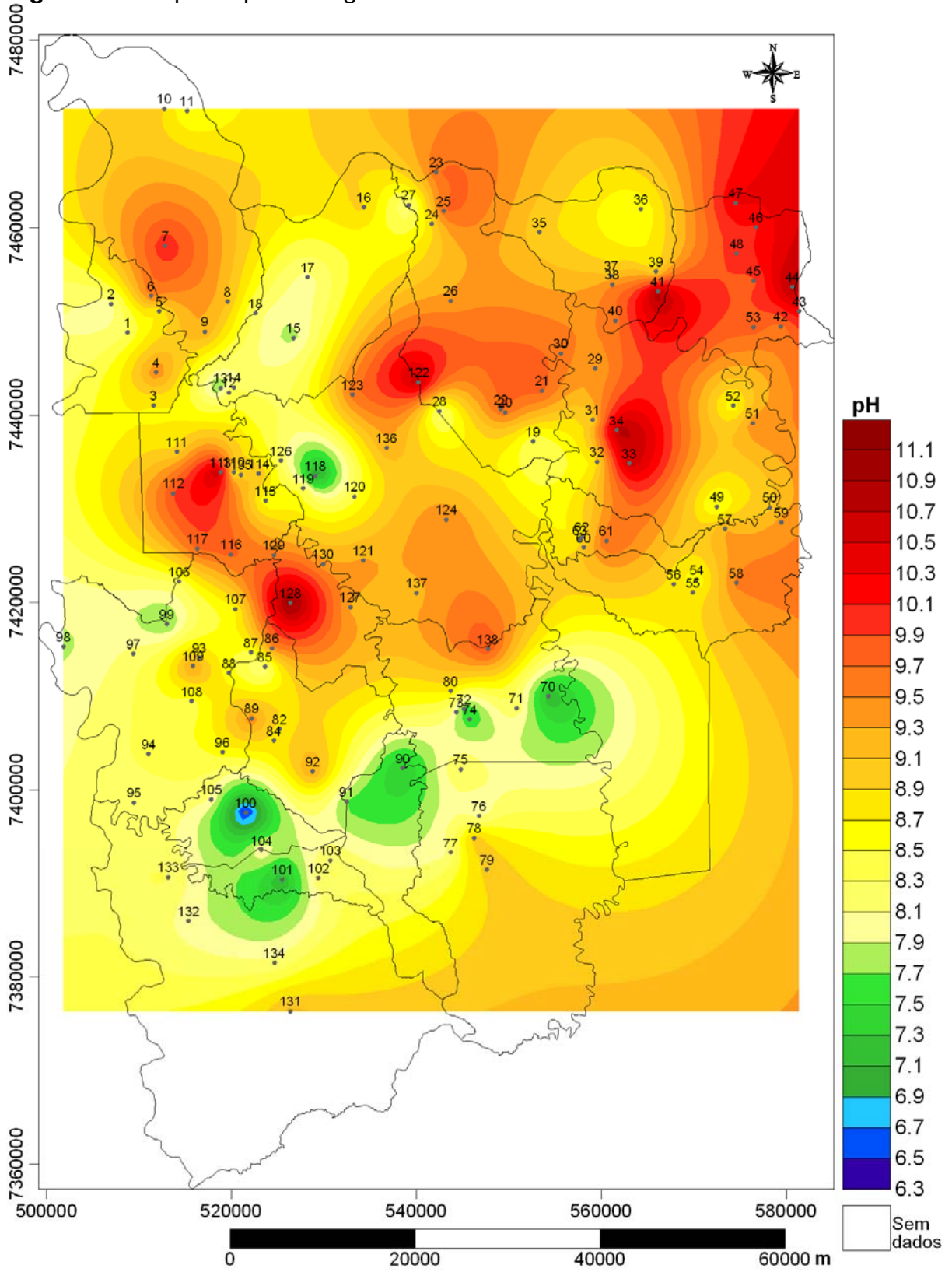
Figura 35 - Frequência dos valores de pH das águas do SASG na RSCP.



A figura 36 apresenta a variação do pH da água do SASG na área de estudo. Observou-se que o valor de pH de alguns poços estão acima do valor recomendado pela Portaria MS 518/2004 (6 a 9,5), destacando-se os poços 33, 34, 41, 44, 47, 113, 122 e 128, sendo este último o poço que apresentou o mais alto valor de pH, que foi de 11,1, ou seja, alcalino (Figura 36). Estes altos valores de pH encontrados apresentam valores anormalmente acima da média da área de estudo. Todos estes poços com altos valores de pH estão localizados em áreas de intensa atividade agrícola. Os valores de pH mais baixos encontrados foram nos poços 13, 15, 70, 74, 90, 91, 98, 99, 100, 101 e 118, com destaque para o poço 100, que apresentou o menor valor encontrado (Figura 36).

Os valores de pH anormalmente altos verificados nas águas do SASG nos municípios da RSCP estão acima dos valores encontrados em águas do aquífero Serra Geral em outras regiões do Paraná, como por exemplo, nos trabalhos de Celligoi (1993) e Buchmann Filho (2002). Nas águas superficiais, segundo Licht (2001, p. 117), no Terceiro Planalto Paranaense, as regiões de pH alcalino são oriundas do processo de calagem (adição de calcário magnesiano em pó), promovido pela agricultura, visando a neutralização da acidez do solo e a imobilização do alumínio trocável. Segundo Rosa Filho et al. (1987), as águas do SASG que apresentam pH acima de 8, teriam uma mistura com as águas de aquíferos subjacentes, principalmente do aquífero Guarani (apud BUCHMANN FILHO, 2002, p. 6).

Figura 36 - Mapa do pH das águas do SASG na RSCP



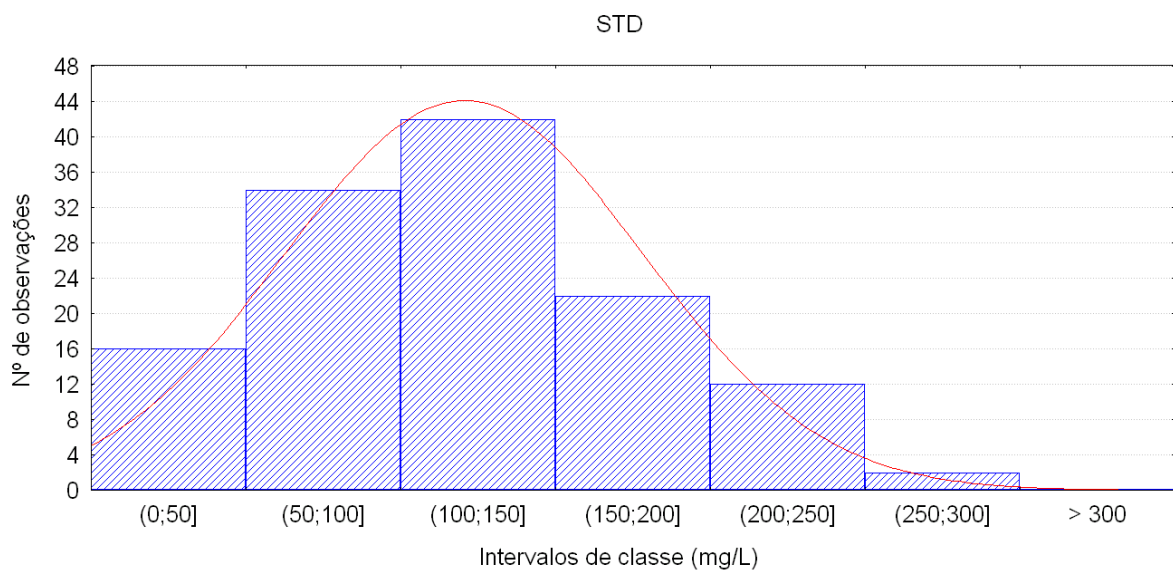
6.2.1.3 Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

É o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. Representa a concentração de todo o material dissolvido na água, seja ou não volátil (SANTOS, 1997, p. 90). Segundo Rosa Filho et al (2011) os teores de sólidos totais dissolvidos, nas águas do aquífero Serra Geral, no Estado do Paraná, estão entre 100 e 150 mg/L.

A Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004 estabeleceu o valor padrão de aceitação para consumo humano em 1000 mg/L de STD na água potável. A Resolução 396 de 2008 do CONAMA também estabeleceu como valor máximo permitido (VMP) nas águas subterrâneas, para consumo humano, 1000 mg/L de STD.

Os valores de sólidos totais dissolvidos das águas do SASG apresentaram uma média de 120,5 mg/L, com um mínimo de 14 mg/L, um máximo de 275 mg/L e um desvio padrão de 57,9 mg/L. Entre os intervalos de 50 e 200 mg/L encontram-se a maior frequência de ocorrência de STD (Figura 37). Portanto, nenhum dos poços apresentou valores de STD acima do VMP estabelecido pela Portaria 518/2004 do MS e pela Resolução 396/2008 do CONAMA.

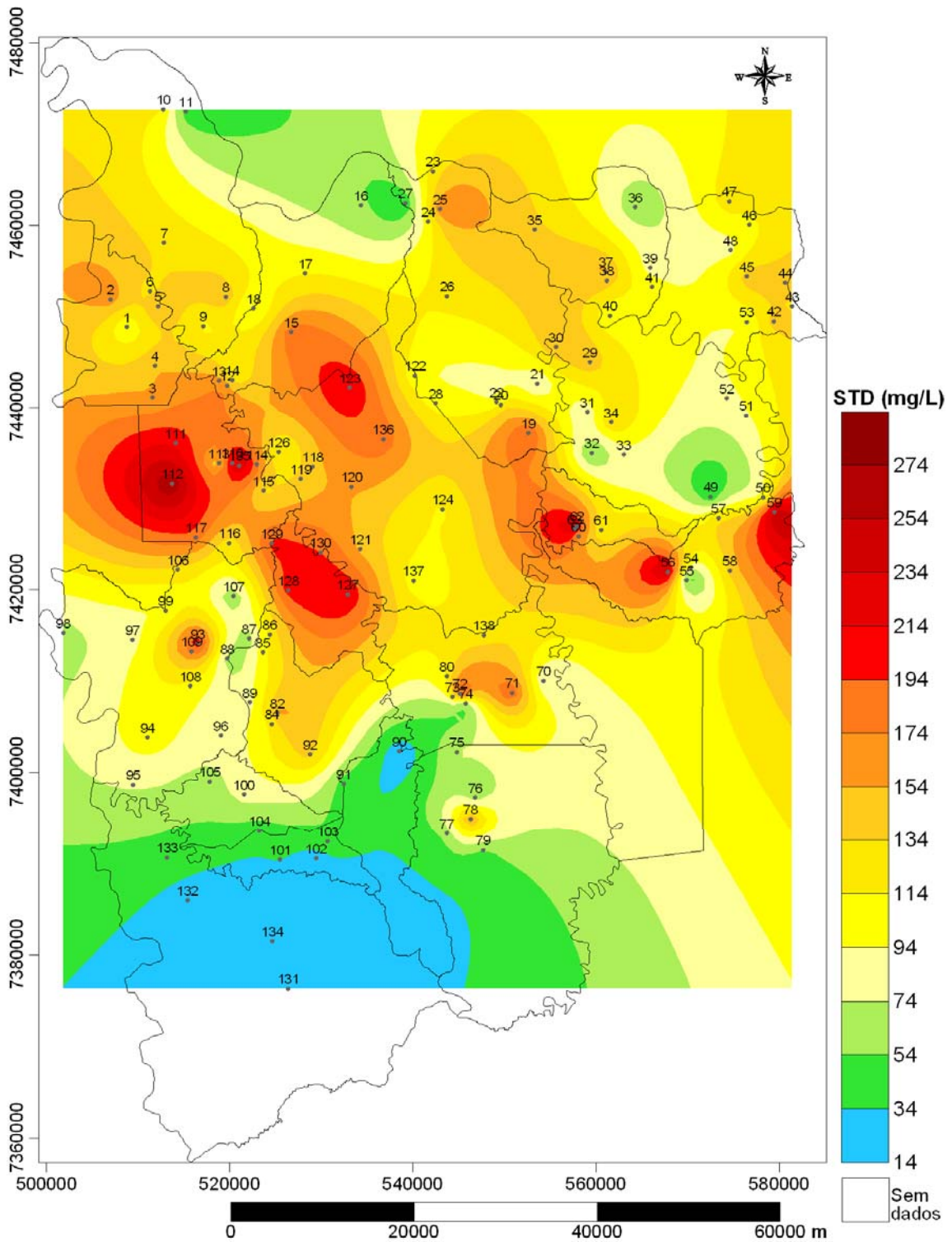
Figura 37 - Frequência dos valores dos sólidos totais dissolvidos das águas do SASG na RSCP



Os valores mais altos de STD encontrados, acima da média, foram nos poços 56, 59, 62, 63, 93, 110, 111, 112, 123, 127, 128, 135, com destaque para

o poço 112, que apresentou o mais alto valor de STD verificado nas águas do SASG. Os valores de STD mais baixos verificados, ocorreram nos poços 90, 101, 102, 131, 132 e 134, sendo este último, o poço que apresentou o menor valor, que foi de 14 mg/L (Figura 38). Os valores de sólidos totais dissolvidos apresentaram uma significativa correlação com os valores de titânio e sódio na área de estudo (Tabela 11).

Figura 38 - Mapa dos sólidos totais dissolvidos nas águas do SASG na RSCP



6.2.1.4 Oxigênio Dissolvido (OD)

A quantidade de oxigênio dissolvido na água é um índice expressivo de sua qualidade. A sua concentração diminui com o aumento da temperatura (BENETTI & BIDONE, 2004, p. 859).

O oxigênio pode estar dissolvido em pequena quantidade na água subterrânea e sua concentração é função da temperatura, pressão e do total de sais dissolvidos na água (SANTOS, 1997, p. 95).

Os valores de OD das águas do SASG apresentaram uma média de 14,7 mg/L, com um mínimo de 4,7 mg/L, um máximo de 50 mg/L e um desvio padrão de 6,6 mg/L. Entre os intervalos de 5 e 25 mg/L encontram-se a maior frequência de ocorrência de oxigênio dissolvido (Figura 39). Os valores mais altos de OD, que estão acima da média, ocorreram nos poços 110 e 135, ambos com o valor de 50 mg/L. Os valores mais baixos de OD foram verificados nos poços 95 e 116 (Figura 40).

Figura 39 - Frequência dos valores de OD das águas do SASG na RSCP

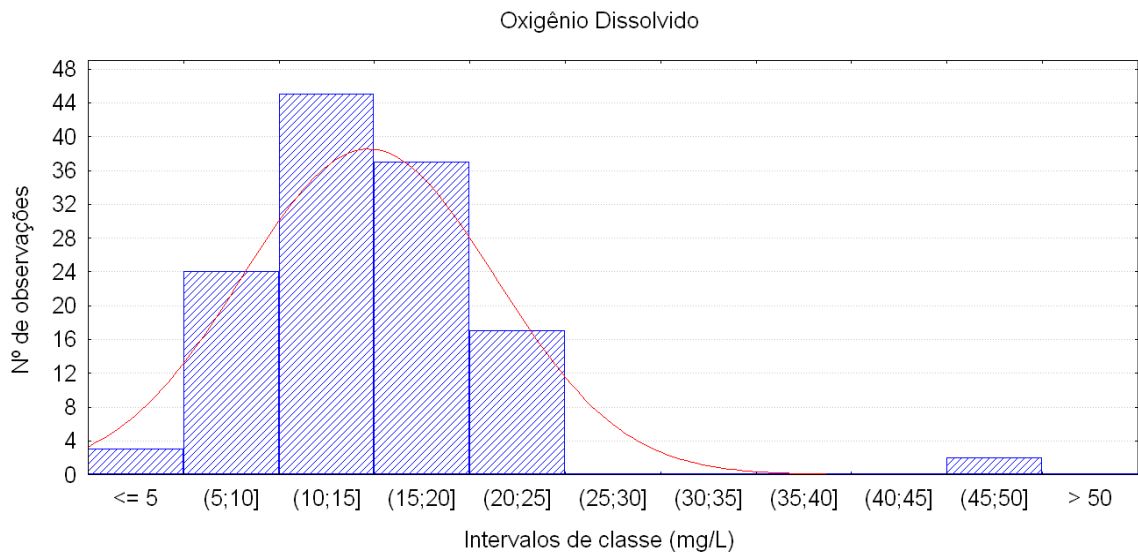
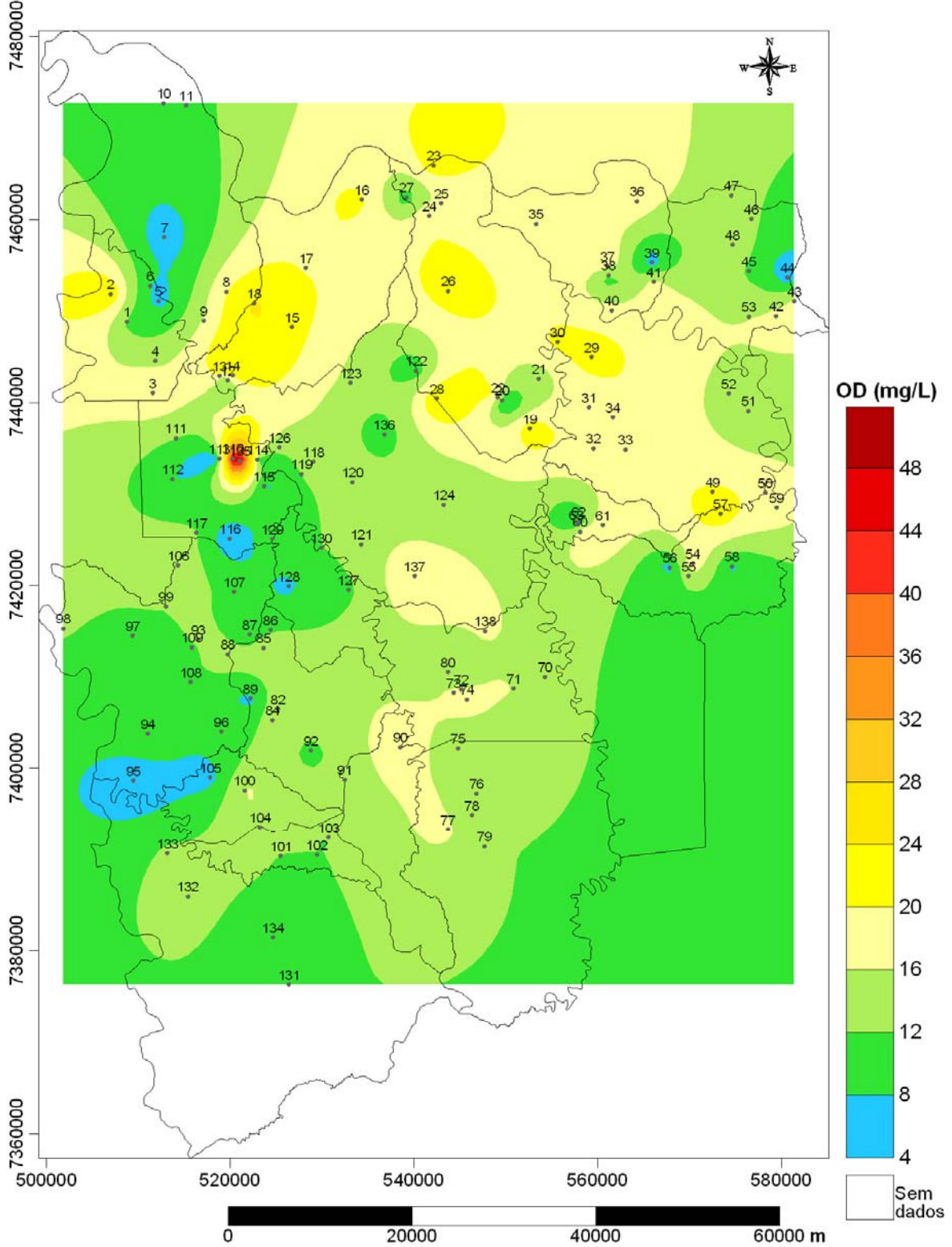


Figura 40 - Mapa do oxigênio dissolvido nas águas do SASG na RSCP



6.2.1.5 Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade eletrolítica da água é a medida da concentração de todos os solutos ionizados, ou seja, o total de cátions e ânions. Portanto, ela pode ser vista como um indicador da pureza, ou da carga solúvel das águas (MINEROPAR, 2001).

Os valores de CE das águas do SASG apresentaram uma média de 186 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com um mínimo de 21 $\mu\text{S}/\text{cm}$, um máximo de 431 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e um desvio padrão de 87,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Entre os intervalos de 50 e 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ encontram-se a maior frequência de ocorrência de condutividade elétrica (Figura 41). Os valores mais altos de CE, que estão acima da média, ocorreram nos poços 56, 59, 62, 63, 93, 112, 123 e 127, com destaque para o poço 112 que apresentou o maior valor encontrado de CE. Os valores mais baixos de condutividade elétrica foram verificados nos poços 90, 102 e 134, sendo este último, o poço que apresentou o menor valor de CE (Figura 42).

Figura 41 - Frequência dos valores de CE das águas do SASG na RSCP

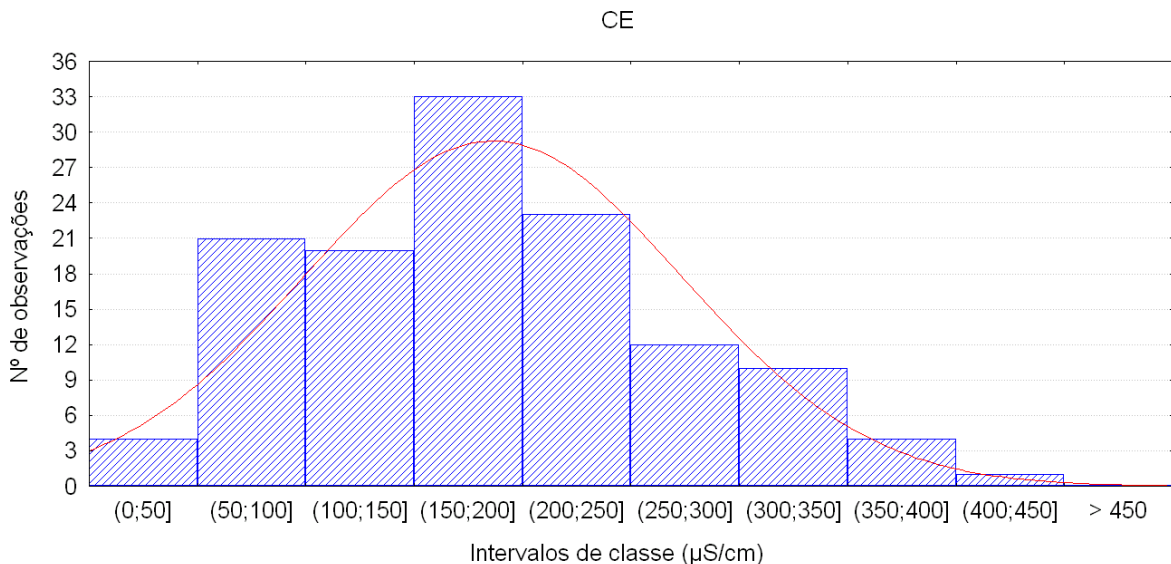
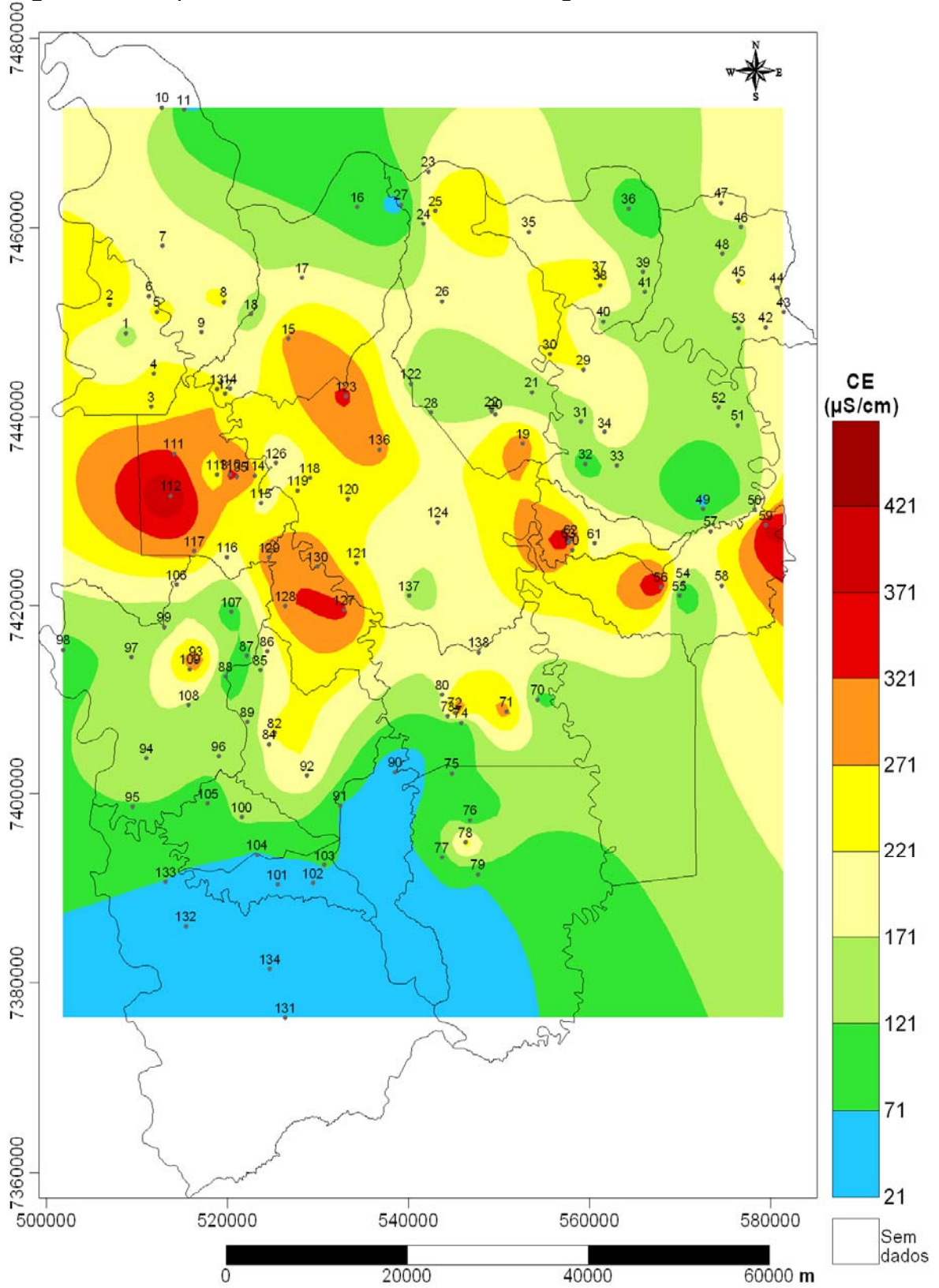


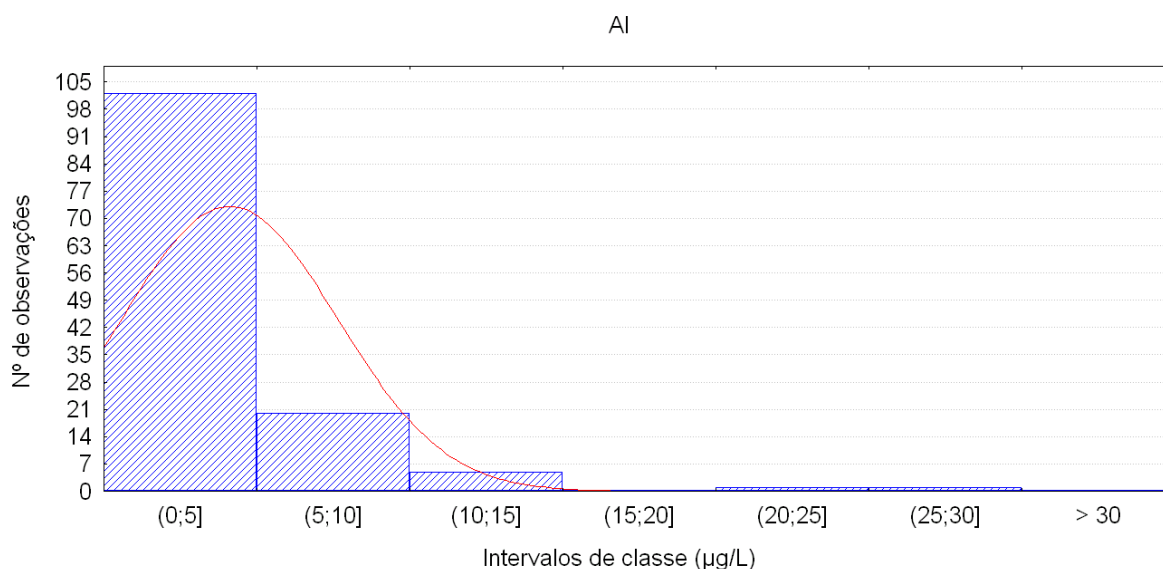
Figura 42 - Mapa da condutividade elétrica nas águas do SASG na RSCP



6.2.1.6 Alumínio (Al)

Os teores de Alumínio das águas do SASG apresentaram uma média de 4,1 µg/L, com um mínimo de 1,2 µg/L, um máximo de 28 µg/L e um desvio padrão de 3,5 µg/L. O intervalo de classe de maior frequência situa-se entre 0 e 5 µg/L (Figura 43). Portanto, os valores encontrados de Al não ultrapassaram o VMP determinado pela Portaria 518/2004 e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, para consumo humano, que é de 200 µg/L.

Figura 43 - Frequência dos valores de Al das águas do SASG na RSCP



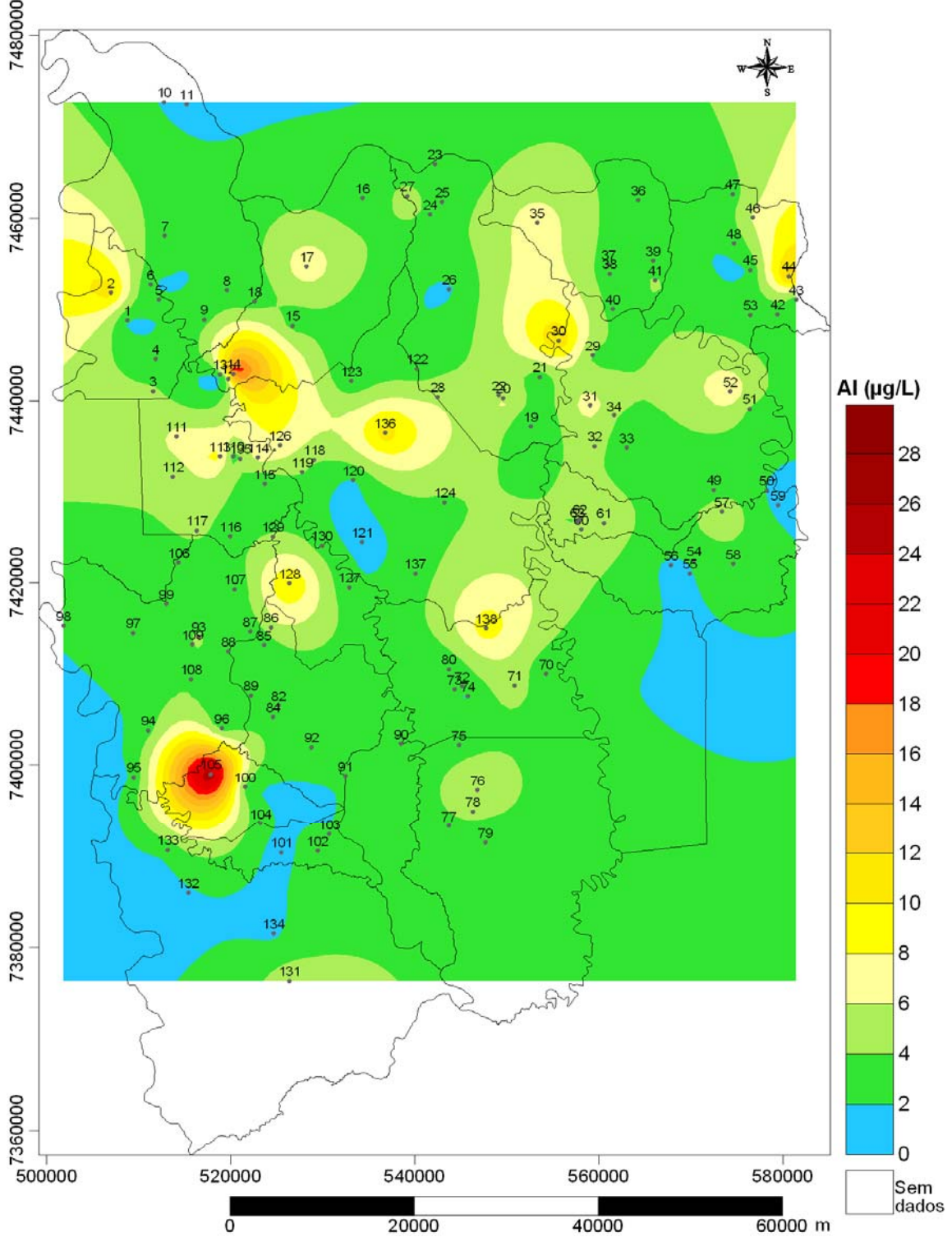
Os poços 2, 14, 30, 44, 105, 113, 128, 136 e 138, apresentaram os mais altos teores de Alumínio, quando comparados com a média encontrada nas águas do SASG, com destaque para os poços 14 e 105, que apresentaram os mais altos valores de Al encontrados, ambos localizados na área rural, dos municípios de Leopólis e Santa Cecília do Pavão, respectivamente (Figura 44).

Sabendo-se que o excesso de Alumínio pode causar doenças que afetam o sistema nervoso e transtornos mentais e comportamentais, ao se comparar a taxa de mortalidade específica por Doenças do Sistema Nervoso nos municípios da RSCP (Figura 30) com estes locais anômalos de alumínio, verifica-se que pode haver uma correlação entre alguns locais de maior incidência de morte por DSN nos municípios de Leopólis, Cornélio Procópio e Nova Fátima. Foi verificada uma faixa diagonal no sentido Sertaneja - Ribeirão do Pinhal na figura 30, um pouco

coincidente com locais que apresentaram teores anômalos de Alumínio, e estes três municípios citados anteriormente fazem parte desta faixa. Ao analisar a taxa de mortalidade específica por transtornos mentais e comportamentais (Figura 29), observa-se uma possível correlação entre alguns locais de maior incidência de morte por TMC nos municípios de Nova América da Colina, onde foi verificada a maior incidência de morte por TMC, Nova Fátima e em Leopólis.

Os menores teores de Al ocorreram nos poços 1, 11, 26, 56, 59, 101, 121, 134, com a maioria deles localizados na área rural, sendo verificado o menor teor de Al no poço 101 (1,2 µg/L) [Figura 44].

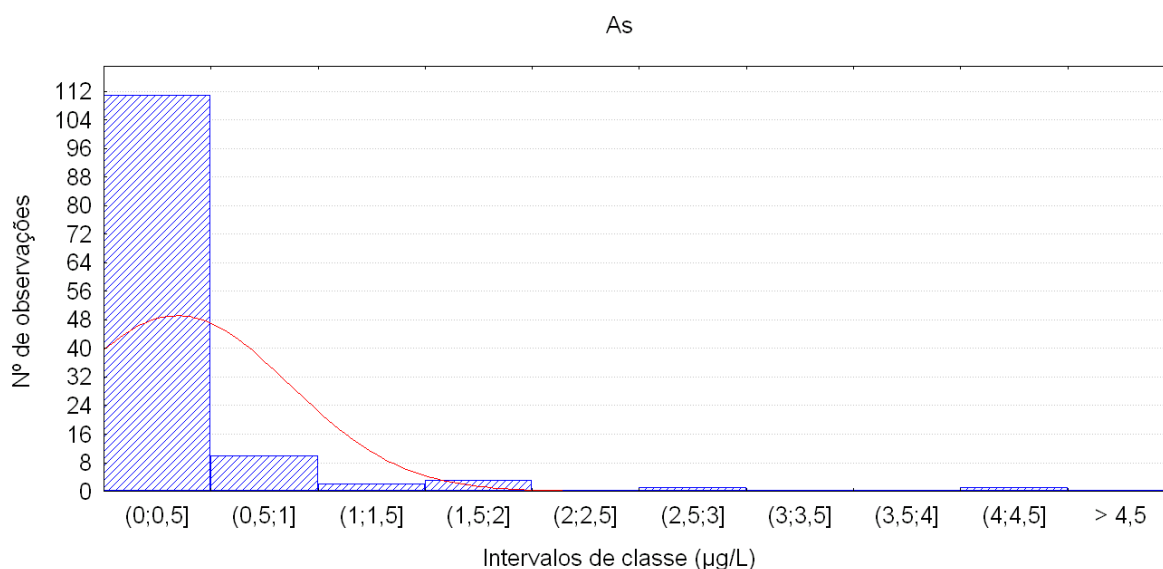
Figura 44 - Mapa geoquímico do Alumínio nas águas do SASG na RSCP



6.2.1.7 Arsênio (As)

Os teores de Arsênio das águas do SASG apresentaram uma média de 0,3 $\mu\text{g/L}$, com um mínimo de 0,03 $\mu\text{g/L}$, um máximo de 4,5 $\mu\text{g/L}$ e um desvio padrão de 0,5 $\mu\text{g/L}$. O intervalo de classe de maior frequência situa-se entre 0 e 5 $\mu\text{g/L}$ (Figura 45). Os valores encontrados não ultrapassaram o VMP determinado pela Portaria 518/2004 e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, para consumo humano, que é de 10 $\mu\text{g/L}$.

Figura 45 - Frequência dos valores de As das águas do SASG na RSCP



Nos poços 47, 59, 61, 75, 95 e 127, localizados em áreas agrícolas, foram verificados teores de Arsênio acima da média encontrada nas águas do SASG, com destaque para o poço 127, que apresentou o mais alto teor de As encontrado nas águas do SASG (4,5 $\mu\text{g/L}$) [Figura 46]. Este poço está localizado na área rural, com o uso do solo voltado para a agricultura e pequenas manchas de pastagens.

Sabendo-se que o excesso de Arsênio pode causar doenças que afetam os sistemas circulatório, respiratório, digestivo, nervoso e neoplasias, ao se comparar a taxa de mortalidade específica das referidas doenças dos municípios da RSCP com os locais que apresentaram teores anômalos de Arsênio (Figura 46), tem-se as possíveis correlações entre alguns locais de maior incidência de morte por:

- doenças do aparelho circulatório (Figura 22), nos municípios de Abatiá, Santa Amélia, Andirá, Nova América da Colina e Congoinhas.

- neoplasias (Figura 24) nos municípios de Nova América da Colina, Assaí, Congoinhas e Abatiá.

- doenças do aparelho respiratório (Figura 25), nos municípios de Santa Amélia, Congoinhas e Nova América da Colina.

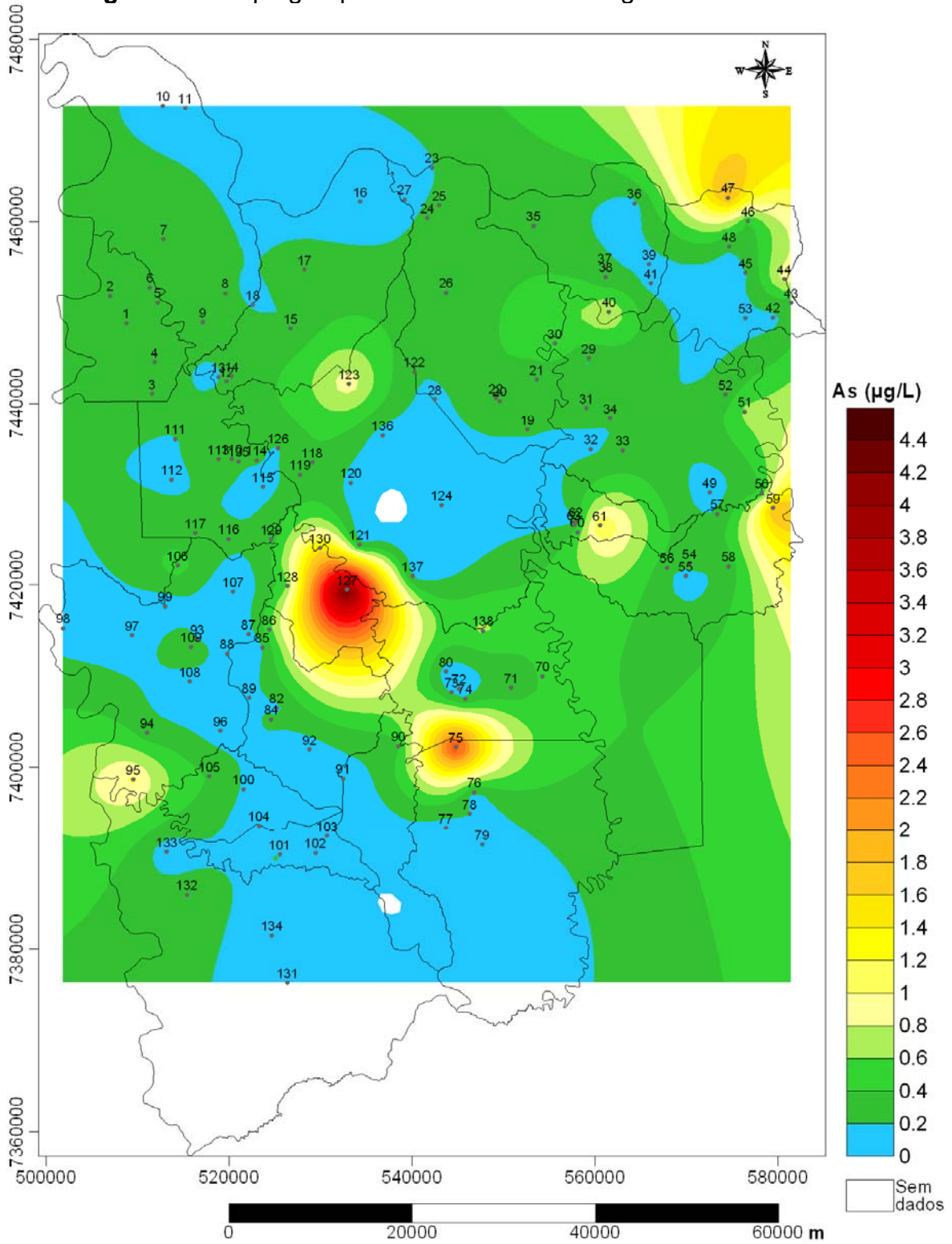
- doenças do aparelho digestivo (Figura 27), nos municípios de Nova América da Colina e em Andirá.

- transtornos mentais e comportamentais (Figura 29), nos municípios de Nova América da Colina e em Congoinhas.

- doenças do sistema nervoso (Figura 30), no município de Congoinhas.

Os menores valores de Arsênio ocorreram nos poços 27, 55, 77, 102, 104, 108, 131, 133 e 134 (Figura 46 e Apêndice 1).

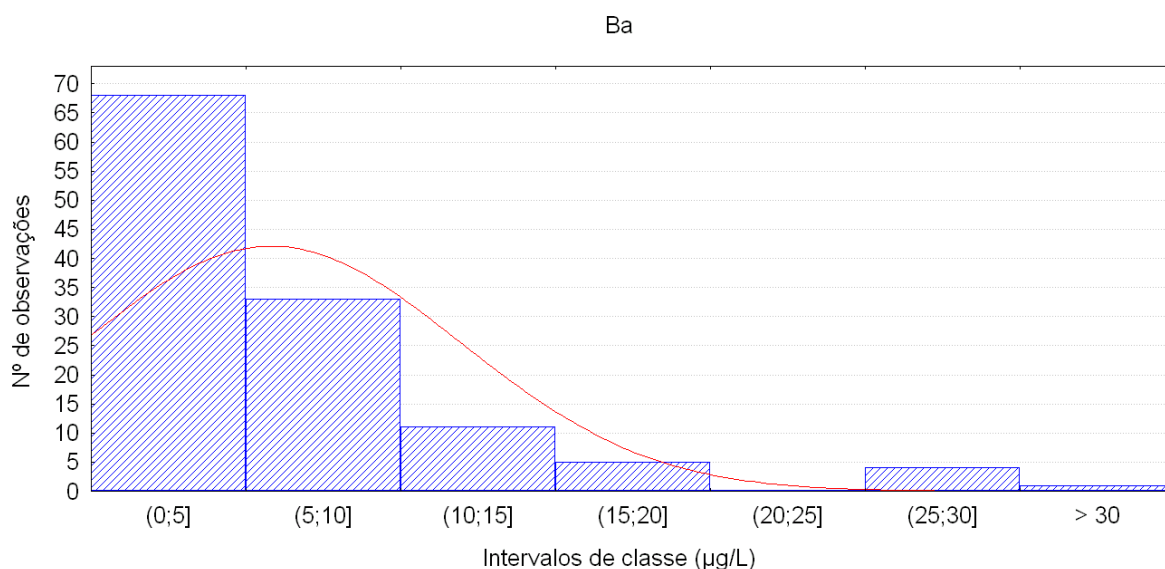
Figura 46 - Mapa geoquímico do Arsênio nas águas do SASG na RSCP



6.2.1.8 Bário (Ba)

Os teores de Bário das águas do SASG apresentaram uma média de 5,8 $\mu\text{g/L}$, com um mínimo de 0,046 $\mu\text{g/L}$, um máximo de 30,5 $\mu\text{g/L}$ e um desvio padrão de 6,1 $\mu\text{g/L}$. Entre os intervalos de 0 e 10 $\mu\text{g/L}$ encontram-se a maior frequência de ocorrência de Bário (Figura 47). Portanto, os valores encontrados não ultrapassaram o VMP determinado pela Portaria 518/2004 e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, para consumo humano, que é de 700 $\mu\text{g/L}$.

Figura 47 - Frequência dos valores de Ba das águas do SASG na RSCP



Os poços 32, 36, 54, 56, 59, 70, 101, 102, 114 e 133 apresentaram os mais altos teores de Bário encontrados, quando comparados com a média encontrada nas águas do SASG, com destaque para o poço 102 que apresentou o mais alto teor de Ba na área de estudo (Figura 48). Todos estes poços estão localizados em áreas agrícolas. Estes teores mais altos de Ba podem estar associados a fontes naturais, provenientes de estruturas magnéticas associadas ao domo de Quatiguá ou a rochas sedimentares químicas dos Grupos Passa Dois e Guatá, descritas por Licht (2001) na análise geoquímica de águas superficiais no Estado do Paraná.

Sabendo-se que o excesso de Bário pode causar doenças que afetam os sistemas circulatório, respiratório e digestivo, ao se comparar a taxa de mortalidade específica das referidas doenças dos municípios da RSCP com os

locais que apresentaram teores anômalos de Bário (Figura 48), tem-se as possíveis correlações entre alguns locais de maior incidência de morte por:

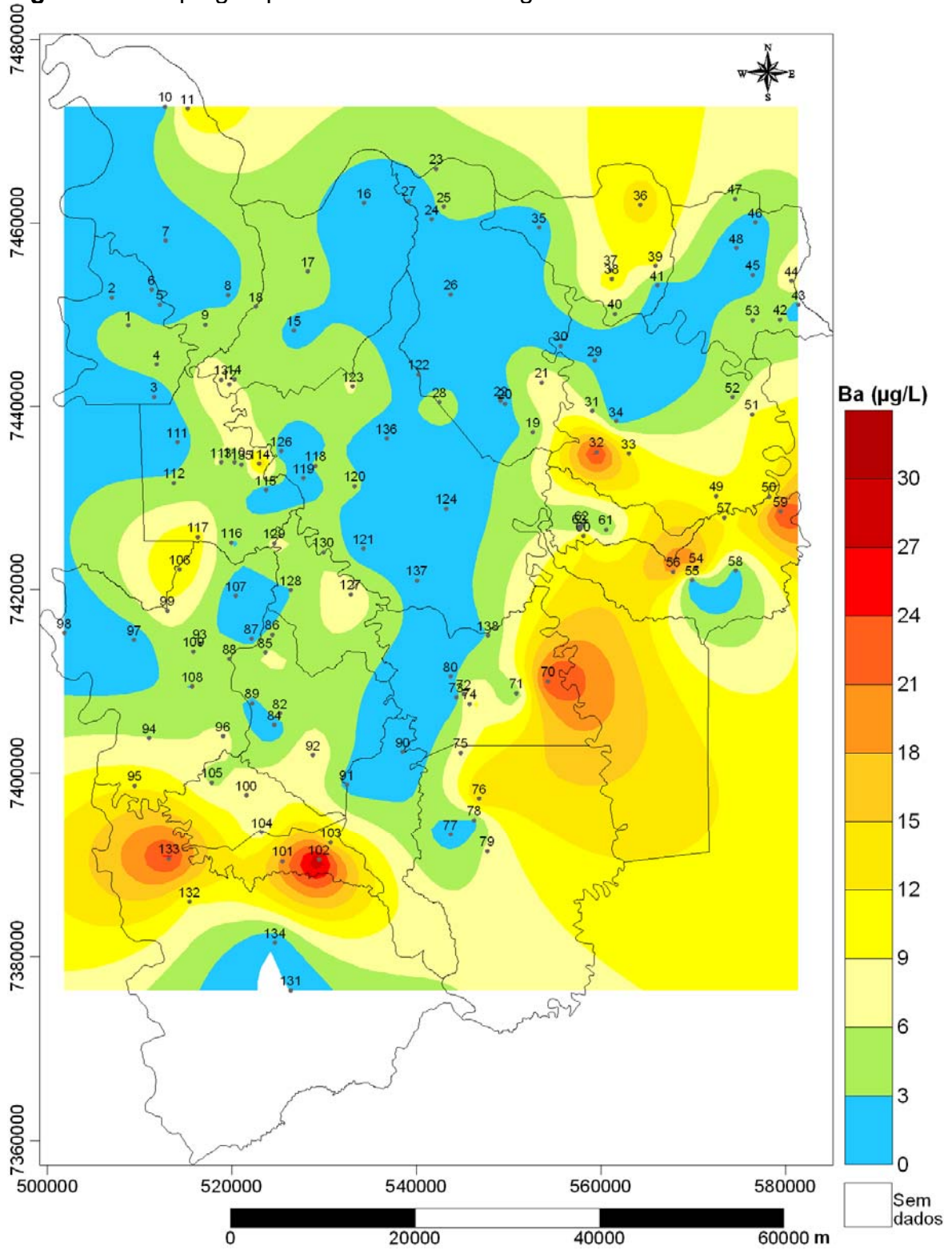
- doenças do aparelho circulatório (figura 22), nos municípios de Abatiá, que apresentou a maior taxa de mortalidade por DAC da RSCP, Bandeirantes, Nova Santa Bárbara, Uraí, Nova Fátima e Itambaracá.

- doenças do aparelho respiratório (figura 25), no município de Bandeirantes.

- doenças do aparelho digestivo (figura 27), nos municípios de São Jerônimo da Serra e Uraí.

Nos poços 6, 22, 45, 98, 107, 114, 121, 122 e 126 foram verificados os menores valores de Bário, quando comparados com a média encontrada nas águas do SASG (Figura 48 e Apêndice 1).

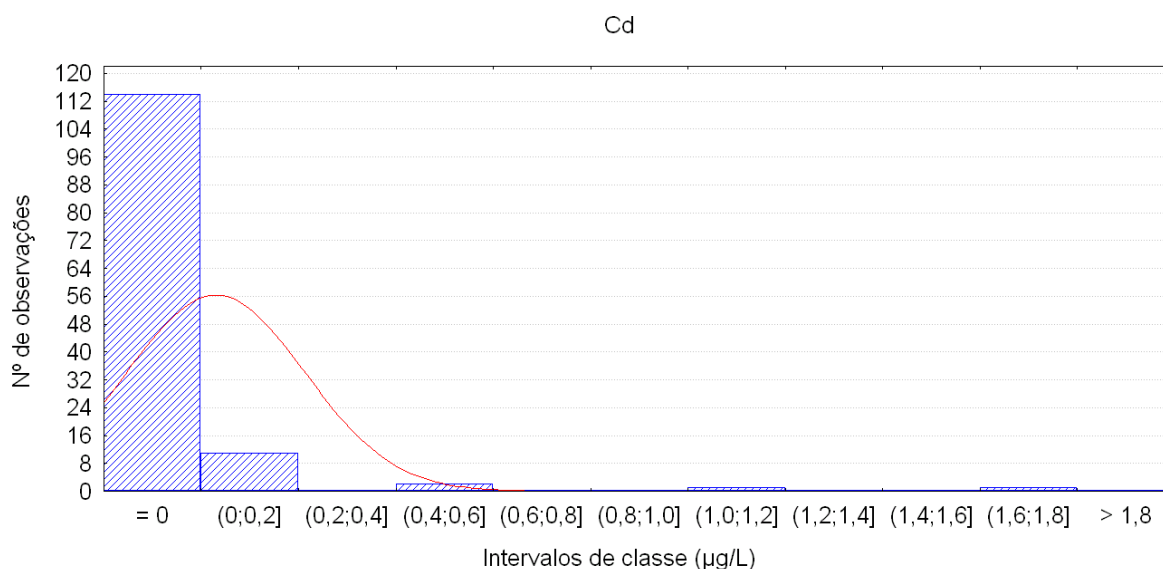
Figura 48 - Mapa geoquímico do Bário nas águas do SASG na RSCP



6.2.1.9 Cádmiio (Cd)

Na maior parte dos poços não foram detectados teores de Cd (Figura 49). Os teores de Cádmiio das águas do SASG encontrados apresentaram uma média de 0,2 µg/L, com um mínimo de 0,001 µg/L, um máximo de 1,7 µg/L e um desvio padrão de 0,2 µg/L. Portanto, os valores encontrados não ultrapassaram o VMP determinado pela Portaria 518/2004 e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, para consumo humano, que é de 5 µg/L.

Figura 49 - Frequência dos valores de Cd das águas do SASG na RSCP



Nos poços 4, 71, 80 e 91 ocorreram os maiores teores de Cádmiio, quando comparados com a média encontrada nas águas do SASG, com destaque para o poço 80, que apresentou o mais alto teor de Cd verificado (1,7 µg/L) (Apêndice 1). Estes altos teores de Cd podem estar associados com o uso de fertilizantes fosfatados utilizados na agricultura da região, uma vez que altos teores de Cd não estão relacionados com a geologia da área em questão.

Sabendo-se que o excesso de Cádmiio pode causar doenças que afetam os sistemas circulatório, respiratório e neoplasias, ao se comparar a taxa de mortalidade específica das referidas doenças dos municípios da RSCP com os locais que apresentaram teores anômalos de Cd (Figura 51), tem-se as possíveis correlações entre alguns locais de maior incidência de morte por:

- doenças do aparelho circulatório (Figura 22), no município de Nova Fátima.

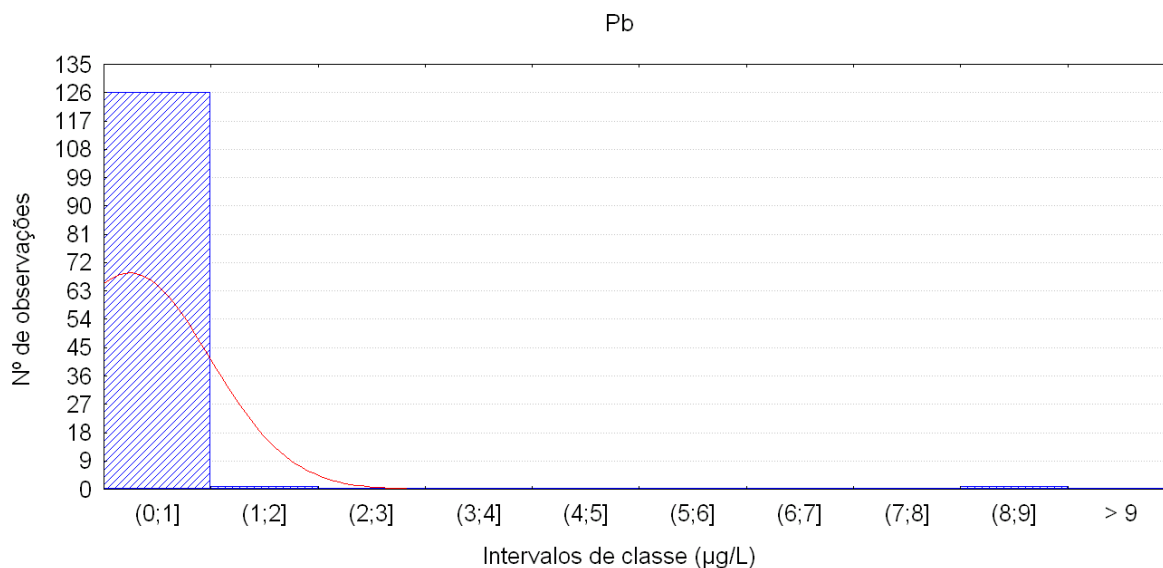
- neoplasias (Figura 24), nos municípios de Nova Fátima e Rancho Alegre.
- doenças do aparelho respiratório (figura 25) no município de Rancho Alegre.

Os menores teores de Cádmiio encontrados ocorreram nos poços 60, 103 e 131 (Apêndice 1).

6.2.1.10 Chumbo (Pb)

Os teores de Chumbo das águas do SASG apresentaram uma média de 0,24 $\mu\text{g/L}$, com um mínimo de 0,09 $\mu\text{g/L}$, um máximo de 8,4 $\mu\text{g/L}$ e um desvio padrão de 0,7 $\mu\text{g/L}$. Entre o intervalo de 0 e 1 $\mu\text{g/L}$ encontra-se a maior frequência de ocorrência de Chumbo (Figura 50).

Figura 50 - Frequência dos valores de Pb das águas do SASG na RSCP



Os valores encontrados não ultrapassaram o VMP determinado pela Portaria 518/2004 e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, para consumo humano, que é de 10 $\mu\text{g/L}$. Nos poços 52 e 93 foram verificados os maiores teores de chumbo, quando comparados com a média encontrada nas águas do SASG, com destaque para o poço 52 que apresentou um valor de Pb muito próximo do VMP (8,4 $\mu\text{g/L}$), o que serve de alerta futuramente (Figura 51).

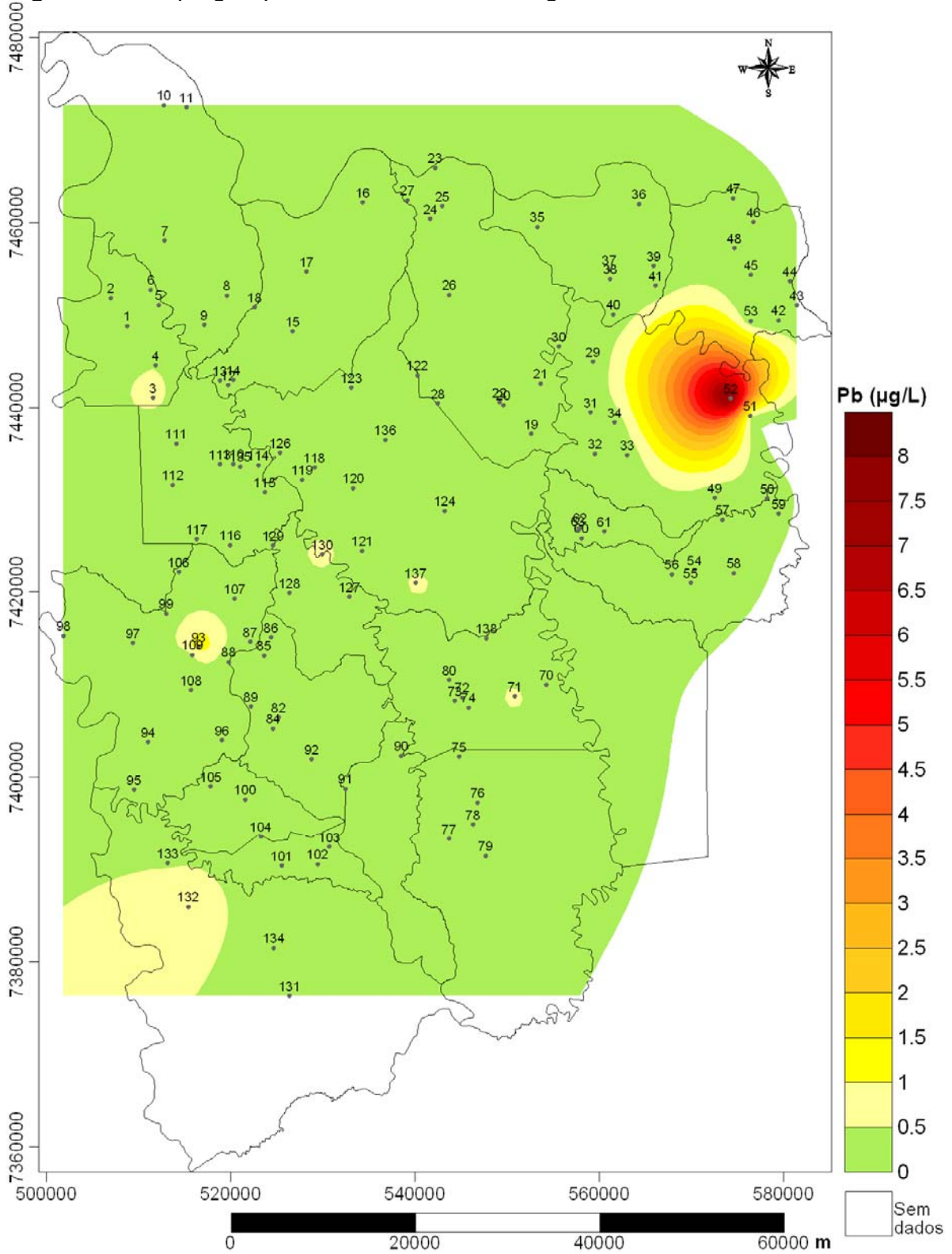
Sabendo-se que o excesso de Chumbo pode causar, principalmente, doenças que afetam o sistema circulatório, neoplasias, transtornos mentais e comportamentais e doenças do sistema nervoso, ao se comparar a taxa de

mortalidade específica das referidas doenças dos municípios da RSCP com os locais que apresentaram teores anômalos de Pb (Figura 51), tem-se as possíveis correlações entre alguns locais de maior incidência de morte por:

- doenças do aparelho circulatório (figura 22), no município de Bandeirantes.
- neoplasias (figura 24), nos municípios de Bandeirantes e Assaí.

Os menores teores de Pb ocorreram nos poços 101, 106, 107, 115 e 127 (Figura 51).

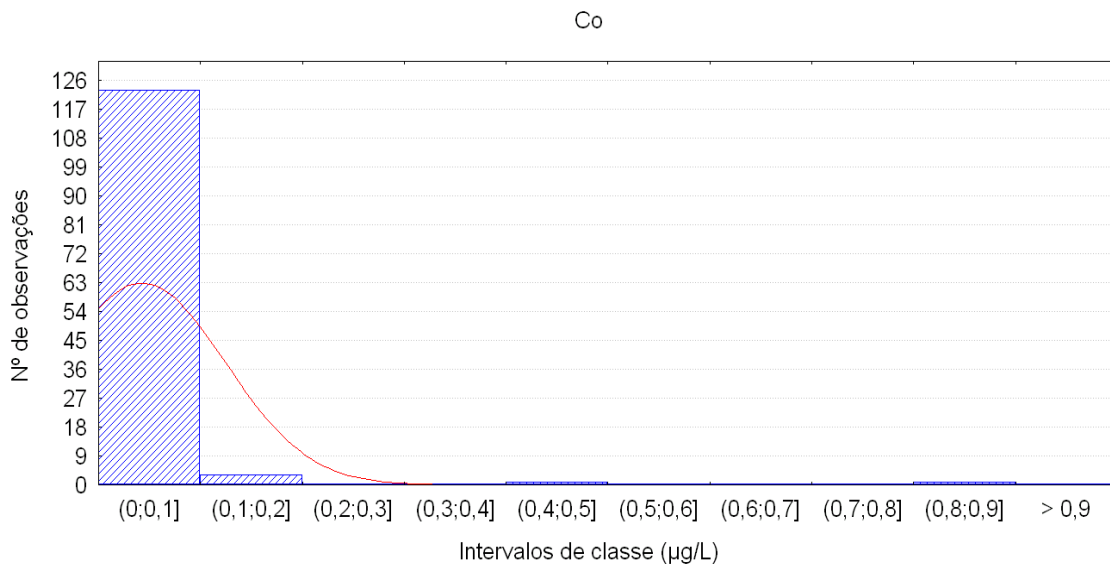
Figura 51 - Mapa geoquímico do chumbo nas águas do SASG na RSCP.



6.2.1.11 Cobalto (Co)

Os teores de cobalto das águas do SASG apresentaram uma média de 0,043 µg/L, com um mínimo de 0,0003 µg/L, um máximo de 0,8 µg/L e um desvio padrão de 0,08 µg/L. Entre o intervalo de 0 e 0,1 µg/L encontra-se a maior frequência de ocorrência de cobalto (Figura 52). Como relatado anteriormente, não há um VMP estabelecido pela Portaria 518/2004 e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, em águas subterrâneas para o Co.

Figura 52 - Frequência dos valores de Co das águas do SASG na RSCP



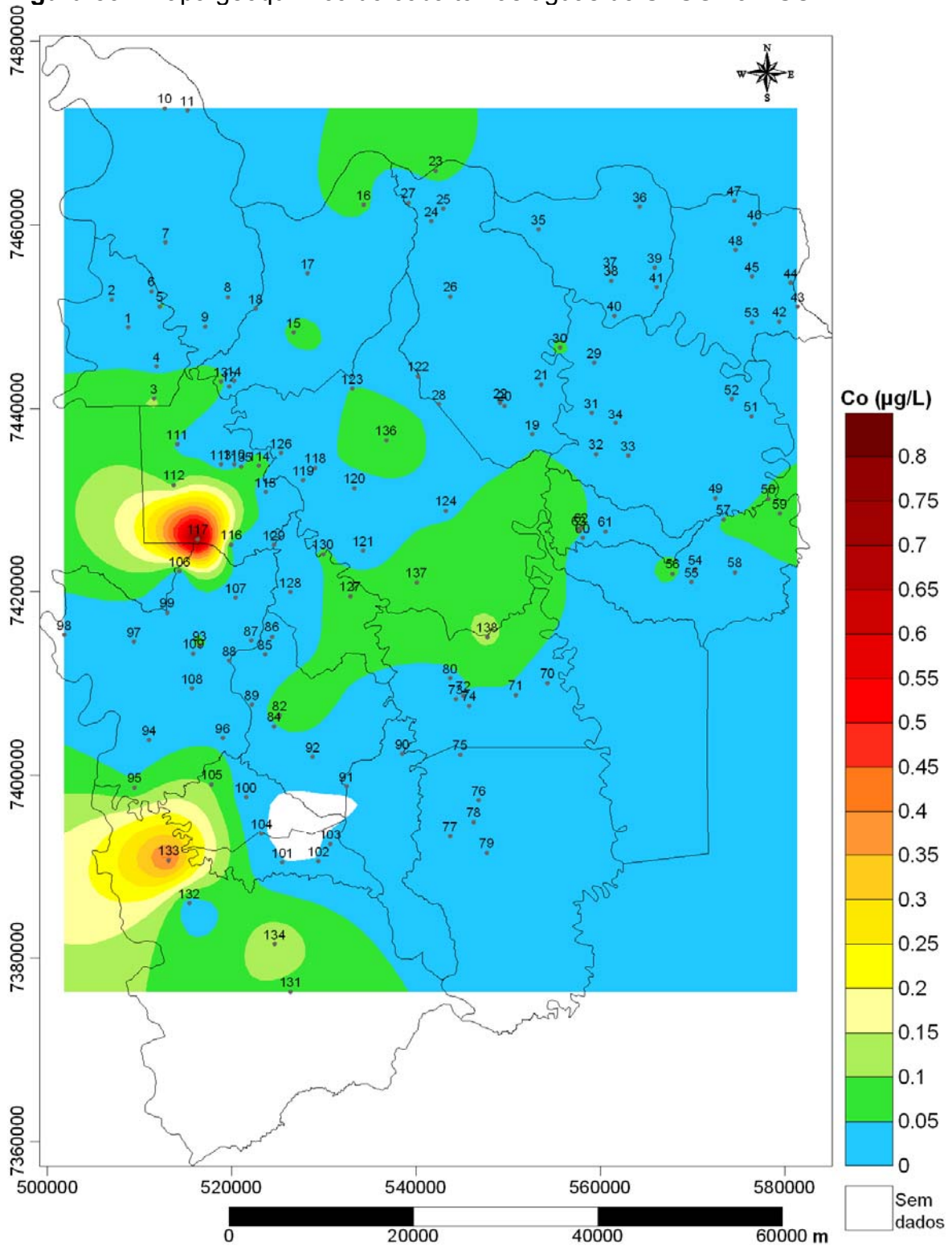
Nos poços 117 e 133 foram verificados teores de cobalto acima da média encontrada nas águas do SASG, com destaque para o poço 117, que apresentou a maior concentração de Co verificada nas águas do SASG (0,8 µg/L) [Figura 53]. Este poço está localizado na área rural, com o predomínio de pastagens em suas proximidades. Segundo Licht (2001, p. 117) a presença de Co nas águas superficiais no Terceiro Planalto Paranaense é coerente com as rochas ígneas de filiação básica da Bacia do Paraná.

Sabendo-se que o excesso de Cobalto pode causar, principalmente, doenças que afetam os sistemas circulatório e digestivo, e neoplasias, ao se comparar a taxa de mortalidade específica das referidas doenças dos municípios da RSCP com os locais que apresentaram teores anômalos de Co (Figura 53), tem-se as possíveis correlações entre alguns locais de maior incidência de morte por

doenças do aparelho circulatório (figura 22) e neoplasias (figura 24) no município de Uraí.

As menores concentrações de cobalto ocorreram nos poços 22, 35, 49 e 90 (Apêndice 1).

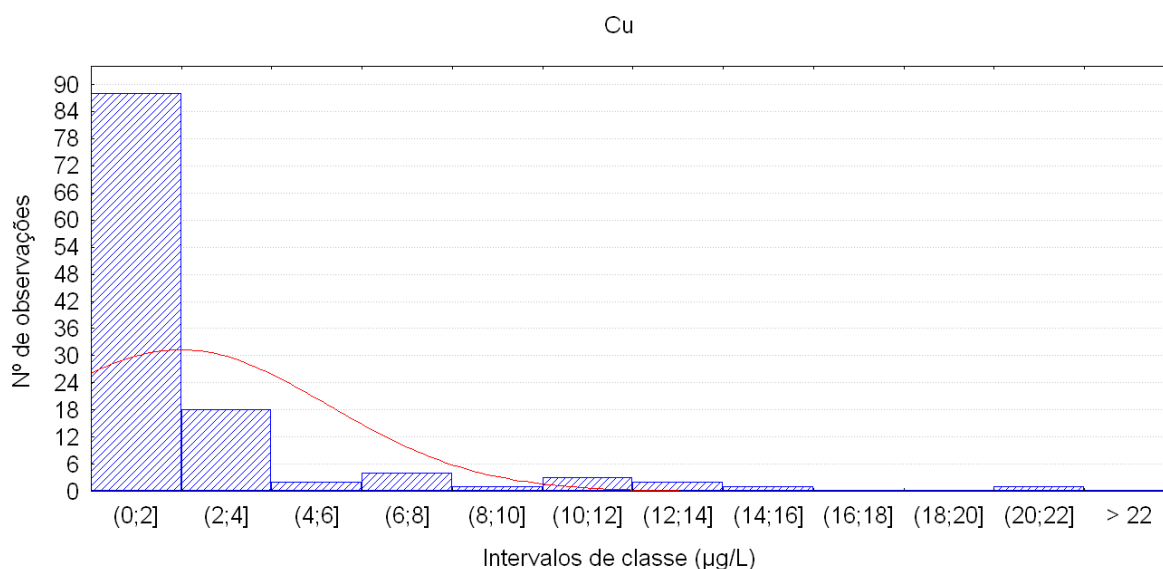
Figura 53 - Mapa geoquímico do cobalto nas águas do SASG na RSCP



6.2.1.12 Cobre (Cu)

Os teores de Cobre das águas do SASG apresentaram uma média de 2 $\mu\text{g/L}$, com um mínimo de 0,04 $\mu\text{g/L}$, um máximo de 21 $\mu\text{g/L}$ e um desvio padrão de 3,3 $\mu\text{g/L}$. Entre o intervalo de 0 e 2 $\mu\text{g/L}$ encontra-se a maior frequência de ocorrência de cobre (Figura 54). Os valores de Cu encontrados não ultrapassaram o VMP determinado pela Portaria 518/2004 e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, para consumo humano, que é de 2000 $\mu\text{g/L}$.

Figura 54 - Frequência dos valores de Cu das águas do SASG na RSCP



Os teores mais altos, que estão acima da média encontrada nas águas do SASG, foram verificados nos poços 7, 13, 38, 42, 84, 85, 90, 96, 97 e 132, com destaque para o poço 13 que apresentou a maior concentração de Cu verificado nas águas do SASG (21 $\mu\text{g/L}$) [Figura 55]. O poço 13 está localizado na área rural, com o uso do solo voltado para agricultura, em suas proximidades. Segundo Licht (2001, p. 117) a presença de Cu nas águas superficiais no Terceiro Planalto Paranaense é coerente com as rochas ígneas de filiação básica da Bacia do Paraná. Lembrando que, por este poço estar em uma área com intensa atividade agrícola, pode estar associado também com o uso de fungicidas.

Sabendo-se que o excesso de cobre pode causar, principalmente, doenças que afetam os sistemas digestivo e circulatório, ao se comparar a taxa de mortalidade específica das referidas doenças dos municípios da RSCP com os

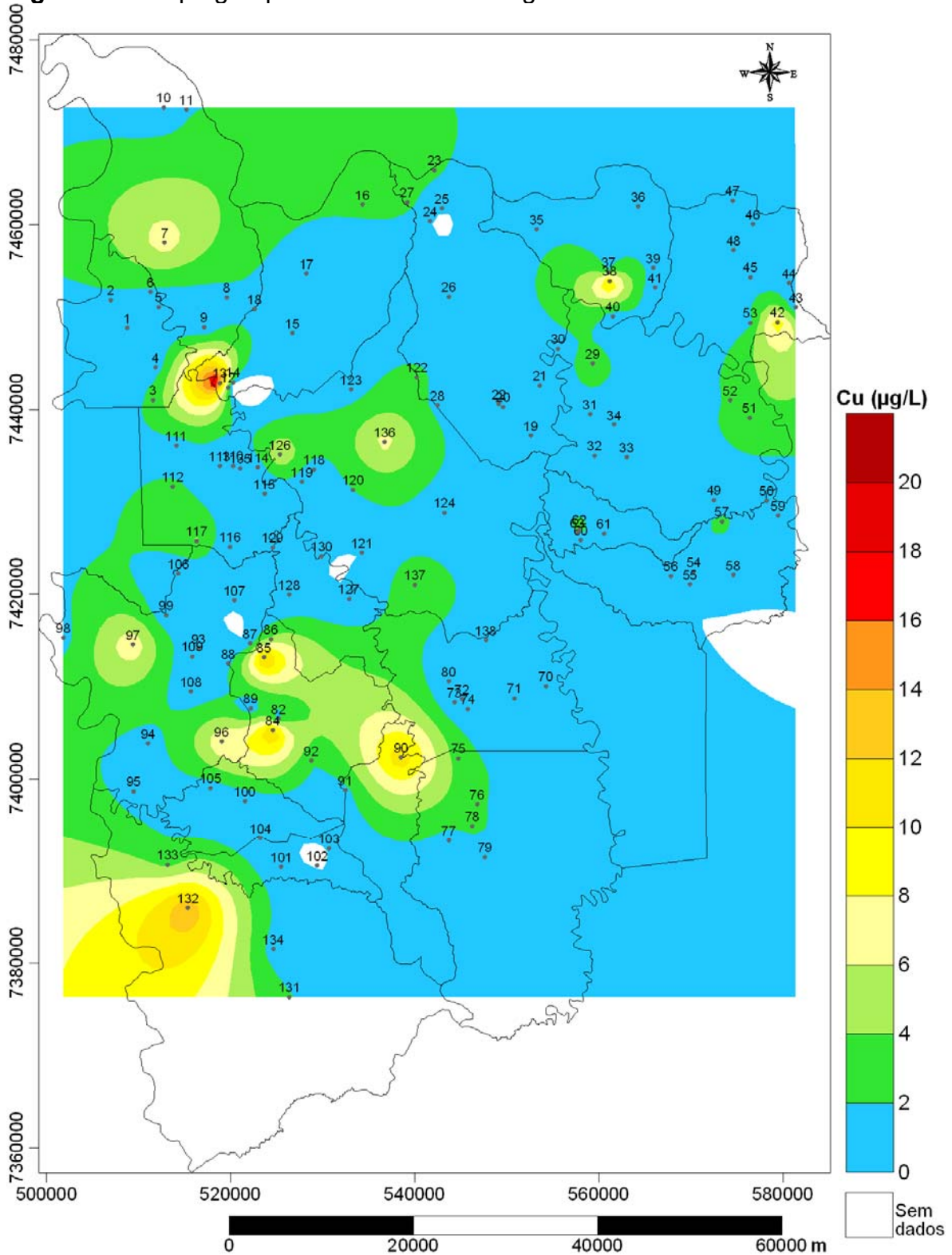
locais que apresentaram teores anômalos de Cu (Figura 55), tem-se as possíveis correlações entre alguns locais de maior incidência de morte por:

- doenças do aparelho circulatório (Figura 22), nos municípios de Sertaneja, Andará, São Sebastião da Amoreira e Itambaracá;

- doenças do aparelho digestivo (Figura 27), nos municípios de Leópolis, que apresentou a maior taxa de mortalidade por DAD, Santo Antonio do Paraíso, Sertaneja, Andará e São Jerônimo da Serra.

Os menores teores de Cobre ocorreram nos poços 5, 9, 22 e 34 (Apêndice 1).

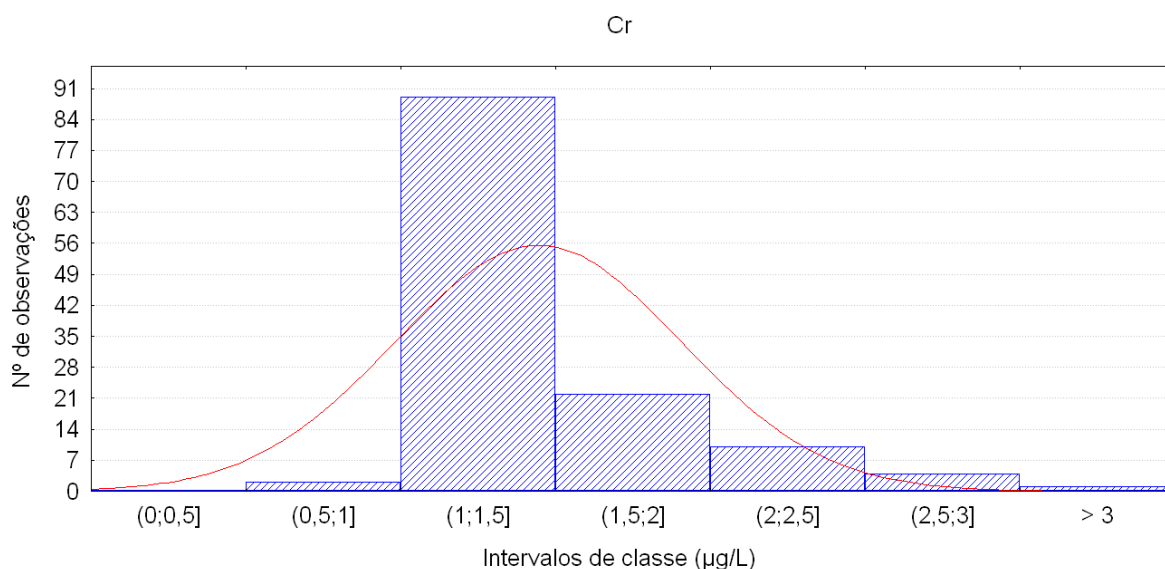
Figura 55 - Mapa geoquímico do cobre nas águas do SASG



6.2.1.13 Cromo (Cr)

Os teores de Cromo das águas do SASG apresentaram uma média de 1,4 $\mu\text{g/L}$, com um mínimo de 1 $\mu\text{g/L}$, um máximo de 3,1 $\mu\text{g/L}$ e um desvio padrão de 0,46. Entre o intervalo de 1 e 1,5 $\mu\text{g/L}$ encontra-se a maior frequência de ocorrência de Cromo (Figura 56). Os valores de Cr encontrados não ultrapassaram o VMP determinado pela Portaria 518/2004 e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, para consumo humano, que é de 50 $\mu\text{g/L}$.

Figura 56 - Frequência dos valores de Cr das águas do SASG na RSCP



Os maiores teores encontrados de Cromo foram nos poços 6, 48, 49, 75, 87, 104, 105 e 134, teores estes acima da média encontrada nas águas do SASG, com destaque para o poço 104 que apresentou a maior concentração de Cr verificada nas águas do SASG (3,1 $\mu\text{g/L}$), localizado na área rural (Figura 57).

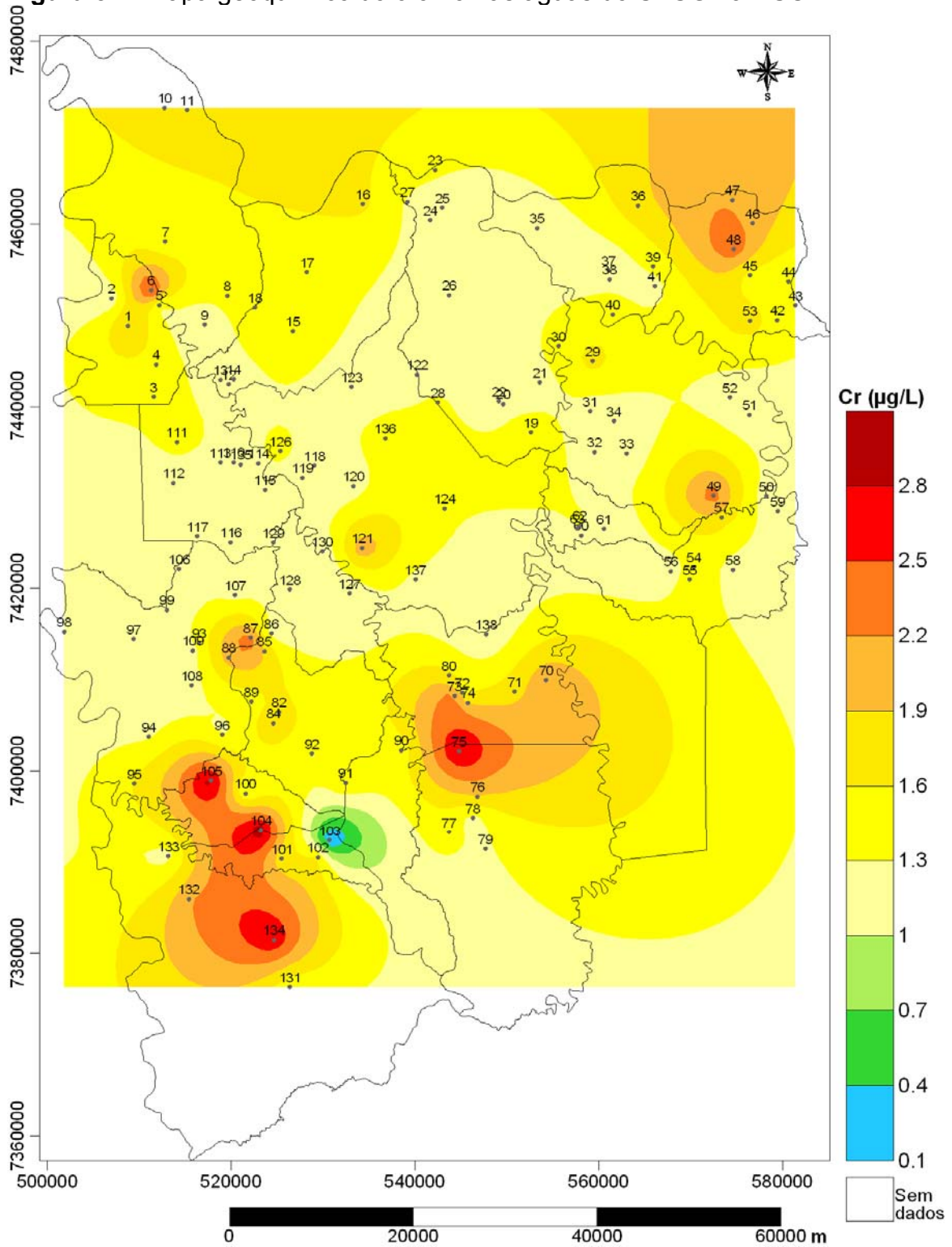
Sabendo-se que o excesso de Cromo pode causar, principalmente, doenças que afetam os sistemas digestivo, respiratório e neoplasias, ao se comparar a taxa de mortalidade específica das referidas doenças dos municípios da RSCP com os locais que apresentaram teores anômalos de Cr (Figura 57), tem-se as possíveis correlações entre alguns locais de maior incidência de morte por:

- neoplasias (Figura 24), nos municípios de Rancho Alegre, Santa Cecília do Pavão, Assaí, Congoinhas e Bandeirantes;

- doenças do aparelho respiratório (Figura 25), nos municípios de Rancho Alegre, que apresentou a maior taxa de mortalidade por DAR, Bandeirantes e Congoinhas;
- doenças do aparelho digestivo (Figura 27), nos municípios de Rancho Alegre, Andirá e São Jerônimo da Serra.

As menores concentrações de Cromo ocorreram nos poços 22, 127 e 103 (Apêndice 1).

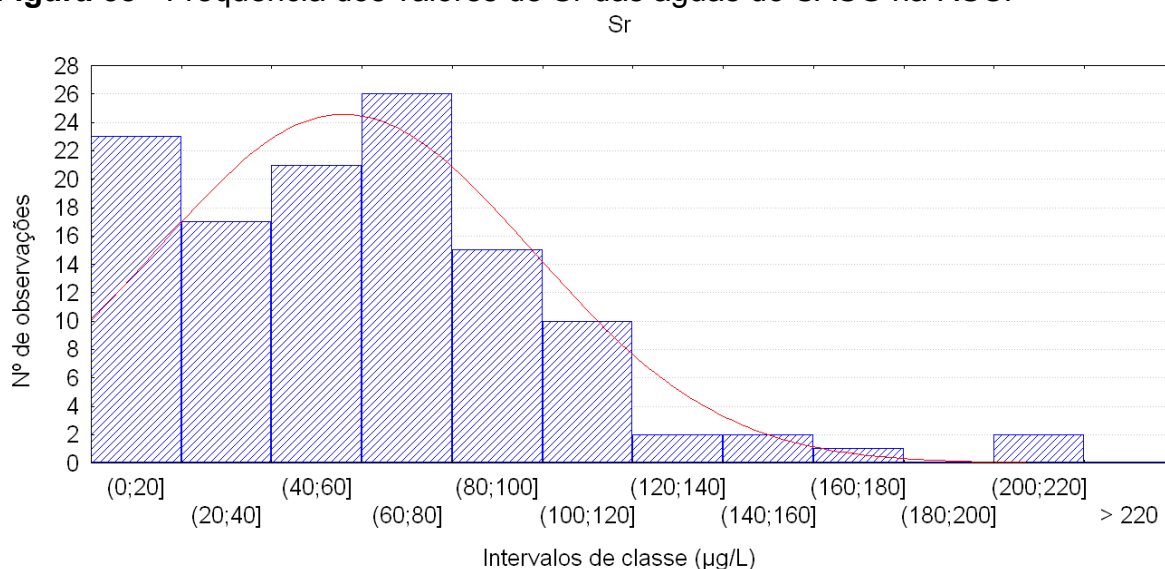
Figura 57 - Mapa geoquímico do cromo nas águas do SASG na RSCP



6.2.1.14 Estrôncio (Sr)

Os teores de Estrôncio das águas do SASG apresentaram uma média de 56 $\mu\text{g/L}$, com um mínimo de 4,2 $\mu\text{g/L}$, um máximo de 206 $\mu\text{g/L}$ e um desvio padrão de 42 $\mu\text{g/L}$. Entre os intervalos de 0 e 120 $\mu\text{g/L}$ encontram-se a maior frequência de ocorrência de Estrôncio (Figura 58). Como relatado anteriormente, não há um VMP estabelecido pela Portaria 518/2004 e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, em águas subterrâneas para o Co.

Figura 58 - Frequência dos valores de Sr das águas do SASG na RSCP

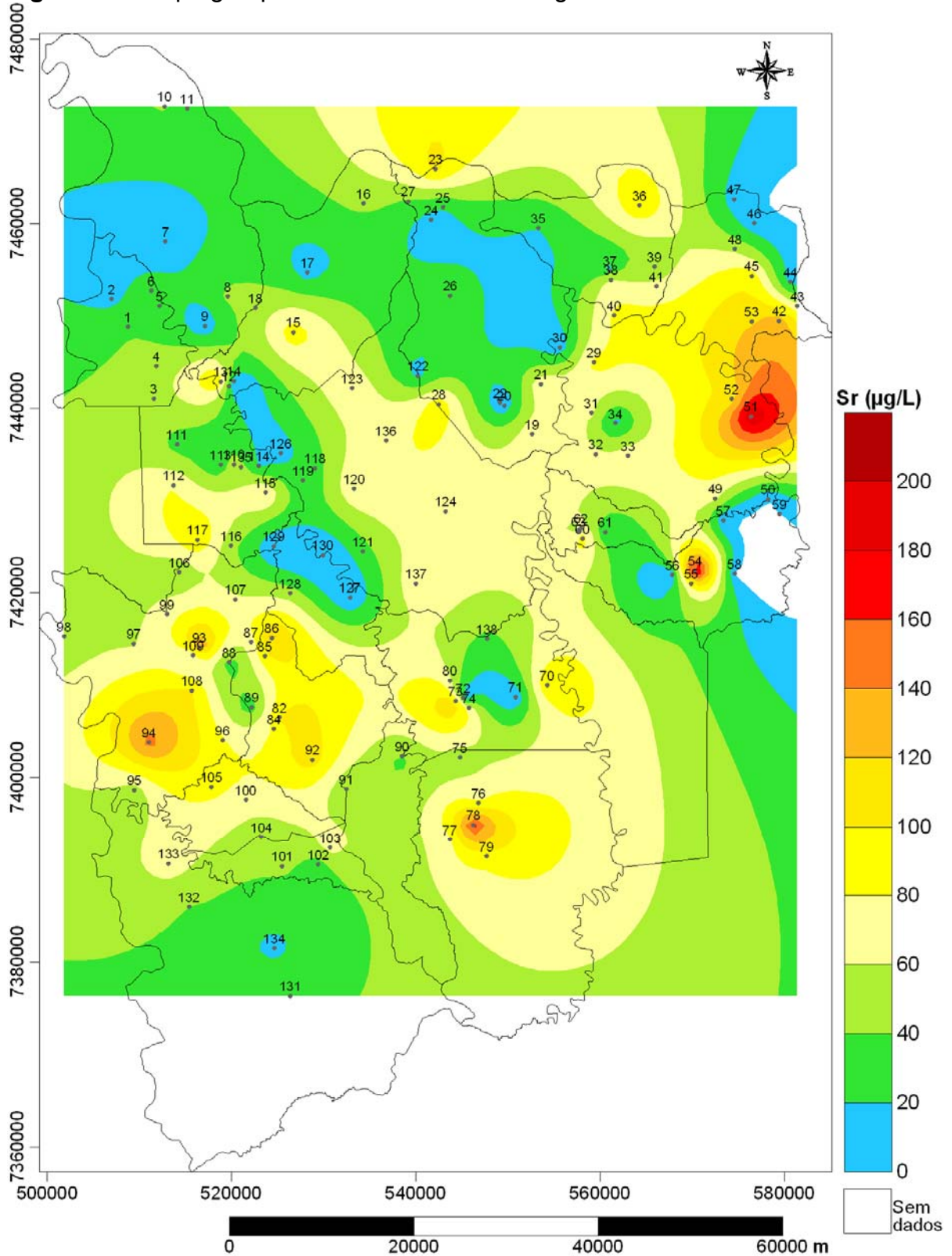


Os maiores teores de Estrôncio ocorreram nos poços 13, 23, 42, 51, 53, 54, 70, 73, 78, 82, 86, 92, 93, 94, 108 e 117, valores estes acima da média encontrada nas águas do SASG, com destaque para o poço 51 que apresentou o mais alto valor verificado nas águas do SASG (206 $\mu\text{g/L}$), localizado na área rural (Figura 59).

Sabendo-se que o excesso de Estrôncio pode causar, principalmente, neoplasias, ao comparar a taxa de mortalidade específica por neoplasias (Figura 24) dos municípios da RSCP com estes locais com teores anômalos de Sr, verifica-se que pode haver uma correlação entre alguns locais de maior incidência de morte por neoplasias e os referidos locais, nos municípios de Assaí, Congonhas, Abatiá e Bandeirantes.

Os menores teores de Estrôncio ocorreram nos poços 9, 14, 20 e 30 (Apêndice 1).

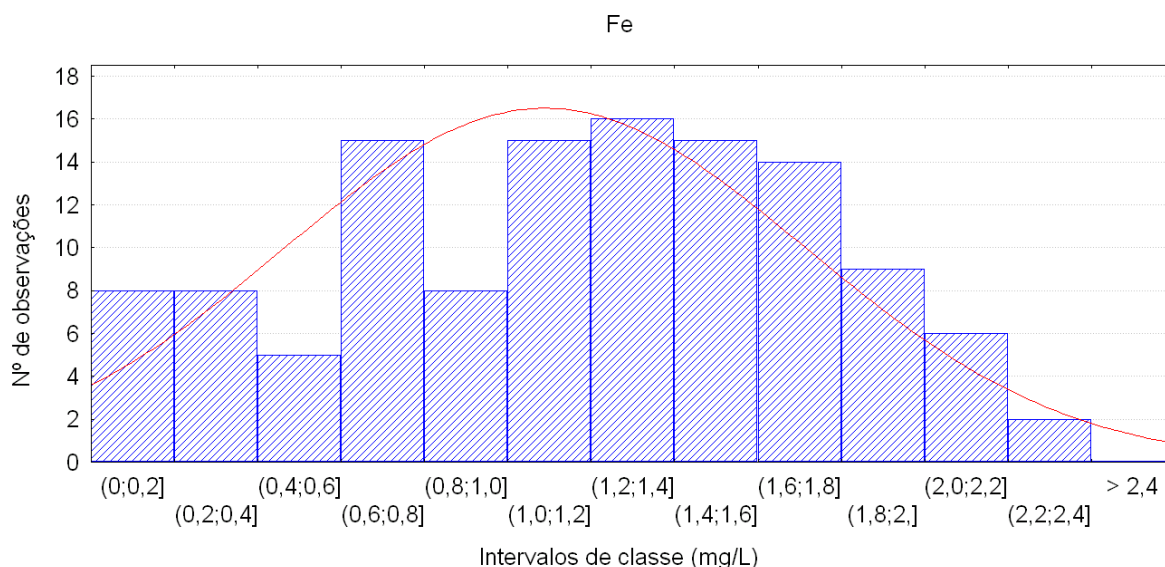
Figura 59 - Mapa geoquímico do Estrôncio nas águas do SASG na RSCP.



6.2.1.15 Ferro (Fe)

Os teores de Ferro das águas do SASG apresentaram uma média de 1,1 mg/L, com um mínimo de 0,04 mg/L, um máximo de 2,3 mg/L e um desvio padrão de 0,6 mg/L. Entre os intervalos de 0,6 e 2,0 mg/L encontram-se a maior frequência de ocorrência de ferro (Figura 60). Portanto, os valores médios de Fe estão acima do VMP determinado pela Portaria 518/2004 e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, para consumo humano, que é de 0,3 mg/L. Desta forma, a maioria dos poços apresentaram valores acima do permitido.

Figura 60 - Frequência dos valores de Fe das águas do SASG na RSCP.



Os maiores teores de Ferro ocorreram nos poços 3, 8, 22, 25, 41, 59, 62, 72, 92, 93, 110, 112, 117, 123, 124, 129, 131 e 136, quando comparados com a média encontrada nas águas do SASG, destacando o poço 117, que apresentou o maior valor encontrado de Fe nas águas do SASG (2,3 mg/L), localizado na área rural (Figura 61). Estes altos teores de Fe verificados nas águas do SASG podem estar relacionados à geologia da região, que é formada por rochas basálticas da Formação Serra Geral, constituídas essencialmente por plagioclásios e piroxênios. Estes últimos têm o ferro como principal constituinte. O revestimento de poços tubulares pode também ter incrementado os valores obtidos.

Sabendo-se que o excesso de Ferro pode causar, principalmente, doenças que afetam o sistema circulatório, neoplasias e doenças endócrinas,

nutricionais e metabólicas, ao se comparar a taxa de mortalidade específica das referidas doenças dos municípios da RSCP com os locais que apresentaram teores anômalos de Fe (Figura 61), tem-se as possíveis correlações entre alguns locais de maior incidência de morte por:

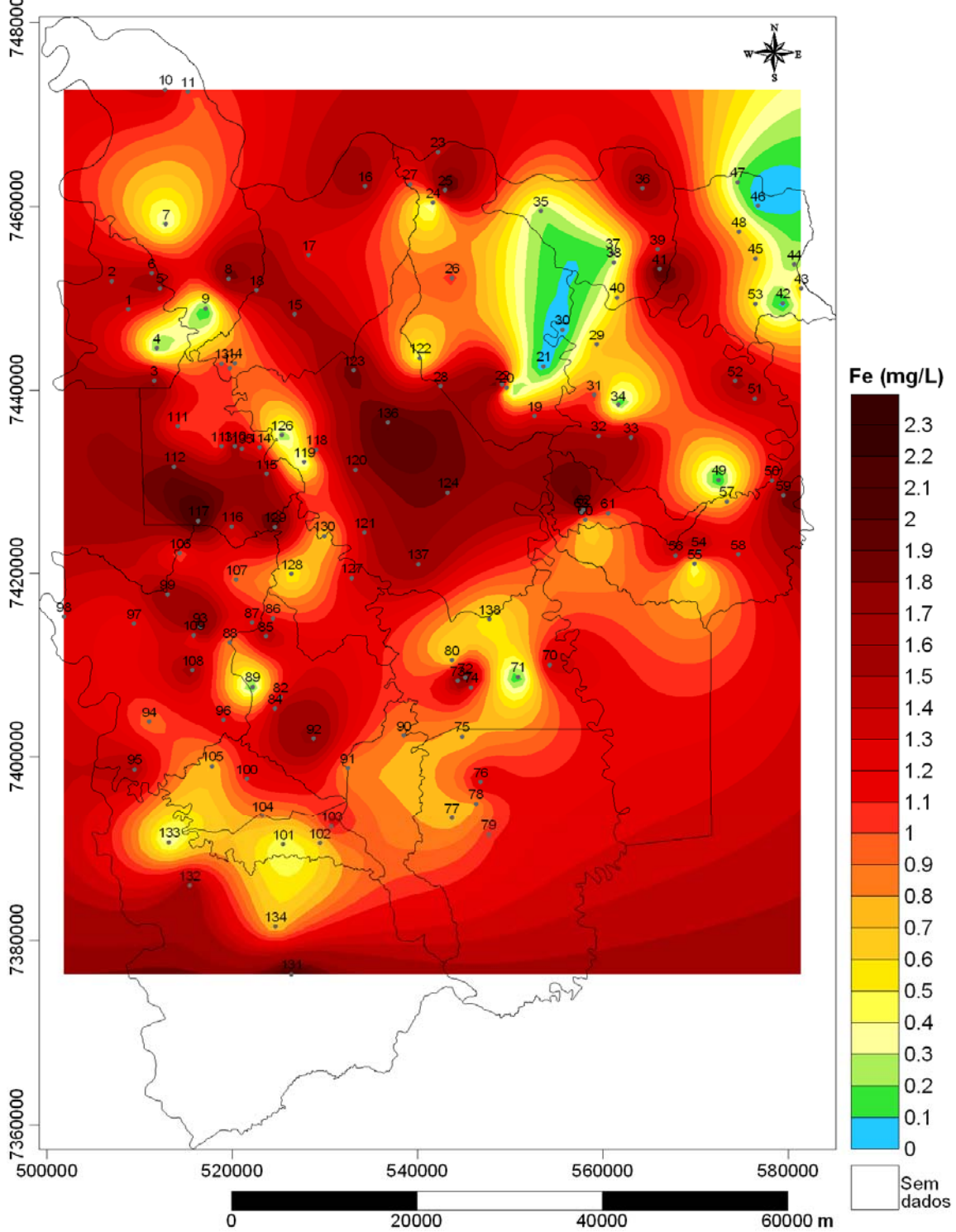
- doenças do aparelho circulatório (Figura 22) nos municípios de Abatiá, Santa Amélia, Sertaneja, Uraí, São Sebastião da Amoreira, Nova América da Colina, Nova Fátima, Itambaracá e Santa Mariana;

- neoplasias (Figura 24), nos municípios de Nova América da Colina, Itambaracá, Rancho Alegre, Santa Mariana, Uraí, Assaí, Abatiá e Sertaneja;

- doenças endócrinas nutricionais e metabólicas (Figura 26), nos municípios de Itambaracá, Sertaneja, Santa Mariana, Abatiá, Rancho Alegre e Uraí.

Os menores teores de Fe ocorreram nos poços 4, 7, 24, 35, 38, 46, 47, 55, 89, 122, 126 e 133 (Figura 61 e Apêndice 1).

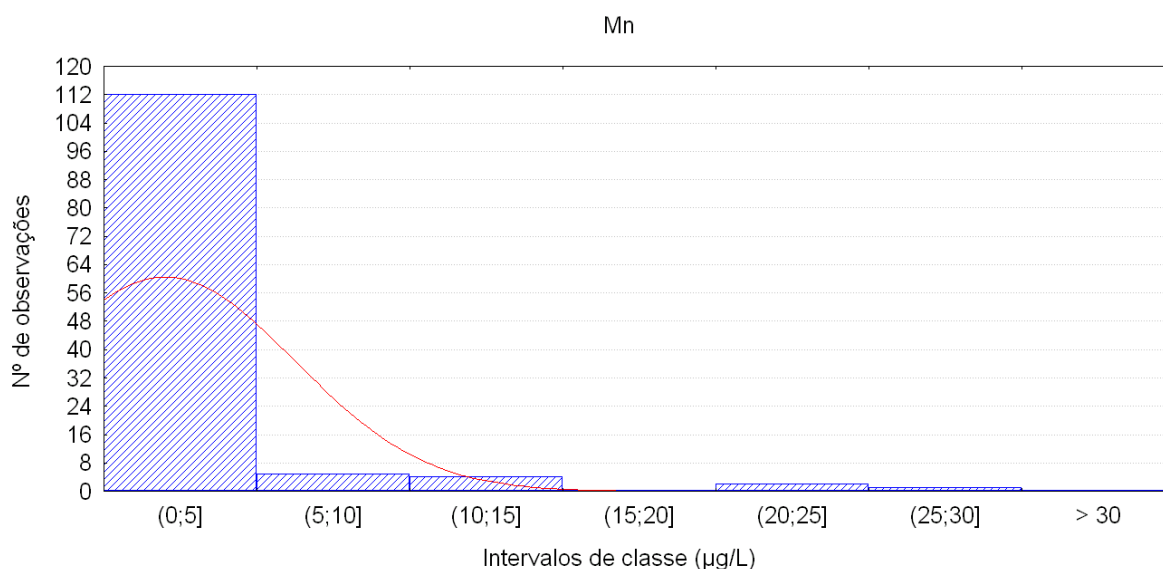
Figura 61 - Mapa geoquímico do ferro nas águas do SASG na RSCP



6.2.1.16 Manganês (Mn)

Os teores de Manganês das águas do SASG apresentaram uma média de 2 µg/L, com um mínimo de 0,1 µg/L, um máximo de 28,2 µg/L e um desvio padrão de 4,3 µg/L. Entre o intervalo de 0 e 5 µg/L encontra-se a maior frequência de ocorrência de Manganês (Figura 62). Os valores de Mn encontrados não ultrapassaram o VMP determinado pela Portaria 518/2004 e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, para consumo humano, que é de 100 µg/L.

Figura 62 - Frequência dos valores de Mn das águas do SASG na RSCP



Os maiores teores de Manganês ocorreram nos poços 3, 13, 50, 57, 59, 105, 112, 119, 127, 130, 131 quando comparados com a média encontrada nas águas do SASG, com destaque para o poço 13 que apresentou o maior valor de Mn verificado nas águas do SASG (28,2 µg/L), localizado na área rural (Figura 63). Como observado anteriormente, o poço 13 apresentou também o maior teor de cobre encontrado nas águas do SASG. Segundo Licht (2001, p. 117) a presença de Mn nas águas superficiais no Terceiro Planalto Paranaense é coerente com as rochas ígneas de filiação básica da Bacia do Paraná.

Sabendo-se que o excesso de Manganês pode causar, principalmente, Transtornos Mentais e Comportamentais e doenças que afetam o sistema nervoso, ao se comparar a taxa de mortalidade específica das referidas doenças dos municípios da RSCP com os locais que apresentaram teores anômalos

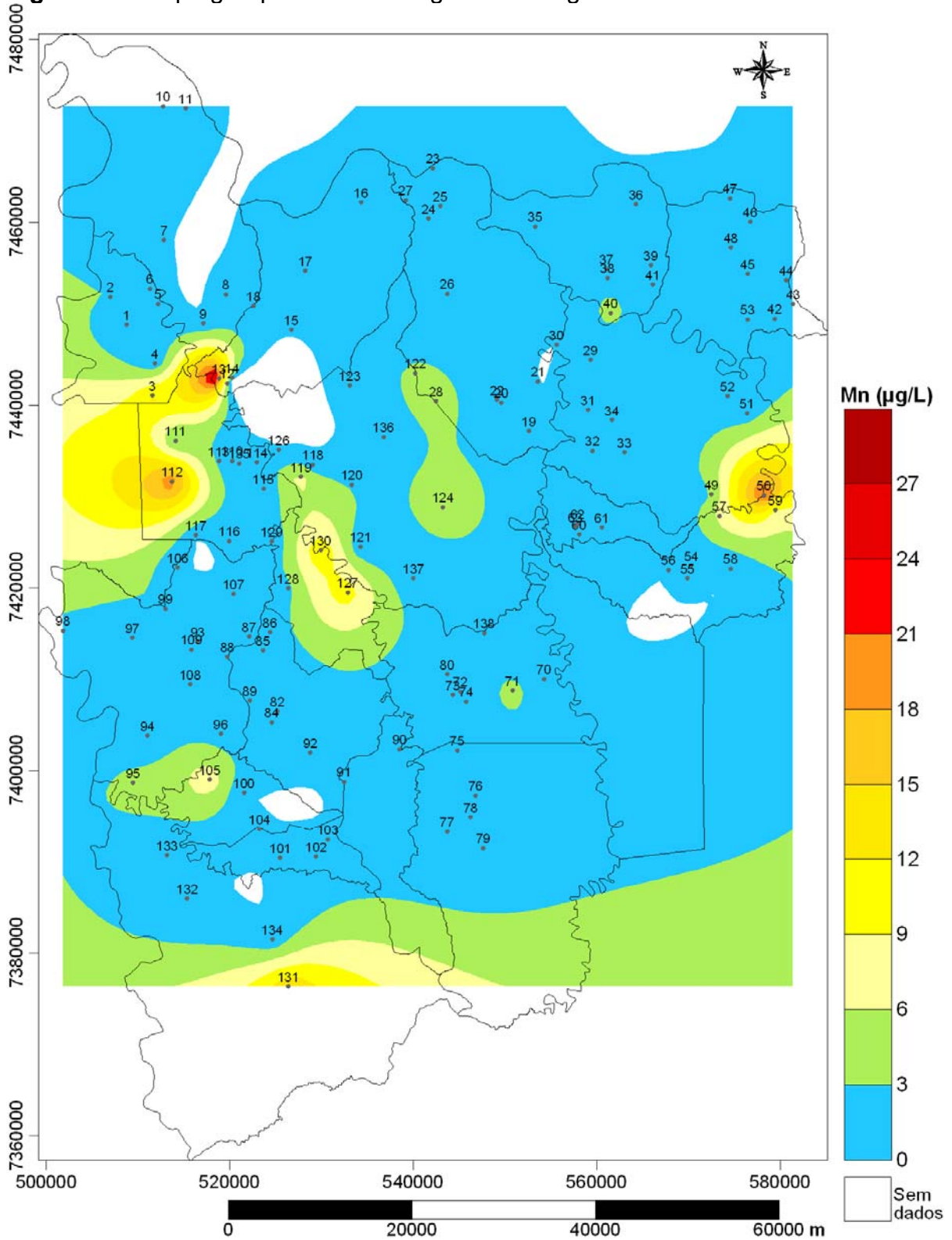
de Mn (Figura 63), tem-se as possíveis correlações entre alguns locais de maior incidência de morte por:

- transtornos mentais e comportamentais (Figura 29), nos municípios de Nova América da Colina e Leópolis;

- doenças do sistema nervoso (Figura 30), no município de Leópolis.

As menores concentrações de Manganês ocorreram nos poços 7, 19 e 33 (Apêndice 1).

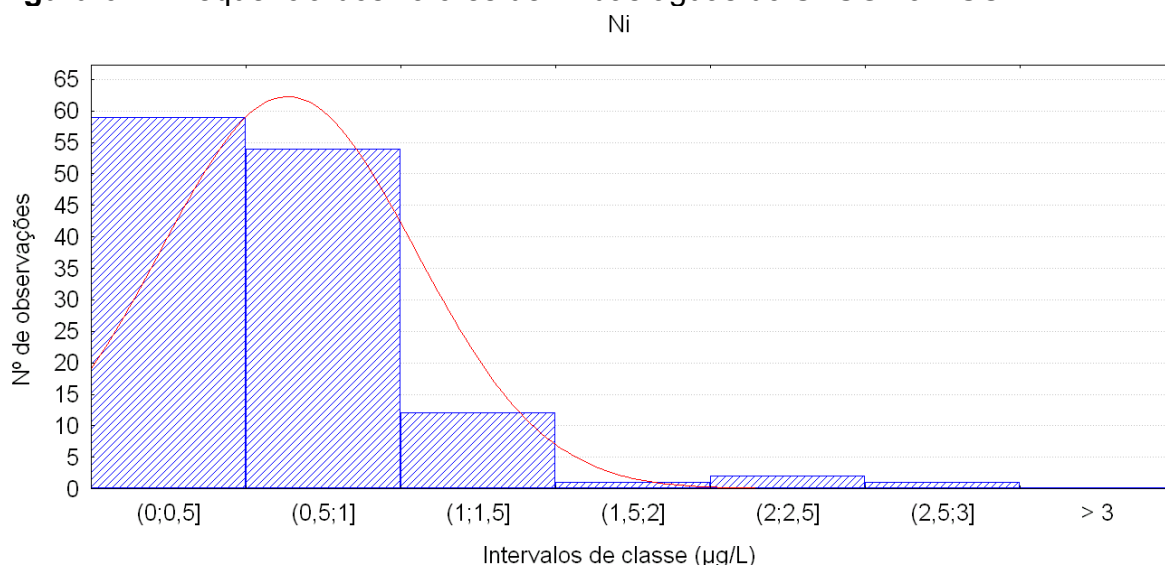
Figura 63 - Mapa geoquímico do Manganês nas águas do SASG na RSCP



6.2.1.17 Níquel (Ni)

Os teores de Níquel das águas do SASG apresentaram uma média de 0,64 $\mu\text{g/L}$, com um mínimo de 0,21 $\mu\text{g/L}$, um máximo de 2,9 $\mu\text{g/L}$ e um desvio padrão de 0,4 $\mu\text{g/L}$. Entre os intervalos de 0 e 1 $\mu\text{g/L}$ encontram-se a maior frequência de ocorrência de Níquel (Figura 64). Os valores de Ni encontrados não ultrapassaram o VMP determinado pela Resolução 396/2008 do CONAMA, para consumo humano, que é de 20 $\mu\text{g/L}$.

Figura 64 - Frequência dos valores de Ni das águas do SASG na RSCP



Os maiores teores de Níquel ocorreram nos poços 13, 61, 103, 112, e 117, quando comparados com a média encontrada nas águas do SASG, com destaque para o poço 103 que apresentou a maior concentração de Ni verificada nas águas do SASG (2,9 $\mu\text{g/L}$) [Figura 65].

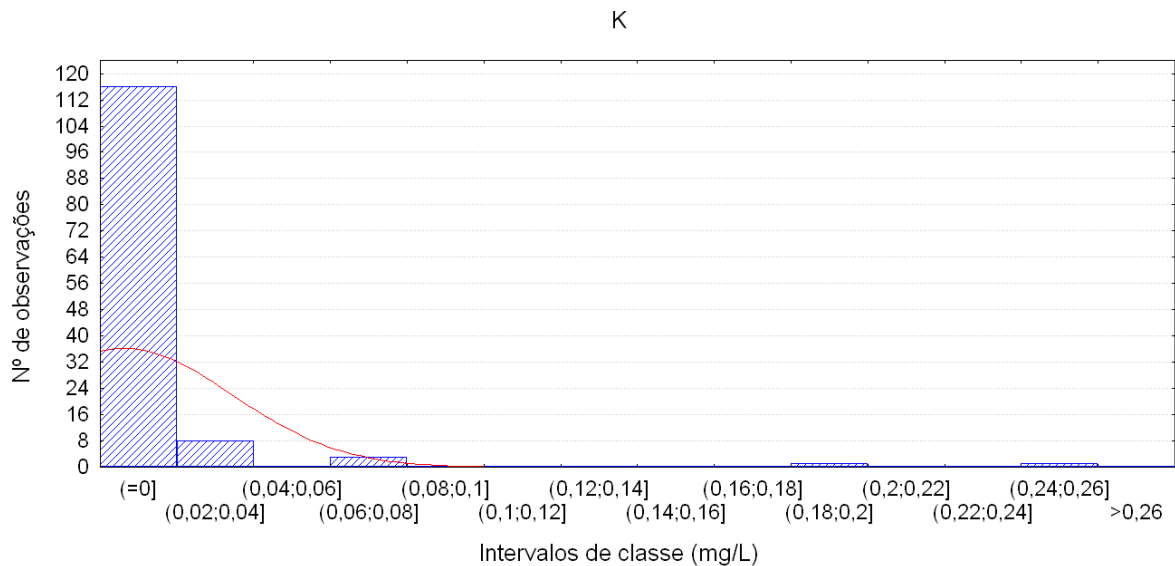
Sabendo-se que o excesso de Níquel pode causar, principalmente, doenças que afetam os sistemas respiratório e digestivo, e neoplasias, ao se comparar a taxa de mortalidade específica das referidas doenças dos municípios da RSCP com os locais que apresentaram teores anômalos de Ni (Figura 65), tem-se as possíveis correlações entre alguns locais de maior incidência de morte por:

- neoplasias (Figura 24), nos municípios de Nova Santa Bárbara, Uraí e Leopólis;

6.2.1.18 Potássio (K)

Na maior parte dos poços não foram detectados teores de potássio (Figura 66). Os teores de potássio encontrados nas águas do SASG apresentaram uma média de 0,06 mg/L, com um mínimo de 0,02 mg/L, um máximo de 0,24 mg/L e um desvio padrão de 0,06 mg/L. Como relatado anteriormente, tanto a Portaria 518, quanto a Resolução 396 de 2008 do CONAMA não estabeleceram um VMP nas águas subterrâneas de potássio.

Figura 66 - Frequência dos valores de K das águas do SASG na RSCP



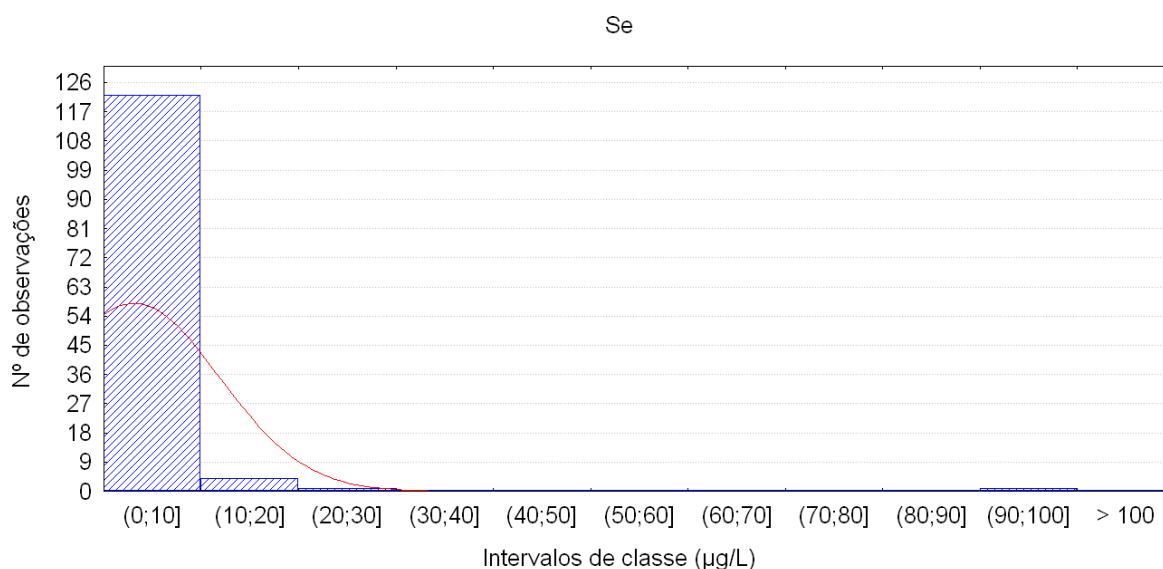
Os poços que apresentaram os maiores valores foram os poços 95 e 105, ambos na área rural, com destaque para o poço 95 que apresentou a maior concentração de potássio verificada nas águas do SASG (0,24 mg/L) [Apêndice 1].

Sabendo-se que o excesso de potássio pode causar, principalmente, doenças que afetam o sistema circulatório, ao se comparar a taxa de mortalidade específica por doenças do aparelho circulatório nos municípios da RSCP (Figura 22) com os locais com teores anômalos de potássio, verifica-se que pode haver uma correlação entre a incidência de morte por DAC em Santa Cecília do Pavão.

6.2.1.19 Selênio (Se)

Os teores de Selênio das águas do SASG apresentaram uma média de 3 µg/L, com um mínimo de 0,26 µg/L, um máximo de 94 µg/L e um desvio padrão de 8,8 µg/L. Entre o intervalo de 0 e 10 µg/L encontra-se a maior frequência de ocorrência de Selênio (Figura 67). Alguns poços apresentaram valores acima do VMP determinado pela Portaria 518/2004 e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, para consumo humano, que é de 10 µg/L (Figura 68).

Figura 67 - Frequência dos valores de Se das águas do SASG na RSCP

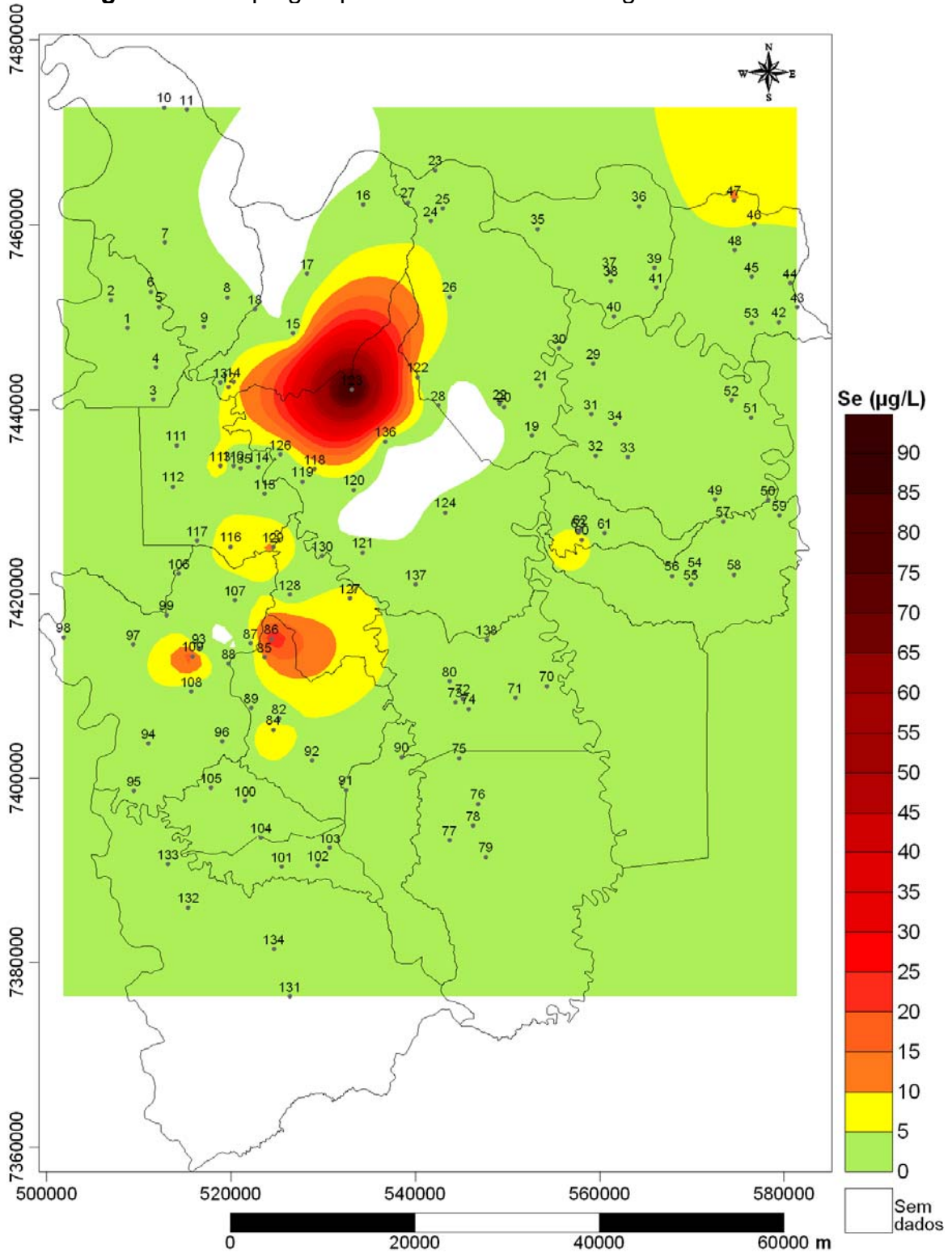


Os maiores teores de Selênio ocorreram nos poços 47, 85, 86, 109, 123 e 129, quando comparados com a média encontrada nas águas do SASG, destacando que o poço 123, localizado na área rural, foi o que apresentou a maior concentração de Se verificada nas águas do SASG (94 µg/L), valor este nove vezes acima do permitido, podendo causar problemas na saúde da população que utiliza esta água para abastecimento (Figura 68).

Sabendo-se que o excesso de Selênio pode causar, principalmente, doenças do sistema nervoso, ao se comparar a taxa de mortalidade específica da referida doença nos municípios da RSCP (Figura 30) com os locais com teores anômalos de Selênio, verifica-se que pode haver uma correlação entre alguns locais de maior incidência de morte por DSN nos municípios de Cornélio Procópio e São Sebastião da Amoreira.

Os menores teores de Se ocorreram nos poços 20, 34, 56, 59, 77, 90, 130 e 134 (Apêndice 1).

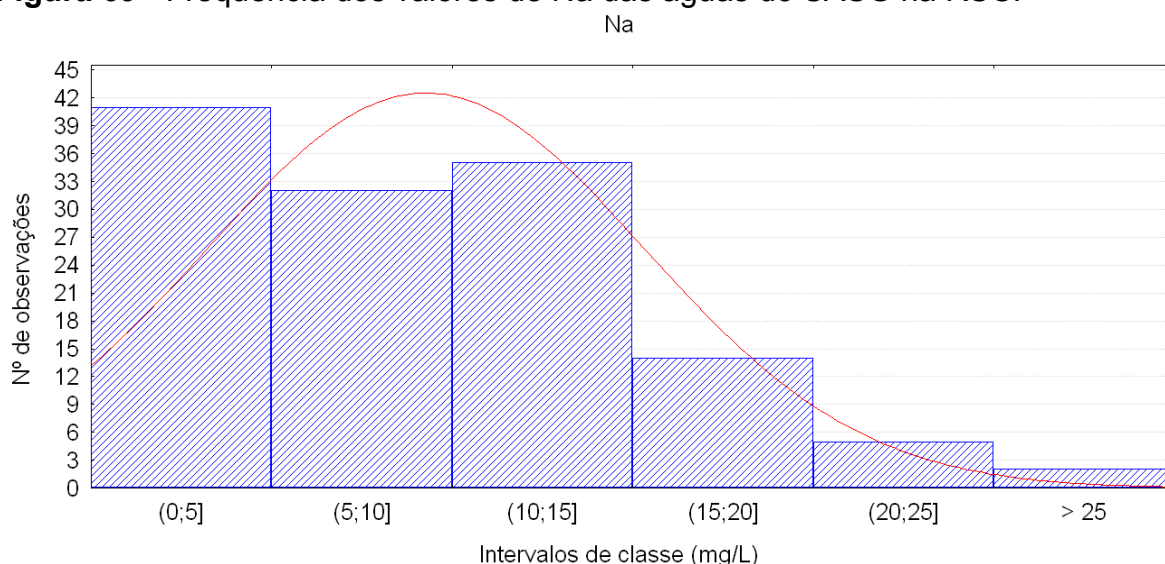
Figura 68 - Mapa geoquímico do Selênio nas águas do SASG na RSCP.



6.2.1.20 Sódio (Na)

Os teores de Sódio das águas do SASG apresentaram uma média de 9,3 mg/L, com um mínimo de 0,7 mg/L, um máximo de 27 mg/L e um desvio padrão de 6,1 mg/L. Entre os intervalos de 0 e 15 mg/L encontram-se a maior frequência de ocorrência de Sódio (Figura 69). Os valores de Na encontrados não ultrapassaram o VMP determinado pela Portaria 518/2004 e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, para consumo humano, que é de 200 mg/L.

Figura 69 - Frequência dos valores de Na das águas do SASG na RSCP

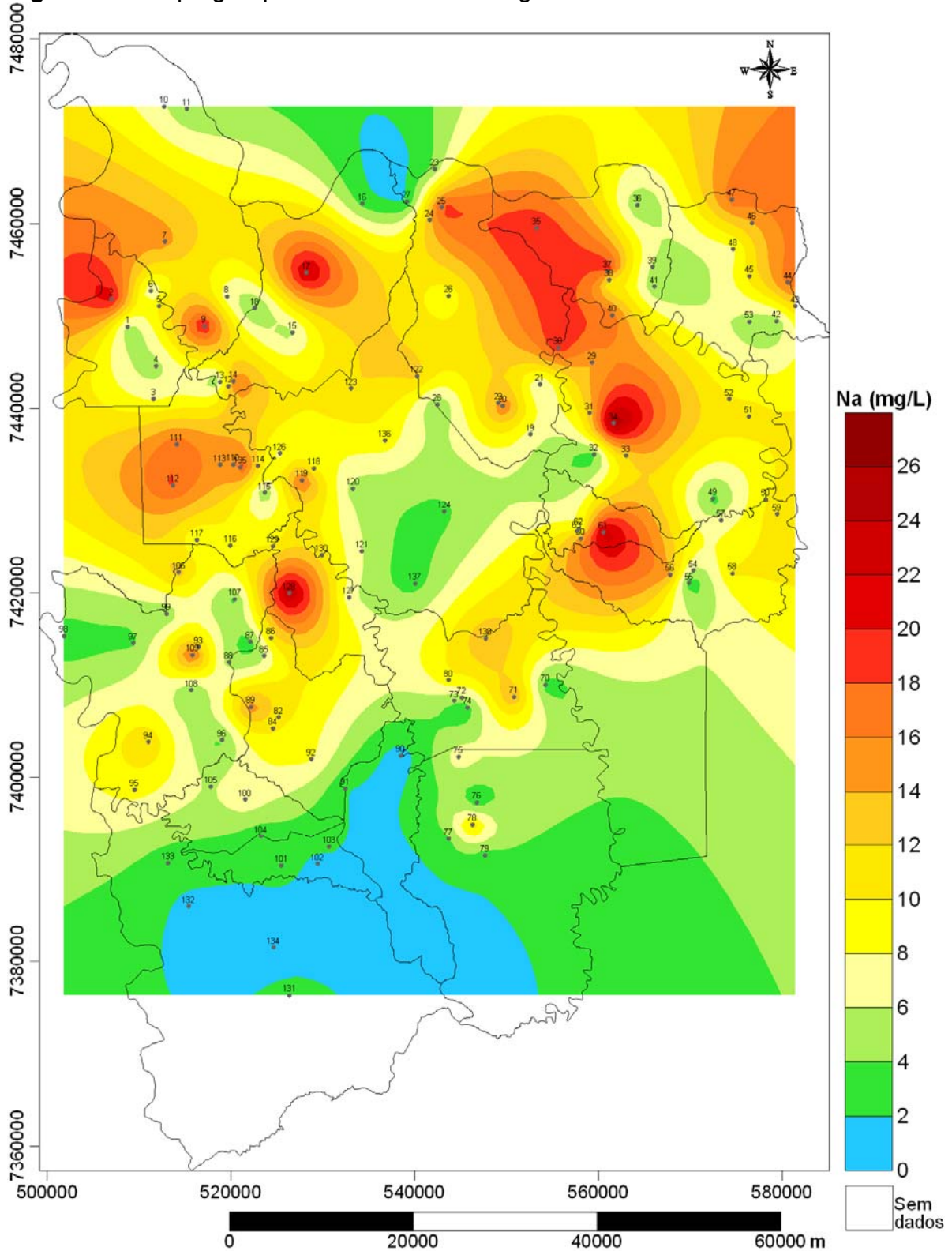


Os maiores teores de Na ocorreram nos poços 2, 9, 17, 25, 30, 34, 35, 37, 40, 44, 47, 61, 109, 111, 112, 119, 128 e 135, quando comparados com a média encontrada nas águas do SASG, com destaque para o poço 34 que apresentou o maior teor de sódio verificado nas águas do SASG (27 mg/L) [Figura 70].

Sabendo-se que o excesso de Sódio pode causar e contribuir para o agravamento das doenças do aparelho circulatório, ao se comparar a taxa de mortalidade específica da referida doença nos municípios da RSCP (Figura 22) com os locais com teores anômalos de Sódio, verifica-se que pode haver uma correlação entre alguns locais de maior incidência de morte por DAC nos municípios de Bandeirantes, Santa Amélia, Sertaneja, Andirá, Uraí, Nova América da Colina, Itambaracá, Santa Mariana e Leópolis.

Os menores teores de Sódio ocorreram nos poços 27, 90, 102, 132 e 134 (Apêndice 1).

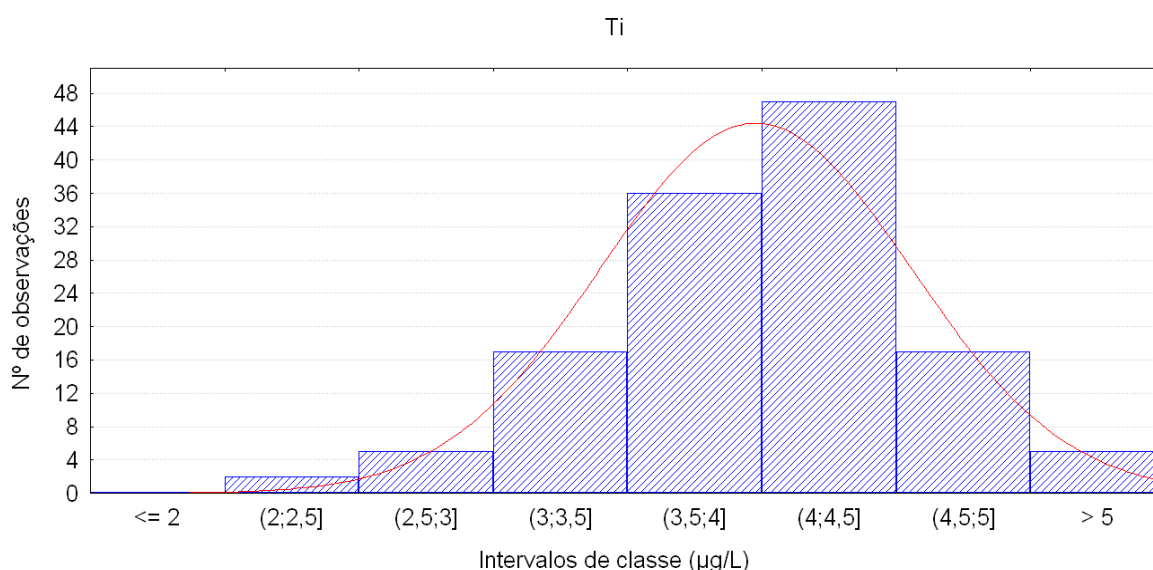
Figura 70 - Mapa geoquímico do Sódio nas águas do SASG na RSCP



6.2.1.21 Titânio (Ti)

Os teores de Titânio das águas do SASG apresentaram uma média de 4,0 µg/L, com um mínimo de 2,2 µg/L, um máximo de 5,1 µg/L e um desvio padrão de 0,6 µg/L. Entre os intervalos de 3,0 e 5,0 µg/L encontram-se a maior frequência de ocorrência de Titânio (Figura 71). Como relatado anteriormente, não há um VMP de Ti nas águas subterrâneas determinado pela legislação brasileira.

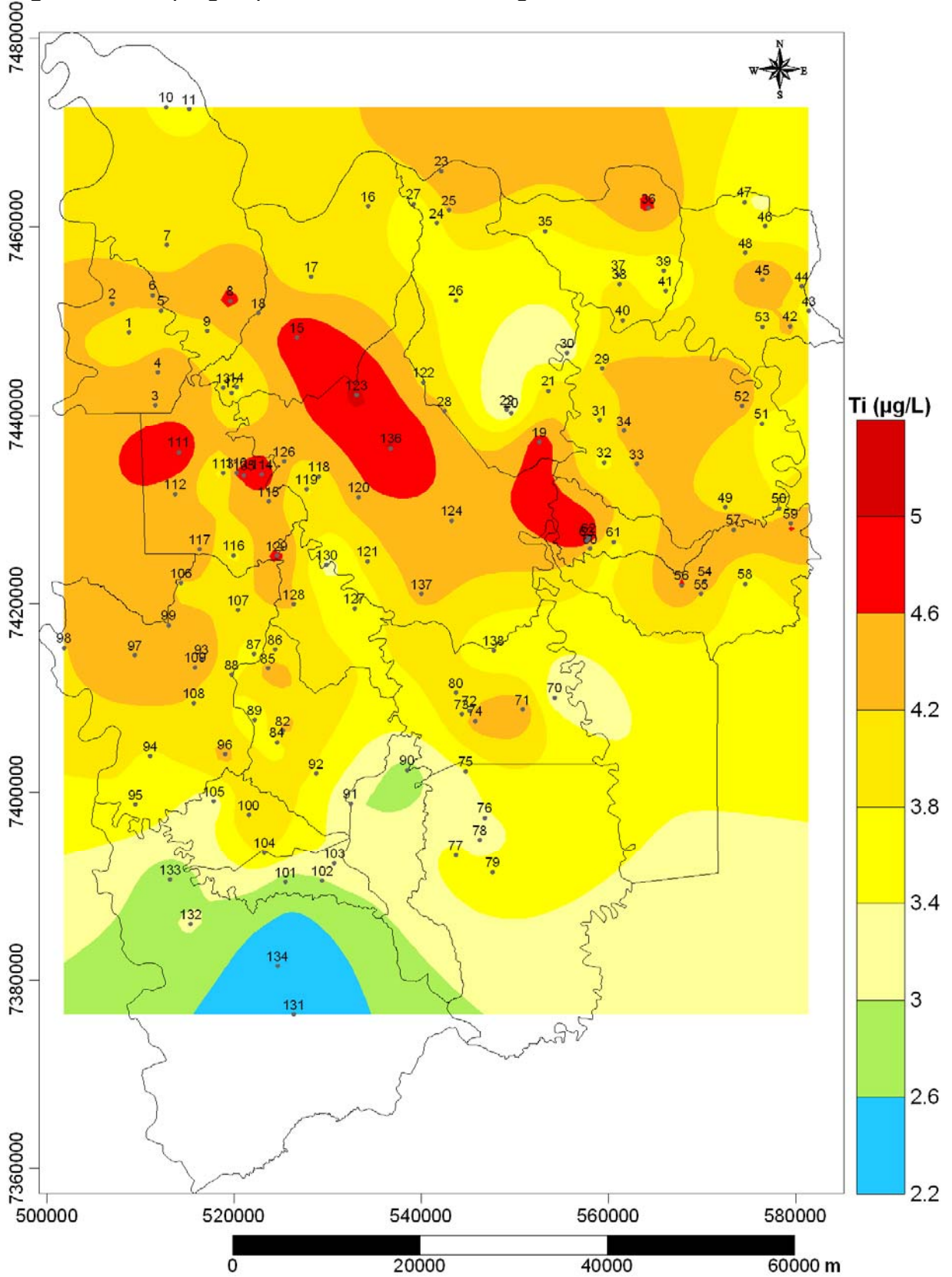
Figura 71 - Frequência dos valores de Ti das águas do SASG na RSCP.



Os maiores teores de Titânio ocorreram nos poços 8, 15, 19, 36, 62, 63, 111, 114, 123, 129 e 136, quando comparados com a média encontrada nas águas do SASG. Os menores teores de Ti ocorreram nos poços 131 e 134, (Figura 72).

Sabendo-se que o Titânio pode causar neoplasias, ao se comparar a taxa de mortalidade específica da referida doença nos municípios da RSCP (Figura 24) com os locais com teores anômalos de Titânio, verifica-se que pode haver uma correlação entre alguns locais de maior incidência de morte por neoplasias nos municípios de Uraí e Leopólis.

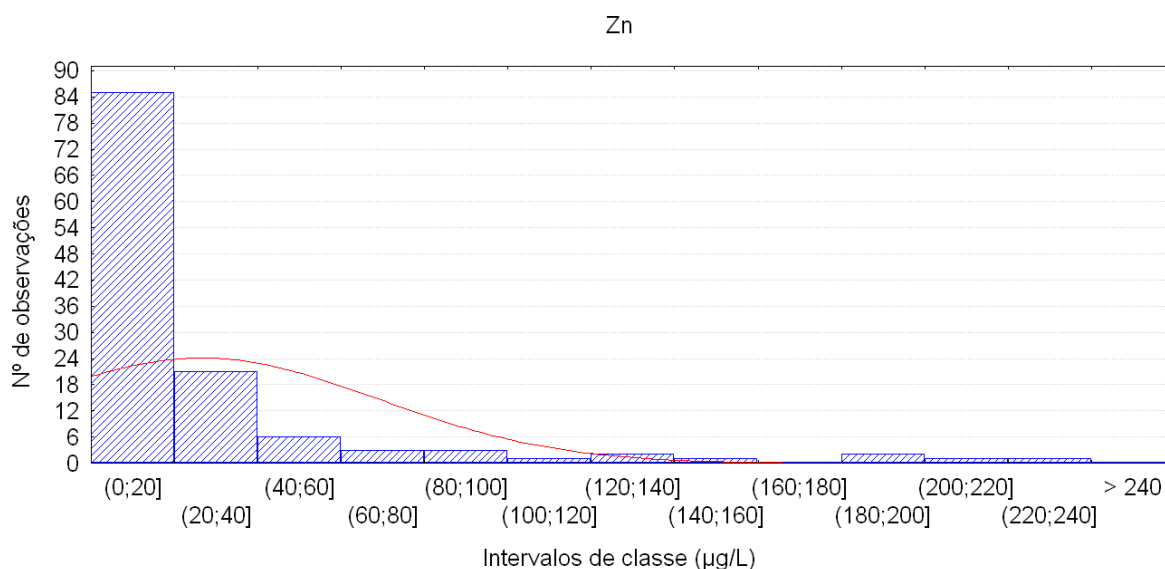
Figura 72 - Mapa geoquímico do Titânio nas águas do SASG na RSCP



6.2.1.22 Zinco (Zn)

Os teores de Zinco das águas do SASG apresentaram uma média de 26,5 µg/L, com um mínimo de 1,1 µg/L, um máximo de 231 µg/L e um desvio padrão de 43 µg/L. Entre o intervalo de 0 e 20 µg/L encontra-se a maior frequência de ocorrência de Zinco (Figuras 73 e 74). Os valores de Zn encontrados não ultrapassaram o VMP determinado pela Portaria 518/2004 e pela Resolução 396/2008 do CONAMA, para consumo humano, que é de 5000 µg/L.

Figura 73 - Frequência dos valores de Zn.

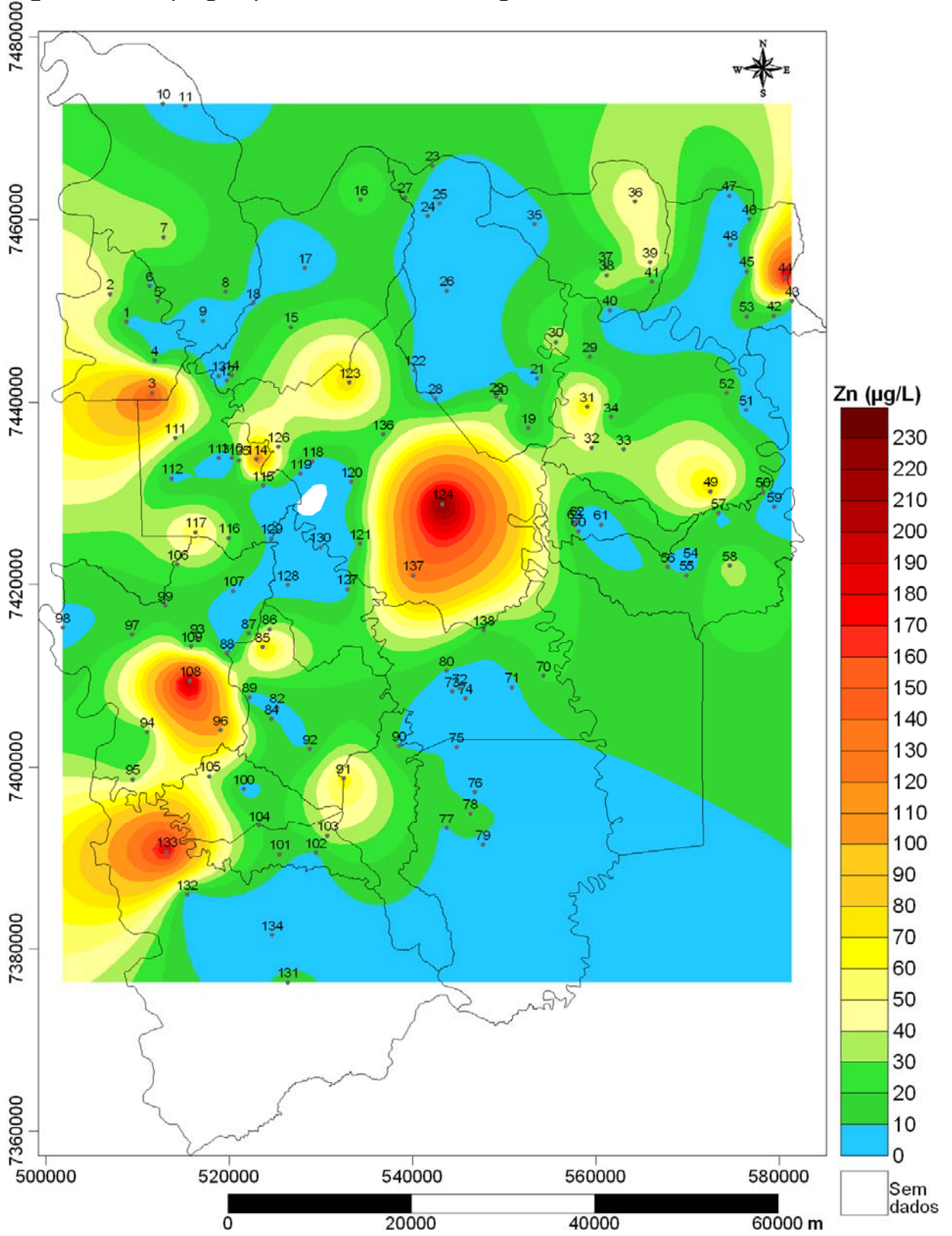


Os maiores teores de Zinco ocorreram nos poços 3, 44, 96, 108, 114, 124, 133 e 137, quando comparados com a média encontrada nas águas do SASG, com destaque para o poço 124, que apresentou o maior teor de Zn verificado nas águas do SASG (231 µg/L) [Figura 74].

Sabendo-se que o excesso de Zinco pode causar doenças do aparelho digestivo, ao se comparar a taxa de mortalidade específica da referida doença nos municípios da RSCP (Figura 27) com os locais com teores anômalos de Zinco, verifica-se que pode haver uma correlação entre alguns locais de maior incidência de morte por DAD nos municípios de Uraí, Rancho Alegre e São Jerônimo da Serra.

Os menores valores de Zinco ocorreram nos poços 9, 24, 25 e 59 (Figura 74 e Apêndice 1).

Figura 74 - Mapa geoquímico do Zinco nas águas do SASG na RSCP



7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As imbricadas relações entre saúde e ambiente, de diferentes escalas temporais e espaciais, exigem um olhar integrado dessa complexidade. Neste sentido, visto que as águas, o solo e também a vegetação, refletem as composições das rochas, não há dúvida que a situação, o estado ou o perfil de saúde de uma população é uma manifestação dos lugares, resultando em padrões de distribuição geográfica na incidência de muitas doenças. Na água há elementos químicos essenciais como também prejudiciais à saúde humana. Assim, a água exerce papel fundamental no metabolismo e nas funções humanas.

Dessa forma, a Geografia da Saúde é de suma importância para o entendimento da relação saúde e ambiente, pois busca a identificação e a análise de padrões de distribuição espacial de doenças, mostrando a importância do meio geográfico no aparecimento e distribuição de uma determinada doença. Outra contribuição advém da Geologia Médica, que através da Geoquímica, realiza uma correlação entre a presença de certos elementos químicos nas águas com a saúde da população, identificando possíveis regiões com anomalias geoquímicas, causadas tanto por características naturais do meio como por ações antrópicas.

A partir dos dados de saúde da Regional de Saúde de Cornélio Procopio (RSCP), pode-se verificar, por meio de vários mapas, a distribuição espacial das principais enfermidades que causam morte na população dos municípios da área de estudo, ficando assim definidas as principais causas de morte em cada município. No geral, as doenças que causam maior número de óbitos na RSCP são as doenças que afetam o sistema circulatório e as neoplasias. Verificou-se que houve um aumento das taxas de mortalidade específica das referidas doenças, comparando-se os anos de 2000 e 2010. Ressalta-se que, estas taxas do ano de 2010 estão superiores as taxas do Brasil e do Paraná. Depois das doenças circulatórias e neoplasias, as doenças que apresentam as maiores taxas de mortalidade nos municípios da RSCP em 2010, a saber são: doenças do aparelho respiratório, doenças endócrinas nutricionais e metabólicas, doenças do aparelho digestivo, algumas doenças infecciosas e parasitárias, transtornos mentais e comportamentais e doenças do sistema nervoso. Constata-se que quase todos os municípios da RSCP demonstram taxas de mortalidade superiores às taxas do Brasil

e Paraná. Destacam-se os municípios de Nova América da Colina, Leopólis, Nova Fátima, Santa Mariana e Congoinhas.

Por meio da caracterização da composição química das águas do Sistema Aquífero Serra Geral (SASG), pode-se observar variações na distribuição dos elementos químicos na RSCP, apresentando locais com teores de determinados elementos acima do convencional para a região. Estes mostram coincidência espacial com taxas de mortalidade de alguns municípios. Vale ressaltar que, cerca de 65% da população na RSCP se abastece desse manancial.

As águas do SASG de alguns poços apresentaram valores de pH, Ferro e Selênio, acima do permitido pela legislação, CONAMA/2008 e BRASIL/2004, nos municípios da RSCP. Verificam-se possíveis correlações entre os locais com teores anômalos de Ferro com localidades com maior índice de mortalidade por doenças que podem ser causadas pelo excesso de Ferro, a saber, doenças que afetam o sistema circulatório, neoplasias e doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas. Constata-se também possíveis correlações entre os locais com teores anômalos de Selênio, com aqueles de maior incidência de morte por doenças que podem ser causadas quando excessivo, a saber, doenças do sistema nervoso.

Os elementos químicos Arsênio e Chumbo apresentaram valores próximos do valor máximo permitido pela legislação vigente, o que serve de alerta futuro. Mesmo não ultrapassando o VMP, verificou-se que estes locais possuem possíveis correlações com localidades de maior incidência de morte por doenças do aparelho circulatório, respiratório, digestivo, transtornos mentais e comportamentais, neoplasias e doenças do sistema nervoso. Portanto, a maioria dos resultados hidrogeoquímicos das águas do SASG na RSCP, estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação brasileira para consumo humano. Contudo, mesmo o restante dos elementos apresentando concentrações baixas, há que se considerar o tempo de exposição, a capacidade de assimilação, a presença de outros metais, a idade e o estado corpóreo das pessoas expostas.

Com relação à origem dos teores anômalos dos elementos químicos encontrados nas águas do SASG na RSCP, pode-se dizer, de forma preliminar, que alguns teores anômalos são provenientes de características naturais do meio e outros de ações antrópicas, ou, ainda, as duas causas em conjunto. Como identificado no caso do Ferro.

Com estes resultados sobre os teores anômalos de determinados elementos químicos, pode-se propor o monitoramento do SASG, a curto e a longo prazo, orientando a vigilância sanitária de cada município, bem como aos responsáveis pelos poços que abastecem a população.

Devido as possíveis correlações obtidas, torna-se necessário o aprofundamento destes estudos na RSCP, visando sempre o planejamento e monitoramento ambiental e a minimização dos impactos ambientais sobre a saúde humana e animal.

REFERÊNCIAS

APHA. – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. **American Public Health Association**. 21ª edição, 2005.

ARAUJO, Paulo R. de. **Interação Hidrogeoquímica e Geografia da Saúde na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Lindóia, Zona Norte de Londrina - PR**. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) Universidade Estadual de Londrina, 2006.

AUGUSTO, Lia G. da S. **Teoria e Prática na Ação do Sanitarista: a questão da saúde e do meio ambiente**. Cadernos Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, 13 (1): 9 - 26, 2005.

AUGUSTO, Lia G. da S. et. al. Saúde e Ambiente: uma reflexão da Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva - ABRASCO. **Revista Brasileira Epidemiologia** 6 (2), 2003.

BARCELLOS, Christovam; MACHADO, Jorge 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.

BENETTI, Antonio; BIDONE, Francisco. O Meio Ambiente e os Recursos Hídricos. In: TUCCI, Carlos E. M. (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3. ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2004.

BHERING, S. B.; SANTOS, H. G. dos (Ed.). **Mapa de solos Estado do Paraná: legenda atualizada**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Colombo: Embrapa Florestas; Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 2008.

BITTENCOURT & TUBBS FILHO, 2007, p. 316. In: **Prospecção geoquímica**. CPRM, 2007.

BOGNOLA, Itamar. et al. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos da Região Centro-Leste do Estado do Paraná (área 10)**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2002, p.56-74.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 396. **Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências**. Diário Oficial da União (DOU), 7 de abril de 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Sistema de informações sobre mortalidade (SIM)**. 2011. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br>>.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Saúde Brasil 2008: 20 anos de Sistema Único de Saúde no Brasil**. Brasília: Ministério da Saúde, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Instituto Nacional de Câncer. Secretaria de Vigilância em Saúde. **A situação do câncer no Brasil**. Rio de Janeiro: INCA, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 518. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. De 25 março de 2005. Disponível em: <<http://portal.saude.gov.br>>. Acessado em: 25 fev. 2010.

BUCHMANN FILHO, Antonio C. et al. Aspectos da química da água subterrânea da Formação Serra Geral no âmbito da bacia hidrográfica do rio Piquiri – PR. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2002. **Anais...** Florianópolis: ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2002. Cd-rom.

CAVIGLIONE, João Henrique; KIIHL, Laura Regina Bernardes; CARAMORI, Paulo Henrique; OLIVEIRA, Dalziza. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=595>>. Acesso em: 30 maio 2012.

CELLIGOI, André. **Recursos Hídricos Subterrâneos da Formação Serra Geral em Londrina – PR**. 1993. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CHASIN, Alice A. da M.; CARDOSO, Luisa M. N. Cádmiu. In: AZEVEDO, Fausto A. de; CHASIN, Alice A. da M. (Ed.). **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu, 2003.

CHOUDHURI, A. **Geoquímica pra Graduação**. Campinas, SP: Ed. da UNICAMP, 1997.

COIMBRA, J. S. Caracterização Geomorfológica. In: STIPP, Nilza A. F. (org). **Sociedade, natureza e meio ambiente no Norte do Paraná: a porção inferior da Bacia hidrográfica do rio Tibagi-PR**. Londrina: Ed. da UEL, 2000.

COMBS JÚNIOR, Gerald F. Geological Impacts on Nutrition. In: SELINUS, Olle. Et al. (editores). **Essentials of Medical Geology: Impacts of the Natural Environment on Public Health**. USA: Elsevier Academic Press, 2005.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS - CPRM. **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil**: Sistema de Informações Geográficas e Mapas na Escala 1:2.500.000. Brasília: CPRM, 2001. 4 CD-Rom.

COSTA, Maria da C. N.; TEIXEIRA, Maria da G. L. C. A concepção de "espaço" na investigação epidemiológica. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 15 (2), Apr./June, 1999.

CORTECCI, Gianni. **Geologia e Saúde**. Bologna: Università degli Studi di Bologna – Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico – Ambientale. Tradução Wilson

Scarpelli. São Paulo, 2003. Disponível em: <www.cprm.gov.br>. Acessado em: 20 fev. 2012.

Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. **Geologia do Brasil**. Brasília, 1984.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006.

FERREIRA, Marcelo U. Epidemiologia e geografia: o complexo patogênico de Max. Sorre. **Cadernos de Saúde Pública** 7 (3), Rio de Janeiro July/Sept., 1991.

FRANÇA, Valmir De. O rio Tibagi no contexto hidrogeográfico paranaense. In: MEDRI, Moacyr E. et al (Editores). **A Bacia do Rio Tibagi**. Londrina: 2002.

FREITAS, Carlos M. de. **Problemas ambientais, saúde coletiva e ciências sociais**. Rio de Janeiro: Ciência & Saúde Coletiva, 8 (1): p?, 2003.

FREITAS, Carlos M. de; PORTO, Marcelo F. **Saúde, Ambiente e Sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2006.

GORODNER, Jorge O. **Salud y Medio Ambiente (editorial)**. Revista de La Asociación Médica Argentina, 2/2004.

GUERRA, A.T. **Novo Dicionário Geológico - Geomorfológico**. 2 ed. Editora Bertrand Brasil. Rio de Janeiro: 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sinopse do Censo Demográfico – 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse.pdf>>. Acessado em: 20 nov. 2011.

Instituto Nacional de Câncer - INCA. Ministério da Saúde. Coordenação de Prevenção e Vigilância. **Vigilância do câncer relacionado ao trabalho e ao ambiente**. 2 ed. Rio de Janeiro: INCA, 2010.

Instituto Nacional do Câncer - INCA. Ministério da Saúde. **Estimativa 2010: incidência de câncer no Brasil**. Rio de Janeiro: INCA, 2009.

Instituto Nacional do Câncer - INCA. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde, Coordenação de Prevenção e Vigilância. **Inquérito domiciliar sobre comportamentos de risco e morbidade referida de doenças e agravos não-transmissíveis: Brasil, 15 capitais e Distrito Federal, 2002-2003**. Rio de Janeiro: INCA, 2004.

INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS – ITCG. **Bacias Hidrográficas - Estado do Paraná**. Escala 1:2.000.000. ITCG, 2010.

_____. **Divisas Municipais**. Escala 1:1.000.000. ITCG, 2008.

_____. **Geomorfologia - Estado do Paraná**. Escala 1:2.000.000. ITCG, 2008.

- _____. **Hidrografia**. Escala 1:250.000. ITCG, 2008.
- _____. **Solos - Estado do Paraná**. Escala 1:2.000.000. ITCG, 2008.
- _____. **Unidades Aquíferas - Estado do Paraná**. Escala 1:2.000.000. ITCG, 2008.
- _____. **Unidades Geológicas - Estado do Paraná** . Escala 1:2.000.000. ITCG, 2008.
- JACOMINI, Paulo. K. T. **A nova classificação brasileira de solos**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica. Recife: v.5 e 6, p.161-179, 2008-2009.
- LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: Editora UNESP, 2003.
- LEMOS, Jureth C.; LIMA, Samuel do C. **A Geografia Médica e as Doenças infecto-Parasitárias**. **Revista Caminhos de Geografia** 3(6), jun/ 2002.
- LICHT, Otavio. Et al. Levantamento Geoquímico Multielementar de Baixa Densidade no Estado do Paraná. **A Terra em Revista**, n.3, p.34-46, 1997.
- LICHT, Otavio A. B. **Prospecção Geoquímica: Princípios, Técnicas e Métodos**. Rio de Janeiro: CPRM, 1998.
- . **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**. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Paraná, 2001, 236p.
- LIMA, Irene V. de. Ferro. In: AZEVEDO, Fausto A. de; CHASIN, Alice A. da M. (Ed.). **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu, 2003.
- LIN, Nian-Feng; TANG, Jie; BIAN, Jian-Min. **O ambiente geoquímico e os problemas de saúde na China**. (Tradução: Carlos Alberto C. Lins). *Environmental Geochemistry and Health* 26: 81-88, 2004. Disponível em: www.cprm.gov.br. Acessado em: 20 fev. 2007.
- MAACK, Reinhard. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba/Rio de Janeiro: 2 ed. J. Olympio/Secretaria da Cultura e do Esporte do Governo do Estado do Paraná, 1981.
- MANOEL FILHO, João. Ocorrência das Águas Subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M. (Coord.). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997.
- MARTINS, Isarita. Manganês. In: AZEVEDO, Fausto A. de; CHASIN, Alice A. da M. (Ed.). **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu, 2003.

MARTINS JR, José C. G.; PINESE, J.P.P. Meio ambiente e saúde coletiva: abordagens em geologia médica. In: CARVALHO, Márcia S. **Geografia, meio ambiente e desenvolvimento**. Londrina: a Autora, 2003.

MEADE, Melinda S.; EARICKSON, Robert J. **Medical Geography**. 2. ed. New York: Guilford Press, 2000.

MELFI, A. J.; PICCIRILLO, E. M.; NARDY, A. J. R. Geological and magmatic aspects of the Paraná Basin - an introduction. In: **The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: Petrogenetic and geophysical aspects**. PICCIRILLO, E. M. & MELFI, A. J. (Eds), São Paulo, IAG-USP, 1988, p.1-13.

MENDES, Ester A. A. et al. Mananciais Subterrâneos no Estado do Paraná. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2002. **Anais...** Florianópolis: ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2002. Cd-rom.

MENDONÇA, Francisco de A. A Tipologia Climática: gênese, características e tendências. In: STIPP, N. F. (org). **Macrozoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi (PR)**. Ed. da UEL, Londrina, 2000a.

MENDONÇA, Francisco de A. Caracterização Climática. In: STIPP, N. F. (org). **Sociedade, Natureza e Meio Ambiente no Norte do Paraná**. A porção inferior da Bacia do Rio Tibagi. Londrina: Ed. UEL, 2000b, 259p.

MENDONÇA, Francisco de A.; DANNI-OLIVEIRA, Inês M. Dinâmica atmosférica e tipos climáticos predominantes da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, Moacyr E. et al (Editores). **A Bacia do Rio Tibagi**. Londrina: 2002.

MINAYO, Maria C. de S. Editorial. Rio de Janeiro: **Ciência & Saúde Coletiva** 7 (2), 2002.

MINERAIS DO PARANÁ S.A - MINEROPAR. **Atlas Geoquímico do Estado do Paraná**. Curitiba, 80p., 2001.

MINERAIS DO PARANÁ S.A – MINEROPAR. **Atlas Geomorfológico do Estado do Paraná. Escala Base 1:250.000**. Modelos Reduzidos 1:500.000. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2006.

MINERAIS DO PARANÁ S.A – MINEROPAR. **Geoquímica de solo – Horizonte B: Relatório final de projeto**. Curitiba: Mineropar, 2005.

OLIVEIRA, Adriana P. de. **Determinação de Cu, Zn e Se em soro humano por ICP-MS**. Revista Analytica, nº25, out/nov, 2006, p.76-83. Disponível em: <www.revistaanalytica.com.br/ed_anteriores/25.art05.pdf>. Acesso em: 5 maio de 2010.

OLIVEIRA, Janaína P. de. Níquel. In: AZEVEDO, Fausto A. de; CHASIN, Alice A. da M. (Ed.). **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu, 2003.

OMS - Organização Mundial da Saúde. **Elementos traço na nutrição e saúde humanas**. Tradução Andréa Favano. São Paulo: Roca, 1998.

PAOLIELO, Mônica M. B.; DE CAPITANI, Eduardo M. De. Chumbo. In: AZEVEDO, Fausto A. de; CHASIN, Alice A. da M. (Ed.). **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu, 2003.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Saúde. **Código de Saúde do Paraná**. Curitiba: SESA, 2002. Disponível em: <www.sesa.pr.gov.br>. Acesso em: 16 mar. 2011.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Saúde. **Regionais de Saúde**. 2011. Disponível em: <www.sesa.pr.gov.br>. Acessado em: 22 jan. 2001.

PEDROZO, Maria de F. M. Cobre. In: AZEVEDO, Fausto A. de; CHASIN, Alice A. da M. (Ed.). **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu, 2003.

PEITER, Paulo C. **A Geografia da Saúde na Faixa de Fronteira Continental do Brasil na Passagem do Milênio**. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

PICCIRILLO E. M.; MELFI, A. J. (Eds.). **The Mesozoic flood volcanism of the Paraná Basin: Petrogenetic and geophysical aspects**. São Paulo, IAG-USP, 1988. 600 p.

PICCIRILLO, E. M. et al. **Lower Cretaceous tholeiitic dyke swarms from the Ponta Grossa Arch (SE-Brazil): Petrology, Sr-Nd isotopes and genetic relationships with the Paraná flood volcanics**. *Chemical Geology*, 1990, v.89:19-48.

PINESE, José P. P.; ALVES, J. C.; LICHT, Otavio A. B. **Anomalias Hidrogeoquímicas no Município de Itambaracá (PR): Resultados Preliminares**. Congresso Brasileiro de Geoquímica, 8; Boletim de Resumos, Curitiba. P. 88 2001.

PINESE, José P. P. Síntese Geológica da Bacia do Tibagi. In: MEDRI, Moacyr E., et al. **A Bacia do Rio Tibagi**. Londrina: 2002.

PINESE, José Paulo Peccinini. et al. Características Naturais da Água de Abastecimento Público da Porção Extremo Norte do Estado do Paraná, Brasil. In: XLI CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 2002, João Pessoa-PB. **Anais... XLI Congresso Brasileiro de Geologia: A Geologia e o Homem**. João Pessoa: Associação Brasileira de Geologia-Núcleo Nordeste, 2002. v. 1. p. 249-250.

PINESE, José P. P.; STIPP, N.F.; OLIVEIRA, J. A geologia e os recursos minerais no curso inferior da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi-PR. In: STIPP, N.F. (org). **Sociedade, Natureza e Meio Ambiente no Norte do Paraná: a porção inferior da Bacia hidrográfica do rio Tibagi-PR**. Londrina: Ed. da UEL, 2000.

PINESE, José P. P. **Caracterização Petrológica e Geoquímica dos diques do Arco de Ponta Grossa**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

PETRI, Setembrino; FÚLFARO, Vicente J. **Geologia do Brasil (Fanerozóico)**. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo: 1983.

PORTO, Marcelo F. S. **Saúde, ambiente e desenvolvimento**: reflexões sobre a experiência da COPASAD - Conferência Pan-Americana de Saúde e Ambiente no Contexto do Desenvolvimento Sustentável. *Ciência e Saúde Coletiva* 3(2):33-46, 1998.

RIBEIRO, Helena. Saúde Pública e Meio Ambiente: evolução do conhecimento e da prática, alguns aspectos éticos. **Revista Saúde e Sociedade** 13 (1), p.70-80, jan-abr, 2004. Disponível em: <<http://www.fsp.usp.br/boletim.php?lang=pt&visionId=12130237200326&style=homepage>>. Acessado em: 20 abr 2006.

REDE Interagencial de Informação para a Saúde - RIPSAs. **Indicadores básicos para a saúde no Brasil: conceitos e aplicações**. 2 ed. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2008.

ROJAS, Luisa Iñiguez; BARCELLOS, Christovam. Geografía y salud en América Latina: Evolución y Tendencias. **Revista Cubana de Salud Pública**, v. 29, n.4, p. 289-384, oct-dic, 2003.

ROJAS, Luisa Iñiguez. **Geografía y salud**. Temas y perspectivas en América Latina. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.14, n.4, p. 701-711, out-dez, 1998.

———. **Geografía y salud**: entre historias, realidades y utopías. *Caderno Prudentino de Geografia*, Presidente Prudente, n.35, p.09-28, dezembro 2003.

ROSA FILHO, Ernani F. da et al. **As águas subterrâneas no Estado do Paraná**. Curitiba: Edição do autor, 2010.

ROSA FILHO, Ernani F. da et al. **Aquíferos do Estado do Paraná**. Curitiba: Edição do autor, 2011.

SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento dos Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Atlas de recursos hídricos do Estado do Paraná. Curitiba: [s.n], 1998.

SAKUMA, Alice et al. Arsênio. In: AZEVEDO, Fausto A. de; CHASIN, Alice A. da M. (Ed.). **Metais**: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Atheneu, 2003.

SANTOS, Almany C. Noções de Hidroquímica. In: FEITOSA, Fernando A. C.; MANOEL FILHO, João (Coord.). **Hidrogeologia**: Conceitos e Aplicações. Fortaleza: CPRM, LABHID-UFPE, 1997.

SANTOS, Claudia R. dos. Alumínio. In: AZEVEDO, Fausto A. de; CHASIN, Alice A. da M. (Ed.). **Metais**: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Atheneu, 2003.

SCARPELI, Wilson. **Introdução à Geologia Médica**. São Paulo: I FENAG. IG/USP, 2003. Disponível em: www.cprm.gov.br/pgagem/artigoind.html. Acessado em: 20 fev 2006..

SELINUS, Olle. Et al. Prefácio. In: SELINUS, Olle. Et al. (editores). **Essentials of Medical Geology Impacts of the Natural Environment on Public Health**. USA: Elsevier Academic Press, 2005.

SELINUS, Olle. Et al. (Ed.). **Medical geology: a regional synthesis**. New York: Springer, 2010.

SILVA, Carlos S. da. Cromo. In: AZEVEDO, Fausto A. de; CHASIN, Alice A. da M. (Ed.). **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu, 2003.

SILVA, Cássio. R. da et al. Geologia Médica. In: SILVA, C. R. da et al (Ed.). **Geologia médica no Brasil: efeitos dos materiais e fatores geológicos na saúde humana e meio ambiente**. Rio de Janeiro: CPRM, 2006, p. 9.

SILVA, Erasmo S. da. Zinco. In: AZEVEDO, Fausto A. de; CHASIN, Alice A. da M. (Ed.). **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Atheneu, 2003.

STIPP, Nilza F. Principais tipos de solos e sua caracterização. In: STIPP, N.F. (org). **Sociedade, Natureza e Meio Ambiente no Norte do Paraná: a porção inferior da Bacia hidrográfica do rio Tibagi-PR**. Londrina: Ed. da UEL, 2000a.

STIPP, Nilza F. As unidades geológicas-geomorfológicas. In: STIPP, Nilza F. **Macrozoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi (PR)**. Londrina: 2000b.

STIPP, Nilza F. Principais tipos de solo da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, Moacyr E. et al (Editores). **A Bacia do Rio Tibagi**. Londrina: 2002.

TAMBELLINI, Anamaria T.; CÂMARA, Volney de M. **A temática saúde e ambiente no processo de desenvolvimento do campo da saúde coletiva: aspectos históricos, conceituais e metodológicos**. Rio de Janeiro: Ciência & Saúde Coletiva, 3 (2): 47-59, 1998.

WHO. World Health Organization. **Aluminium**. Environmental Health Criteria – 194. Geneva: WHO, 1997. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc194.htm>>. Acesso em: 9 jun 2006.

_____. **Arsenic**. Geneva, Environmental Health Criteria - 224: Arsenic and compounds. Geneva: WHO, 2001.

_____. **Barium**. Environmental Health Criteria - 107. Geneva: WHO, 1990. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc107.htm>>. Acesso em: 09 jun 2010.

_____. **Potassium in drinking-water**. Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva: WHO, 2009. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/hq/2009/WHO_HSE_WSH_09.01_7_eng.pdf>. Acesso em: 1 abr 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Variáveis hidrogeoquímicas identificadas nas amostras coletadas de águas do SASG nos municípios da RSCP.

A	Coordenadas		Parâmetros Físico-químicos								Parâmetros Hidrogeoquímicos													
	UTM/L-O	UTM/N-S	T °C	pH	CE (µS/cm)	STD (mg/L)	OD (mg/L)	Al (µg/L)	As (µg/L)	Ba (µg/L)	Cd (µg/L)	Co (µg/L)	Cu (µg/L)	Cr (µg/L)	Ti (µg/L)	Mn (µg/L)	Ni (µg/L)	Pb (µg/L)	Se (µg/L)	Sr (µg/L)	Zn (µg/L)	Fe mg/L	Na mg/L	K mg/L
1	508769	7448818	23,75	8,28	142	92	11,21	1,577	0,20177	4,6228	ND	0,017	0,18243	1,98344	3,8557	0,1256	0,38111	0,12537	1,20375	38,214	6,1802	1,31	4,74	ND
2	506987	7451842	21,62	8	258	167	23,98	11,257	0,33912	1,8113	ND	0,0214	1,50754	1,02973	4,3747	3,0276	0,24653	0,13015	0,57961	14,0792	44,3922	1,51	21,62	ND
3	511566	7441043	24,52	8,67	242	156	19,62	4,3152	0,25598	0,8937	0,0302	0,1106	2,84684	1,29891	4,3828	12,7224	1,28735	0,60407	1,71759	52,9672	158,3769	1,87	7,65	ND
4	511853	7444566	25,7	9,54	235	153	15,02	2,9122	0,25766	4,3912	1,084	0,0317	0,5548	1,47568	4,4554	0,1585	0,56931	0,49471	1,95704	48,6874	11,075	0,04	5,14	ND
5	512194	7451085	26,14	8,69	241	156	6,61	2,4219	0,24202	0,7424	ND	0,0562	0,05731	1,23469	4,18	0,6431	0,9272	0,12537	0,98981	28,4163	24,795	1,66	10,57	ND
6	511310	7452728	27,49	9,65	198	127	8,04	1,8516	0,19738	0,5153	ND	0,0293	1,6018	2,73098	4,3258	0,5087	0,55393	0,14747	1,04736	30,123	4,9242	1,52	5,44	ND
7	512826	7458050	25,37	10,07	199	129	5,55	2,7756	0,26711	0,8829	ND	0,0126	7,16692	1,32333	3,9692	0,0992	0,37658	0,14307	0,86035	7,4089	35,5892	0,22	14,89	ND
8	519557	7452114	26,82	9,12	238	151	19,93	2,5688	0,20953	1,9442	ND	0,0488	1,50177	1,39865	4,7531	0,6741	0,8068	0,11464	1,47877	44,5803	13,0961	1,92	6,65	ND
9	517089	7448919	26,69	9,31	176	109	16,25	3,405	0,28501	4,4465	ND	0,0053	0,04025	1,08715	4,0487	0,3457	0,20831	0,13312	0,7602	4,3462	1,2658	ND	21,02	ND
10	512739	7472684	25,18	8,91	177	114	8,24	1,8473	0,1653	1,5621	ND	0,0275	0,3896	1,78424	3,7734	0,1275	0,46676	0,14967	0,81687	41,9819	6,1671	1,38	6,25	ND
11	515198	7472423	22,41	8,46	66	40	10,7	1,539	0,18172	11,7627	ND	0,0214	1,83785	1,8755	3,7308	0,1643	0,37432	0,13441	0,67394	33,264	2,2838	0,99	4,24	ND
12	519712	7442406	23,7	8,46	263	171	8,94	3,1683	0,28737	9,4171	ND	0,0274	ND	1,18485	3,6838	0,2004	0,43973	0,11296	7,52564	19,9367	3,4818	1,02	12,98	ND
13	518808	7442893	24,53	7,51	255	166	20,36	2,3181	0,14512	8,6506	ND	0,0746	20,87549	1,27077	4,1548	28,1748	1,86711	0,13248	0,97076	110,876	ND	1,09	3,63	ND
14	520273	7442961	22,13	8,19	184	119	23,67	21,66	0,31557	4,6086	ND	0,0078	0,15253	1,16626	3,6897	0,4488	0,30543	0,118	8,55554	3,9642	17,5874	0,83	16,19	ND
15	526710	7448237	24,94	7,82	292	189	21,35	3,2171	0,20337	2,0418	ND	0,0584	0,84936	1,62073	4,968	0,1493	0,85261	0,11167	0,8016	93,4152	26,8039	1,57	5,14	ND
16	534316	7462149	24,68	8,96	97	59	20,91	2,4202	0,11201	0,6443	ND	0,0571	2,29399	1,66217	4,1121	0,1453	0,40282	0,14114	0,8809	45,9852	25,1016	1,62	3,33	ND
17	528233	7454698	24,87	8,02	185	113	19,77	7,598	0,25149	4,0053	ND	0,034	0,72412	1,41502	3,952	1,0785	0,87848	0,1211	0,55981	11,0628	ND	1,25	23,33	ND
18	522580	7450861	21,98	8,21	130	84	24,52	3,0427	0,19414	5,5058	ND	0,0261	1,8288	1,52836	4,2366	0,3729	0,57165	0,20111	0,59163	48,9349	8,8255	1,57	3,23	ND
19	552603	7437086	24,61	8,3	308	199	22,8	1,9056	0,2155	3,4558	ND	0,0484	0,02121	1,47152	4,8443	0,0963	0,67449	0,11244	0,64394	75,2012	5,0145	1,31	7,15	ND
20	549580	7440270	26,28	9,62	198	129	4,85	7,3113	0,29235	2,1462	ND	0,004	0,19246	1,16347	3,2458	0,3912	0,37624	0,11658	0,26321	4,2319	37,697	ND	16,90	ND
21	553595	7442608	26,09	9,78	117	71	13,6	2,4156	0,26199	9,073	ND	0,0321	0,34966	1,15132	4,0289	ND	0,71378	0,10559	1,41786	77,1779	4,0234	ND	5,24	ND
22	549137	7440582	25,06	9,73	144	93	20,03	4,489	0,43201	0,5119	ND	0,0006	0,0467	0,99181	2,9185	0,3817	0,2209	0,10973	0,68044	6,2827	14,3744	1,99	14,08	ND
23	542158	7465884	25,14	9,68	190	123	22,58	2,0307	0,19259	4,564	ND	0,068	2,3761	1,377	4,5781	0,6308	1,06094	0,12433	1,13653	106,139	10,6303	1,43	4,54	0,02
24	541659	7460377	24,17	8,84	157	102	20,07	3,7215	0,25264	1,8486	ND	0,0041	ND	1,15529	3,6762	0,2364	0,52321	0,11231	4,06229	12,466	1,2602	0,23	13,48	ND
25	542955	7461751	27,32	9,75	272	176	15,88	3,1028	0,25592	3,8626	ND	0,0142	ND	1,04693	4,2894	2,1614	0,27957	0,10546	0,65228	19,4111	1,4087	2,10	19,11	ND
26	543711	7452189	24,07	9,36	185	120	22,05	1,6382	0,2657	1,309	ND	0,0137	0,45375	1,17918	3,697	0,1051	0,42485	0,10831	4,27616	32,476	2,5149	1,06	8,46	ND
27	539167	7462404	22,86	8,03	53	33	9,42	4,8781	0,09558	ND	ND	0,0079	2,74789	1,26825	3,5219	0,4328	0,60161	0,11787	0,74451	36,4097	16,0764	1,01	1,62	ND
28	542480	7440429	18,55	8,09	162	105	24,59	5,5734	0,14476	4,6685	ND	0,0427	1,37433	1,37163	4,2878	4,402	0,59564	0,11205	1,01666	95,6273	2,3793	1,64	3,84	ND
29	559300	7444961	22,49	9,27	227	147	21,77	3,4834	0,1815	2,5798	ND	0,0304	3,03092	1,70122	4,2491	0,7981	0,75912	0,13196	0,59749	86,0369	14,4068	0,70	13,98	ND
30	555596	7446591	24,46	9,63	240	155	20,81	12,632	0,5765	1,058	ND	0,0555	1,03032	1,43923	3,1252	ND	0,30699	0,15497	4,99414	4,1584	40,1492	0,00	19,71	ND
31	559034	7439483	23,47	8,97	124	77	17,17	7,2564	0,27015	6,4382	ND	0,017	1,55055	1,17352	3,7314	0,4288	0,45205	0,10986	1,81845	64,5968	76,7209	1,08	12,28	ND

32	559529	7434927	25,81	8,79	78	47	19,93	4,8519	0,16091	26,2698	ND	0,0379	ND	1,19424	3,6145	2,1645	1,47482	0,41688	0,74477	65,0291	41,4333	1,55	2,83	ND
33	563016	7434771	25,91	10,65	142	85	18,89	2,2977	0,24988	12,3538	ND	0,0388	1,04091	1,09917	4,2552	0,9482	0,51978	0,10792	4,66215	75,0046	35,3535	1,64	12,07	ND
34	561638	7438334	24,85	10,83	224	138	20	4,1743	0,202	0,9777	ND	0,0071	0,05071	1,06116	4,4343	0,5184	0,24138	0,1454	0,48956	8,8627	8,2	0,00	26,95	ND
35	553267	7459507	26,09	8,96	210	137	16,38	7,1677	0,30989	1,4237	ND	0,0006	1,52689	1,10892	3,7549	0,1384	0,2755	0,11205	0,73237	19,4528	5,2971	0,20	19,91	ND
36	564279	7461971	26,34	8,51	95	58	18,85	2,7467	0,12979	13,6656	ND	0,0195	0,77946	1,80838	4,704	0,2788	0,48097	0,10999	1,27282	99,6266	51,7676	1,77	3,94	ND
37	561056	7454877	26,28	9,1	247	160	20,28	3,0561	0,25862	8,1927	ND	0,0065	1,94696	1,05702	3,5405	1,2556	0,26213	0,1211	1,29063	15,5443	7,9241	0,17	20,31	ND
38	561158	7453904	25,53	9,54	233	144	9,47	2,8098	0,2271	12,1344	0,0081	0,0306	11,72606	1,2408	4,0004	2,4304	0,67369	0,16246	4,74682	70,902	48,1445	0,30	9,66	ND
39	565892	7455303	24,64	8,85	130	85	5,34	2,3805	0,15698	9,2111	0,042	0,0249	1,51325	1,38015	3,5571	2,6976	0,6271	0,1074	0,60183	42,7744	49,5708	1,19	5,64	ND
40	561502	7450061	27,49	9,6	155	95	17,45	3,1704	0,82402	4,0809	0,03	0,0305	0,54907	1,44713	4,0059	3,7117	0,39489	0,11748	0,54665	83,6845	4,1842	0,54	17,30	ND
41	566107	7453176	26,01	10,91	163	106	17,58	4,3762	0,1418	1,5619	ND	0,0142	0,36574	1,18268	3,558	0,6327	0,5329	0,1295	1,55395	67,7975	18,3331	2,15	4,14	ND
42	579409	7449451	23,7	9,6	221	143	17,11	2,5152	0,15685	3,2581	ND	0,0267	10,0398	1,44993	4,3762	0,197	0,67178	0,11516	0,91722	133,851	12,1364	ND	4,44	ND
43	581413	7451061	24,84	10,26	211	130	17,1	2,9157	0,30329	1,7591	ND	0,0285	0,22682	1,4699	3,2934	0,1149	0,60994	0,11089	4,55315	66,073	11,8964	0,69	11,87	ND
44	580651	7453651	25,39	10,84	215	139	5,41	13,272	0,92683	9,7173	ND	0,0181	0,69332	1,27786	4,1222	1,2281	0,30852	0,13041	1,69543	10,3934	199,1151	0,20	17,10	ND
45	576448	7454331	26,25	9,84	227	146	11,26	1,985	0,18401	0,5618	ND	0,0323	0,71397	1,47131	4,6225	0,3707	0,62717	0,1105	0,71726	93,7737	4,9839	0,69	10,77	ND
46	576716	7460046	26,92	10,07	164	107	12,77	6,2922	0,37475	1,8458	ND	0,0028	0,33095	2,08277	3,4498	0,2444	0,26952	0,10688	4,82534	6,8566	7,4731	0,04	13,78	ND
47	574525	7462603	27,31	10,35	198	127	13,53	3,1773	1,90636	5,037	ND	0,003	0,3865	2,16772	3,3968	0,1031	0,27267	0,10236	10,5352	11,1986	5,7222	0,18	17,30	ND
48	574639	7457219	25,81	10,02	135	86	15,83	2,569	0,22447	0,7361	ND	0,0132	0,11226	2,46761	4,0414	0,1032	0,41979	0,1105	1,22616	55,7778	3,197	0,69	7,45	ND
49	572496	7430146	20,84	8,36	58	36	20,46	2,2434	0,11703	9,788	ND	0,0068	0,70655	2,38981	4,0819	2,7218	0,36524	0,10404	0,83154	66,2939	81,553	ND	2,83	ND
50	578224	7430074	21,63	9,03	151	90	17,97	1,9422	0,37083	10,7533	0,0619	0,0563	0,32144	1,10439	3,7861	22,6193	0,92338	0,34252	0,58372	ND	12,9866	1,25	9,96	0,02
51	576387	7439108	24,82	9,48	152	92	11,71	3,7441	0,6667	9,2669	ND	0,031	3,58326	1,07083	3,622	1,0833	0,55836	0,13933	2,96753	205,558	3,442	1,48	10,97	ND
52	574258	7440997	24,51	8,5	147	89	14,18	7,6933	0,27094	4,8272	ND	0,0454	2,20625	1,12055	4,4703	0,6015	0,73573	8,43668	0,89767	106,413	19,0926	1,57	10,17	ND
53	576451	7449378	26,74	9,81	153	93	15,91	2,8145	0,16896	6,2074	ND	0,0486	1,40923	1,74982	3,8832	1,3561	0,79136	0,10533	0,70053	116,976	15,8883	0,48	5,24	ND
54	570322	7422354	27,24	8,48	126	78	18,68	2,1803	0,30071	19,2672	ND	0,0274	1,18463	1,41235	4,4541	0,1746	0,88477	0,14488	1,26379	202,953	3,4957	1,53	5,44	0,02
55	569894	7420981	27,31	8,79	68	42	14,93	1,9257	0,0928	ND	ND	0,0078	0,097	1,47024	4,1658	0,4298	0,29133	0,11102	0,68036	89,4834	11,9145	0,29	2,43	ND
56	567830	7421909	24,19	8,84	384	249	6,31	1,5563	0,2866	18,9814	ND	0,064	0,5806	1,12069	4,6498	ND	0,86779	0,09667	0,36264	ND	10,4008	1,43	14,39	ND
57	573362	7427799	23,35	9,34	205	133	22,68	6,1536	0,22003	11,5524	ND	0,0562	2,52488	1,74477	4,6014	7,0422	0,94296	0,11283	1,15323	ND	5,4546	0,71	7,05	ND
58	574584	7422043	23,55	9,56	215	140	7,37	3,1282	0,25686	1,9082	ND	0,0227	0,31538	1,1912	3,5598	0,2137	1,06767	0,10546	2,47367	ND	37,8044	1,20	10,27	ND
59	579461	7428459	24,59	9,38	393	255	18,59	1,4382	1,89187	25,096	ND	0,0748	0,16639	1,11361	4,7015	7,9062	1,27745	0,1021	0,51233	ND	1,0751	1,90	11,17	0,02
60	558062	7425801	23,58	9,07	259	168	18,09	5,1072	0,51129	12,9025	0,001	0,0319	0,74826	1,13944	3,9784	0,4622	0,54274	0,16311	6,83389	96,2013	9,5855	0,64	14,79	ND
61	560534	7426515	24,7	9,72	192	116	19,61	5,5075	1,24329	3,1638	ND	0,0109	0,51246	1,09419	3,7333	1,2704	2,93923	0,10314	1,74045	19,9501	2,5143	0,95	23,83	ND
62	557895	7426917	25,1	8,78	331	215	8,2	5,1425	0,20344	1,9168	ND	0,064	2,70147	1,35159	5,0465	0,1686	0,91585	0,10663	2,57416	69,9149	1,9219	1,97	7,15	ND
63	557663	7426608	25,51	8,7	377	245	8,17	3,383	0,19583	2,9292	ND	0,0732	1,59265	1,24057	5,0278	0,1694	1,02486	0,51913	6,32056	43,4181	8,9814	1,68	11,97	ND
70	554261	7409991	24,92	7,1	107	69	13,74	1,9835	0,42331	25,1109	ND	0,0129	1,58937	2,16715	3,1128	0,42	0,42192	0,11011	0,96135	103,69	22,4142	1,44	2,73	0,07
71	550833	7408706	23,14	8,29	301	196	16,05	5,3537	0,25716	2,6483	0,4053	0,0426	1,07421	1,76292	4,5619	4,0235	0,77007	0,62203	0,92269	ND	7,0429	ND	14,29	ND
72	545126	7408617	23,05	7,39	345	224	15,9	2,6036	0,12831	8,3996	ND	0,052	0,59583	1,52286	4,1127	0,1511	0,79206	0,11076	0,75458	ND	5,6395	2,21	5,54	0,02
73	544316	7408253	23	8,04	151	98	17,09	2,3869	0,1467	ND	ND	0,0269	0,2117	2,33679	4,0802	0,2829	0,45539	0,10249	0,85206	117,785	3,569	1,75	3,94	ND

74	545782	7407525	22,91	7,52	75	48	17,28	1,8486	0,1714	9,561	ND	0,0121	0,39522	1,91003	4,3842	0,6343	0,29417	0,11309	0,68204	78,2708	3,0532	1,16	2,53	ND
75	544769	7402187	24,63	8,4	118	77	12,69	3,291	2,78897	7,5369	ND	0,0108	3,09792	2,86331	3,3781	1,3988	0,40589	0,11167	0,70356	50,3295	10,6898	0,69	7,35	ND
76	546795	7397242	22,96	7,94	86	56	15,96	5,5369	0,10251	15,87	ND	0,0317	2,16291	1,90618	3,3616	2,5641	0,6744	0,13364	0,85704	79,7302	ND	1,30	2,13	ND
77	543683	7393283	22,29	8,08	92	60	17,11	3,5913	0,09561	1,5763	ND	0,0084	1,23907	1,47522	3,5307	0,1293	0,3565	0,10805	0,51039	73,6006	8,1517	0,74	3,53	ND
78	546271	7394875	22,66	9,09	258	168	12,28	4,4887	0,21365	2,0583	ND	0,0319	2,32359	1,16546	3,1697	0,4076	0,6311	0,10507	2,20219	170,994	24,5768	0,77	11,67	ND
79	547645	7391429	22,42	8,98	76	49	12,5	2,6619	0,13125	6,7622	ND	0,0208	1,60625	1,27565	3,5776	0,2071	0,36882	0,12886	0,74433	87,7853	4,9722	1,07	2,93	ND
80	543699	7410503	23,57	8,74	172	112	12,55	2,0631	0,08853	1,7401	1,6982	0,0325	0,23908	1,69725	4,0043	0,2383	0,33844	0,20744	1,58966	66,232	8,6003	0,53	9,56	ND
82	525181	7406474	22,96	8,79	245	159	15,36	2,3142	0,15371	5,4321	ND	0,1	1,14172	1,69805	4,3129	0,2543	0,87618	0,10184	2,4741	104,155	6,931	1,33	10,67	ND
84	524593	7405261	22,03	8,84	182	118	14,59	3,5531	0,24797	ND	ND	0,0301	13,29832	1,86753	3,6391	1,3992	0,58365	0,19413	9,45414	82,6596	10,8764	1,43	10,27	ND
85	523601	7413123	23,58	8,02	164	107	16,42	2,4528	0,15147	6,5923	ND	0,0171	13,60278	1,91166	4,4525	0,4196	0,64483	0,20072	10,1001	93,5581	85,0572	1,59	5,34	ND
86	524375	7415076	24,13	9,5	187	120	11,31	5,5013	0,53984	3,8728	ND	0,0234	4,5009	1,12896	3,9117	1,6513	0,42097	0,1688	26,2646	129,901	36,8154	1,11	11,17	ND
87	522113	7414624	23,65	8,44	99	64	7,55	2,1489	0,10971	1,6114	ND	0,01	0,31111	2,39906	3,5472	0,1351	0,33537	0,11722	0,90099	65,0278	11,825	1,26	2,83	ND
88	519752	7412437	23,43	8,59	92	60	14,39	3,4644	0,11941	5,7908	ND	0,0033	1,54219	2,05997	3,7678	0,2104	0,2841	0,10262	1,1122	29,2239	3,2719	0,78	4,94	ND
89	522183	7407618	24,34	9,49	137	84	6,49	2,8818	0,17608	2,231	ND	0,0035	0,31111	1,43144	3,4389	0,1111	0,25966	0,09861	1,5647	29,0933	1,7941	0,03	15,79	ND
90	538507	7402310	20,25	7,24	32	21	18,65	2,8444	0,33303	ND	ND	0,0003	11,85198	1,40505	2,8461	0,8098	0,39614	0,11115	0,45199	36,6575	8,9024	0,81	1,02	0,02
91	532458	7398750	21,58	7,65	66	43	13,53	2,1339	0,10211	1,7642	0,4056	0,0015	1,323	1,58733	3,0155	0,2194	0,27701	0,35907	0,56014	40,6373	67,8626	0,80	2,13	ND
92	528775	7401944	20,52	9,4	219	142	10,88	3,002	0,10253	9,0505	ND	0,0207	2,1072	1,27531	3,7801	0,2849	0,63205	0,18107	2,22811	111,114	9,6716	1,80	8,26	ND
93	516523	7414065	20,91	8,96	336	219	13,18	4,2743	0,18945	3,0379	ND	0,065	1,67208	1,44153	4,6236	1,2932	1,18463	1,51535	1,44154	148,613	26,51	2,02	12,38	ND
94	511045	7403794	21,99	8,38	170	107	12,05	3,2038	0,2786	6,0143	ND	0,0225	1,36774	1,25589	3,7312	0,27	0,54963	0,14256	1,1966	149,283	22,253	0,89	11,97	ND
95	509477	7398638	27,56	8,14	117	76	4,77	2,3245	1,07342	11,5096	ND	0,0587	1,4329	1,62318	3,7652	3,882	0,37322	0,11968	1,91288	49,1821	34,1904	1,56	8,76	0,24
96	519034	7404001	18,96	8,58	126	82	9,86	2,6376	0,10083	7,2283	ND	0,0415	8,12855	1,24668	4,3721	1,3979	0,57328	0,12394	0,60203	82,6102	107,8153	1,24	3,33	ND
97	509395	7414476	20,81	8,18	132	86	10,75	3,6842	0,11806	0,8049	0,0096	0,0192	7,74459	1,21708	4,5708	0,5015	1,13054	0,12343	1,85766	58,1811	15,7052	1,12	3,63	ND
98	501844	7415253	20,3	7,86	106	67	12,25	2,2759	0,11956	0,1496	ND	0,0198	1,26443	1,02588	4,1846	2,1824	0,37993	0,10365	0,73438	45,4333	5,4004	1,31	3,13	ND
99	512995	7417661	17,3	7,63	140	91	12,13	2,2374	0,08604	8,4658	ND	0,0478	0,48589	1,07869	4,2376	3,1263	0,52823	0,12162	1,01653	71,1887	16,393	1,71	4,24	ND
100	521543	7397571	22,23	6,3	132	83	16,6	2,5665	0,18092	8,3554	ND	0,0175	0,22494	1,26343	4,1966	0,1374	0,42859	0,19103	2,61556	70,957	4,2981	1,15	7,55	ND
101	525502	7390360	25,47	7,04	54	35	11,82	1,1625	0,21753	19,4363	ND	ND	0,33026	1,63664	2,7683	0,1852	0,21213	0,09241	0,76944	46,205	13,8929	0,38	2,93	0,07
102	529417	7390512	22,2	8,25	33	22	12	3,6829	0,03315	30,5374	ND	0,0013	ND	1,671	2,9376	1,1391	0,24284	0,10158	0,84913	29,4	7,1949	0,61	1,42	ND
103	530704	7392397	23,72	8,3	80	52	11,9	2,0845	ND	13,28	0,0025	0,0054	ND	ND	3,3824	0,2061	2,29789	ND	ND	70,0725	37,7114	1,18	2,33	ND
104	523246	7393548	21,54	8,16	64	42	14,97	2,8681	0,0855	7,0808	ND	0,0038	0,44118	3,05522	3,8547	0,3274	0,38247	0,17952	0,79313	45,6337	20,2255	0,85	2,43	ND
105	517824	7398984	26,01	8,1	99	65	6,36	28,114	0,39351	5,2053	ND	0,0979	0,81149	2,97708	3,1653	8,2291	1,20045	0,10352	0,74801	87,1058	38,5181	0,68	5,84	0,18
106	514338	7422157	22,66	8,32	198	129	15,59	3,1203	0,51805	12,1118	ND	0,0125	ND	1,11819	4,1707	0,3371	0,34015	0,0959	5,04018	41,2273	29,3064	0,95	13,18	ND
107	520428	7419266	24,69	8,64	87	56	11,15	2,0899	0,05049	0,478	ND	0,0052	0,18466	1,19731	4,1665	0,5852	0,28016	0,09409	0,80534	62,4693	7,5334	0,92	3,53	ND
108	515687	7409409	24,71	8,36	164	107	11,57	3,9204	0,07311	2,8262	ND	0,0199	0,62143	1,1798	4,155	0,4885	0,38839	0,34225	0,74164	103,668	217,173	1,63	3,43	ND
109	515833	7413212	24,89	9,48	270	176	11,02	3,958	0,43786	5,6055	ND	0,023	0,41631	1,15315	4,3797	0,2862	0,36307	0,3142	19,9366	51,2896	13,7801	1,19	17,80	ND
110	520253	7433832	22,92	8,65	351	228	50	2,4295	0,32255	4,0501	ND	0,0409	ND	1,10556	4,6821	0,1664	0,63748	0,1136	3,68921	62,7183	2,8165	1,79	14,79	ND
111	514075	7436011	22,96	8,93	324	211	12,17	6,599	0,1952	0,9686	ND	0,0455	0,98772	1,4037	5,0605	2,1343	0,76947	0,10533	0,71949	32,5818	38,5685	1,05	17,60	ND

112	513686	7431572	23,97	9,91	431	275	8,06	4,4063	0,16839	3,5653	ND	0,0933	2,43889	1,0697	4,3797	20,8008	1,40312	0,11244	1,70109	80,1826	5,3818	1,86	18,30	ND
113	518809	7433796	25,55	10,75	211	137	5,73	9,0987	0,28696	6,6873	ND	0,0255	0,28814	1,22333	3,6025	2,3121	0,2959	0,10158	6,74607	19,0281	6,5823	1,01	14,59	ND
114	522970	7433678	25,52	9,19	282	183	11,41	6,8995	0,22122	16,6622	ND	0,0728	0,69631	1,23572	4,9431	3,006	0,63281	0,11645	2,04393	15,9261	134,7699	1,24	11,27	ND
115	523668	7430795	25,46	8,5	198	129	7,92	2,0555	0,12892	0,8619	ND	0,0194	0,13489	1,25523	4,3935	0,2543	0,40326	0,0999	0,7957	84,8395	4,4681	1,70	3,94	ND
116	519950	7425063	24,66	9,75	186	121	4,68	3,2062	0,2392	2,6846	ND	0,0177	0,2243	1,17936	3,6386	1,1163	0,39061	0,15432	8,07056	45,0601	30,3402	1,29	10,17	ND
117	516299	7425698	23,77	9,76	290	188	12,34	4,4835	0,24143	10,5154	ND	0,819	4,35587	1,2095	4,571	ND	2,05752	0,15018	2,46662	101,253	64,3368	2,28	7,65	ND
118	529068	7433432	23,41	6,82	229	147	15,13	4,0986	0,39202	3,4173	ND	0,0481	0,67755	1,1133	4,0089	0,6676	0,66717	0,45761	6,22491	30,4512	7,4283	1,21	9,66	ND
119	527733	7432104	25,08	8,48	247	ND	ND	4,1587	0,27524	1,7501	ND	0,0367	1,24799	1,05413	3,7315	7,3043	0,44704	0,12188	0,71475	22,8111	6,4961	0,12	17,60	ND
120	533300	7431226	24,08	8,45	241	156	14,19	1,6485	0,14644	3,4915	ND	0,0431	1,98199	1,13506	4,4566	2,7792	0,67736	0,11567	0,66131	78,7263	5,4427	1,69	5,04	ND
121	534256	7424435	25,52	9,34	229	149	13,88	1,4034	0,15648	0,0457	ND	0,0248	ND	2,1477	3,9901	0,1454	0,63066	0,1012	1,11506	31,962	10,7251	1,45	6,15	ND
122	540236	7443494	24,07	10,7	150	98	9,39	2,6616	0,21678	0,4205	ND	0,034	2,52772	1,04142	4,0953	3,4746	0,36039	0,11451	3,60431	13,9245	5,5375	0,33	12,58	ND
123	533074	7442160	23,79	9,62	336	218	14,97	2,1792	0,93765	6,719	ND	0,0503	0,85121	1,05024	5,0743	1,6104	0,72549	0,10934	93,651	72,7073	81,7662	1,92	11,97	ND
124	543225	7428767	23,39	9,52	170	111	12,59	3,6328	0,1447	1,1373	ND	0,0441	0,36754	1,34555	4,4363	5,1077	0,49254	0,15626	1,77728	67,4593	230,6917	1,81	3,63	ND
126	525328	7435028	25,34	8,24	165	107	13,14	7,6163	0,17839	0,1339	ND	0,0287	6,24923	1,3906	4,2991	0,2387	0,48836	0,15497	1,12154	12,9496	38,4792	0,11	7,05	ND
127	532855	7419458	27,18	9,26	334	217	11,19	2,344	4,47725	8,6254	ND	0,0767	0,09258	0,9943	3,4681	10,7512	1,2273	0,09835	7,36433	ND	5,652	1,32	6,55	0,07
128	526357	7419889	25,08	11,16	315	204	7,2	10,717	0,55148	2,8455	ND	0,0122	0,07029	1,15283	4,2529	2,0941	0,33064	0,10133	0,64403	50,7971	3,5263	0,47	25,14	ND
129	524570	7425017	24,02	9,6	311	202	10,64	4,2967	0,30959	6,9117	ND	0,0385	1,00524	1,10609	4,7805	0,3708	0,76031	0,10766	11,2319	ND	8,8425	2,02	10,06	ND
130	529900	7424054	26,34	9,36	299	194	11,92	3,0579	1,52701	6,0384	ND	0,0552	0,12515	1,04235	3,202	11,8651	1,21408	0,70676	0,36833	ND	7,0025	0,63	10,97	0,02
131	526366	7376307	22,4	9,19	54	35	12,03	5,3548	0,09144	ND	0,0015	0,0798	2,18641	1,33249	2,3397	14,7545	0,9799	0,12834	0,71796	38,8529	13,0275	2,16	2,73	ND
132	515372	7385931	23,94	7,98	41	26	13,17	1,8121	0,33037	9,2775	0,0374	0,0104	14,14648	2,17055	3,0738	0,2891	0,40641	0,87873	0,82092	39,6569	2,5565	1,64	1,73	0,02
133	513171	7390629	23,74	8,33	70	45	12,86	2,5052	0,05911	25,3339	0,0649	0,4329	3,29878	1,17901	2,7622	ND	0,41592	0,45528	0,57945	69,9882	190,2055	0,24	2,73	ND
134	524637	7381469	23,44	8,13	21	14	9,83	1,5994	0,06811	ND	ND	0,1475	0,96379	2,78396	2,2409	0,4222	0,62627	0,1158	0,5002	15,5793	2,3121	0,64	0,72	ND
135	521048	7433560	23,88	9,04	ND	242	50	4,0775	0,21748	1,452	ND	0,0486	0,22396	1,051	4,691	0,7787	0,71896	0,1317	0,67813	45,8079	17,2844	1,32	19,91	ND
136	536752	7436426	23,5	9,28	291	189	9,94	11,463	0,10588	0,9519	ND	0,0653	6,84189	1,4927	5,0394	0,4225	0,7356	0,41496	0,79104	73,811	23,2236	2,02	9,36	ND
137	540038	7420968	23,48	9,23	161	104	19,75	3,018	0,13163	1,7604	ND	0,0799	3,44835	1,21563	4,337	1,1237	0,52187	0,57368	0,69194	75,5168	129,9037	1,71	3,13	ND
138	547726	7414986	22,71	9,93	190	123	16,37	9,425	0,66221	3,0106	ND	0,113	1,03431	1,0298	3,4295	1,3688	0,60725	0,17371	0,80215	35,1138	17,7398	0,51	13,88	ND

A - Amostras; CE - Condutividade elétrica; STD - Sólidos Totais Dissolvidos; OD - Oxigênio Dissolvido; ND - Não Determinado.